

**ESCUELA POLITECNICA NACIONAL**

**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA**

**SISTEMA DE TRANSFERENCIA AUTOMATICO DE  
CARGA Y SINCRONIZACION PARA LA ESTACION  
COTOPAXI, UTILIZANDO UN CONTROLADOR LOGICO  
PROGRAMABLE.**

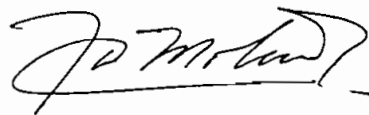
**TESIS PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE  
INGENIERO ELECTRONICO EN LA ESPECIALIZACION DE  
ELECTRONICA Y CONTROL**

**EDGAR FABIAN ORTEGA CARRION**

**QUITO, NOVIEMBRE DE 1993**

## **CERTIFICACION:**

Certifico que la presente tesis ha sido elaborada en su totalidad por el Sr. Edgar Ortega Carrión, bajo mi dirección.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Jorge Molina', written in a cursive style.

Ing. Jorge Molina  
DIRECTOR DE TESIS

## **DEDICATORIA:**

A mis padres, por su amor, comprensión  
y buen ejemplo.

## **AGRADECIMIENTO:**

Expreso mis sinceros agradecimientos al Ing. Jorge Molina por su valiosa ayuda y colaboración.

Un gracias muy especial para todo el personal de la compañía INGEMELEC por su apoyo incondicional para la realización de este trabajo, en especial a:

Ing. Roberto Moncayo

Ing. Fernando Chavez.

Ing. Joel Muela.

A los técnicos de la Estación Cotopaxi por su colaboración, de manera especial a :

Ing. Agustín Sotomayor.

Tlgo. Nicolai Ramón.

# INDICE

	Pág.
RESUMEN	I
CAPITULO I: GENERALIDADES	1
1.1. Descripción general del sistema de alimentación de energía	2
1.1.1. Antecedentes	2
1.1.2. Demanda	2
1.1.3. Línea aérea y cámara de transformación	3
1.2. Descripción de la carga instalada y su configuración	4
1.3. Características y funcionamiento de los generadores instalados	5
CAPITULO II: EL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE	8
2.1. Definición.	9
2.1.1. Sistemas programables.	9
2.1.1.1. Circuitos electrónicos.	9
2.1.1.2. Funciones.	9
2.1.2. El Controlador Lógico Programable	10
2.2. Arquitectura del sistema programable	11
2.2.1. C.P.U. (Procesador central).	12
2.2.2. Memorias.	13
2.2.3. Elementos de interface.	14
2.2.4. Periféricos.	14
2.2.5. Estructura general del P.L.C.	15
2.3. Lenguajes de programación.	16
2.3.1. Lenguaje Booleano.	18
2.3.2. Estructura y sintaxis del lenguaje Grafcet.	21
2.3.2.1. Evolución del Grafcet.	23

	Pág.
2.3.3. Lenguaje a contactos.	28
2.3.3.1. Variables bits.	30
2.3.3.2. Variables palabras.	31
2.3.3.3. Ejecución de un programa a contactos.	33
2.3.4. Ejemplo de aplicación general.	35
2.4. Criterios técnicos que deben considerarse para la aplicación de sistemas programables.	40
2.4.1. Estructura de un automatismo.	40
2.4.2. Especificaciones técnicas para la selección de un P.L.C.	43
2.5. Realización de un automatismo con el P.L.C.	44
2.6. Instalación y elementos necesarios.	46
2.7. Ventajas y aplicaciones de un sistema programable.	47
 <b>CAPITULO III: DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA Y SINCRONIZACION</b>	 49
3.1. Condiciones y requerimientos del proyecto.	50
3.1.1. Características de operación de los equipos de maniobra y regulación existentes.	54
3.1.1.1. Disyuntores principales de potencia.	54
3.1.1.2. Controlador de velocidad.	55
3.1.1.3. Regulador de voltaje.	57
3.2. Desarrollo del programa para el P.L.C.	58
3.2.1. Condiciones de funcionamiento del sistema de transferencia.	58
3.2.2. Condiciones de funcionamiento del sistema de sincronismo.	63
3.2.2.1. Operación en paralelo de generadores.	63
3.2.2.2. Condiciones de operación.	65
3.2.3. Determinación de entradas y salidas del P.L.C.	69
3.2.3.1. Entradas.	69
3.2.3.2. Salidas.	72
3.2.4. Implementación del programa en el P.L.C.	76
3.2.4.1. Condiciones de pérdida y reanudación de tensión en el P.L.C.	76
3.2.4.2. Encendido del generador.	78

	Pág.
3.2.4.3. Incremento de velocidad del generador.	79
3.2.4.4. Alarmas del generador	81
3.2.4.5. Opción de transferencia G1/G2.	81
3.2.4.6. Sincronización semiautomática	82
3.3. Instalación y puesta en marcha del sistema	84
3.4. Manual de operación: funcionamiento.	85
3.4.1. Función de los comandos	85
3.4.2. Operación de transferencia.	91
3.4.3. Operación de sincronización	97
<b>CAPITULO IV: SUPERVISION Y MONITOREO DE SEÑALES</b>	<b>102</b>
4.1. Características principales de la Unidades Terminales Remotas.	103
4.1.1. Relés de control.	104
4.1.2. Entradas de estado	104
4.2. Operación y programación	105
4.2.1. Operación.	105
4.2.2. Programación.	107
4.3. Implementación del software para monitoreo y control.	109
<b>CAPITULO V: PRUEBAS GENERALES DEL SISTEMA</b>	<b>111</b>
5.1. Descripción de condiciones de falla y emergencia.	112
5.2. Pruebas del sistema de transferencia.	113
5.3. Pruebas del sistema de sincronismo.	116

	Pág.
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>117</b>
6.1. Conclusiones.	118
6.2. Recomendaciones.	120

**ANEXO A:**

Características técnicas del P.L.C.

**ANEXO B:**

Características técnicas de la R.T.U. y software Power View.

**ANEXO C:**

Listado del programa.

**ANEXO D:**

Planos.

**BIBLIOGRAFIA.**



## RESUMEN: OBJETIVOS Y ALCANCE

El Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos, CLIRSEN, tiene a su cargo la operación de la Estación Cotopaxi, su operación requiere de la entrega de energía eléctrica confiable. Para lograr este propósito, se realiza el proyecto de Interconexión Eléctrica de la Estación al Sistema de la Empresa Eléctrica Quito, que comprende:

- a) Construcción de la acometida de energía eléctrica, red aérea de alta tensión.
- b) Construcción de la Cámara de transformación, y
- c) Remodelación del tablero principal de control de la Casa de máquinas.

Dentro de este punto, se realiza el presente trabajo cuyo objetivo es el desarrollar e implementar un sistema de transferencia y sincronismo entre dos generadores y la red de energía de la Empresa Eléctrica, utilizando un Controlador Lógico Programable (PLC).

El proyecto contempla:

- El estudio del funcionamiento de cada uno de los equipos.
- La integración a un control central basado en un PLC.
- El monitoreo permanente de los parámetros eléctricos a través de Unidades Terminales Remotas (RTU).
- El desarrollo del programa lógico de funcionamiento.

El sistema permite realizar operaciones de transferencia en modo manual y automático entre red y un generador y, la operación en paralelo entre red-generador ó entre generadores. El control incluye todas las condiciones de funcionamiento normal, emergencia y alarmas, de los dos generadores y de la red. Las Unidades Terminales Remotas envían señales de control hacia el PLC, para que se tome la decisión adecuada para un buen funcionamiento del sistema.

Se presenta adicionalmente los esquemas de conexión eléctrica de acuerdo a la implementación realizada y, las pruebas generales para la puesta en marcha.

***CAPITULO I***  
***GENERALIDADES***

## 1 GENERALIDADES

### 1.1 DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA DE ALIMENTACION DE ENERGIA.

#### 1.1.1 ANTECEDENTES

El Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos "CLIRSEN", tiene a su cargo la operación de la Estación Cotopaxi. Para la operación de la estación, se requiere la provisión de energía eléctrica confiable, para cumplir este propósito, se realiza el proyecto de Interconexión Eléctrica de la Estación Cotopaxi al sistema de la Empresa Eléctrica Quito S.A. y comprende:

- a) Construcción de la acometida de energía eléctrica, red aérea de alta tensión.
- b) Construcción de la Cámara de Transformación, y
- c) Remodelación del tablero principal de control de la Casa de Máquinas.

Adicionalmente, se mantiene el sistema de generación con motores a diesel existente para obtener un sistema redundante de entrega de energía eléctrica.

El presente trabajo tiene como objetivo realizar un sistema de gran confiabilidad para manejar la entrega de energía a la Estación Cotopaxi con opciones de transferencia entre red y generadores y sincronismo entre red y un generador ó entre generadores. El sistema de control central es un PLC (Controlador Lógico Programable).

#### 1.1.2 DEMANDA

De acuerdo con los datos obtenidos y conforme al estudio de carga y demanda eléctrica, el requerimiento eléctrico es el siguiente:

#### CARGA INSTALADA:

Equipos electrónicos: (technical bus)	150 Kva.
Equipos de fuerza: (utility bus)	250 Kva.
Iluminación:	50 Kva.

---

Sala de uso múltiple	150 Kva.
Total Carga Instalada:	600 Kva.

## ESTUDIO DE LA DEMANDA:

Factor de simultaneidad de uso:	0.7
Demanda eléctrica requerida	420 Kva.
Reserva futura 20%	84 Kva.
<b>Demanda Total:</b>	<b>504 Kva.</b>

Nota: datos proporcionados por el personal técnico del Clirsen.

### 1.1.3 LINEA AEREA Y CAMARA DE TRANSFORMACION

La acometida aérea de alta tensión la constituye una línea primaria trifásica de 22,8 Kilovoltios que parte del Chaupi a 11 Km de la Estación. El recorrido de la línea es a lo largo de la Panamericana, en la franja de protección de 15 metros, las estructuras utilizadas son del tipo LV para líneas de transmisión, el tipo de cable es ACSR de aluminio con alma de acero No. 1/0 AWG. La red subterránea de alta tensión va en ductos y el cable es unipolar de cobre apantallado para 24 Kv. No. 2 AWG.

El seccionamiento y protección se tiene en el sector de la derivación (Chaupi), con seccionadores portafusibles apagachispas, para operación bajo carga, 27 Kv., 100 A. Al final de la línea aérea e inicio de la acometida subterránea se tiene seccionadores portafusibles del tipo convencional abierto 27 Kv. 100 A. Ambos llevan fusible tipo K de 25 A.

La Cámara de transformación compacta está montada sobre cubículos modulares, están dimensionados para la clase 25 Kv., conforme a las normas IEC. publicación 298, probados a una tensión de impulso de 125 Kv. y a una tensión de prueba de frecuencia industrial de 50 Kv.

El primer módulo corresponde al sistema de medición de potencia activa y reactiva que se la hace en el lado de alta tensión.

En el segundo gabinete se tiene el seccionador bajo carga del tipo normal ATR-P2, que consta del interruptor de 24 Kv., 450 A., con accionamiento del interruptor principal y seccionador a tierra con un sistema de interbloqueo que permite abrir la puerta del interruptor sólo cuando se ha desenergizado el mismo. Adicionalmente lleva 6 fusibles de 24 Kv. 25 A, con disparo de percutor al fundirse el fusible.

El transformador tiene una potencia nominal de 500 Kva. trifásico, relación 22860-210/121 voltios, grupo de conexión Dyn5, taps 4x 2.5%. Está provisto de un relé Buschoolz para protección de humedad, aire o falla de dieléctrico.

La salida de baja tensión se deriva de los bushings del transformador con alambre de cobre aislado, con capacidad de conducción de 1500 A., para llegar al disyuntor principal de 3 polos 1600 amperios, conformando así la Cámara de transformación compacta.

La alimentación al tablero de control y distribución general se hace por medio de un conductor de 4x 250 MCM para las fases y de 2 x 250 MCM para el neutro, conectándose a dos disyuntores termomagnéticos de 3P x 1600 A, que alimentan la carga. El plano # 1 muestra un diagrama unifilar de la interconexión eléctrica.

## 1.2 DESCRIPCION DE LA CARGA INSTALADA Y SU CONFIGURACION

El esquema de barras de distribución eléctrica del tablero de control general se muestra en el diagrama unifilar del plano # 1, y es del tipo "barra partida", con barras técnica y de servicios.

Existe un transformador que eleva el voltaje de 208/220 a 4160 voltios, para servicios pesados, para alimentar a la Estación de EMETEL que se encuentra a 1.5 Km. y para abastecer de energía al Parque Nacional.

La barra técnica alimenta exclusivamente al sistema de equipos técnicos para la recepción de información satelitaria, comprende básicamente la alimentación del sistema de computación para el rastreo de satélites, del sistema de grabación de datos, del sistema de procesamiento de información y del sistema para el movimiento de las antenas de

recepción. Cada uno de estos sistemas tiene protecciones y seccionadores a lo largo del circuito de carga.

La barra de servicios (utility), alimenta a todos los equipos de fuerza de la Estación como son: bombas de agua, compresores, sistema de calefacción central y los que se encuentran en cada dependencia, sistemas de calentamiento de agua, etc. Asimismo alimenta a todo el sistema de iluminación y tomacorrientes de servicios generales.

La presencia de motores que realizan varios arranques al día provoca que la demanda de carga de la estación varíe considerablemente a diferentes horas.

### 1.3 CARACTERISTICAS Y FUNCIONAMIENTO DE LOS GENERADORES INSTALADOS

El equipo de generación propio de la Estación Cotopaxi consiste de dos motores diesel Caterpillar, modelos D - 379 y D - 398, cuyas características más importantes son:

Son sistemas a diesel con enfriamiento por circulación de agua, su arranque se realiza con un banco de baterías de 36 voltios DC.

Debido a la altura y condiciones climáticas, están equipados con calentadores en las cámaras de combustión las cuales son energizadas por corriente continua entregado desde el banco de baterías ayudando a un rápido calentamiento en el momento del encendido del equipo. Este sistema se conoce como "precalentamiento". Cada calentador consume aproximadamente 4 amperios mientras se conecta el switch de precalentamiento, corriente relativamente pequeña si se compara con la corriente del motor de arranque que puede llegar a los 800 amperios cuando el interruptor está en la posición de arranque. [10]. El interruptor de comando del motor, de tres posiciones, conecta a los calentadores en la posición de precalentamiento mientras que en la posición de encendido, da energía al motor de arranque del grupo y además a los calentadores de las cámaras, acelerando el proceso de encendido.

Para el control de la velocidad se usa gobernadores de velocidad del tipo UG8 que básicamente es un pequeño motor que tiene inversor de giro y se acopla al sistema mecánico del grupo electrógeno, para el control de su velocidad. Para evitar que se produzca un embalamiento inicial, el gobernador de velocidad se ajusta a 600 rpm. al momento del arranque del grupo.

Los sistemas de alarmas y seguridades que incorpora la máquina motriz son:

- Una protección mecánica montada sobre la máquina motriz, que protege al motor contra sobrevelocidades y adicionalmente una protección contra baja presión de aceite.
- Interruptor de sobret temperatura de agua.
- Interruptor de baja presión de aceite.

Estos sensores actúan sobre la solenoide de paro del equipo en el caso de superar sus valores de ajuste.

A cada máquina motriz se tiene asociado un radiador y ventilador para el recirculamiento del agua de enfriamiento. La potencia del motor del ventilador es de 5 H.P.

La secuencia para el funcionamiento de un generador es:

- 1) Precalentar las cámaras de combustión por un período suficientemente largo para lograr un encendido rápido.
- 2) Conectar el motor de arranque, (36 voltios DC), durante unos segundos hasta que el motor se encienda. Se debe tomar en cuenta que el control de velocidad en el momento del arranque debe estar ajustada a 600 rpm.
- 3) Subir la velocidad del generador al valor nominal (1200 rpm), utilizando el gobernador de velocidad.
- 4) Conectar el regulador de voltaje.
- 5) Esperar el tiempo suficiente para que la temperatura del generador alcance por lo menos los 130 grados Fahrenheit (55 grados centígrados), temperatura a la cual se puede conectar carga.
- 6) Conectada la carga, se debe encender el radiador de enfriamiento que mantiene la temperatura dentro de los límites de los 180 grados fahrenheit (82 grados centígrados). Sobre esta temperatura se tiene un sobrecalentamiento y actúan las protecciones de temperatura.

7) Luego de quitar la carga, se debe trabajar en vacío para enfriar la máquina, se baja la velocidad a 600 rpm y puede ser apagado el grupo.

Los generadores acoplados a las máquinas motrices son:

GENERADOR # 1: COLUMBIA ELECTRIC MANUF. CO.

438 Kva/ 350 Kw, 208 - 120 voltios, 80% factor de potencia., trifásico (4 hilos), 60 Hz.  
1200 rpm., sobrecarga del 20% durante 2 horas.

Excitatriz: Columbia Electric

6.5 Kw./ 125V/ 52 A. / 1200 rpm. exc. volts 32 - 64.

GENERADOR # 2: KATO ENG. CO.

625 Kva./500Kw, 120 - 208 voltios, 80% factor de potencia, trifásico (4 hilos), 60 Hz.  
1200 rpm., sobrecarga del 20% durante 2 horas.

Excitatriz: Brushless

1000 vatios/ 50 voltios / corriente de campo 5.4 A.



***CAPITULO II***

***EL CONTROLADOR LOGICO  
PROGRAMABLE***

---

## 2 EL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

### 2.1 DEFINICION

#### 2.1.1. SISTEMAS PROGRAMABLES

Un sistema programable es un dispositivo electrónico que permite procesar datos con el objeto de producir resultados utilizables en una aplicación específica. [1]. El procesamiento se realiza mediante el uso de funciones lógicas que consideran una serie de estados ON/OFF. Todas estas funciones son realizadas por circuitos electrónicos de tecnología VLSI, es decir, un dispositivo inteligente (microprocesador) controlado por programa almacenado.

##### 2.1.1.1 CIRCUITOS ELECTRONICOS.

En general los circuitos electrónicos pueden ser de dos clases: Digitales y Analógicos.

- Digital: un circuito digital sólo puede reconocer dos situaciones:

Presencia de señal = ON (1)

Ausencia de señal = OFF (0)

- Analógico: un circuito analógico puede determinar además de la presencia/ausencia de señal, también su valor, es decir, la presencia de señal está acompañada por un valor que generalmente está entre ciertos rangos de acuerdo a las normas internacionales. En un circuito analógico están coordinados punto por punto diferentes informaciones en un campo continuo de valores del parámetro de señal de salida.

##### 2.1.1.2 FUNCIONES

Las funciones que puede realizar un sistema programable son:

- Operaciones lógicas entre dos datos.
- Comparación entre dos datos y consiguiente elección
- Transferencia y memorización de datos.

De las funciones mencionadas se puede deducir una estructura mínima para considerar un sistema programable:

- Un dispositivo capaz de efectuar las operaciones aritméticas y de comparación (Unidad Central de Proceso C.P.U.).
- Un dispositivo capaz de memorizar los datos (memoria).
- Un dispositivo capaz de aceptar datos y dar resultados. (dispositivo de entrada/salida).

El esquema es mostrado en la fig 2.1.

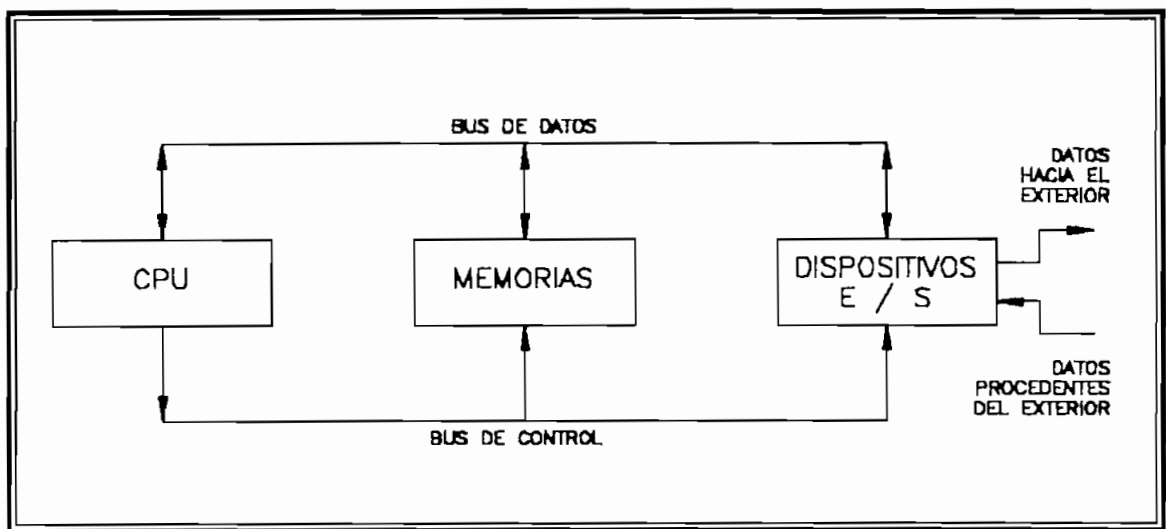


fig 2.1. ESTRUCTURA MINIMA DE UN SISTEMA PROGRAMABLE

### 2.1.2 EL CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

Un Controlador Lógico Programable es un sistema programable diseñado para realizar control en tiempo real, con una aplicación específica: automatización de los procesos industriales en base a un programa lógico que cumple una tarea determinada.

De acuerdo a normas internacionales, se puede definir a un PLC como "Un aparato electrónico de operación digital que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones para funciones específicas tales como: aritméticas, secuencias lógicas, temporización, conteo; controlando mediante módulos analógicos ó digitales, varios tipos de máquinas o procesos".

Se define en forma común como un computador industrial que acepta entradas de interruptores y sensores, evalúa éstos de acuerdo al programa almacenado y genera salidas para el control de maquinas y procesos.

Debe cumplir una serie de exigencias como son:

- El ambiente: el PLC puede estar sometido a influencias físicas , (temperatura, humedad, vibraciones, etc.) influencias eléctricas (señales parásitas) y condiciones de alimentación.
- Condiciones de alimentación: las fuentes de alimentación en general presentan perturbaciones tales como variación de tensión, microcortes, señales parásitas, etc.

El PLC, mantiene un amplio margen de tolerancia para aceptar estas perturbaciones, ya que las fluctuaciones están entre el + 10% y - 15% . Para las corrientes parásitas se utiliza un filtro a nivel de la alimentación.

## 2.2 ARQUITECTURA DEL SISTEMA PROGRAMABLE

La estructura básica de un sistema programable se muestra en la figura 2.2.

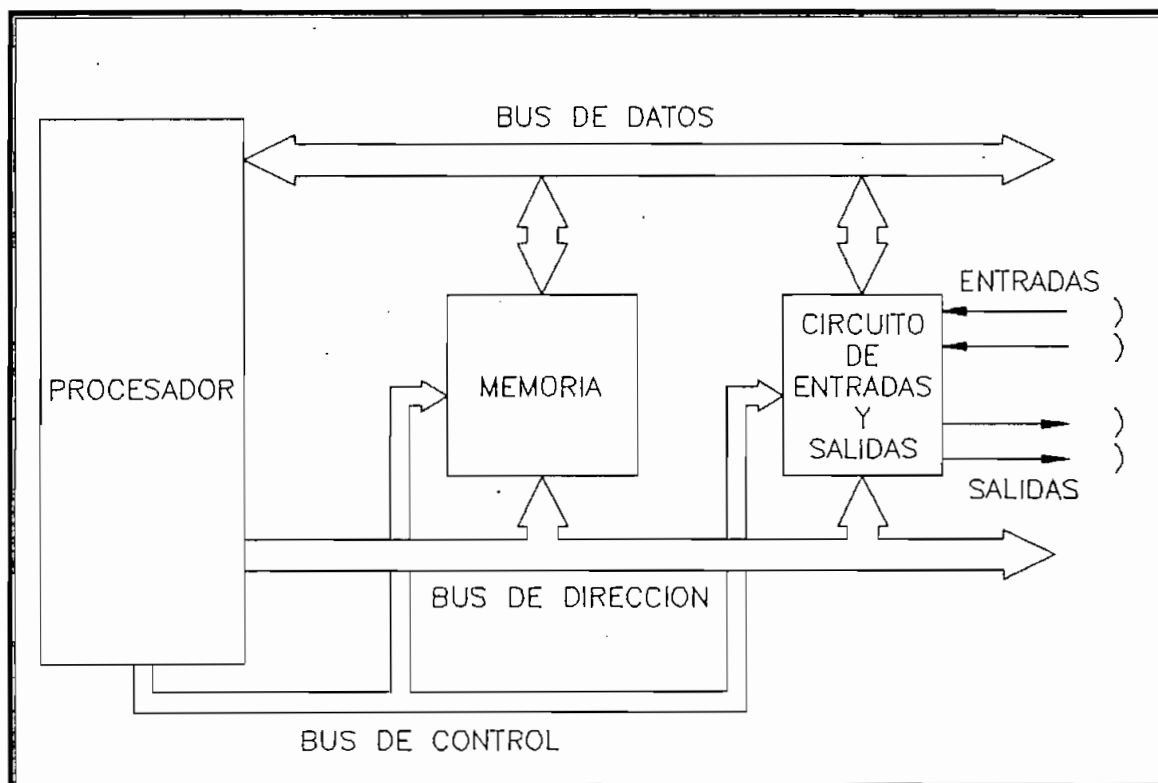


fig. 2. 2 SISTEMA PROGRAMABLE BASICO

### 2.2.1. C.P.U. (PROCESADOR CENTRAL)

Realiza dos funciones principales: rige todos los demás componentes (unidad de comando) y efectúa todos los cálculos y operaciones lógicas (unidad de tratamiento).

La ejecución de una serie de instrucciones que constituyen el programa de funcionamiento, se da mediante el uso repetitivo de algunas operaciones:

- Lectura de la instrucción y decodificación.
- Lectura de operandos.
- Ejecución de la instrucción.

La C.P.U. es el elemento más complejo dentro de un sistema programable, como puede verse en la figura 2.3., sus elementos principales son:

- Bus interno: cumple la función de transferir información dentro del sistema programable.
- Acumuladores y Registros: en estos componentes se memorizan los datos antes y después del tratamiento.
- Decodificador: Es el circuito que traduce las instrucciones de un programa en una serie de impulsos eléctricos.
- Bus de control: Son gobernados por el circuito anterior, y generan las señales para el funcionamiento de los demás componentes.
- ALU (Unidad Aritmética y Lógica): Realiza los cálculos y las operaciones lógicas. Procesa los datos traídos desde memoria, de acuerdo a lo determinado por la decodificación de la instrucción en ejecución. El número de bits que la ALU puede procesar en paralelo se conoce con el nombre de "longitud de palabra" [1].

Por lo general se dice que la CPU lo constituyen el PROCESADOR y la unidad de MEMORIA.

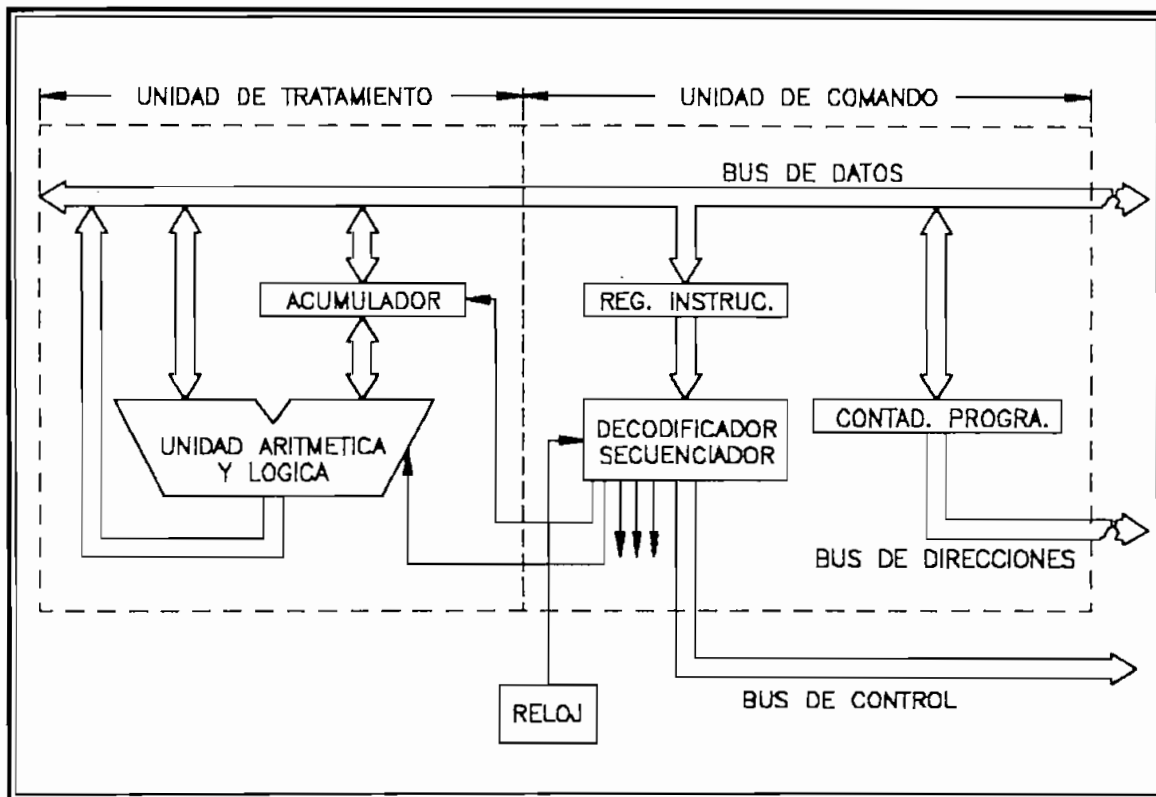


fig. 2.3 UNIDAD CENTRAL DE PROCESO.

### 2.2.2 MEMORIAS

Dispositivos que almacenan información y contienen en forma binaria las instrucciones que constituyen el programa y los datos que deberán usarse durante la ejecución del mismo. La figura 2.4 representa los diferentes tipos de memoria.

- Memorias de sólo lectura (ROM) : son memorias para almacenamiento de datos y programas que no varían durante la operación; se usan para programas que no se han de modificar.

Las memorias se fabrican con los datos ya escritos y por lo tanto no se pueden modificar, aunque se puede tener un tipo de memoria que puede ser programada por el usuario y reprogramadas para frecuentes cambios, que son las llamadas memorias EPROM. [2]

-Memorias de lectura y escritura: son las llamadas RAM o de acceso aleatorio, se puede leer o escribir, son de acceso aleatorio debido a que el tiempo para la obtención del dato o la puesta del mismo dentro de la memoria, es independiente de la localización del último dato obtenido o guardado.

Este tipo de memorias pueden ser dinámicas o estáticas. Cuando son estáticas son hechas a base de flip-flops, mientras que las dinámicas o volátiles necesitan de un flujo continuo de energía para mantener la información.[2].

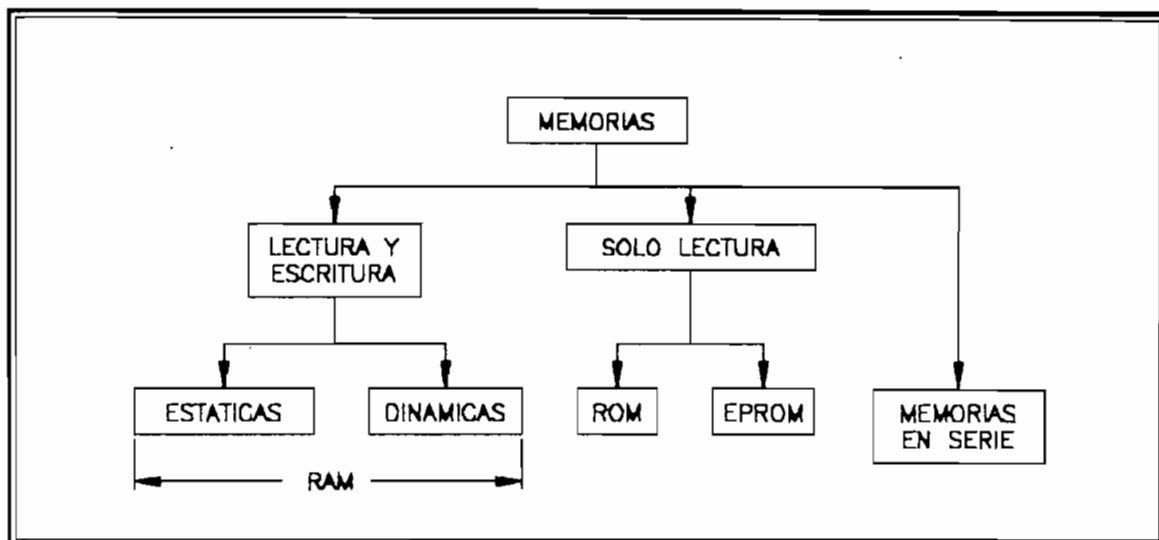


fig.2.4 MEMORIAS

### 2.2.3 ELEMENTOS DE INTERFACE:

Circuitos mediante los cuales el sistema puede comunicarse con el exterior:

- Sistema de entradas/salidas: es un circuito electrónico que adapta las señales lógicas provenientes de la CPU en señales compatibles con el proceso y viceversa. Es el encargado de filtrar las diferentes señales recibidas o enviadas desde o hacia los componentes externos del sistema de control.
- Bus interno: es el medio de comunicación que enlaza a los distintos módulos dentro de la CPU.
- Buffer del bus de direcciones: se encarga de implementar el interface entre el bus de direcciones y el bus interno del microprocesador.
- Buffer del bus de datos: Interface entre el bus de datos externo y el bus interno del microprocesador. es un bus bidireccional, por lo tanto tiene un dispositivo de control de dirección (entrada o salida).

### 2.2.4 PERIFERICOS:

Todos los dispositivos que no forman parte de los circuitos internos, como controladores de disco, teclados, displays , etc.

### 2.2.5 ESTRUCTURA GENERAL DEL PLC

El controlador lógico programable, además de tener un microprocesador con todos los elementos descritos anteriormente, integra los elementos necesarios para poder ser instalado en un medio industrial, es decir :

- Unidad Central de Procesamiento con procesador y elemento de memoria.
- Fuente de poder, toma un voltaje alterno ó continuo de alimentación, lo convierte en un voltaje continuo de adecuado nivel para proveer de energía a la CPU, al sistema de entradas y salidas del CPU, y en algunos casos con las entradas externas al PLC.
- Sistemas de entradas para señales de sensores, pulsantes, etc.
- Sistema de salidas con elementos como relés, transistores o triacs.
- Sistema de comunicación con el programador y la memoria externa.
- Señalización del estado de entradas y salidas y del estado del PLC.

Adicionalmente al sistema propio del PLC, se tiene un dispositivo de programación, para la edición y verificación del programa del usuario.

NOTA: Para el desarrollo de la aplicación presentada en este trabajo se utilizó un PLC marca TELEMECANIQUE, de la serie TSX - 172, por lo que las referencias sobre su estructura y programación se basan en el mencionado PLC, aunque la estandarización de los sistemas programables permite decir que con ligeras variaciones, la estructura y programación se acoplan a otros PLC's.

En la figura 2.5 se muestra en forma esquemática la asociación entre el microprocesador y los elementos externos para conformar un PLC. En la figura 2.6 se tiene una vista del PLC con todos sus elementos.



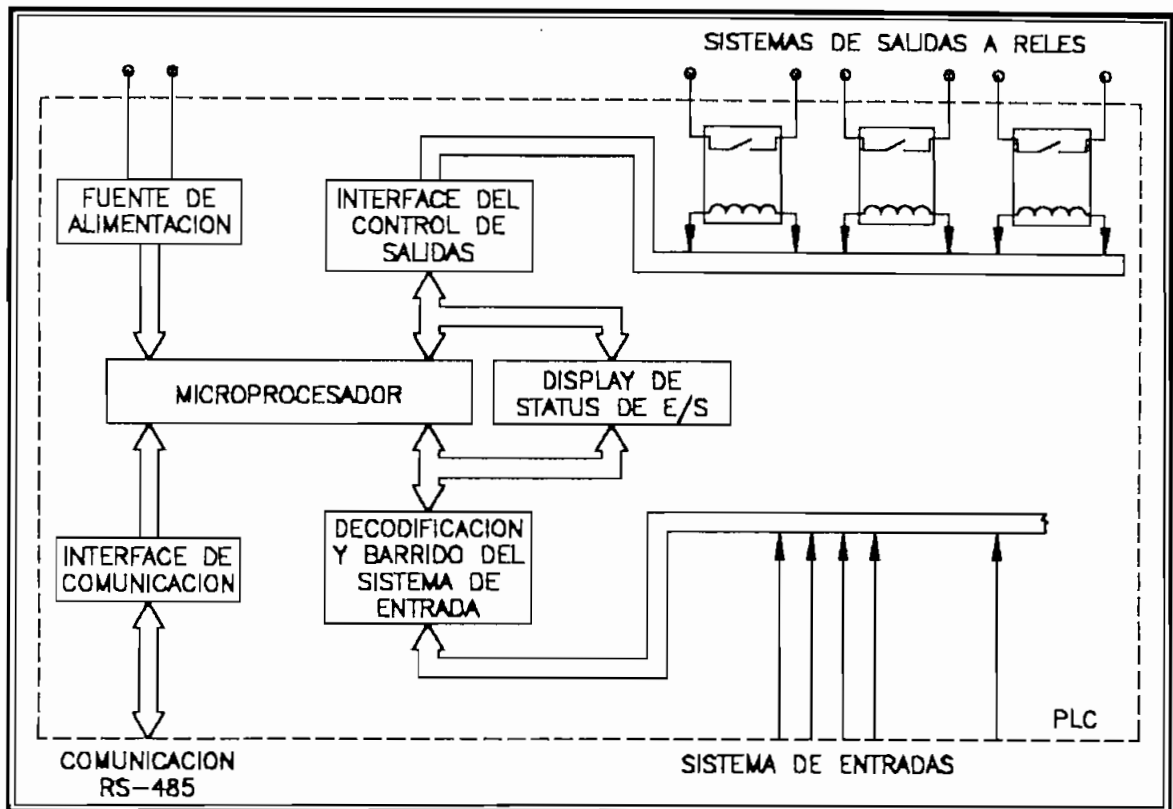


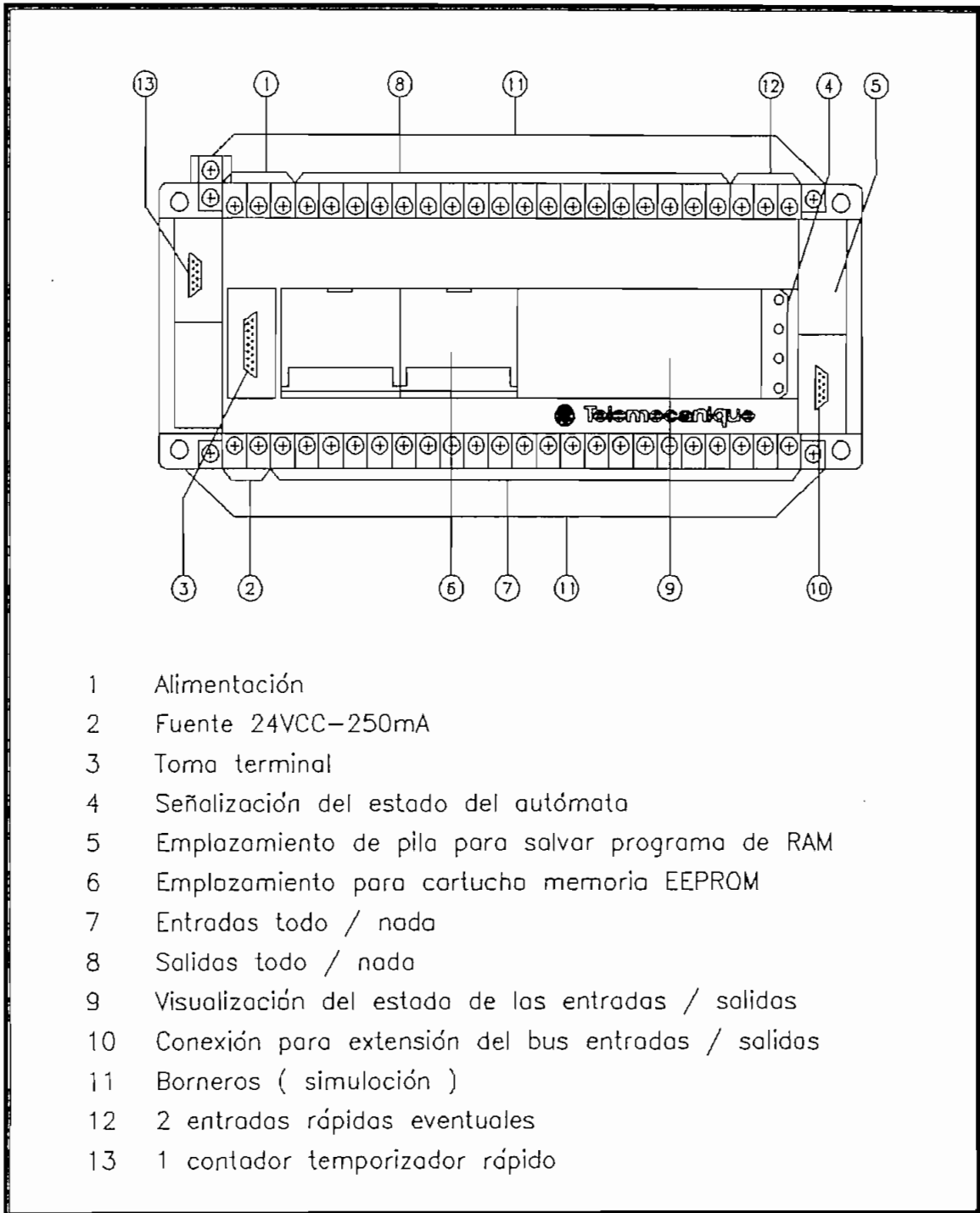
fig.2.5 CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE

### 2.3. LENGUAJES DE PROGRAMACION

Las diferentes formas de tratamiento y solución de los problemas de automatización y control de procesos, conducen a la concepción de una gran número de lenguajes de programación. Cada lenguaje depende del tipo de problema (gestión matemática, físico, mecánico, etc).

En los Controladores Lógicos Programables los lenguajes más utilizados son :

- a) Ecuaciones booleanas.
- b) Grafcet.
- c) Lenguaje de contactos.
- d) Esquema de funciones.



- 1 Alimentación
- 2 Fuente 24VCC-250mA
- 3 Toma terminal
- 4 Señalización del estado del autómata
- 5 Emplazamiento de pila para salvar programa de RAM
- 6 Emplazamiento para cartucho memoria EEPROM
- 7 Entradas todo / nada
- 8 Salidas todo / nada
- 9 Visualización del estado de las entradas / salidas
- 10 Conexión para extensión del bus entradas / salidas
- 11 Borneros ( simulación )
- 12 2 entradas rápidas eventuales
- 13 1 contador temporizador rápido

fig 2.6 PROGRAMADOR TELEMECANIQUE TSX-17

### 2.3.1 LENGUAJE BOOLEANO

Corresponde a una lista de instrucciones utilizando operadores lógicos, su operación se basa en la aritmética booleana. Se lo ha adaptado para que pueda existir una correspondencia entre un diagrama eléctrico normalizado y una lista de instrucciones lógicas.

Se basa en los conectivos lógicos:

- AND para proposiciones simultáneas. (contactos en serie)
- OR para proposiciones conjuntas (contactos en paralelo)
- XOR para proposiciones mutuamente excluyentes.

Un programa en lenguaje booleano se compone de una relación de instrucciones referenciadas por direcciones. Una instrucción se compone de:

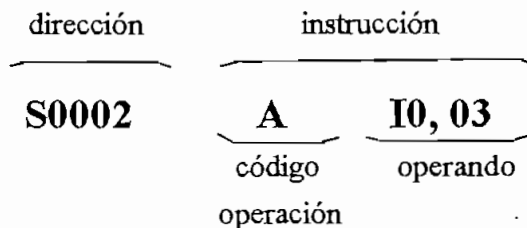
- Un código operación que indica el tipo de operación a ejecutar.

ejm.:    operación lógica Y (AND) : código A.  
           operación lógica O (OR)    : código O.

- Un operando que indica el objeto sobre el cual se efectúa la operación, compuesto de dos partes:

- su tipo: ejemplo Entrada (I) , Salida (O).
- su dirección geográfica ( identificación de la ubicación física del tipo de objeto)

Ejemplo:



El direccionamiento de una entrada o de una salida se define con los siguientes caracteres:

- I (input) para una entrada, O (output) para una salida.
- el número de módulo, ya que el PLC se compone de su módulo base y de un número

máximo de 3 extensiones, por lo tanto, se debe direccionar cada módulo:

0 para el módulo de base.

1 para el primer módulo de extensión, etc.

- una coma
- el número de la vía , que se refiere al número indicado en la entrada o salida.

En el ejemplo anterior se tiene I0,03: se refiere a la entrada # 3 del módulo 0 o módulo de base.

Como parte del programa de instrucciones dentro del lenguaje booleano el PLC dispone de:

- 19 bits o banderas que indican el estado del sistema.
- 3 bits utilizados como bases de tiempo de 100 ms, 1s y 1 minuto.
- 2 bits internos para arranque en frío o en caliente para el control de un proceso en caso de corte de energía.
- 256 bits o relés auxiliares.
- 32 temporizadores con tiempos calibrables entre 10 ms y 9999 minutos.
- 15 contadores de eventos con valor de cuenta ajustable de 0 a 9999 y posibilidad de conexión en cascada.
- 8 registros de desplazamiento de 16 bits cada uno.
- 8 sistemas paso a paso (programador de levas), con capacidad de 256 pasos cada uno.
- 1 contador temporizador rápido. [5]

Los códigos de operación son:

L :	(load) leer el estado de un bit.
A :	(and) Y lógica, contactos en serie.
O :	(or) O lógica, contactos en paralelo.
XO :	(or) O exclusiva.
IM :	memoria intermedia.
= :	colocación del resultado en un operando.
=N :	colocación de la inversa del resultado.
S :	puesta a 1 incondicional (seteo).
R :	puesta a cero incondicional (reseteo).

Los códigos para los operandos:

I/O :	entradas o salidas.
Bi :	bits internos (i = 0 a 255)

SYi : bits sistemas.

Bloques función:

Ti : temporizadores.

Ci : contadores.

SCi : paso a paso.

Ejemplo:

Encendido secuencial de tres contactores C1, C2 y C3 con un pulsante de paro general, de tal forma que el tercer contactor se encienda 10 segundos después del segundo contactor y sin necesidad de tener un pulsante de marcha.

Solución:

1) Se realiza el diagrama eléctrico del problema propuesto. fig. 2.7

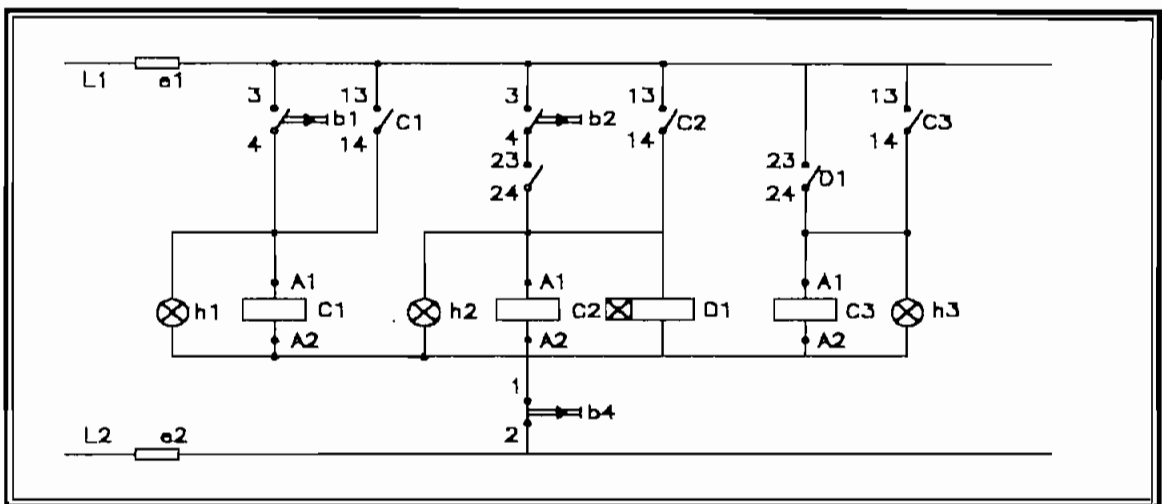


fig. 2.7 DIAGRAMA ELECTRICO DE COMANDO DE 3 MOTORES

2) asignar entradas y salidas a los elementos externos al PLC, como son los pulsantes de marcha, de paro y a los contactores.

pulsante de marcha del motor 1:	entrada 1 = I0,01	(b1)
pulsante de marcha del motor 2:	entrada 2 = I0,02	(b2)
pulsante de paro general:	entrada 3 = I0,03	(b4)

contactor del motor 1:	salida 1 = O0,01	(c1)
contactor del motor 2:	salida 2 = O0,02	(c2)
contactor del motor 3:	salida 3 = O0,03	(c3)

3) realizar la programación en lenguaje booleano de acuerdo al diagrama eléctrico

La programación del sistema se muestra en la Tabla 1. Se puede observar que se elimina el relé de tiempo externo.

Tabla # 1: Programación para el encendido manual de 3 motores usando un PLC.

DIRECCION	OPERANDO	OPERACION	OBSERVACIONES
S0001	L	I0,01	MARCHA M #1
S0002	O	O0,01	ENCLAVAMIENTO
S0003	A	I0,03	PARO GENERAL
S0004	=	O0,01	AL CONTACTOR
S0005	L	I0,02	MARCHA M #2
S0006	A	O0,01	SECUENCIA
S0007	O	O0,02	ENCLAVAMIENTO
S0008	L	I0,03	PARO GENERAL
S0009	A	IM	MEMORIA INTERMEDIA
S0010	=	O0,02	AL CONTACTOR
S0011	=	T00	T = 10 SEGUNDOS
S0012	L	T00	
S0013	O	O0,03	ENCLAVAMIENTO
S0014	A	I0,03	PARO GENERAL
S0015	=	O0,03	MOTOR # 3
S0016	EP		
S0017	NOP		

### 2.3.2 ESTRUCTURA Y SINTAXIS DEL LENGUAJE GRAFCET

El lenguaje GRAFCET permite representar gráficamente y en forma estructurada el funcionamiento de un proceso secuencial, entendiéndose como tal a un proceso en donde las funciones siempre seguirán una secuencia determinada.

El Grafcet o diagrama funcional describe los procesos a automatizar resaltando las acciones y los fenómenos que los provocan; es por lo tanto una representación totalmente ligada a la evolución del proceso, lo que facilita enormemente el diálogo entre personas de niveles de formación de ingeniería y técnicas diferentes.

El Grafcet (Gráfico Funcional de Control de Etapas - Transiciones), representa la sucesión de las etapas en un ciclo. La evolución del ciclo etapa por etapa, se controla por una transición colocada entre cada etapa.

La descripción gráfica del comportamiento de un sistema y sus diferentes situaciones se efectúa con la ayuda de símbolos gráficos simples: [6]

- Etapa: a la cual están asociados las acciones a efectuar, se entiende que los accionamientos no se realizarán hasta que las etapas sean activas.
- Transición : a la cual están asociadas las condiciones lógicas a cumplirse. Una etapa no puede llegar a estar activa, hasta que la etapa anterior no lo sea y se cumpla la transición; en estas condiciones la etapa en cuestión pasa a ser activa, desactivándose la anterior.
- Unión orientada: que une las etapas a las transiciones y las transiciones a las etapas.

Un programa realizado en grafcet no necesariamente es una secuencia lineal, ya que se puede dar otro tipo de posibilidades:

- Activación simultanea de etapas que se puede dar luego de una condición o transición lógica real, creando caminos "paralelos" que funcionan simultaneamente.
- Secuencias Condicionales, que se dan cuando se tiene condiciones o transiciones lógicas las cuales no se activan , creando caminos paralelos pero uno solo está activo a la vez.

NOTA: Este modo de programación está normalizado a nivel europeo. En francia NFC-03-190 y en Alemania homologado DIN. [6]. La figura 2.8 muestra las diferentes opciones y los símbolos para la escritura del lenguaje grafcet.

---

La sintaxis del Grafset es sencilla: la alternancia ETAPA - TRANSICION - TRANSICION - ETAPA debe ser siempre respetada cualquiera que sea la secuencia por recorrer:

- dos etapas no deben estar nunca unidas directamente, deben estar separadas por una transición.
- dos transiciones no deben estar nunca unidas directamente, deben estar separadas por una etapa.

### 2.3.2.1 EVOLUCION DEL GRAFCET [6]

#### 1. Situación inicial:

La situación inicial caracteriza el comportamiento inicial de la parte de mando y corresponde a las etapas activas al principio del funcionamiento.

En los automatismos cíclicos, la situación inicial está caracterizada por las etapas iniciales.

#### 2. Validación de una transición:

Una evolución de la situación de un Grafset corresponde a la validación de una transición que sólo puede producirse:

- cuando esta transición está validada, al estar activa la etapa o etapas anteriores.
- cuando la condición de transición es verdadera (condición lógica verificada).

3. Evolución de las etapas activas: La validación de una transición realiza simultáneamente:

- la activación de las etapas posteriores.
- la desactivación de las etapas anteriores a la transición



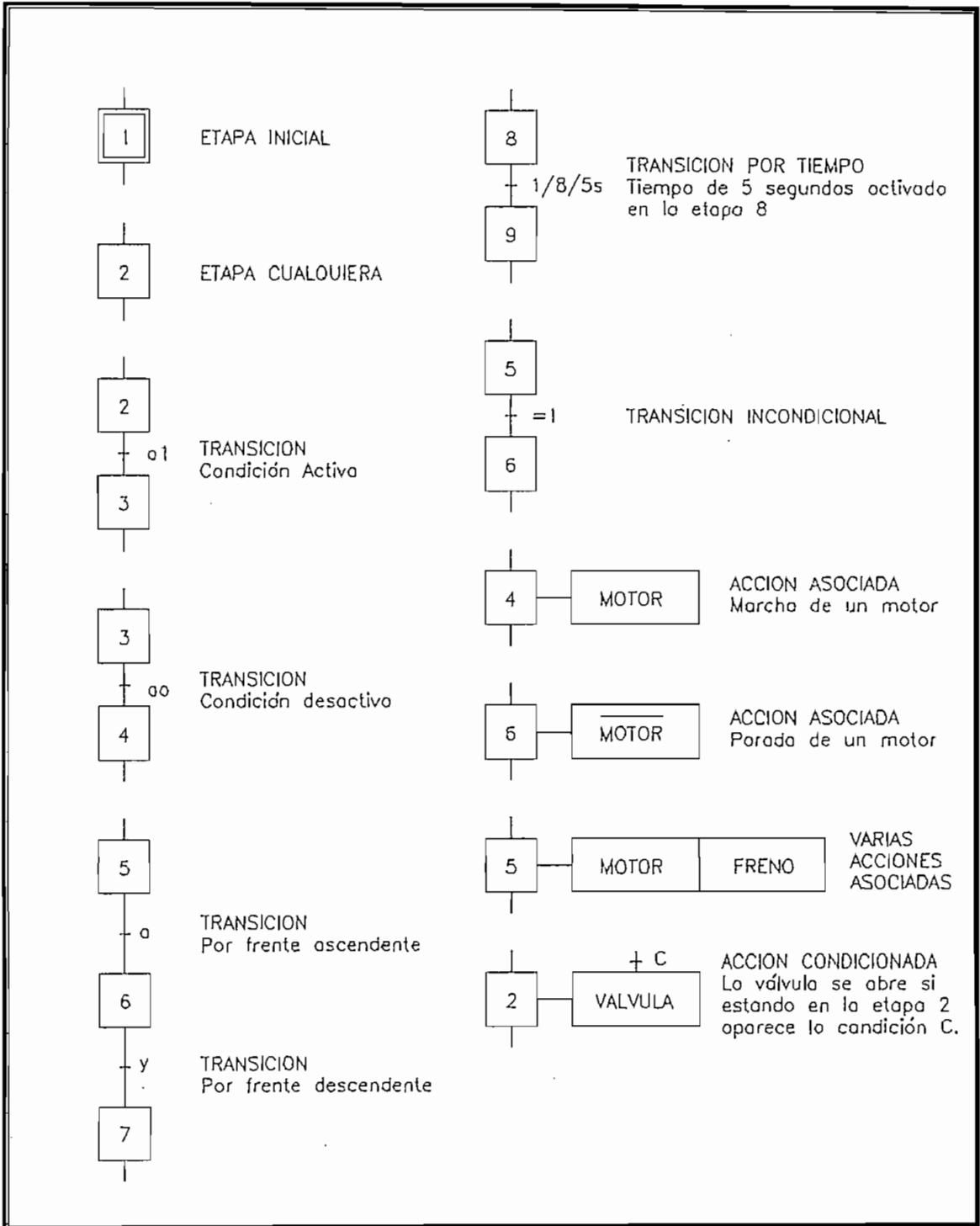


fig. 2.8 a) SIMBOLOS DEL GRAFCET

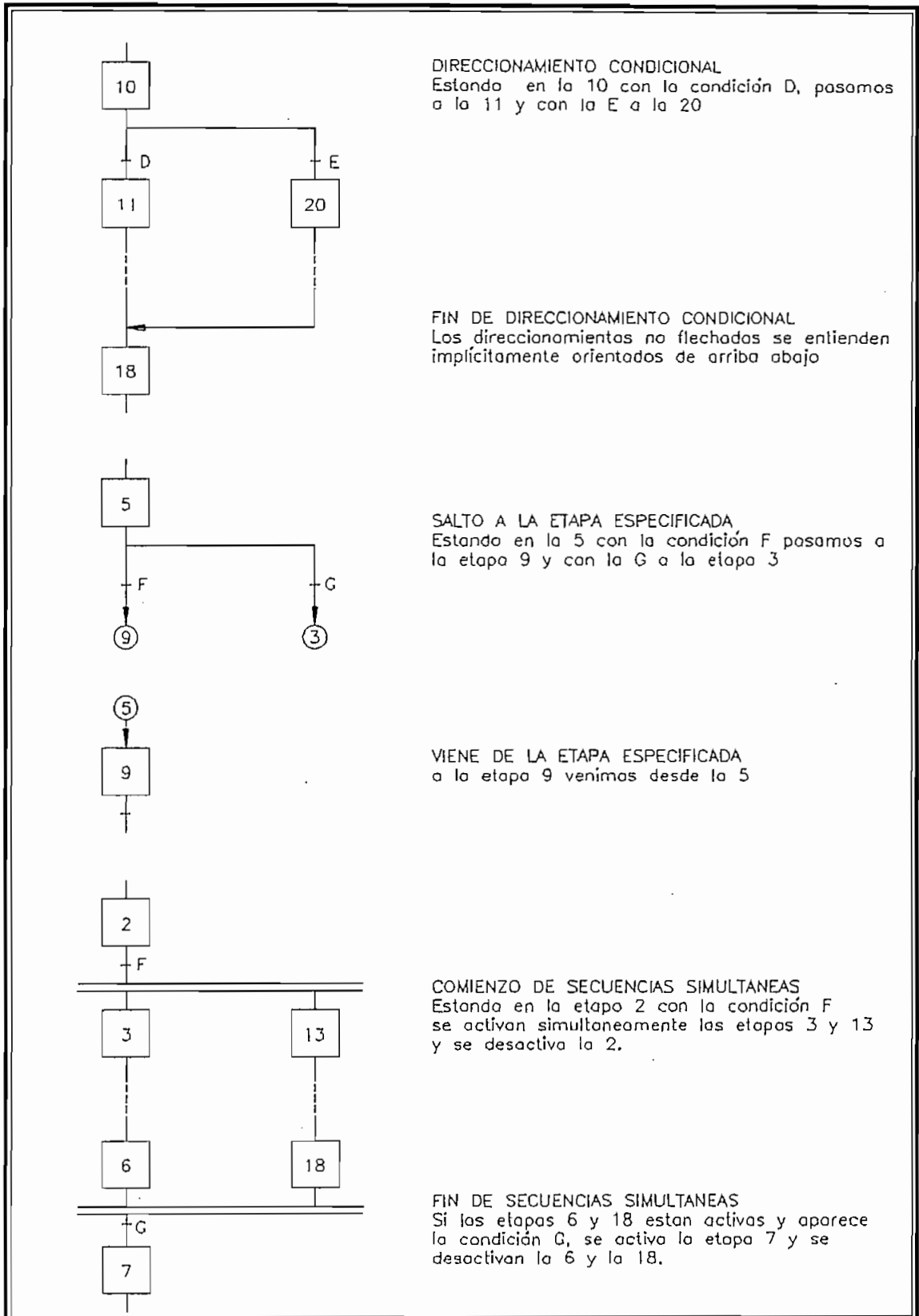


fig. 2.9 b) SIMBOLOS DEL GRAFCET

Ejemplo:

Descripción del problema: Una cadena de llenado de botellas de aceite, comprende dos puestos de trabajo, funcionando de la manera siguiente:

Una banda transportadora avanza paso a paso y lleva las botellas vacías hasta el puesto de llenado. Las botellas son llenadas y después llevadas al puesto de tapado. Un dispositivo de detección indica la presencia o ausencia de una botella en cada puesto de trabajo. Sinóptico de la parte operativa:

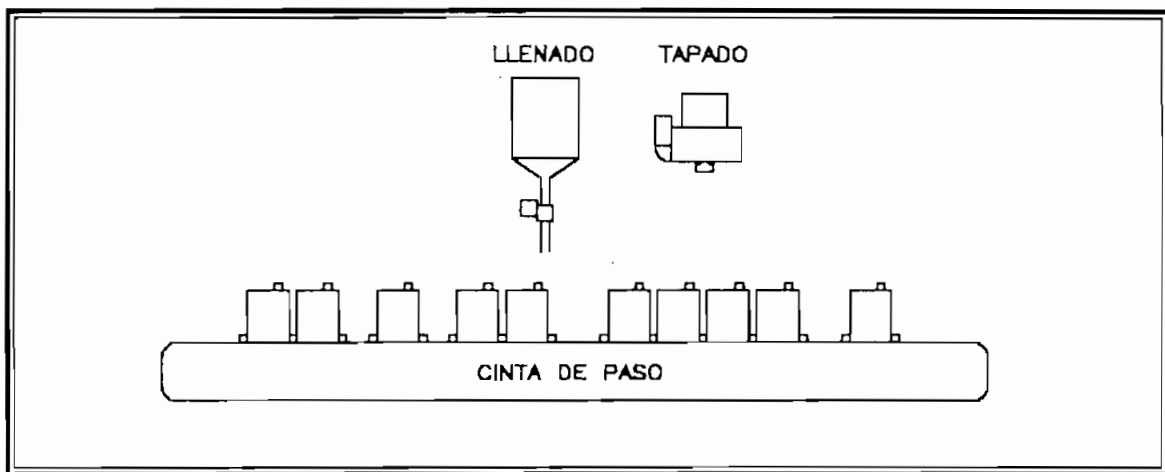


fig. 2.9 SINOPTICO DEL EJEMPLO EN GRAFCET

GRAFCET:

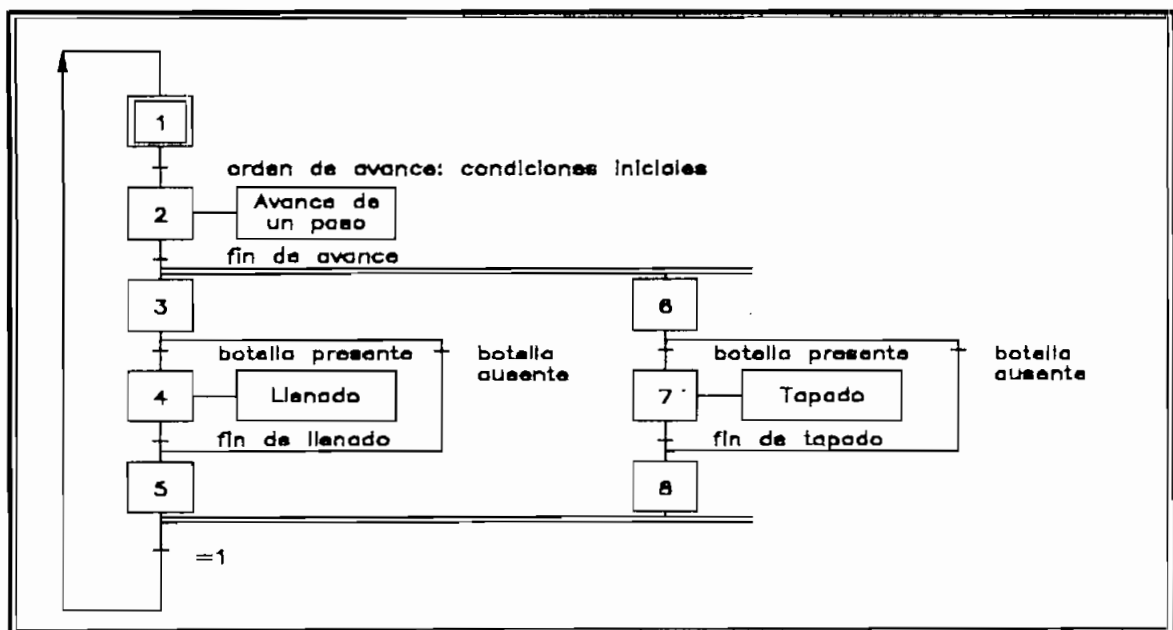


fig. 2.10 GRAFCET PARA EL LLENADO DE BOTELLAS

---

Un programa escrito en lenguaje Grafcet se estructura en tres pasos:

- Tratamiento preliminar.
- Tratamiento secuencial
- Tratamiento posterior.

#### A) Tratamiento Preliminar:

Esta parte permite tener en cuenta todas las eventualidades que puedan tener una incidencia directa sobre los otros tratamientos:

- corte de tensión.
- inicialización.
- demanda de modos de marcha.
- preselección de una etapa específica dentro del circuito Grafcet.

El Grafcet puede ser directamente inicializado o puesto a 0 en caso de eventualidades particulares.

Este tratamiento se ejecuta desde arriba hacia abajo y es escrita en el lenguaje asociado (booleano ó contactos).

#### B) Tratamiento Secuencial:

Esta parte permite definir de un lado la estructura secuencial de la aplicación y de otro su interpretación (definición de las condiciones asociadas a las transiciones y de las acciones asociadas a las etapas ):

- Gráficamente para definir el encadenamiento de las etapas y de transiciones del Grafcet, las etapas se referencian con números del 0 al 95.

A cada etapa  $i$ , se asocia una variable  $X_i$  que permite comprobar la actividad de la etapa. Esta variable puede ser comprobada con la ayuda de un contacto en el tratamiento preliminar, el tratamiento posterior o en la interpretación. Con el fin de poder posicionarse en una etapa en particular, esta variable puede ser posicionada en 1 en el tratamiento preliminar.

- En el lenguaje a contactos, booleano o literal, para definir las acciones asociadas a las etapas, así como las condiciones lógicas.

NOTA: En la escrutación del programa por parte del PLC, sólo se revisan las acciones asociadas a la etapa o etapas activas y las condiciones de transición de estas etapas, conduciendo a una disminución del tiempo de escrutación del PLC.

### C) Tratamiento posterior:

Esta parte permite:

- definir las acciones asociadas o no a las etapas.
- procesar las seguridades inherentes a estas acciones (tiene en cuenta paradas de emergencia, sobrecargas, etc).
- asegurar la unidad del control (utilizando la variable Xi)
- controlar las funciones del automatismo (temporizador, contador, etc).

Este tratamiento se programa en el lenguaje asociado al Grafcet: a contactos ó booleano.

NOTA: Los captadores correspondientes a la seguridad directa no deben en ningún caso estar tratados únicamente o directamente por el PLC, sino que deben actuar directamente sobre los preaccionadores, aunque se puede conectar adicionalmente al PLC para tener un control adicional de seguridad.

### 2.3.3 LENGUAJE A CONTACTOS

El lenguaje a contactos es un lenguaje totalmente gráfico, se lo denomina lenguaje LADDER o ESCALERA, además de su gran similitud con los diagramas de control industrial normalizados, ofrece ventajas por la utilización de bloques función y bloques de procesamiento numérico.

Un esquema de contactos está constituido por varias líneas horizontales que contienen símbolos gráficos de pruebas ("contactos"), de acción ("bobinas"), etc. El esquema de contactos se desglosa, en el momento de su programación en "redes de contactos". Cada red de contactos contiene 4 líneas y lleva una etiqueta (LABEL), que se numera de 1 a 999. Ver fig 2.11. [7].

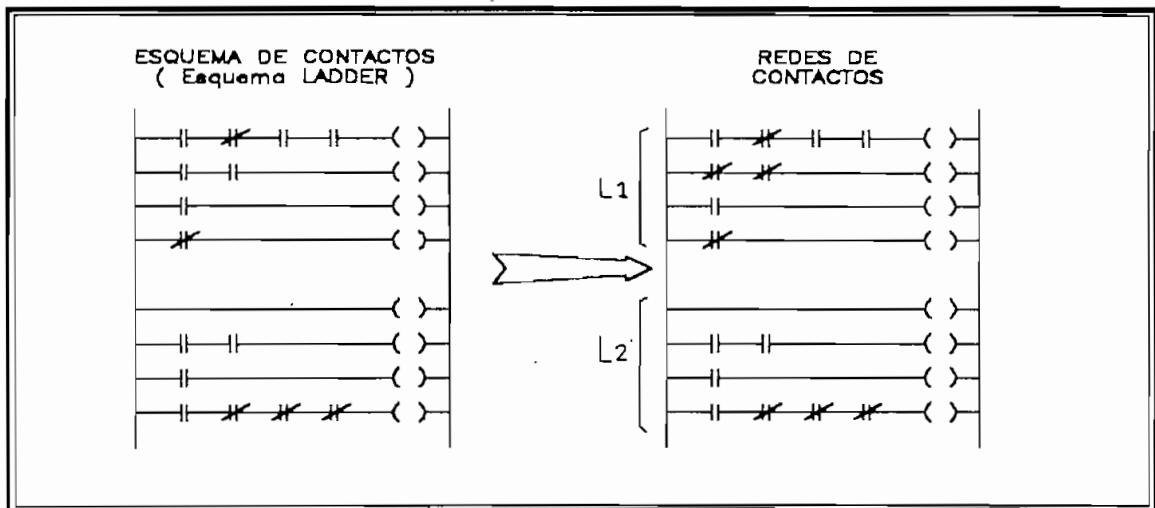


fig. 2.11 ESTRUCTURA DEL LENGUAJE ESCALERA

Una red de contactos está constituido por dos zonas, que están entre dos líneas verticales de diferente potencial, el sentido de paso de corriente es de izquierda a derecha para líneas horizontales e indiferente para las líneas verticales. Las zonas son:

- zona de prueba, en la que se deben introducir los contactos y los bloques función , en esta área se realiza la lectura del estado de un bit en general. La prueba consiste en leer en un orden preciso, los estados de los bits asociados a los contactos.
- zona de acción, en la que se deben introducir las bobinas y los bloques operaciones, aqui se realizan la transferencia del resultado de la operación lógica en la zona de prueba a un bit. La acción consiste en definir los estados de los bits asociados a las bobinas, según el resultados de las funciones lógicas procesadas.

Cada uno de los elementos de una red de contactos debe estar con su nombre o dirección respectiva, respetando la terminología desarrollada para el lenguaje booleano, con la diferencia que ahora los elementos son gráficos.

Los principales elementos del lenguaje a contactos son los siguientes:

- Contactos: toman el valor de los bits de entradas/salidas asociados a las vías de E/S del PLC: pulsadores, detectores, etc, y variables logicas (variables internas necesarias al funcionamiento del programa).
- Bobinas: mandan las salidas del autómatas conectadas a los órganos de mando o de visualización (relés, luces, bobinas,etc) y las variables lógicas (variables internas).

- Bloques función: programan las funciones del automatismo: temporizadores, contaje, programador cíclico, etc. Cada bloque función está representado por un rectángulo ocupando el sitio de dos columnas de contactos y de 3 ó 4 líneas.
- Bloques operación: programan las comparaciones entre palabras de 16 bits, las cuatro operaciones aritméticas: suma, resta multiplicación y división, las operaciones lógicas AND, OR, XOR, las conversaciones de palabras, así como los decalajes y las transferencias de bits y de palabras.

El tratamiento de la información en un lenguaje a contactos se da sobre bits o sobre palabras (16 bits).

- BIT: el más pequeño elemento accesible en memoria. Un bit está siempre en el estado 0 ó 1 y permite memorizar el estado de un contacto, de una bobina, de una variable interna, de una salida del bloque función
- PALABRA: conjunto de 16 bits que permiten almacenar dos caracteres alfabéticos o un valor decimal comprendido entre -32768 y + 32767. Las palabras son utilizadas en las funciones contaje, temporizador, programador, cálculo, etc.

### 2.3.3.1 VARIABLES BITS

- Bits de entrada y salida:  $I_{x,y,z}$  ;  $O_{x,y,z}$  , dependiendo del direccionamiento físico de las entradas y salidas.
- Bits internos: B0 a B255, (256), permiten memorizar el resultado de operaciones durante la ejecución del programa, no se requiere definir ni crear registros especiales para la utilización de los bits internos, su uso es directo. NOTA: los bits de entrada y salida inutilizados no deben ser utilizados como bits internos.
- Bits sistema: SY0 a SY23, son bits internos que indican el estado de funcionamiento del PLC. El estado de estos bits sirve para detectar fallas del sistema interno, se incluyen bits para el arranque en frío o en caliente después de un corte de energía. Estos bits son solamente de lectura.

-Bits de salida de bloques función:  $T_i, D$  ;  $C_i, R$  , etc, Pueden accionar bobinas o ser utilizados como contacto, al igual que cualquier otro bit.

### 2.3.3.2 VARIABLES PALABRAS

La codificación de una "variable palabra" se da en un PLC en binario, hexadecimal o como mensaje, aunque son visualizadas por defecto en forma decimal.

Ejemplo:

Binario            L ' 0101001001000010'

Hexadecimal     H ' 5242'

Mensaje           M ' RB'

Por convención una palabra en binario es siempre representada con su peso más débil (bit 0) a la derecha, los bits de peso fuerte (bit F o bit de signo) a la izquierda.

Las principales variables palabras son:

- Palabras internas:  $W_i$ , de 0 a 1023, La función de estas palabras es similar a la de los bits internos. Sirven para memorizar los datos codificados en decimal, hexadecimal, binario, ASCII. Para efectuar las comparaciones, transferencias con otros tipos de palabras. Las primeras 128 palabras son directamente accesibles y son utilizadas como palabras de trabajo, por ejemplo para introducir el valor 1993 en la palabra 17 basta realizar una transferencia :  $1993 \implies W17$ .

- Palabras constantes:  $CW_i$ , permiten memorizar valores constantes ya sea numéricos o alfanuméricos, su contenido no puede ser modificado en la ejecución de un programa, son introducidas como dato constante dentro del programa.

- Palabras sistemas  $SW_i$ : La función de estas palabras es similar a las de los bits sistemas. Las palabras sistemas permiten garantizar la gestión de ciertas funciones del PLC.







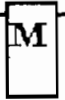
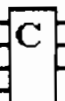

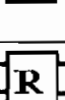

- Palabras de bloques función: Ti,P; Ci,P, son palabras utilizadas de manera transparente al usuario, para programar o ejecutar un bloque función. El contenido de estas palabras se puede escribir, visualizar , comparar o probar por el programa.

Es posible transferir el contenido de 16 bits o más en una palabra o inversamente; asimismo se puede efectuar transferencias de tablas de palabras.

El cuadro # 2.1 agrupa a los principales símbolos graficos de lenguaje a contactos.

Cuadro # 2.1: SIMBOLOS GRAFICOS DEL LENGUAJE LADDER

SIMBOLOS GRAFICOS  DE PRUEBA		Conexión horizontal: permite programar elementos en serie.
		Conexión vertical: permite programar los elementos en paralelo
		"Contacto directo": prueba del estado del bit direccionado
		"Contacto inverso": prueba del estado inverso del bit dirigido
SIMBOLOS GRAFICOS  DE ACCION	( )	"Transferencia directa": transferencia de un resultado lógico al bit direccionado
	( / )	"Transferencia inversa": transferencia de la inversión de un resultado lógico al bit direccionado.
	( S )	"Enganche de bobina":(SET) puesta al nivel lógico "1" del bit direccionado si el resultado logico es "1". El paso a "0" sólo se puede efectuar por la "bobina de desenganche".
	( R )	"Desenganche de bobina": (RESET) puesta al nivel lógico "0" del bit direccionado si el resultado lógico es "1". El paso a "1" sólo puede efectuarse por la "bobina de enganche".
	( J )	"Salto de programa": (JUMP) el mando de esta bobina (puesta a "1" del bit asociado), provoca la interrupción inmediata de la ejecución de la red en curso y una continuación del programa en la red designada por una etiqueta. La parte del programa comprendida entre la "bobina jump" y la red designada por la etiqueta (LABEL) no se ejecuta.

	( ) ( / ) ( S ) ( R )	"Bobinas salvaguardadas": en caso de corte de tensión, los niveles lógicos de los bits direccionados se salvaguardan durante la primera revolución del ciclo.
BLOQUES    FUNCION		"Función temporización": permite mandar por retardo, las acciones específicas.
		"Función monoestable": permite elaborar un impulso de un duración dada.
		"Función contador": permite efectuar contajes o descontajes de acontecimientos o impulsos.
		"Función programador cíclico": su funcionamiento es similar al programador de levas: cambia de pasos en función de acontecimientos externos o internos al PLC.
		"Función registro": Es un conjunto de "palabras " de 16 bits que permiten almacenar las informaciones: <ul style="list-style-type: none"> <li>• en fila de espera: primero en entrar, primero en salir (FIFO).</li> <li>• en pila: último en entrar, primero en salir (LIFO)</li> </ul>
		"Función comunicación": permite los intercambios de bloques de textos.
BLOQUES  OPERACION	[ < ]	"Operaciones de comparación": <, >, <=, >=, =
	[ OPER. ]	"Operaciones aritméticas": +, -, x, /.
	[ OPER. ]	"Operaciones lógicas": Y, O, O exclusivo.
	[ OPER. ]	"Operaciones de conversión": BCD <=> Binario ó Binario <=>ASCII
	[ OPER. ]	"Corrimiento": circular a derecha o a izquierda.
	[ OPER. ]	"Transferencia": de cadenas de bits o de cuadros de palabras.

### 2.3.3.3. EJECUCION DE UN PROGRAMA A CONTACTOS

A cada inicio de ciclo, el PLC efectúa autotest (de memoria, de los módulos, etc.), iniciando después diálogos con los periféricos conectados.

Seguidamente lee el estado de los bits entradas en todos los módulos del PLC y los memoriza en una tabla de memoria "imagen de entradas". Esto constituye la adquisición de entradas.

El programa es ejecutado red por red, de manera secuencial según el orden de escritura de arriba hacia abajo. Al ejecutar cada red, el PLC lee el estado de los bits de entradas en la tabla "imagen de entradas", después inscribe en la tabla "imagen de salidas" los estados tomados por los bits de salida de esta red.

A cada fin de ciclo, el PLC actualiza las salidas: envía los estados de los bits de salida memorizados en la tabla "imagen de salidas" hacia las salidas físicas del PLC por medio del bus de entradas/salidas.

NOTA: Si una salida está direccionada en varios sitios del programa, el estado final que sale a las salidas físicas, es el último que toma en la ejecución del programa. Para que no exista riesgo de error, se deben escribir las bobinas de salida y de los bits internos una sola vez.

La secuencia del ciclo se muestra en la figura 2.12.

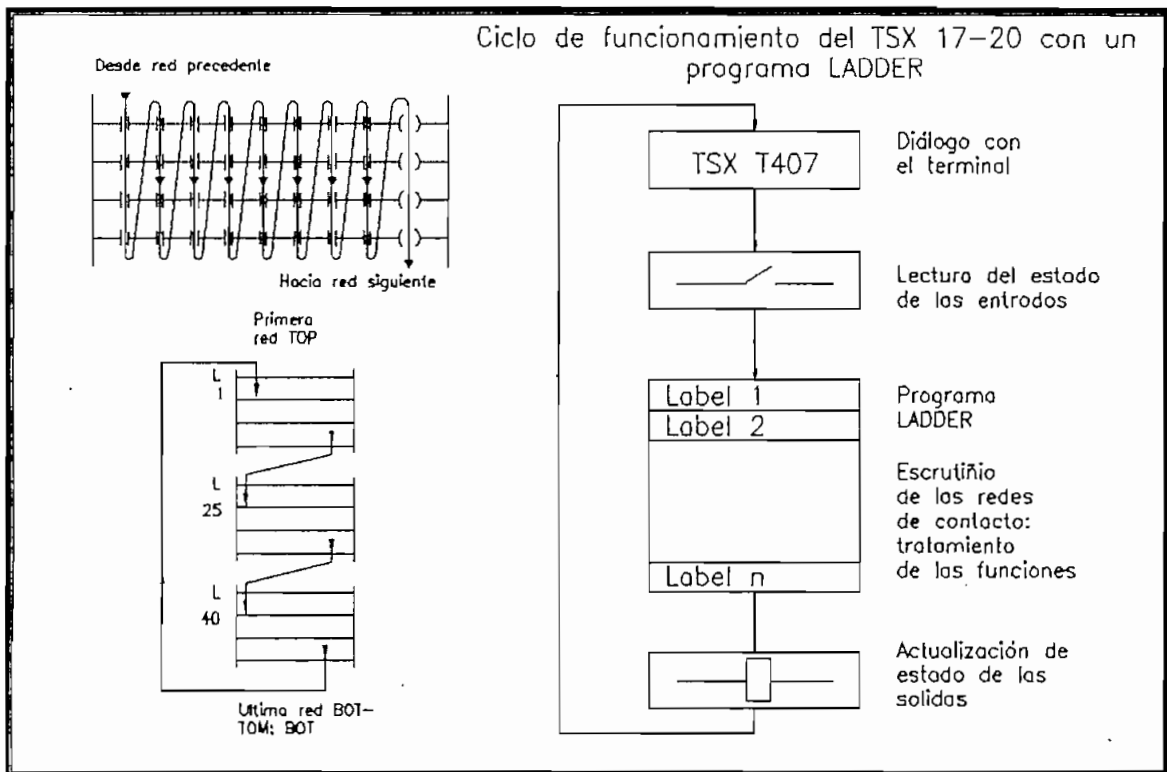


fig 2.12 EJECUCION DE UN PROGRAMA EN LADDER

**2.3.4. EJEMPLO DE APLICACION GENERAL:**

Realizar un programa para el arranque estrella - delta de un motor trifásico con temporizadores internos. Utilizar los 3 lenguajes de programación y definir las conexiones externas a realizarse

Solución:

1) Definimos todos los elementos involucrados en el sistemas y asignamos entradas y salidas en el PLC:

Descripción	Elemento	Configuración
ENTRADAS:		
1 Funcionamiento en automático	S1 (n.a)	I0,00
2 Pulsador de paro	IS1 (n.c)	I0,01
3 Pulsador de arranque	IS2 (n.a)	I0,02
4 Disparo del relé térmico	IF2 (n.a)	I0,04

SALIDAS:

1 Contactor principal (Y)	KM1	O0,04
2 Contactor principal ( )	KM3	O0,05
3 Contactor principal (RED)	KM4	O0,06
4 Luz de funcionamiento normal	H1	O0,00
5 Luz de disparo de relé	H2	O0,01

2) Los diagramas de fuerza y de control, de acuerdo a las condiciones de operación se muestran en las figuras 2.13 y 2.14. Tomar en cuenta el uso de borneras para facilitar la conexión tanto del sistema de control como de fuerza y además facilitar la revisión del circuito.

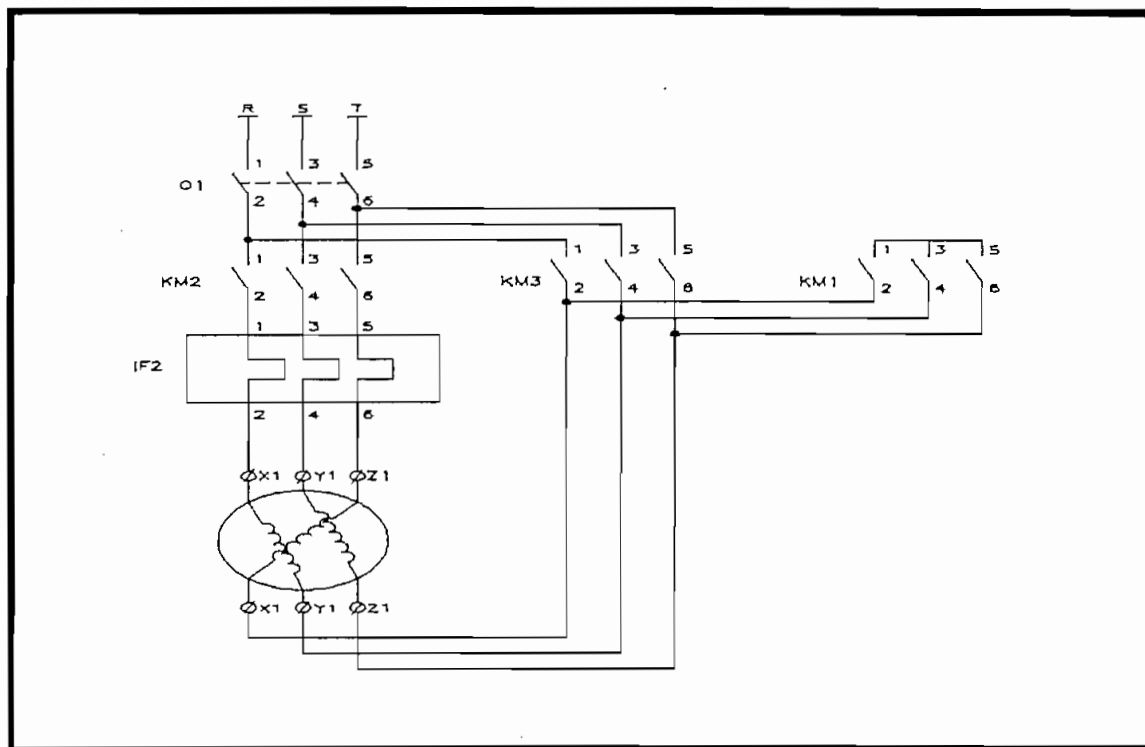


Fig. 2.13 DIAGRAMA DE FUERZA ARRANQUE Y - Δ

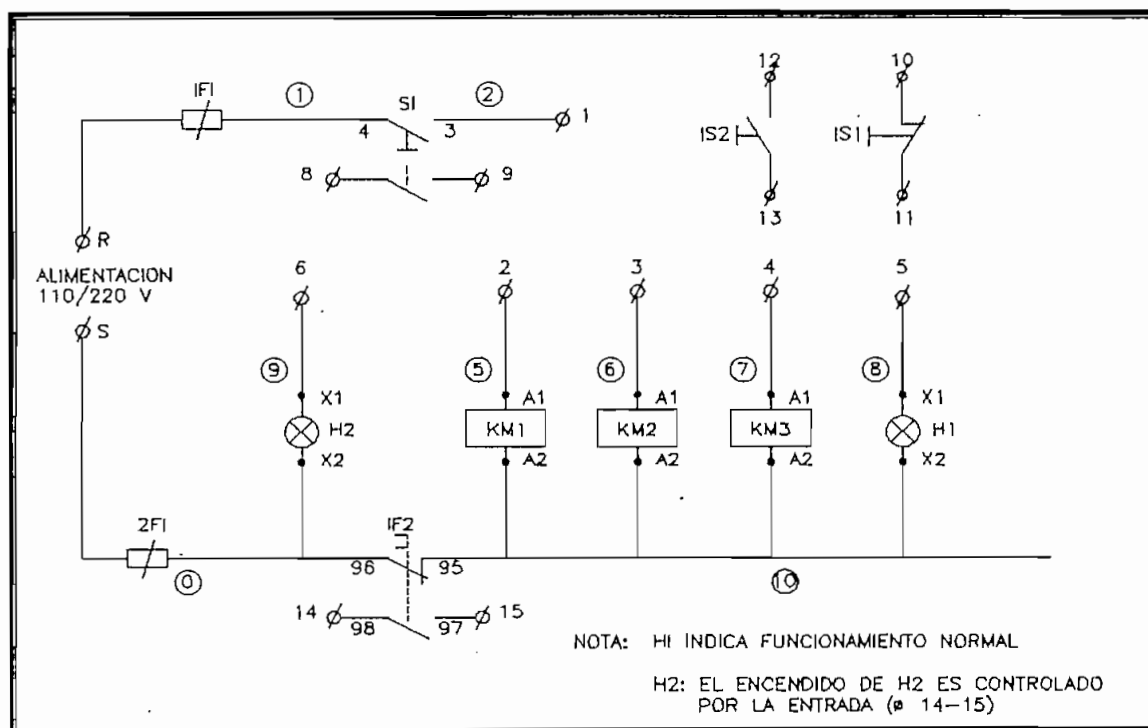


Fig. 2.14: DIAGRAMA DE CONTROL ARRANQUE Y- Δ

3) Programación:

a) Lenguaje booleano:

Tabla # LENGUAJE BOOLEANO PARA ARRANQUE Y- Δ

DIRECCION	CODIGO	OPERANDO
S0000	L	O0,06
S0001	A	O0,04
S0002	O	I0,02
S0003	A	I0,01
S0004	AN	B000
S0005	AN	O0,05
S0006	AN	I0,04
S0007	=	O0,04
S0008	L	I0,01
S0009	A	B000
S0010	A	O0,06
S0011	AN	O0,04
S0012	AN	I0,04
S0013	=	O0,05
S0014	L	I0,02
S0015	A	O0,04
S0016	O	O0,06
S0017	A	I0,01
S0018	AN	I0,04
S0019	=	O0,06
S0020	L	O0,06
S0021	=	T00
S0022	L	T00
S0023	=	B000
S0024	L	O0,05
S0025	AN	I0,04
S0026	=	O0,00
S0027	L	I0,04
S0028	A	SY06
S0029	=	O0,01
S0030	EP	



c) Lenguaje a contactos:

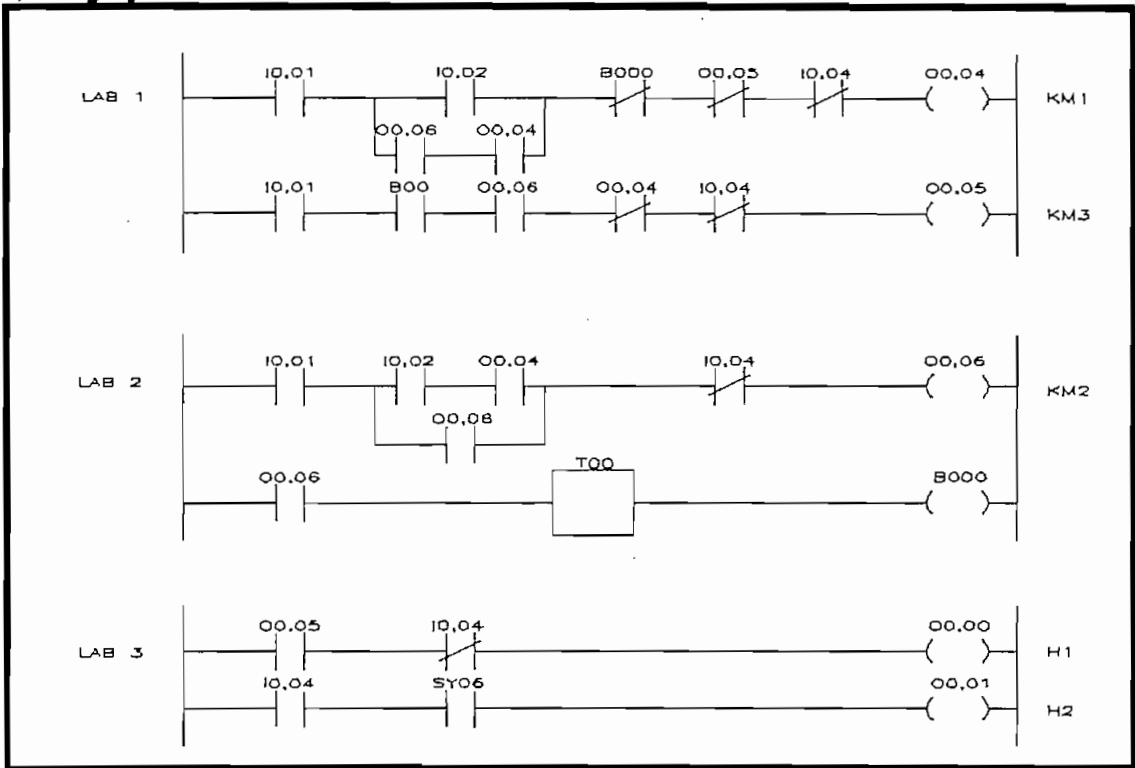


Fig. 2.16: DIAGRAMA DEL LENGUAJE A CONTACTOS

d) Conexiones externas:

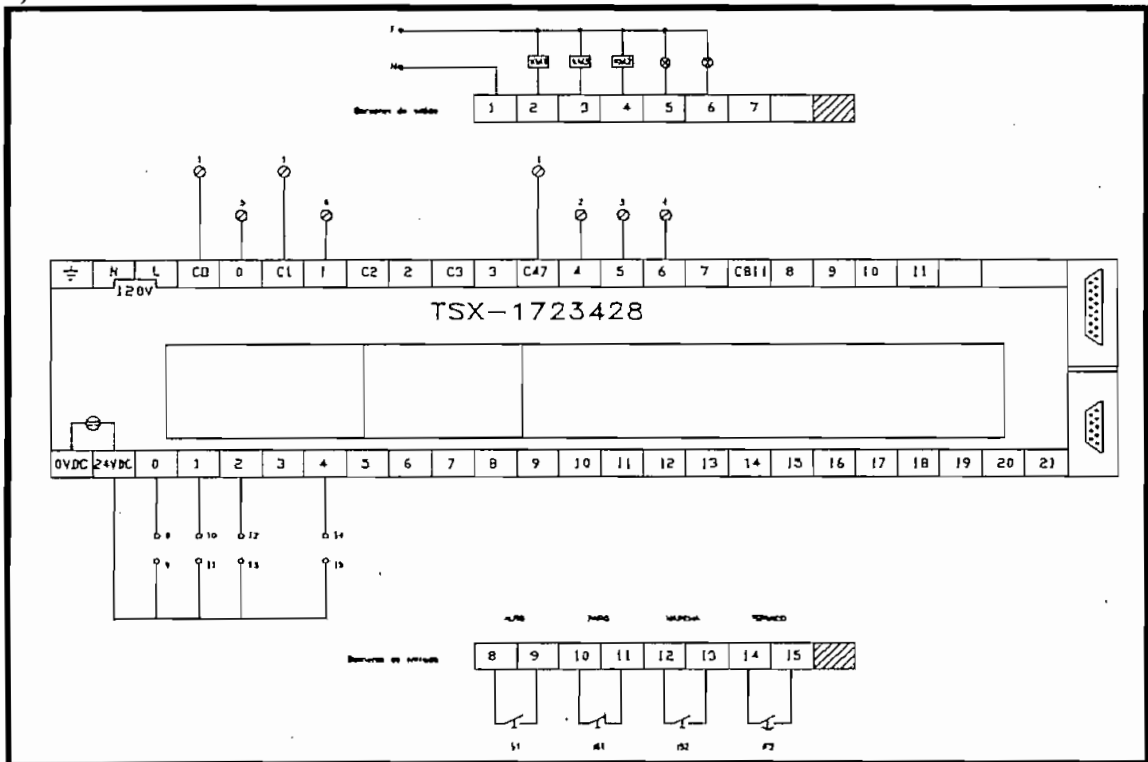


fig. 2.17 DIAGRAMA DE CONEXIONES EXTERNAS

NOTA: La solución de este problema no es única, la alternativa presentada puede ser variada de acuerdo a las necesidades o criterios de los usuarios.



2.4 CRITERIOS TECNICOS QUE DEBEN CONSIDERARSE PARA LA APLICACION DE SISTEMAS PROGRAMABLES.

2.4.1 ESTRUCTURA DE UN AUTOMATISMO

"Un proceso consiste en un sistema que ha sido desarrollado para llevar a cabo un objetivo determinado: el tratamiento de material mediante una serie de operaciones específicas destinadas a llevar a cabo su transformación" [8]

Todo proceso cumple una ciclo que se lo muestra en la figura 2.18, en donde se muestra como un lazo cerrado de control y desglosado con todas sus partes.

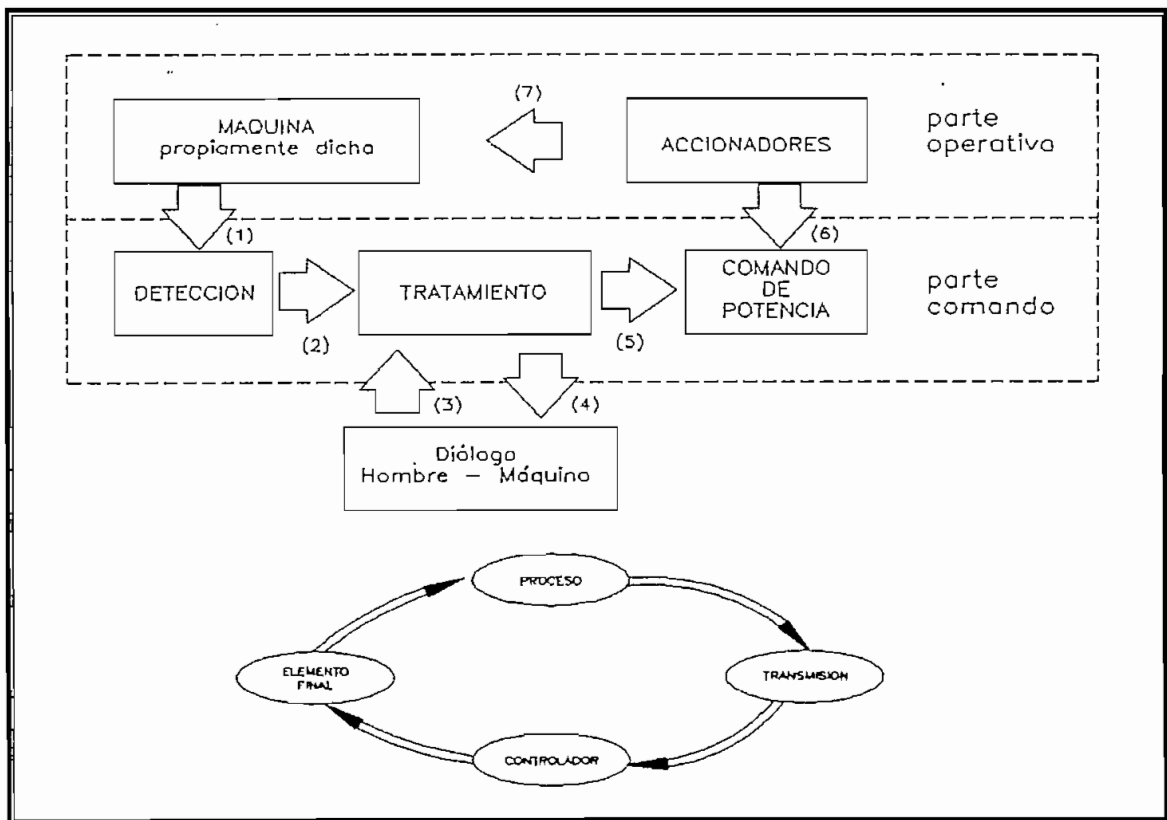


fig. 2.18 ESTRUCTURA DE UN AUTOMATISMO

Los sistemas programables que pueden ser utilizados en la fase de tratamiento para la realización de un sistema automático pueden ser :

- Controladores Lógicos Programables
- Microcomputadores industriales.
- Placas electrónicas con microprocesadores dedicadas.
- Controladores numéricos.

---

Las consideraciones técnicas que podrían considerarse para la elección del mejor sistema se analizan a continuación:

a) Cantidad de equipos para el proceso:

El proceso puede ser controlado con equipos individuales, en el caso de producciones en serie, o con varios equipos para producciones diversificadas; en este caso, la elección se da por el factor económico del equipo. Si el proceso se da con equipos en serie, los mejores sistemas son los PLC's conectados en red, en donde cada equipo, ó cada máquina es controlado por un PLC .

b) Tipo de ambiente:

Puede ser explosivo o no explosivo, en tal caso la solución se da con un sistema de comando local neumático controlado desde un computador.

c) Señales de entrada/salida:

El tipo de señal de entrada y salida encontrada en las aplicaciones es importante. El voltaje de control para las entradas se deben unificar de acuerdo a las normas, en el caso de sensores electrónicos o de estado sólido como interruptores de proximidad inductivos y fotoceldas, pueden tener condiciones especiales de conexión que deben ser revisados antes de conectar al sistema. Todos los sistemas son válidos, sin embargo , dentro de cada línea de PLC's se tiende a la estandarización en cuanto a la utilización de los diferentes módulos de E/S.

Si el sistema de tratamiento es un PLC, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

Una consideración especial debe darse a las fugas de corrientes en sensores de corriente continua para asegurarse de una operación confiable. Si la corriente de fuga del sensor es demasiado alta, el circuito de entrada al PLC continúa la lectura de una señal aún cuando la entrada de voltaje esté en nivel bajo.

Las salidas de los PLC's pueden ser con relés, (corriente continua o alterna), triacs (corriente alterna únicamente), o transistores (salidas de continua). El escogitamiento dependerá del tipo de tratamiento a darse y del "switcheo" que puedan manejar con una corriente de salida fija . Si el número de operaciones no es lo suficientemente alto, se puede

usar relés externos. Se puede doblar la capacidad de la corriente usando dos salidas en paralelo, pero ambas deberán operar simultáneamente.

La expansión para el sistema de E/S en el PLC es mucho más fácil cuando se tienen estructuras modulares.

d) Comunicación:

La comunicación es importante en los sistemas actuales, todo proceso además del diálogo hombre-máquina realizado con luces de señalización y pulsantes requiere comunicaciones con sistemas centrales de administración, supervisión y/o control. Los PLC's y los sistemas de control por computador cumplen esta condición, con la ventaja que los PLC's están hechos para trabajar en ambientes industriales; no así un computador que requiere de cuidados especiales, (alimentación y perturbaciones eléctricas) .

Algunas veces, dos o más PLC's son usados en una máquina o proceso, para reducir costos de cableado de entradas/salidas que se conectan a grandes distancias, en este caso, la comunicación serie es el enlace usual entre PLC's. Pero muchos fabricantes no ofrecen esta opción o dan solamente una capacidad limitada de unión. Para la conexión física el estandar usado con mayor frecuencia es el RS-232 en enlaces punto a punto, aunque la distancia es una limitación (15 m). Para mayores distancias, la comunicación se la realiza con el RS-485.

Los sistemas electrónicos dedicados han dejado de ser utilizados debido a la gran dinámica que se requiere en la producción actual, la falla de un sistema dedicado provoca pérdidas por el tiempo requerido para su reemplazo.

Un controlador numérico se usa casi exclusivamente en maquinaria con tratamiento lógico, control de ejes y sistemas de máquinas herramientas (troqueladoras, tornos, etc.)

La solución más confiable para casi todo sistema consiste en la utilización de PLC's asociados a máquinas individuales, con la posibilidad de que todos los PLC's se conecten entre si con un sistema de red en la cual uno de ellos es el "maestro", todo este sistema se puede enlazar con un computador para supervisión y control y finalmente con programas informáticos, llegar a un sistema de gestión y control desde un computador central. (concepto CIM, fabricación integrada por computadora.) [9]

#### 2.4.2 ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA LA SELECCION DE UN PLC.

En la selección de un PLC, se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Número de entradas y salidas:
  - Número total de entradas y salidas del PLC.
  - Número máximo de E/S discretas.
  - Número máximo de E/S analógicas.
  - Entradas/salidas para control de posición, (contadores rápidos).

Los fabricantes normalmente brindan una configuración adaptable a las necesidades dentro de este aspecto, por lo tanto a partir de una configuración básica se puede incrementar el tamaño del control de acuerdo a los requerimientos. Existen sistemas de PLC's modulares que brindan un número limitado de E/S, que son considerados pequeños (hasta 256 E/S); los medianos y grandes sistemas vienen en "racks" desmontables los cuales son capaces de acoplar sistemas de E/S entre 1000 y 10.000 señales.

- Tipo y tamaño de la memoria :

El tamaño de la memoria está directamente relacionado con la configuración de entradas y salidas del sistema, considerando que para PLC's pequeños el tamaño necesario está entre 8Kb y 24 Kb. Cuando se usa entradas y salidas del tipo analógico, la memoria debe ser de mayor capacidad. Actualmente la memoria del PLC viene en diferentes tamaños pudiendo escogerla de acuerdo a la complejidad de la aplicación.

El tipo de memoria base en un PLC generalmente es volátil, resguardada por una batería de larga duración. Adicionalmente es necesario colocar externamente un respaldo que puede ser de dos clases: volátil y no-volátil. Normalmente se usa no-volátil debido a que el programa y los datos no se pierden ante una pérdida de energía, dentro de este tipo la más recomendada es la memoria EEPROM.

Es importante conocer si el PLC en su memoria no-volátil realiza alguna forma de chequeo de errores que asegure que los datos no cambien; este chequeo debe ser realizado mientras el PLC realiza la ejecución del programa usuario (sistema "on-line").

- Funciones especiales internas:

La estandarización de lenguajes y comunicaciones entre diversos PLC's ha permitido que la selección se enfoque hacia las funciones especiales a nivel de software que ofrecen los sistemas:

- Número de relés internos.
  - Contadores y temporizadores internos.
  - Secuenciadores y registradores de eventos.
  - Capacidad para realizar control PID.
  - Control con tiempo horario.
- Otras consideraciones importantes para la selección son:
    - Tamaño.
    - Compatibilidad de programación.
    - Tiempo máximo de lectura de un ciclo completo.
    - Diagnósticos.
    - Uso de la memoria en el programa y en los datos.
  - Consideraciones de costo: en lo que se refiere a la instalación deben ser divididos en tres partes principales:
    - El costo del PLC mismo.
    - El costo del diseño y documentación del software.
    - Gastos de instalación física.

## 2.5 REALIZACION DE UN AUTOMATISMO CON EL PLC

Para la solución del tratamiento utilizando un PLC, es necesario analizar dos aspectos fundamentales: la implementación del hardware y el desarrollo del software, capaz de acoplar perfectamente esta parte a todo el proceso.

Lo primero en la selección de los equipos es determinar el número de entradas y salidas (E/S) que se requieren. Existen dos categorías de E/S, una es para el control del equipo o maquinaria y la otra para el control del panel del operador.

---

Las entradas de control de la máquina típicamente vienen de sensores electrónicos e interruptores de límite mecánicos. Las salidas discretas manejan contactores, válvulas solenoides y las salidas analógicas manejan actuadores.

Las entradas del panel del operador vienen desde pulsantes, interruptores, selectores y teclados alfanuméricos. Las salidas discretas manejan señales de lámparas y pantallas digitales. Si el panel de control del operador soporta un considerable número de E/S, una terminal de interface para el operador puede ser mejor que las lámparas indicadoras, requiriéndose para esto un puerto serial que puede ser opcional en un PLC ó utilizar el puerto de programación encontrado en la mayoría de los PLC's.

En todos los casos los pulsantes de parada de emergencia deben ser conectados directamente a los circuitos de control de energía, aunque el PLC pueda tener una señal adicional desde el pulsante, para efectos de tratamiento de seguridades.

En lo que refiere al desarrollo del software, cuando se ha definido completamente el hardware del sistema, se debe considerar los siguientes puntos:

- 1) Una descripción clara y concreta del problema a resolver. Esta descripción debe ser realizada en lenguaje sencillo y no técnico, capaz de que se puedan entender los objetivos y la solución del problema.
- 2) El desarrollo de un diagrama de bloques bosquejando la solución del problema; y definir con ello el lenguaje a ser utilizado para la programación, tomando en cuenta complejidad, tipo de proceso (secuencial, continuo, por lotes), elementos de programación que serán utilizados y proyección del proceso a la integración con otros sistemas.
- 3) La descripción detallada de los datos que se disponen para las entradas y de las acciones que se van a llevar a cabo con las salidas del programa implementado
- 4) El desarrollo de algoritmos de control en forma de subrutinas separadas, capaz de poder implementarlas en laboratorio para simulación, para luego acoplar todo el sistema.
- 5) El programa completo deberá ser simulado en laboratorio o en el lugar de instalación sin el uso del sistema de fuerza, para revisar y corregir posibles errores, antes de la puesta en marcha final.

---

## 2.6 INSTALACION Y ELEMENTOS NECESARIOS.

Para la instalación del PLC se debe tomar en cuenta consideraciones básicas de seguridad y las recomendaciones que el fabricante señala en el manual del operación.

Antes de realizar cualquier tipo de conexión y cableado externo se debe instalar el PLC en el sitio de montaje definitivo, respetando las distancias mínimas de separación con otros elementos, además se debe evitar colocar debajo de los módulos aparatos que generen calor.

Ubicar todos los elementos o módulos adicionales como son: pila de respaldo de memoria RAM, cartucho de memoria EEPROM, módulos de entradas y salidas discretas o analógicas, tomando en cuenta si existe restricciones para el orden de ubicación de los módulos.

Es importante la conexión de la tierra del PLC, ésta se debe realizar con cable AWG # 16 (normalizado de color verde-amarillo), y de longitud lo más corta posible. Si existen algunos elementos que requieren tierra, se debe efectuar cada conexión en forma independiente directamente al chasis metálico.

Para la alimentación del PLC se debe usar elementos de protección como son disyuntores monofásicos ó bifásicos de 3 a 10 amperios de acuerdo al tamaño del PLC. La puesta en tensión se realiza con el uso de un contactor auxiliar cuyos contactos deben estar en serie con el pulsante de emergencia y además, de acuerdo a las normas de seguridad se debe colocar un pulsante para el reinicio de la instalación luego de un paro provocado por un corte de energía

A pesar de que un PLC integra a nivel de sus entradas y salidas unas protecciones que le aseguran un buen comportamiento en ambientes industriales se deben respetar las reglas siguientes con el fin de darle mayor confiabilidad:

- Todo cable multiconductor que transporte las informaciones de los sensores hacia las entradas del PLC, debe incluir el común de cada elemento. Si existen un cableado individual se debe mantener este criterio.

- En los casos en que se usa un contacto entre la salida del PLC y la bobina de un preaccionador (contactores principales), debe preverse de una protección externa a las

---

bornas de la bobina. En el caso de preaccionadores de corriente alterna se puede colocar portafusibles o circuitos de protección RC. En preaccionadores de corriente continua se usa diodos de descarga.

- Todos los cables con destino a entradas/salidas deben situarse en diferentes conductos que los de energía elevada (0,1m. en sus recorridos paralelos).

Las recomendaciones para una instalación física correcta, el proceso para la primera puesta en marcha y el funcionamiento de un Controlador Lógico Programable se detallan en el anexo A.

## 2.7 VENTAJAS Y APLICACIONES DE UN SISTEMA PROGRAMABLE.

En el Controlador Lógico Programable la función de mando se establece en un programa almacenado en una memoria, reduciéndose el cableado solamente a la conexión de los captadores (botones, conmutadores automáticos, fines de carrera, sensores electrónicos, etc. ) y aparatos de maniobra ( contactores de potencia, electroválvulas, pistones, etc.) por lo tanto las variaciones funcionales, pruebas y puesta en marcha son sencillas y fáciles de realizar.

El diseño de sistemas de control de procesos utilizando los Controladores Lógicos Programables, presenta frente a los métodos tradicionales , las siguientes ventajas:

- Al ser un equipo electrónico con tecnología VLSI es compacto y requiere poco espacio para el montaje.
- Un proyecto se lo realiza en menor tiempo ya que se disminuye la complejidad del cableado del sistema externo.
- Facilidad de modificación. En caso de variación sólo hay que modificar el programa manteniéndose el cableado.
- Puesta en marcha fácil.
- Diagnóstico de fallas más simple, por la presencia de auto-test integrados.
- Confiabilidad, en virtud de la reducción del número de conexiones externas.



---

Como contraparte a estas ventajas se puede mencionar que el costo inicial de un control con el PLC es alto, aunque se compensa con la economía por el bajo costo de mantenimiento del nuevo sistema.

La aplicación de un PLC en los procesos industriales se enfoca a:

- Máquinas y equipos que desarrollan una función repetitiva y secuencial.
- Procesos que necesitan de precisión y uniformidad en su ejecución.
- Procesos con equipo de control obsoleto, permitiendo la repotenciación de la maquinaria.

Por las características de seguridad y concepción, de acuerdo con las tecnologías electrónicas actuales, es un elemento que puede aplicarse a todo sistema de automatización y control de procesos.

## ***CAPITULO III***

# ***DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA Y SINCRONIZACION***

### 3 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA Y SINCRONIZACION.

#### 3.1 CONDICIONES Y REQUERIMIENTOS DEL PROYECTO

En el diagrama unifilar del plano No. 1, se aprecia el esquema del sistema eléctrico de "barra partida" y que permite las siguientes condiciones de operación del proyecto:

A). En condiciones normales de operación:

- El transformador alimenta a las dos barras , a través de los disyuntores de red, CBNU y CBNT que se encuentran cerrados. (tablero principal de red).
- Debe existir la posibilidad de alimentar la barra técnica mediante el transformador y la barra de servicios mediante uno de los generadores y viceversa.
- Se debe poder sincronizar uno de los generadores con la red para mejorar la continuidad de servicio en horas de paso del satélite y evitar un corte si falla la energía de la red.

B). En condiciones de emergencia:

- Un selector de tres posiciones (selector modo de operacion), preconditiona el sistema para que trabaje en modo de TRANSFERENCIA o en modo de SINCRONIZACION.

B.1) En el modo de transferencia:

- La modalidad de operación en Transferencia puede ser AUTOMATICO o MANUAL, seleccionable desde un selector de 2 posiciones.

En el modo de transferencia automática, si existe falla de red, a partir de la señal de arranque del generador de emergencia, se tiene en forma automática la transferencia para conexión del disyuntor del generador hacia barras, monitoreo de las indicaciones de operación del generador y red; retransferencia de carga luego de un tiempo de reestablecida la red y orden de apagado del grupo de emergencia, con tiempo de permanencia en vacío.

El modo de operación de transferencia manual es utilizado con fines de probar periódicamente las condiciones descritas en el modo automático.

Puesto que son dos grupos de emergencia , un selector de tres posiciones llamado GRUPO DE EMERGENCIA, permite escoger tres opciones para realizar la transferencia: G1, G1/G2, G2. Cuando se escoge G1/G2, el primer generador que alcance las condiciones normales de operación es el que se conecta a la carga, manteniéndose el otro generador en espera para operar en sincronización, si fuera necesario.

Para el funcionamiento del modo de transferencia automática, las terminales remotas dan la señal de ausencia de voltaje en la red , para ordenar el arranque del grupo de emergencia al que se transfiere la carga. Debe cumplirse además:

A). Al estar el modo de operación en transferencia o en OFF, y con presencia de voltaje en la red, están cerrados los disyuntores del tablero general de la red.

B). En caso de ausencia de voltaje de red y el modo escogido es transferencia automática, luego de cumplirse el programa lógico de transferencia, se abren los disyuntores de red y se cierran los disyuntores del tablero de la unidad de generación seleccionada.

C). En modo de transferencia automática, al retornar la energía de la red, luego de cumplirse el programa lógico de transferencia, se da el proceso inverso al señalado en el numeral b.

D). En el modo de transferencia manual y en ausencia de voltaje de la red, se pueden cerrar en forma manual el disyuntor de la barra técnica y el disyuntor de la barra de servicio, de la unidad seleccionada. Al retorno del voltaje de red, la retransferencia se realiza manualmente.

## B.2) EN EL MODO DE SINCRONISMO

El equipo de sincronismo está conformado por voltímetros para el grupo entrante y el de referencia, frecuencímetro, sincronoscopio y relé de chequeo de sincronismo, además de luces de sincronización para permitir la visualización de los parámetros por parte del operador cuando se opera en el modo de sincronización manual.

Un selector de GRUPO ENTRANTE, permite seleccionar que grupo va a conectarse a la barra luego de que se hayan satisfecho las condiciones de sincronismo, (igual voltaje, igual frecuencia y ángulo de defasamiento de las dos señales dentro de un rango del +/- 5%).

El arranque del grupo o grupos en el modo de sincronismo semiautomático lo realiza el control central, en cambio, en sincronismo manual toda la operación es realizada por el operador.

Para el funcionamiento en paralelo o sincronismo de la red en cualquiera de los grupos, las unidades terminales remotas tendrán alarmas de falla, para disparar los disyuntores de la red.

Para horas críticas y teniendo el servicio de red, se puede seleccionar el modo de sincronización, para poner en paralelo la red con cualquiera de las unidades seleccionadas.

La sincronización semiautomática implica que el interruptor para el cierre del disyuntor seleccionado, tiene efecto solamente cuando se cumplen las condiciones de sincronización.

La sincronización manual implica que el cierre del disyuntor está supeditado a la acción del operador.

Se presenta en la figura 3.1 un diagrama de bloques del sistema de operación eléctrica del sistema.

NOTA: ESTAS CONDICIONES SON LAS QUE EL CLIRSEN PRESENTA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO.

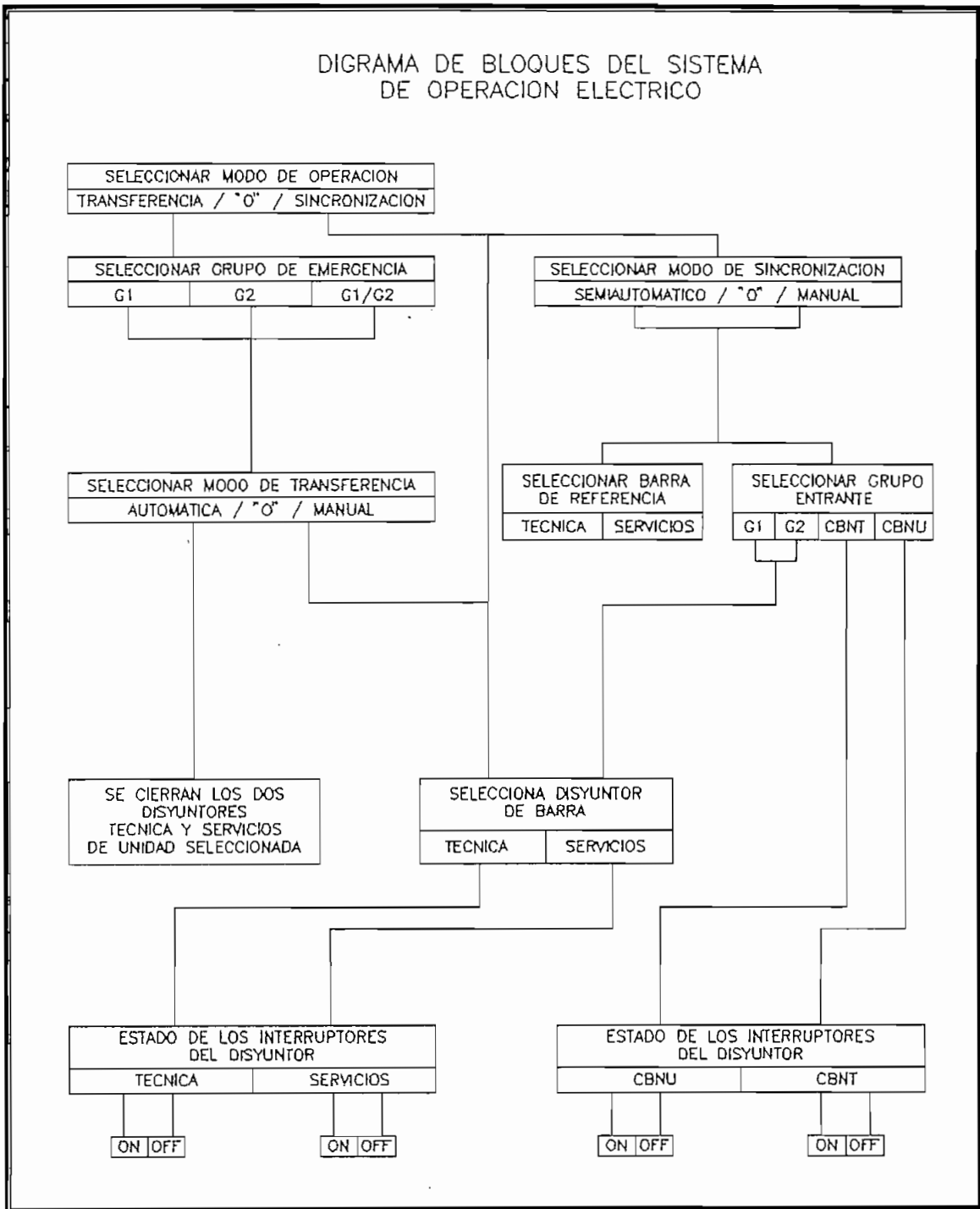


fig. 3.1 DIAGRAMA DE BLOQUES DE LA OPERACION DEL SISTEMA

### 3.1.1 CARACTERISTICAS DE OPERACION DE LOS EQUIPOS DE MANIOBRA Y REGULACION EXISTENTES.

Adicionalmente a los requerimientos mínimos que se deben cumplir, es necesario estudiar todos los elementos involucrados en los equipos, para definir su operación y realizar la integración con el nuevo sistema. El funcionamiento de los generadores ya ha sido estudiado en el capítulo primero, numeral 1.3.

#### 3.1.1.1 DISYUNTORES PRINCIPALES DE POTENCIA.

Los disyuntores de potencia instalados en la Estación Cotopaxi son de dos clases [11]:

a) Disyuntores de aire tipo DB-50 de la Westinhouse Electric Corporation, instalados para operación con la red eléctrica y con el generador # 1.

Estos disyuntores están diseñados para un servicio continuo y para la protección de la fuente de energía y de los equipos asociados, protege contra sobrecorrientes con un circuito especial de protección y además esta equipado con un circuito de disparo instantaneo par permitir un trabajo más confiable. Se puede realizar calibraciones externas de los sistemas de protección de acuerdo a las curvas de trabajo del equipo.

b) Disyuntores de aire tipo K-1600 de I.T.E. Imperial Corporation, para el generador # 2.

Son aparatos de maniobra equipados con un circuito de estado sólido para el disparo por sobrecorriente, es extraible para efectos de mantenimiento, opera en forma manual o eléctrica.

Los dos tipos de equipos son comandados por bobinas de cierre y apertura con la opción de dispararlos o cerrarlos en forma mecánica.

Cuando se desea que el disyuntor cierre sus contactos de potencia se alimenta la bobina de cierre con 220 voltios, no siendo necesario mantener el voltaje sobre la bobina ya que el sistema se autoenclava.





la máquina sin importar la carga sobre el generador). Tiene un control de ajuste de velocidad , (synchronizer control), un control de caída de velocidad ( speed droop control) y un control de límite de carga. La capacidad de trabajo de la caída de velocidad es de ocho libras-pie. [12]

El control de ajuste de velocidad, es usado para cambiar la velocidad cuando el generador esta trabajando solo o en paralelo con otras unidades. El motor permite el control en forma remota o en forma manual con la perilla respectiva localizado en el panel frontal de la unidad. El control remoto puede utilizarse para la variación de la frecuencia antes de la sincronización con otras unidades y para el cambio en la distribución de carga después de la sincronización. El motor tiene inversión de giro y su potencia es de 1/32 HP.

El control de caída de velocidad permite la corrección automática de la velocidad por el cambio de carga de la máquina. La relación entre la carga y velocidad actúa como una resistencia para cambiar la carga cuando la unidad es interconectada con otras unidades. Cuando este control esta en cero, el cambio de carga no produce un cambio de velocidad, por lo que como una regla general de uso se tiene que si la unidad está trabajando sola, este control debe ser seteado en cero, si la unidad esta interconectado con otras se debe ajustar al nivel más bajo que permita una división de carga satisfactoria.

Los sistemas de generación de energía alterna operando en paralelo, deben tener un control de caída de velocidad entre 30 y 50 del dial (el máximo valor es 100), para permitir intercambio de carga entre unidades. Si una unidad en el sistema tiene suficiente capacidad su control de caída de velocidad debe ser ajustado a cero para regular la frecuencia del sistema entero. Esta unidad asume todo el cambio de carga dentro de los límites de su capacidad y controla la frecuencia si su capacidad no es excedida. La frecuencia del sistema es ajustada desde el control de velocidad con cero en el control de caída de velocidad. La distribución de carga entre unidades se realiza operando el control de ajuste de velocidad, pero con control de caída de velocidad.

El control de límite de carga controla hidráulicamente los límites que puede ponerse al generador restringiendo la rotación angular del gobernador y consecuentemente la cantidad de combustible que se entrega a la máquina.

3.1.1.3 REGULADOR DE VOLTAJE

El regulador de voltaje instalado en cada grupo es de marca BASLER, el modelo es el SR5, regula la salida de voltaje del generador controlando la cantidad de corriente continua entregada al campo del generador. La corriente de campo del generador puede ser suministrada por el propio regulador o por una excitatriz estática o rotativa. En cualquier caso, el regulador en esencia ajusta la corriente de campo del generador para mantener el voltaje de salida dentro del valor de referencia (setpoint).

El regulador sensa la salida de voltaje del generador, compara una muestra rectificada de este voltaje con una referencia dada por un diodo zenner y suministra la corriente directa al campo, con el fin de mantener una relación predeterminada entre la muestra del voltaje de salida y la referencia.

El circuito básico del regulado SR5 consiste de: un circuito para sensar voltaje, circuito de detección-preamplificación-estabilización, el circuito de potencia y el circuito de compensación para operación en paralelo. [13]. La figura 3.3 muestra el diagrama básico de conexiones del regulador de voltaje.

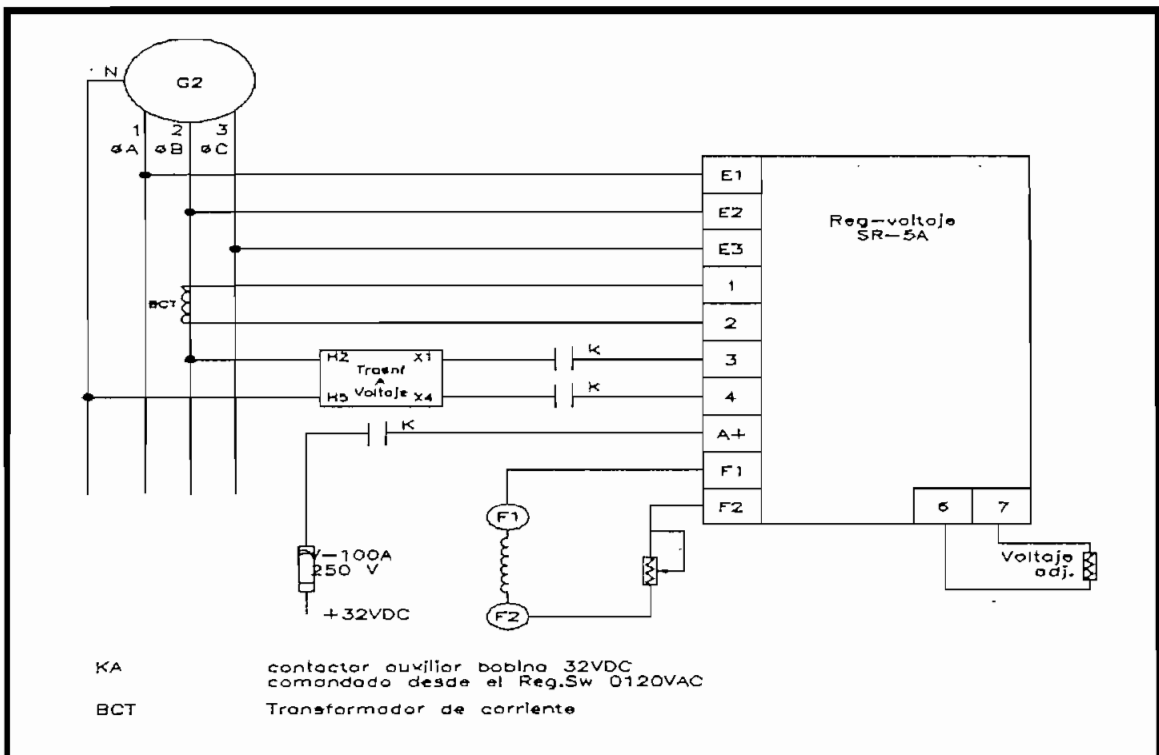


fig. 3.3. CONEXIONES DEL REGULADOR

### 3.2 DESARROLLO DEL PROGRAMA PARA EL PLC

#### 3.2.1 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA.

La operación de transferencia se da cuando se cambia de fuente de alimentación a la carga; de la fuente normal de abastecimiento a las barras principales, (generalmente la red de la Empresa Eléctrica), por otro sistema de alimentación, produciéndose un corte momentáneo de energía hacia la carga cuya duración dependerá, entre otras cosas, de la rapidez de reacción y adaptación del sistema entrante.

En la estación del Clirsen la alimentación principal esta dada por el sistema de la Empresa Eléctrica y cuando existe fallas en le suministro de energía se debe proceder a la transferencia de carga en forma automática o manual hacia un generador.

El funcionamiento básico del sistema esta descrito en la sección 3.1, adicionalmente a estos requerimientos y luego del estudio de cada uno de los elementos involucrados en el proyecto se establecen condiciones adicionales de funcionamiento:

- 1) El generador debe estar listo en cualquier momento para tomar carga y debe hacerlo en el menor tiempo posible, para conseguir ésto es preciso realizar:
  - Encendido periódico del sistema de precalentamiento de las unidades.- Inicialmente se pensó en un funcionamiento permanente del sistema de precalentamiento, pero debido a que su consumo de energía era muy alto y era energizado por el banco de baterías, éstas no tenían energía suficiente para el arranque de los grupos.
  - Para que el generador tome carga en el menor tiempo posible, la temperatura de trabajo del motor diesel debe ser de 130 grados Fahrenheit. Para lograr ésto se tiene incorporado dos calentadores de 3000 vatios cada uno, con sus respectivos termostatos.

En la opción de trasferencia manual, un selector en el tablero enciende el sistema de calentamiento de agua, un de reset lo puede apagar en cualquier instante. Una luz piloto visualiza el estado del calentador de agua.

En la opción de transferencia automática, los calentadores de agua están permanentemente conectados para mantener la temperatura del agua en un nivel aceptable, que permita a los grupos tomar carga lo más rápidamente posible.

- 2) El generador debe ser arrancado con el regulador de velocidad ajustado a bajas revoluciones (600 rpm), para posteriormente llevar al grupo a su velocidad nominal (1200 rpm); para ello fué preciso realizar:
  - Comando del gobernador de velocidad desde el PLC en los dos sentidos de giro, para realizar el aumento o disminución de velocidad por tiempos.

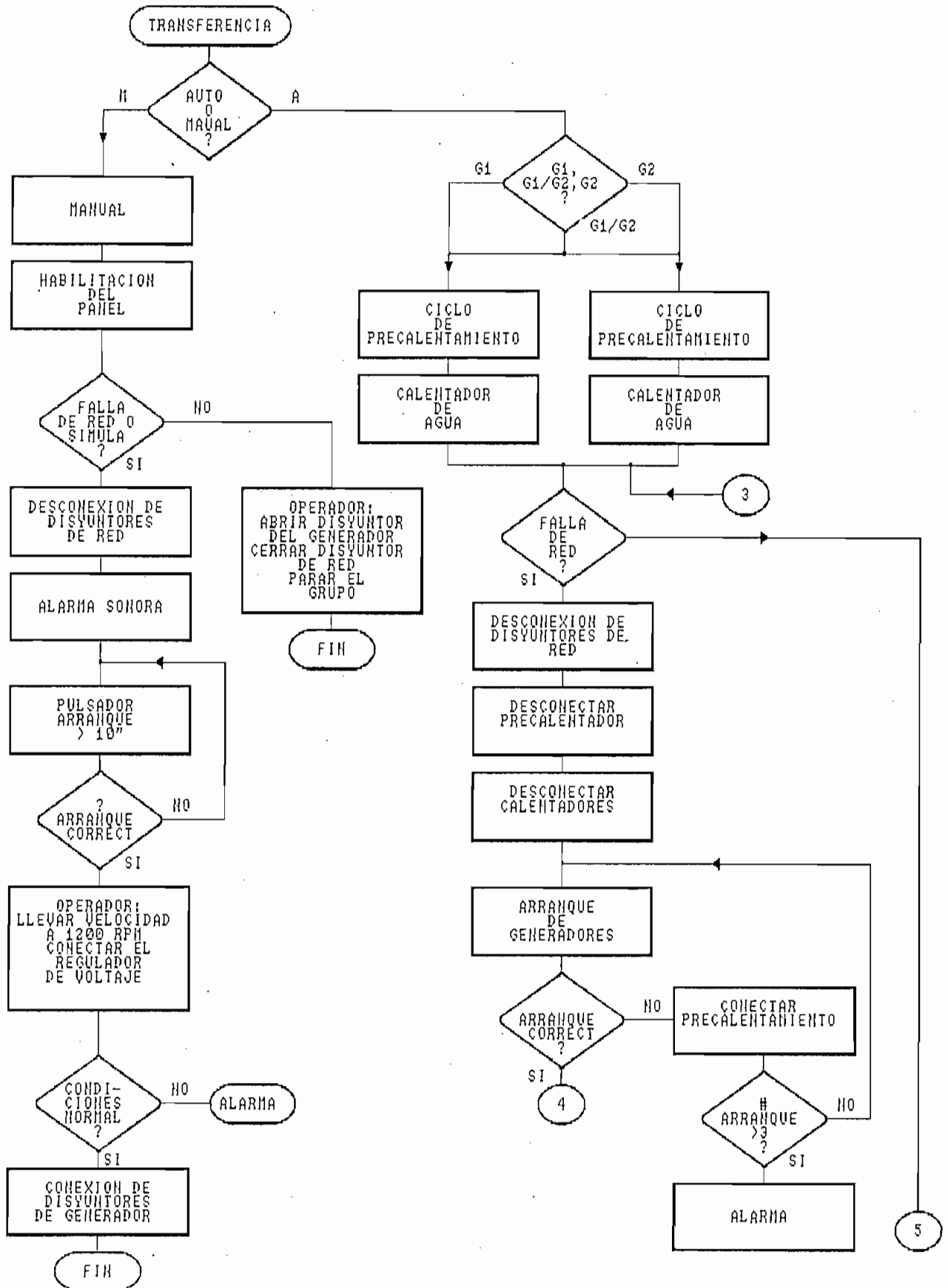
Debido a que dentro del proyecto se tiene un presupuesto fijo, no fue posible el uso de un bloque análogo para el control de velocidad, debiendo realizar mediciones en cada generador para determinar los tiempos aproximados para llegar a las 1200 rpm.

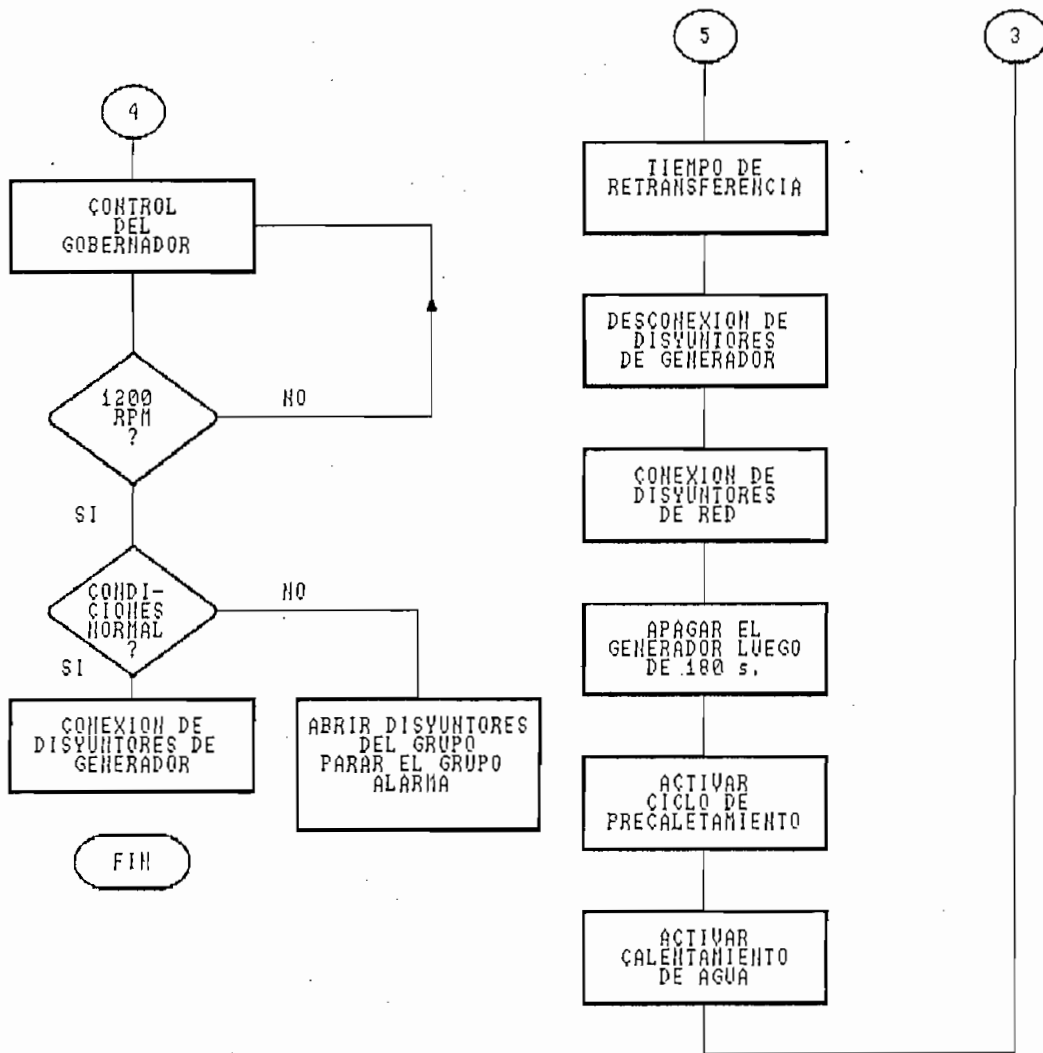
- Control desde la RTU de señales que determinan dos funciones:
  - a) Indicación del encendido del generador: esto se realizó al conectar un relé de la RTU al PLC y programar la RTU para que cierre el relé cuando la frecuencia está sobre los 44 Hertz, valor que indica que el generador está en las 600 rpm. (valor obtenido experimentalmente).
  - b) Indicación de condiciones normales del generador: un relé de la RTU se conecta al PLC y se programa la RTU para que cierre el relé cuando la frecuencia ha llegado a los 60.3 Hertz.
- 3) Prever un desfase en el cierre de los disyuntores principales: Debido a las características de operación de los generadores, no es posible conectar en forma conjunta las dos barras principales: técnica y de servicios, por lo que se debe prever un tiempo de espera entre el cierre del primer disyuntor y el cierre del segundo disyuntor, tiempo suficiente para que se establezca el generador por la toma rápida de carga.
- 4) Para la operación del regulador de voltaje es necesario otorgar al campo del generador, una excitación inicial (utilizando el banco de baterías), por un corto período. El comando para esta operación es realizada desde el PLC.

- 
- 5) Para que el control determine con seguridad si están conectados los disyuntores principales, los contactos auxiliares se conectan a entradas del PLC .
  - 6) Los radiadores de agua de cada grupo motor-generador deben ser encendidos cuando se produce la transferencia. Los tableros de control local de estos radiadores se encuentran fuera del área del tablero principal de control.
    - En el caso de una transferencia manual es el operador el que debe encender estos radiadores.
    - En el caso de una transferencia automática, el sistema de control se encarga de encender el radiador cuando el generador esta trabajando.
  - 7) Control de alarmas: Cada generador posee un tablero local de control en donde se tiene centralizado el sistema de alarmas, por lo tanto se debe enviar una señal al PLC para tener un control de las alarmas mecánicas.
  - 8) Cualquier tipo de falla eléctrica en el generador será emitida por un relé de la RTU, la que será programada en relación a las condiciones de falla preestablecidas. (voltaje, frecuencia y corriente fuera de ciertos rangos); la señal del relé se conecta al PLC.
  - 9) Para sensar las condiciones del voltaje de red se utiliza un relé de la RTU, que se cerrará cuando existe problemas como: sobrevoltaje, bajo voltaje, desbalance de fases, inversión de fases, etc. programado en dicha RTU.

Con todas las condiciones para la correcta operación del sistema de transferencia, se puede ya elaborar el diagrama de flujo de la secuencia de operación del sistema de control. Este diagrama se muestra en la fig. 3.4

FIG. 3.4 DIAGRAMA DE FLUJO DEL MODO DE OPERACION DE TRANSFERENCIA





### **3.2.2 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE SINCRONISMO**

#### **3.2.2.1 OPERACION EN PARALELO DE GENERADORES**

##### **a) OPERACION DE UN GENERADOR**

Cuando un generador trabaja solo, sin hallarse en paralelo con otro generador, la corriente de campo es ajustada para cada cambio que se de en la carga de modo de mantener el voltaje nominal. Este ajuste puede ser hecho manualmente o automáticamente a través de un regulador de voltaje, el cual pueda mantener el voltaje dentro del valor ajustado aunque la carga varíe rápidamente.

Cuando un generador opera solo, debe señalarse que el arranque de motores conectados a la salida del generador podrán causar caídas de voltaje considerables en las alimentaciones, pudiendo interferir en el normal funcionamiento de cargas ya conectadas. Para disminuir estos efectos se deberá dimensionar correctamente las alimentaciones y utilizar un generador con una capacidad mayor a la carga demandada.

##### **b) OPERACION DE GENERADORES EN PARALELO**

Antes de que un generador pueda ser conectado en paralelo con otro generador, se debe tener la seguridad de que ambos se hallen a la misma frecuencia, los voltajes sean iguales, y los voltajes se hallen en fase. (para un generador polifásico, esto significa que la secuencia de fases ha de ser la misma.) Esto puede ser hecho utilizando un voltímetro para chequear los voltajes, y por el uso de un sincroscopio o un grupo de lámparas conectadas de acuerdo a un circuito especial para chequear la secuencia y la relación de fases. Si todas las condiciones arriba indicadas son cumplidas, dos generadores podrán ser acoplados.

Bajo condiciones de carga, es necesario que se cumplan otros requerimientos de modo que se alcance una exitosa operación en paralelo. A fin de que todos los generadores en paralelo repartan la carga de manera proporcional a las nominales, el ajuste de valores del regulador de velocidad de las máquinas generadoras principales debe ser similar sobre todas las unidades. Además, no debe haber oscilación de los gobernadores y, en el caso de máquinas generadoras, deberá haber suficiente efecto de volante para prevenir



fluctuaciones grandes de la velocidad que podrían ocurrir debido a cambios momentáneos en el torque de carga. [13].

El ajuste de la corriente de campo cuando se operan generadores en paralelo es un problema más complejo que aquél que se presenta cuando trabaja un único generador. La excitación de cualquier generador en un sistema grande puede ser variada considerablemente no obstante se esté entregando aproximadamente los mismos kilovatios de salida a voltaje constante. El cambio de la corriente de campo en este caso únicamente cambia el factor de potencia y la salida de potencia reactiva de la máquina ajustada. Los factores que determinan la corriente de campo adecuada para una condición de carga dada, son la corriente en circulación, la eficiencia total y la estabilidad.

Cuando dos generadores están operando en paralelo, si la excitación de uno de ellos resulta excesiva y produce circulación de una corriente reactiva entre los generadores, esta corriente aparecerá como una carga inductiva en el generador sobreexcitado y como una carga capacitiva en el generador subexcitado. El circuito de compensación que poseen los reguladores de voltaje para operación en paralelo actúan en cada generador provocando una disminución de la corriente de excitación en aquel que estaba sobreexcitado y un aumento en el que estaba subexcitado, minimizando de esta forma y de modo automático la corriente reactiva circulante entre los generadores. [14].

Para garantizar una correcta operación en paralelo de dos generadores, es necesario tomar en cuenta que:

- Los sistemas de regulación de voltaje deben operar de modo que los generadores se repartan adecuadamente la potencia reactiva (KVAR) de la carga.
- Los sistemas gobernadores de velocidad deben operar de modo que los generadores se repartan adecuadamente la potencia activa (KW) de la carga.
- Los sistemas de regulación de voltaje que funcionan para operación en paralelo necesitan de la señal de la intensidad de carga, utilizando un transformador de corriente exterior. La relación de fase de la corriente del secundario del transformador, con respecto a la fase de los voltajes aplicados en la entrada del regulador debe ser la correcta. En caso contrario no se logrará una buena operación en paralelo.

Los elementos de ayuda visual para la operación en paralelo son: el sincronoscopio (de dial o electrónico) y las lámparas de sincronización.

Un sincronoscopio es un instrumento que indica cuando dos sistemas de generación de energía están en sincronismo de fase para la conexión en paralelo. Este instrumento también indica si el grupo entrante está con la frecuencia más alta ó más baja que la referencia de acuerdo al sentido de giro, ya sea en forma horaria o antihoraria respectivamente.

Las lámparas de sincronización son usadas para determinar que los sistemas estén en fase. Utilizando el método de lámparas apagadas, un lado de la lámpara es conectado en la fase que está con las barras energizadas (referencia) y por el otro lado se conecta a la fase de igual denominación del grupo que va a entrar en sincronismo. Cuando las lámparas están apagadas significa que están en sincronismo y se puede entrar en paralelo, cuando se encienden las lámparas no es posible entrar en paralelo.

La operación de sincronización es mucho mas delicada que la de transferencia y requiere mayor seguridad y confiabilidad del sistema de control.

### 3.2.2.2 CONDICIONES DE OPERACION

Las condiciones de funcionamiento de los equipos que conforman todo el sistema, ya descritos en el literal 3.2.1 deben seguir cumpliéndose en este modo de trabajo, así como también los requerimientos básicos de la sección 3.1. Adicionalmente se deben tomar en cuenta los siguientes puntos:

- 1) Se incorporan dos relés de sincronismo electrónicos marca Basler, para dar una señal al PLC cuando dos sistemas entran en sincronismo. Las características de este equipo se indican en el anexo B. Para evitar gastar dos salidas en el PLC, se multiplexa con contactores auxiliares la señal del sincronoscopio que se desea.
- 2) Se cambia el uso del selector de 4 posiciones indicado en los requerimientos básicos, debido a las restricciones en el número de entradas del PLC. Este selector escogerá la opción de sincronismo, es decir, cuales son los sistemas que se sincronizarán, se tiene:

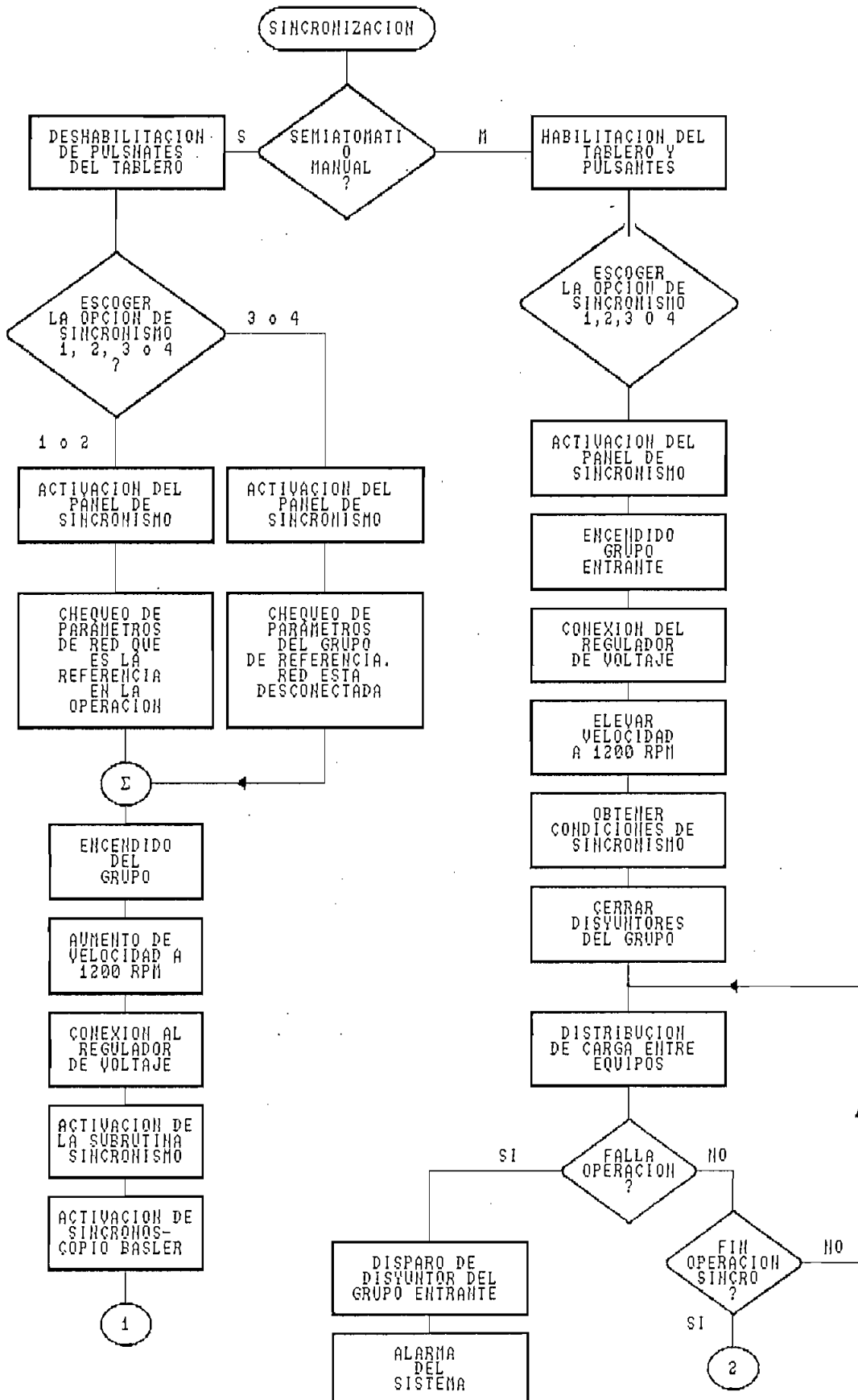
- Red - G1      posición 1
- Red - G2      posición 2
- G1 - G2      posición 3
- G2 - G1      posición 4

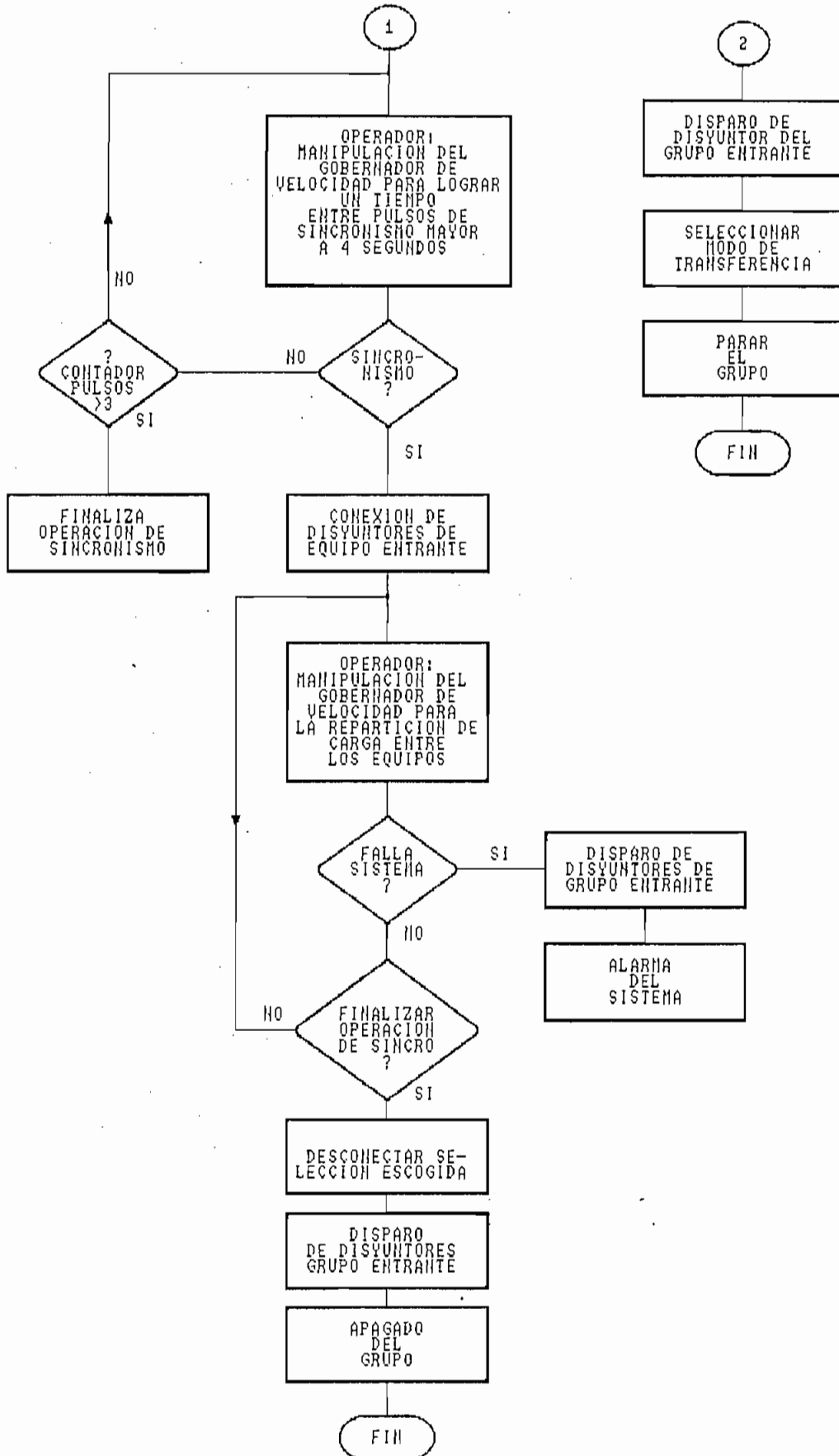
El primer nombre en la opción indica el equipo que esta en barras (referencia), y el segundo nombre es el equipo que va a entrar en paralelo.

- 3) Para la opción de la sincronización manual se deben habilitar los paneles de sincronismo existentes, para ello se realiza un circuito externo con contactores auxiliares que de acuerdo a la opción escogida en el selector de 4 posiciones ( condición de sincronización), activa el panel con las conexiones adecuadas.

Previa a la implementación del circuito de control, se elabora un diagrama de flujo para sintetizar todas las condiciones antes mencionadas. Este diagrama se muestra en la figura 3.5.

FIGURA 3.5 DIAGRAMA DE FLUJO PARA OPERACION DE SINCRONISMO





### 3.2.3 DETERMINACION DE ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC

Una vez que se ha analizado todos los elementos que intervienen en el sistema, así como las condiciones de funcionamiento de los equipos y los requerimientos de operación, se pueden determinar las entradas y salidas del PLC.

Debido a las restricciones por el presupuesto del proyecto, algunos elementos son conectados externamente al PLC , especialmente si su función no es determinante en el funcionamiento global.

#### 3.2.3.1 ENTRADAS.

Las entradas al PLC que son directamente determinadas por el requerimiento de funcionamiento básico son:

- Dos entradas para el selector del modo de operación: transferencia y sincronización.
- Dos entradas para la operación en transferencia: automático y manual.
- Dos entradas para la operación en sincronismo: semiautomática y manual.
- Dos entradas para el grupo de emergencia entrante: G1, G2. La opción de trabajo con los dos generadores a la vez, G1/G2 se tiene cuando el selector de tres posiciones esté en la tercera posición por lo tanto una entrada en el PLC para escoger esta opción no es necesaria, ya que en esta posición del selector se desactivan las 2 entradas simultáneamente.
- Cuatro entradas para el selector de opción de sincronismo: Red-G1, Red-G2, G1-G2, G2-G1.
- Tres entradas para pulsantes de emergencia: el primero para protección del sistema de red, los dos restantes para cada generador, conectados en serie con los pulsantes de emergencia locales de los generadores. Adicionalmente, se conectan los pulsantes de emergencia directamente a los sistemas de protección y disparo.

- 
- Tres entradas para pulsantes de reposición o reseteo de los tres sistemas: red, generador #1 y generador # 2. Este pulsante reinicia acciones luego de fallas o alarmas en los equipos.
  - Una entrada para un selector de dos posiciones para la reconexión de red, de acuerdo a la forma de operación del sistema de transferencia.
  - Una entrada para la conexión de los relés de chequeo de sincronismo. Debido a la forma de operación en el modo de sincronización, un solo relé de sincronismo está activo al mismo tiempo.
  - Tres entradas por cada generador y una entrada para el sistema de red, para la conexión de las señales de control provenientes de las Unidades Terminales Remotas (RTU); estas unidades se encargan de monitorear todos los parámetros eléctricos de los sistemas.

Las señales de los generadores son :

- Encendido del generador.
- Condiciones de voltaje y frecuencia normal en el generador.
- Falla de los parámetros eléctricos del generador.

La entrada para el sistema de la red es para chequear presencia o ausencia de voltaje en la red de la empresa eléctrica. La información de las RTU's se detallan en el capítulo cuatro.

Las entradas para la operación manual de los disyuntores de potencia son:

- Dos entradas para la operación de los disyuntores de potencia de red, son selectores de dos posiciones que conectan la barra técnica y la de servicios al sistema de la red.
- Dos entradas para los selectores de dos posiciones para el cierre y disparo de los disyuntores del generador # 1.
- Dos entradas para los selectores de dos posiciones para el cierre y disparo de los disyuntores del generador # 2.

- Tres entradas para contactos de los disyuntores de potencia. En cada sistema se conecta en serie los contactos auxiliares de control de los disyuntores de la barra técnica y de la barra de servicios para tener un lazo cerrado de control para la operación de los disyuntores.

Para la operación manual de los generadores se tiene algunos comandos que deben ser conectados al PLC:

#### GENERADOR # 1:

- Dos entradas para el control de velocidad, un selector de tres posiciones permite aumentar, disminuir o mantener inactivo el gobernador del generador.
- Una entrada para el selector de dos posiciones que comanda el encendido o apagado del regulador de voltaje.
- Una entrada para la conexión de la señal de alarma mecánica del generador. En el tablero local se tiene un relé que ante alarmas de alta temperatura de agua o baja presión de aceite activa el apagado del generador.

#### GENERADOR # 2:

- Dos entradas para el control de velocidad, un selector de tres posiciones permite aumentar, disminuir o mantener inactivo el gobernador del generador.
- Una entrada para el selector de dos posiciones que comanda el encendido o apagado del regulador de voltaje.
- Una entrada para la conexión de la señal de alarma mecánica del generador. En el tablero local se tiene un relé que ante alarmas de alta temperatura de agua o baja presión de aceite activa el apagado del generador.



### 3.2.3.2 SALIDAS.

Las salidas generadas directamente por los requerimientos básicos son:

- Dos salidas que comandan luces de señalización de falla de cada generador. Para mejorar el tipo de indicación, se controla desde el PLC, la operación de estas luces, es decir, en forma intermitente o continua dependiendo del tipo de falla generada.

Para la operación de los disyuntores de potencia se tiene:

- Dos salidas para cada disyuntor, una salida comanda un contactor auxiliar para el cierre del disyuntor, este contactor tiene bobina de 120 voltios y está alimentado desde la U.P.S. La segunda salida comanda a un relé auxiliar de 36 voltios de corriente continua para el disparo del disyuntor. El total de disyuntores de los tres sistemas es 6, por lo tanto se necesitan 12 salidas para su control.

Para la operación y comando de cada generador se necesita:

- Una salida para el precalentamiento de las cámaras de combustión, se comanda a través de un contactor auxiliar de 120 voltios.
- Una salida para el arranque del generador, se comanda por medio de un relé auxiliar de 36 voltios de corriente continua.
- Una salida para la conexión del regulador de voltaje, comandado a través de un contactor de 36 voltios de corriente continua.
- Una salida para la conexión del campo de excitación inicial, (field flash), comandado desde un relé auxiliar de 36 voltios de corriente continua.
- Dos salidas que comandan directamente el motor del gobernador de velocidad, en los dos sentidos de giro.
- Una salida para el comando directo de la solenoide de apagado del generador.

De acuerdo a esto es necesario 14 salidas para la operación de los elementos de los dos generadores.

Con la determinación de las entradas y salidas del sistema se tiene definido el tamaño del PLC en cuanto al número de entradas y salidas:

Numero de entradas totales: 44

Número de salidas totales : 28

El PLC utilizado es TELEMECANIQUE, que tiene de base 22 entradas y 12 salidas, el número de catálogo TELEMECANIQUE es TSX-173428. Adicionalmente se requiere de un bloque de extensión de 22 entradas y 12 salidas cuyo número de catálogo es TSX- DMF342A y un bloque de 6 salidas a relé , número de catálogo TSX-DSF635. La tabla 3.1 resume el equipo necesario para la realización del proyecto.

La lista de entradas y salidas utilizadas , con la debida descripción se muestra en la tabla 3.2.

El plano # 2 y # 3 del anexo D indica la asignación de entradas y salidas en el PLC, indicando los voltajes de conexión y las conexiones de las luces de señalización de las operaciones, estas luces están montadas en los tableros de operación. Adicionalmente se indica el montaje de los elementos complementarios al PLC.

Tabla 3.1 EQUIPO DE CONTROL

CANT	DESCRIPCION	NUM. DE CATALOGO
1	AUTOMATA DE BASE	TSX- 1723428
1	MODULO DE EXTENSION	TSX-DMF342A
1	BLOQUE DE 6 SALIDAS	TSX-DSF635
1	CABLE DE CONEXION	TSX-CBB003
1	MICROLOGICIEL (PL7-2)	TSX-P1720FD
1	MEMORIA EEPROM	TSX-MC70E324
1	PILA DE LITIO	TSX-17ACC1
1	ADAPTADOR FIN DE LINEA	TSX-17ACC10

Tabla 3.2 VARIABLES UTILIZADAS EN EL CONTROL

## A) ENTRADAS Y SALIDAS PARA CONTROL DE RED

ENTRADA/SALIDA	DESCRIPCION
I0,00	MODO TRANSFERENCIA
I0,01	MODO SINCRONIZACION
I0,02	TRANSFERENCIA AUTOMATICA
I0,03	TRANSFERENCIA MANUAL
I0,04	GRUPO DE EMERGENCIA G1
I0,05	GRUPO DE EMERGENCIA G2
I0,06	SINCRONIZACION SEMIAUTOMATICA
I0,07	SINCRONIZACION MANUAL
I0,08	FALLA DE RED (RTU # 1)
I0,09	PULSANTE DE EMERGENCIA
I0,10	PULSANTE ON/OFF DISYUNTOR DE RED BARRA TECNICA
I0,11	PULSANTE ON/OFF DISYUNTOR DE RED BARRA DE SERVICIOS
I0,12	PULSANTE RESET DE RED
I0,13	SEÑAL DE DISYUNTORES DE RED CONECTADOS
I0,14	RETRANSFERENCIA A RED
I0,15	CONDICION DE SINCRONISMO RED-G1
I0,19	CONDICION DE SINCRONISMO RED-G2
I2,06	SEÑAL DEL RELE DE CHEQUEO DE SINCRONISMO
I2,11	CONDICION DE SINCRONISMO G1-G2
I2,21	CONDICION DE SINCRONISMO G2-G1
O0,00	CIERRE DISYUNTOR DE RED BARRA TECNICA
O0,01	CIERRE DISYUNTOR DE RED BARRA SERVICIOS
O0,10	DISPARO DISYUNTOR DE RED BARRA TECNICA
O0,11	DISPARO DISYUNTOR DE RED BARRA SERVICIOS

B) ENTRADAS Y SALIDAS PARA GENERADORES

GENERADOR # 2	GENERADOR # 5	DESCRIPCION
I2,0	I2,14	ENCENDIDO DEL GENERADOR (RTU)
I2,1	I2,15	CONDICIONES NORMALES (RTU)
I2,2	I2,16	FALLA ELECTRICA (RTU)
I2,3	I2,17	PULSANTE DE EMERGENCIA
I2,4	I2,18	ON/OFF MANUAL DEL DISYUNTOR TEC.
I2,6	I2,19	ALARMA DE ACEITE Y TEMP. AGUA
I2,7	I2,20	ON/OFF MANUAL DEL DISYUNTOR SER.
I2,8	I0,16	SW GOBERNADOR HORARIO
I2,9	I0,17	SW GOBERNADOR ANTIHORARIO
I2,10	I0,18	SW REGULADOR DE VOLTAJE
I2,12	I0,20	SEÑAL DE DISYUNTORES CONECTADOS
I2,13	I0,21	RESET DE ALARMAS
O2,0	O0,3	FALLA DEL GENERADOR
O2,1	O0,9	FIELD FLASH
O2,2	O0,2	PRECALENTAMIENTO
O2,3	O1,5	APAGADO
O2,4	O0,6	GOBERNADOR HORARIO
O2,5	O0,7	GOBERNADOR ANTIHORARIO
O2,6	O0,4	CIERRE DISYUNTOR BARRA TECNICA
O2,7	O0,5	CIERRE DISYUNTOR BARRA SERVICIOS
O2,8	O1,1	DISPARO DISYUNTOR BARRA TECNICA
O2,9	O1,2	DISPARO DISYUNTOR BARRA SERVICIOS
O2,10	O0,8	REGULADOR DE VOLTAJE
O2,11	O1,0	ARRANQUE

### 3.2.4 IMPLEMENTACION DEL PROGRAMA EN EL PLC

El desarrollo del programa en el PLC se realiza por etapas, para luego unificarlo e incorporar todas las seguridades para un correcto funcionamiento:

- Operación de seguridades para inicialización y cortes de tensión.
- Encendido del generador y aumento de velocidad hasta la nominal.
- Transferencia de carga entre disyuntores.
- Apagado del generador
- Subrutina de sincronización semiautomática.
- Integración de todo el programa.

El programa implementado se indica en el anexo C, su estructura esta de acuerdo a lo implementado en la Estación Cotopaxi. A continuación se indica el desarrollo de algunas etapas del mismo, sin las asignaciones de elementos utilizadas en el programa final, pues solamente son para referencia de la forma como se lo elaboró.

Para la integración del programa, se toma básicamente en cuenta que las bobinas, ya sea de bits internos o salidas, no deben repetirse ya que el valor que tomaría sería el último que se leyó. Por lo tanto si existen algunas condiciones que afecten a una bobina se debe integrar todas las condiciones con ayuda de bits auxiliares y funciones lógicas AND y OR entre condiciones.

#### 3.2.4.1 CONDICIONES DE PERDIDA Y REANUDACION DE TENSION EN EL PLC.

La alimentación al control debe ser permanente, sin opción de falla cuando suceda cortes en la red de energía eléctrica o en el servicio de generadores, Adicionalmente las luces de señalización y las Unidades Terminales Remotas (RTU) deben tener permanentemente energía para su funcionamiento.

La fuente de alimentación puede ser entonces desde un banco de batería (existente), ó de un sistema de energía ininterrumpible (UPS). Por las condiciones de voltaje de alimentación de las RTU y del PLC que es 120 VAC., se escoge un pequeño UPS (450 VA) para proporcionar la energía eléctrica mientras existe falla de la red o de un

generador, el respaldo que este equipo puede proporcionar es de 15 minutos, por la carga que está conectada.

En el caso de existir en algún momento el corte de energía al PLC, debe existir una operación manual (reseteo), para reinicializar todo el sistema ya que este tipo de cortes involucra un problema mayor en el sistema.

En el programa se utiliza los bits sistema que indican el estado del PLC:

- SY00 "Arranque en frío", se pone a "1L" cuando ha existido un corte de tensión con pérdida de datos (ausencia de pila de salvaguarda), o desde la programadora al realizar una inicialización, esto provoca que las variables se pongan en sus valores iniciales, la puesta a cero de los bits internos y de las salidas y la anulación de eventuales forzados. Este bit se pone a "0L" al comienzo del ciclo siguiente.
- SY01 "Arranque en caliente", se pone a "1L" cuando ha existido un corte de tensión sin pérdida de datos (existe pila de salvaguarda), esto provoca la puesta a "0L" únicamente de los bits internos y salidas no salvaguardadas (se configura este estado de salvaguarda).
- SY09 "Puesta a cero de las salidas", normalmente a "0", este bit sistema se puede poner a "1" por programa, para no activar más las salidas: fijación de las salidas a nivel "0", cuando el PLC está en "RUN".
- Se utiliza la opción de salto "Jump", para impedir que se lea el programa cuando ha existido una señal de cualquiera de los bits sistema, saltando de la primera etiqueta al final permaneciendo a la espera de la señal de continuar que la da el operador. La figura 3.6 muestra la programación del sistema de reanudación de tensión:

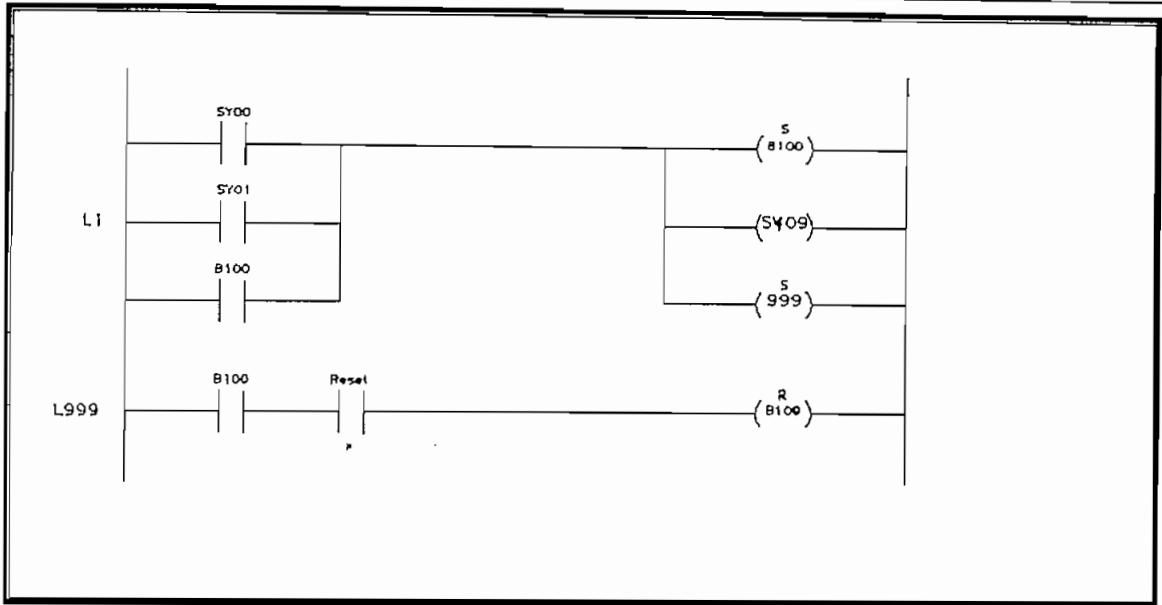


fig. 3.6 REANUDACION DE TENSION

### 3.2.4.2 ENCENDIDO DEL GENERADOR

El generador debe ser encendido en forma automática si:

- Existe falla de red y está en la opción de transferencia automática.
- Está en sincronismo en la opción semiautomática y con la condición Red-G1 ó G2-G1.

El tiempo de encendido al motor de arranque es de 6 segundos. De acuerdo a las pruebas realizadas en la estación, este tiempo es un promedio de respuesta al arranque del grupo en diferentes estados, ( frío, sin un largo uso, reintento de encendido, etc).

Un temporizador de 25 segundos es activado después de los 6 segundos de encendido, si en ese tiempo no se desactiva este temporizador por la señal externa de encendido efectivo, se produce un pulso para conteo de intentos fallidos.

Un contador cuenta el número de intentos en el encendido para que no sean mayores a 3. El reseteo de este contador se lo hace por el pulsante de reset externo ó cuando ha encendido el generador.

La variable palabra Ci, v. que indica el valor corriente (en curso) del contador, es comparado con el valor numérico 3, si es mayor o igual, setea el bit 7, detiene el proceso de arranque y da señal de alarma.

Esta operación se indica en la figura 3.7.

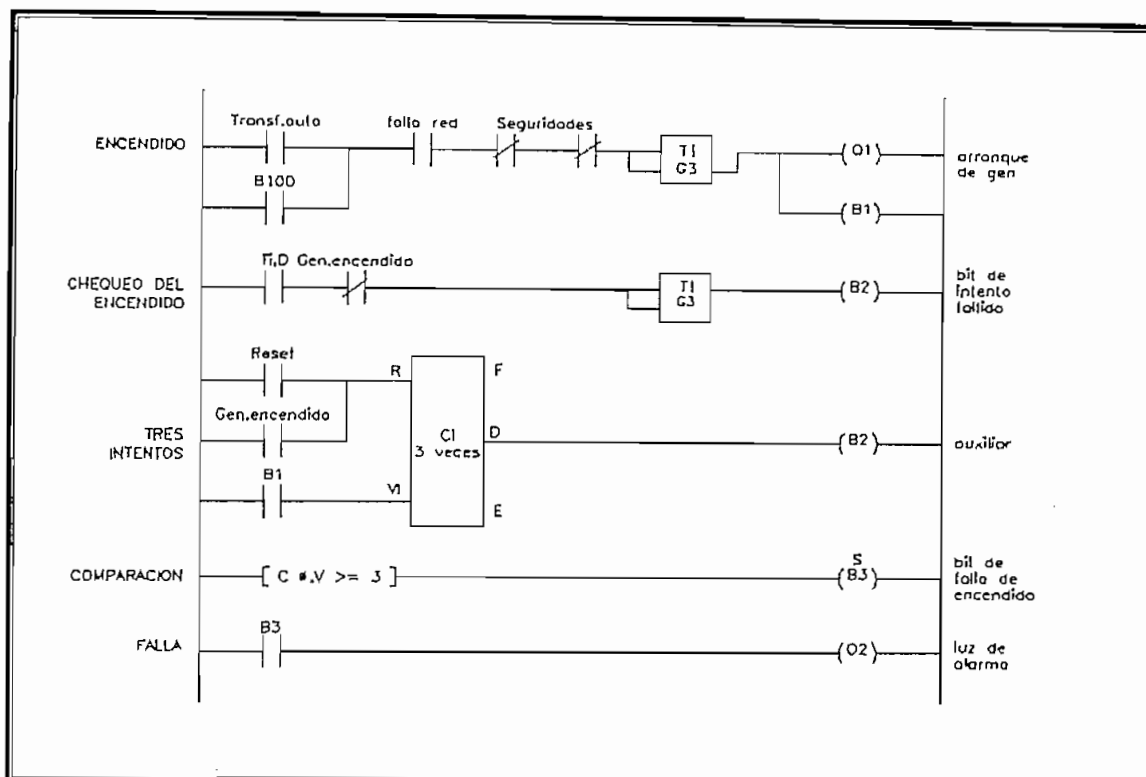


fig. 3.7 ENCENDIDO DEL GENERADOR

### 3.2.4.3 INCREMENTO DE VELOCIDAD DEL GENERADOR

Cuando se enciende el generador la velocidad debe ser ajustada a 600 rpm, para luego aumentarse a 1200 rpm en operación normal; se lo hace en tres pasos:

- 1) Con un temporizador durante 35 segundos, en forma continua, se conecta el gobernador automáticamente.
- 2) Se deja 3 segundos de espera para estabilidad del generador.
- 3) Se vuelve a activar el gobernador si todavía no llega a parámetros normales, el tiempo debe ser menor a 60 segundos, caso contrario indica falla del sistema.

En forma manual, se puede maniobrar el gobernador de velocidad en cualquier opción de funcionamiento, siempre que esté encendido el regulador de voltaje, esto es necesario para realizar pequeños ajustes en opciones automáticas y realizar el comando desde el tablero en opciones manuales.



La señal externa para determinar si el generador está en condiciones normales lo da la RTU. La fig. 3.8 indica la programación de esta parte del sistema.

Cuando se debe apagar el generador se realiza el proceso inverso al señalado en este numeral, es decir, bajar la velocidad desde 1200 rpm a 600 rpm. El procedimiento para hacerlo tiene la misma estructura básica de programación.

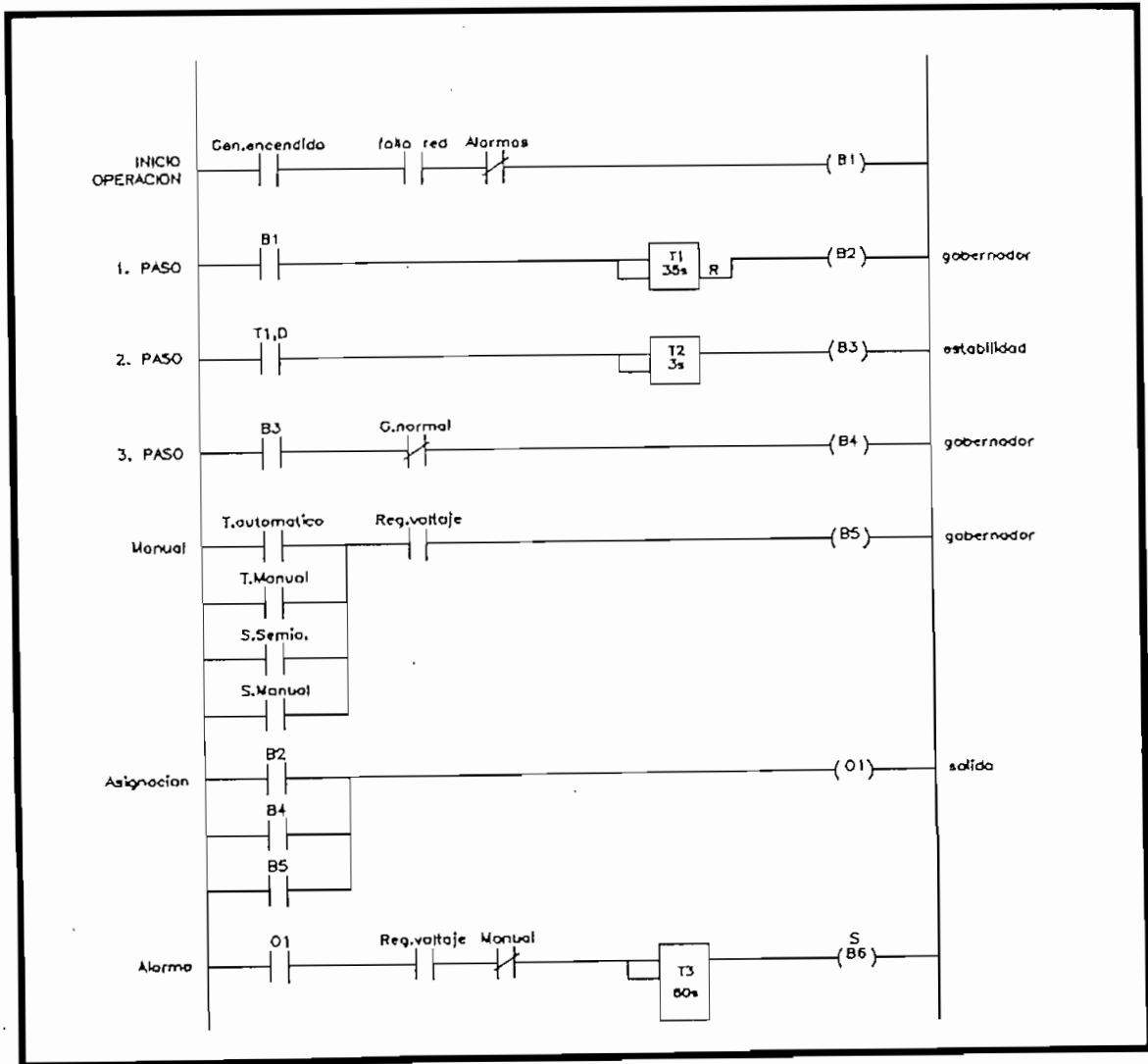


fig. 3.8 INCREMENTO AUTOMATICO DE LA VELOCIDAD DEL GENERADOR.

#### 3.2.4.4 ALARMAS DEL GENERADOR

Todas las alarmas que se pueden dar en el sistema de operación están conectadas a la luz piloto de alarma del generador, por lo tanto, en el desarrollo del programa todos los bits auxiliares que representan algún tipo de falla son conectados en paralelo (OR), activando cualquiera de ellas la señal de alarma, estas alarmas son:

- Falla de encendido del grupo después del tercer intento.
- No cierran los disyuntores al activar la salida de cierre de los mismos.
- Falla por problemas mecánicos: baja presión de aceite y alta temperatura de agua en el grupo.
- Mantener por más de 60 segundos el control de velocidad (gobernador), para llegar a condiciones normales de funcionamiento (1200 rpm).
- Falla de los parámetros eléctricos del generador.
- Pulsante de emergencia activado.
- En sincronización si se activa el relé de potencia inversa o se abre un disyuntor manteniendo la señal de cierre.

La señal que la luz piloto de alarma indica en todos los casos es continua, excepto cuando existe falla en los parámetros eléctricos, en cuyo caso es intermitente por un período de 60 segundos luego de lo cual dispara los disyuntores y provoca el encendido continuo de la luz de alarma. Para lograr el efecto de intermitencia se usa el bit sistema SY6, que da pulsos de 1 segundo, colocando el bit de falla eléctrica en serie con éste bit sistema.

#### 3.2.4.5 OPCION DE TRANSFERENCIA G1/ G2

Para la programación de esta opción se toma en cuenta que se deben encender los dos generadores a la vez, por lo que se adiciona un bit auxiliar en paralelo a todo el proceso de encendido de cada generador, incluyendo la activación de los sistemas de aumento de velocidad y de falla.

Cuando los dos grupos encienden a la vez, uno de ellos llegará a las condiciones nominales primero, lo cual provoca un enclavamiento de un bit permitiendo que se conecten los disyuntores de este grupo y bloqueando los disyuntores del otro. Ante

cualquier falla del generador que esta conectado a las barras, se desenclava el bit del grupo que entró primero, permitiendo que entre el generador en espera.

El desenclavamiento o reseteo de los bits, se hace una vez que ha regresado la energía y los disyuntores de red están conectados a las barras, ó si se abandona la opción.

#### 3.2.4.6 SINCRONIZACION SEMIAUTOMATICA

Debido a que existen cuatro opciones de trabajo en el modo de sincronización, se realiza un subrutina de sincronización única, la cual se activa cuando se escoge la opción semiautomática.

Un bit auxiliar se enclava el momento en que una señal del relé de chequeo de sincronismo llega al PLC Esta señal inicia un contador y un temporizador. Al tener nuevamente la señal del relé, el temporizador detiene su cuenta y se realiza una comparación entre el valor del temporizador con un dato numérico (4 segundos medido experimentalmente), que indica el tiempo óptimo para estar en condiciones de sincronismo.

Si el tiempo en que se repite la señal es menor al previsto , es decir, las condiciones de sincronización no son óptimas, no incrementa el contador, pero si el tiempo es suficiente para determinar que las condiciones de sincronización son buenas, incrementa el contador. Este procedimiento lo repite hasta que el contador llegue a tres veces, lo cual significa que el operador ha llegado a sincronizar los sistemas, permitiendo que al siguiente pulso del sincronoscopio, los disyuntores del grupo entrante se cierren. Se muestra en las figuras 3.9 y 3.10 un diagrama de tiempo de los elementos involucrados y la programación de la subrutina respectivamente.

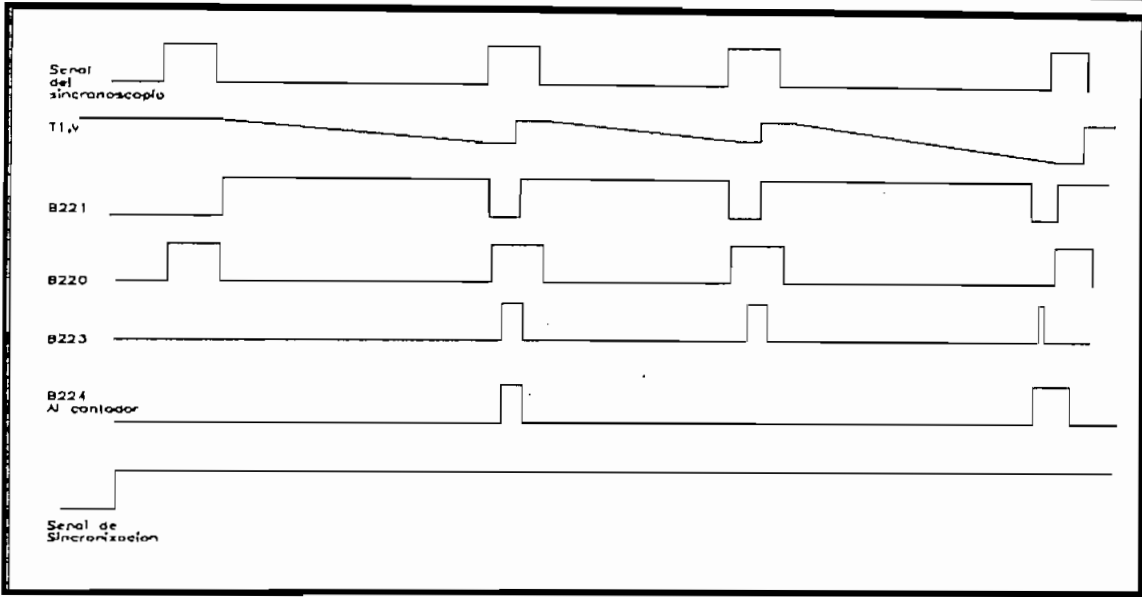


fig 3.9 DIAGRAMA DE TIEMPOS DEL SISTEMA DE SINCRONIZACION

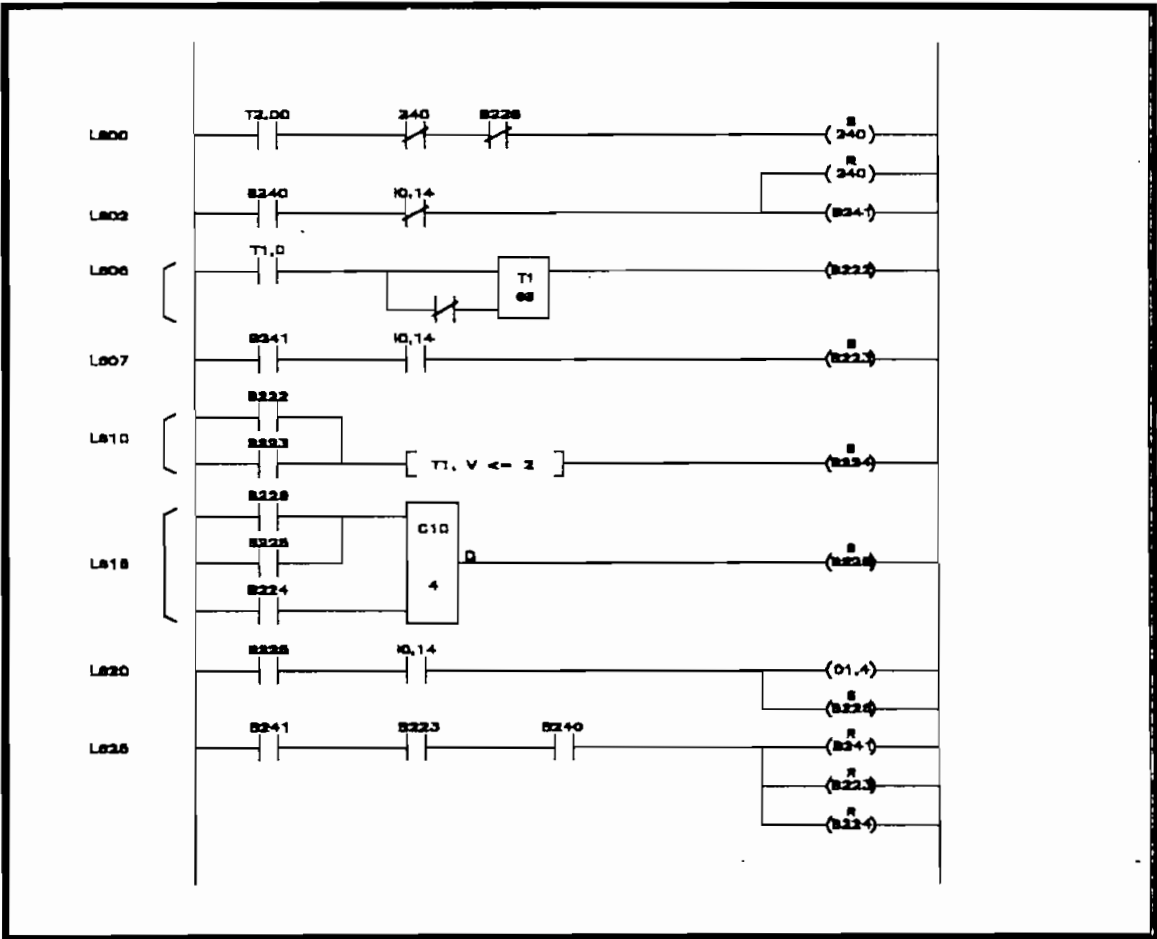


fig. 3.10 SINCRONIZACION SEMIAUTOMATICA

### 3.3 INSTALACION Y PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA

El nuevo tablero de control se distribuye en diferentes paneles clasificados de la siguiente manera:

- **CONTROL MAESTRO:** en donde se localizan los controles generales del sistema: transferencia y sincronización. Los modos de operación para cada opción y dentro de estas opciones las condiciones de operación que se desea escoger. Dentro de este gabinete se localiza el control principal que es el Controlador Lógico Programable (PLC) ó Autómata, que controla todas las acciones que se tomen sobre el tablero de control.
- **SISTEMA DE RED:** en este gabinete se localiza la RTU (unidad terminal remota), para el monitoreo de los parámetros de la red y todos los selectores y luces que accionan y visualizan el estado de la red. En su interior se encuentra el UPS que proporciona energía al tablero de control en caso de corte del suministro de energía a las barras generales. Además se localizan los contactores y relés para el accionamiento del sistema, así como también los relés de chequeo de sincronismo BASLER.
- **GENERADOR # 1 :** Se localiza el sistema de monitoreo de parámetros del generador # 1, así como los comandos manuales para la operación del grupo y las luces de indicación de funcionamiento normal o de alarmas. En el interior se encuentran además de contactores y relés, el regulador de voltaje.
- **GENERADOR # 2:** el gabinete es similar al del generador #1, y la disposición de los equipos se repite para facilitar el mantenimiento preventivo y/o correctivo de los elementos.

Además de estos cuatro gabinetes se tienen habilitados los relés de potencia inversa para la red y generadores, están ubicados en paneles aledaños a los anotados anteriormente.

Los sistemas de visualización para la sincronización están ubicados en los extremos del tablero general, para activar su operación es necesario estar en el modo de sincronización con una opción de trabajo dada.

El control en forma general permite el trabajo en dos formas: automático o manual, teniendo alternativas en cada uno de ellos.

Todos los circuitos de fuerza se mantienen, tanto para la barra de Servicios como para la barra Técnica. En la parte posterior de los tableros se encuentran las barras de distribución de energía, sobre ellas se han instalado los transformadores de corriente en las tres fases y en el neutro, para las RTU's; transformadores de corriente adicionales se encuentran instalados en las mismas barras, para dar señal a los relés de potencia inversa y al regulador de voltaje. Estos transformadores han sido instalados inmediatamente después de la acometida de los grupos y antes de los disyuntores de las barras.

Algunos circuitos de control han sido realizados externamente al PLC. En el anexo D se encuentran los planos de la instalación tanto del PLC como de las conexiones de elementos externos, luces, etc. Los planos contienen:

1. Diagrama unifilar del sistema eléctrico general.
2. Diagrama eléctrico de control : presenta las conexiones del PLC .
3. Conexiones eléctricas de la red: indican las conexiones de control de disyuntores de la cámara, de las conexiones en la puerta del control maestro, etc.
4. Conexiones eléctricas del generador # 1.
5. Conexiones eléctricas del generador # 2.
6. Conexión del sistema de sincronización y de los paneles de sincronismo.
7. Vista frontal de los tableros con sus elementos externos.
8. Ubicación interior de los equipos.

### **3.4 MANUAL DE OPERACION : FUNCIONAMIENTO.**

#### **3.4.1 FUNCION DE LOS COMANDOS**

##### **A) CONTROL MAESTRO**

Este tablero permite escoger las opciones generales de trabajo, por lo tanto para la inicialización de cualquier operación se debe verificar y escoger en este tablero la forma de trabajo deseada. A continuación se especifica el funcionamiento de cada uno de los selectores:

- Selector de modo de operación: es un selector de tres posiciones y permite elegir el modo general de operación: transferencia, ninguna (al centro) y sincronización .

1. **Transferencia:** esta es la opción "normal" de trabajo, es decir, que el control trabaja preferentemente en esta opción si no se tiene problemas en el tablero.

La transferencia se da básicamente entre la red y un grupo generador y se da cuando, ante la falla de energía de red se desea cambiar la alimentación a un grupo. Esto provoca un corte momentáneo en la alimentación de la carga cuando el grupo entra y otro corte, cuando se da la retransferencia a la red.

- Selector de modo de transferencia: dentro de la transferencia se puede escoger la forma de realizarla, y puede ser manual o automática, el selector es de tres posiciones con las posiciones extremas activas y la central desactivada:

Manual: toda la operación de transferencia la realizará el operador.

Automático: la operación será realizada por el autómatas, sin intervención del operador.

- Selector del grupo de emergencia: permite seleccionar con que grupo se va a trabajar en transferencia, ya sea con el grupo # 1, con el grupo # 2, ó con los dos grupos a la vez, en forma automática y manual.

2. **Sincronización:** esta opción se da para trabajos "especiales", y es una condición de trabajo continuo.

Consiste en poner a trabajar dos sistemas de alimentación de energía en paralelo, cumpliendo la condición de que el voltaje y la frecuencia de los dos sistemas sean iguales ó estén dentro de un margen de diferencia menor al 5 %.

Selector de modo de sincronización: es un selector de tres posiciones, en la posición central se desactiva el selector. Permite escoger la forma de realizar la sincronización: manual o semiautomática.

Manual: toda la operación de sincronización la realiza el operador.

Semiautomática: la operación es realizada en parte por el autómatas y en parte por el operador. La función del operador es la de hacer llegar al grupo a las condiciones de sincronización.

- Selector de la opción de sincronización: este selector de cuatro posiciones permite escoger los grupos que van a entrar en sincronización, indicando cuál está conectado a barras como grupo de referencia y cuál es el grupo entrante, las opciones que se dan son:

- Red - G1 posición 1.
- Red - G2 posición 2.
- G1 - G2 posición 3.
- G2 - G1 posición 4.

El primer nombre en la opción indica el equipo que está en barras, (referencia), y el segundo nombre es el equipo que va a entrar en sincronismo.

Las luces del panel de control maestro se encenderán conjuntamente con la selección del modo de trabajo apropiada.

## B) SISTEMA DE RED: FUNCIONAMIENTO DE COMANDOS.

Los selectores y pulsadores ubicados en este tablero controlan la operación de la red y son:

- Parada de emergencia: provoca el disparo de los disyuntores de red al presionarlo sin importar la condición de operación en que se encuentre el sistema.
- Reset de alarmas: después de un corte de energía eléctrica al autómatas, ya sea porque se desconectó el disyuntor de control que alimenta al autómatas ó porque el UPS agotó su respaldo apagándose el sistema, el control queda bloqueado para operaciones posteriores, por lo que se debe resetear al autómatas con este pulsante para la reinicialización de la operación.

Si se ha presionado el pulsante de emergencia, o no han entrado los disyuntores luego de darles la orden de hacerlo, el sistema queda alarmado y deberá resetearse para reinicializar la operación.



- Operación del disyuntor de la subestación: este selector de tres posiciones controla la apertura o el cierre del disyuntor de baja tensión de la cámara de transformación, en cualquier modo de operación. La posición normal es la de cierre del disyuntor.

Ante cualquier tipo de problema en el que se deba quitar la alimentación desde el disyuntor de baja, basta con poner este selector en posición "apertura" para dejar aislado completamente el circuito de red tablero.

El disyuntor de la subestación debe permanecer normalmente cerrado para cualquier maniobra, ya que en la operación de transferencia ó la de sincronización no es necesario abrirlo.

-Operación manual del disyuntor de la barra técnica: es un selector que permite el disparo o el cierre del disyuntor de la barra técnica alimentando desde la red; y tiene efecto solamente cuando se ha seleccionado las operaciones manuales, (en transferencia o sincronización).

-Operación manual del disyuntor de la barra de servicios: este selector permite realizar la misma operación que el anterior pero actúa sobre el disyuntor de la barra de servicios.

-Retransferencia automática: Este selector de dos posiciones permite reconectar el sistema de la red cuando se tiene la opción de transferencia automática.

Cuando la energía de la red ha regresado luego de un corte de energía espera esta señal para realizar la reconexión, esto permite que el operador pueda, de acuerdo a su mejor criterio, cerciorarse de que el pequeño corte de energía que se va a producir no afecte a algún proceso en la estación.

Si no se desea que esta opción este en vigencia se deberá dejar el selector en la posición de Retransferencia Automática "Si".

-Luces de señalización:

Existen luces de indicación de red normal (verde) y de falla de red (roja). Estas luces normalmente son complementarias, es decir, sólo una de las dos debe estar encendida.

Cuando se tiene voltaje normal antes del disyuntor de la subestación, la luz de red normal estará encendida, caso contrario será la roja la que se encenderá.

Además, si existe algún problema con la red (sobrevoltaje, bajo voltaje, inversión de fases, potencia inversa, sobrecorriente, etc. ), se indicará como falla de red.

Estas condiciones de alarma son dadas por la Unidad Terminal Remota, los valores en los que se setearon estos parámetros se los indica en el capítulo 4, para cada RTU.

Las luces de señalización del estado de los disyuntores son verdes, para el caso de que el disyuntor este cerrado y roja para el caso de que el disyuntor este disparado.

### C) GENERADORES # 1 y # 2.

Los comandos de los dos generadores son del mismo tipo, a pesar de que los grupos difieren un poco en cuanto a su funcionamiento; esto se lo hace para familiarizar al operador con cada tipo de maniobra en la operación del grupo.

- Parada de emergencia: provoca el disparo de los disyuntores de los generadores y además el activado de la solenoide de apagado del generador.

- Reset de alarmas: es un pulsante que se maniobra manualmente después de haberse producido una señal de alarma, para efectos de reiniciar la operación. Las señales de alarma se dan cuando:

- No se encendió el grupo seleccionado después del tercer intento.
- No entraron los disyuntores al darles la orden.
- Se dan problemas mecánicos. ( baja presión de aceite y sobret temperatura de agua).
- Luego de 60 segundos de mantener el control de incremento de velocidad sin llegarse a condiciones normales.
- Si se dan problemas eléctricos (señal de la R.T.U.).
- Al presionar el pulsante de emergencia.
- En sincronización si se activa el relé de potencia inversa.

En estos casos, y luego de superar el problema se debe resetear con este pulsante para reinicializar la operación.

Este pulsante también apaga el calentador de agua de la máquina motriz.

-Encendido manual del calentador de agua: Es un pulsante que permite la conexión de los calentadores instalados en cada grupo electrógeno para mantener la temperatura del agua en un nivel que permita obtener un encendido rápido y se pueda tomar carga en el menor tiempo posible. Una luz piloto de la indicación de los calentadores se encenderá. Este pulsante funciona sólo en la opción manual.

-Operación manual del regulador de voltaje: este selector de dos posiciones activa al regulador de voltaje y al campo de la excitatriz, en las opciones manuales. La luz del regulador se encenderá si está conectado.

-El potenciómetro de Ajuste de Voltaje, permite realizar ajustes en el regulador de voltaje para aumentarlo o disminuirlo. La operación de este potenciómetro se debe hacer cuando se vaya a sincronizar el grupo con el sistema de referencia ó en el modo de transferencia antes o después que tome carga. En otro caso este potenciómetro debe quedar en la posición óptima señalada previamente.

-Reóstato de campo, control manual: permite la regulación de la potencia reactiva del generador cuando éste entra en paralelo, caso contrario su efecto no es notorio. Una vez calibrado en sincronismo con la Red, este reóstato no debe ser manipulado.

-Control de velocidad: Es un selector de dos posiciones, que permite controlar la velocidad del gobernador en las opciones manuales; además, en las opciones automáticas sirve para realizar reajuste de frecuencia si el generador lo requiere.

El cambio en la velocidad del gobernador se refleja en un cambio en la frecuencia del generador y, a través de la RTU, se puede observar el aumento o disminución de la frecuencia.

En la opción automática, si se sube la velocidad desde el PLC, no es posible bajar la velocidad desde el selector en forma simultanea.

**Luces de señalización:**

Las luces de señalización se dividen en dos tipos, de funcionamiento normal y alarmas. Las luces de funcionamiento normal, son verdes e indican que el elemento que representan esta activado y su operación es normal. Las luces de alarma son rojas y señalan una anomalía en el trabajo del generador:

La luz de falla del generador se encenderá ante cualquier tipo de falla descrita en el reset de alarmas y además será intermitente cuando la frecuencia esté fuera de los límites. (menor a 58.5 Hz y mayor a 61.5 Hz), con el selector del control de velocidad se puede corregir este problema.

La luz de alta temperatura de agua indica una alarma de precorte enviada desde el control local del generador.

La luz de baja presión de aceite es una alarma de precorte enviada desde el control local del generador.

**3.4.2. OPERACION DE TRANSFERENCIA**

La operación de transferencia se da :

-De red a cualquier generador en modo automático, siempre y cuando exista ausencia de voltaje de red.

-De red a cualquier generador en modo manual sin importar si existe o no voltaje de red.

-Entre generadores, en modo manual, sin importar el voltaje de red.

**A) TRANSFERENCIA MANUAL.**

Esta opción se escoge en el panel maestro en el modo de transferencia, con esto, se habilita los comandos de los tableros para el trabajo manual.

A continuación se debe escoger el grupo al que se desea realizar la transferencia, esto se lo hace con el comando de grupo de emergencia que tiene tres opciones: G1,

G1/G2 y G2. Con G1 habilitamos el tablero de G1, con G1/G2 se habilitan los dos tableros y con G2 sólo el tablero de G2.

Esta validación no actúa sobre el tablero local de cada generador, por lo que es factible encender un grupo en cualquier momento, pero sin control de generación (voltaje y velocidad).

#### **Transferencia desde red a un grupo en caso de falla de energía.**

- 1) -Si falla la red, la lámpara respectiva lo indicará, empezando la operación manual.
- 2) -Disparar desde el selector los disyuntores de barras Técnica y de Servicios de red.
- 3) -Encender manualmente el generador, se lo debe precalentar dependiendo de la temperatura a la que se encuentre. Utilizar el control local del generador.
- 4) -Asegurar que la velocidad al momento de encendido esté ajustada alrededor de los 600 rpm, esto se lo visualiza con la R.T.U. en la opción de frecuencia (entre 44.5 a 45.5 Hz).
- 5) -Conectar el regulador de voltaje, esta conexión se visualiza con la luz del regulador (encendida), y con la R.T.U. (observando que el voltaje haya llegado a los 99 voltios). Si no sucede esto, seguir los siguientes pasos:
  - a) Reseteo al generador en el tablero local, observando que la luz de alarma este apagada.
  - b) Revisar que la selección del generador escogido esté de acuerdo con el generador que se va a trabajar.
  - c) Observar la velocidad del generador (en el gobernador), ya que seguramente esta bajo los 600 rpm.
- 6) -Subir la velocidad a 1200 rpm. con el control de velocidad local, chequeando los parámetros de voltaje y frecuencia en la R.T.U., adicionalmente la luz del funcionamiento normal del generador deberá permanecer encendida cuando las condiciones estén normales.

7) - Cerrar el disyuntor de la barra de Servicios, (mayor carga), esperar unos segundos para que el generador se estabilice y luego cerrar el disyuntor de la barra Técnica.

Al momento de tomar carga, puede bajar la frecuencia del generador a menos de 58 Hz., lo cual apagará momentáneamente las luces de funcionamiento normal y la luz de alarma se enciende en forma intermitente, se debe esperar unos segundos y si no se corrige, elevar manualmente la velocidad hasta el valor deseado.

Si en algún momento se desea disparar uno de los disyuntores que han sido cerrados, se lo puede hacer indistintamente desde el selector respectivo.

8) - Cuando regrese la energía de red, se indica en la RTU del tablero de red con la presencia de voltaje y con una luz verde de energía de red normal.

Para proceder a retransferir manualmente la carga a la red, se debe:

9) - Desconectar las barras Técnica y de Servicios del generador, previamente pueden desconectarse cargas escalonadamente.

10) - Conectar los disyuntores de las barras Técnica y de Servicios de la red y las cargas restantes que se desconectaron.

11) - Se debe esperar unos minutos en los cuales el generador trabaja en vacío y luego proceder a bajar la velocidad a 600 rpm. Desconectar el regulador de volaje.

12) - Apagar el generador desde el pulsante de emergencia del tablero general o del pulsante de emergencia de tablero local, quedando el sistema en condiciones normales de operación. Luego de su operación, este pulsante debe regresarse a su posición inicial.

13) - Si se presiona el pulsante de emergencia mientras el generador esta trabajando con carga (disyuntores conectados), se produce el disparo de los disyuntores y el apagado de generador, debiendo bajar la velocidad del generador en forma manual desde el gobernador, como se indica en el tratamiento de fallas, sección 4.1.

14) - Las condiciones de operación en transferencia manual se dan con cualquiera de las opciones de los grupos (G1, G1/G2, G2), por lo tanto se debe seguir el mismo procedimiento.

#### Alternativas de trabajo:

En transferencia manual, y en cualquiera de las opciones del grupo de emergencia ( G1, G1/G2, G2) se puede energizar las barras indistintamente, por ejemplo, se puede alimentar a la barra técnica con energía de la red y a la de servicios o utility con cualquier grupo, siempre que la energía que el grupo este entregando esté normal. Adicionalmente se tiene la opción de quitar la energía de la red, disparando los disyuntores de red, energizando las barras desde cualquier grupo.

Este tratamiento es posible, debido a la redundancia en el sistema de alarmas y al control implementado, de tal manera que al intentar energizar una barra que ya tiene energía, el control no permite que el disyuntor se cierre, teniendo esta seguridad con cualquiera de los comandos de los disyuntores. Esto no implica que se pueda accionar el tablero de control sin tomar las precauciones debidas, como requisito para realizar cualquier cambio.

#### B) TRANSFERENCIA AUTOMATICA

El comando para tener esta opción de trabajo esta localizado en el tablero de Control Maestro. Cuando se tiene esta opción no tiene efecto la operación de los selectores:

- Regulador de voltaje de los generadores.
- Cierre o disparo de los disyuntores de la red y generadores. (El disyuntor de baja tensión de la subestación en todo momento es comandado desde el selector del tablero.)
- El control de velocidad de cada generador no funciona hasta que no se alcancen las condiciones normales, una vez hecho ésto, el control es accesible al operador.

La operación para las opciones con G1 y G2 es la siguiente:

Si la red esta en condiciones normales:

- 1) - Se tendrá una conexión periódica de precalentamiento de las bujías del motor. El tiempo de conexión es de 2 minutos y el de desconexión de 20 minutos, esto permite que

el banco de baterías no se descargue y que las cámaras de las bujías adquieran un grado de temperatura mayor.

2) - El calentador de agua del radiador está permanentemente encendido, para lograr que la temperatura de la máquina se mantenga en un nivel que le permita tomar carga rápidamente.

Si existe falla de energía de la red:

3) - Se determina falla de red por la señal dada desde la RTU. del control de red y se ordena la apertura de los disyuntores de red.

4) - Dependiendo de la opción del grupo de emergencia escogido (G1, G2) se inicia el encendido automático del generador a 600 rpm. Si el generador encendió se da la señal de continuar, caso contrario se reintenta automáticamente hasta por tres veces.

5) - Inmediatamente después de que el generador ha encendido, se inicia el proceso de subir la velocidad al generador en tres pasos:

-Durante un tiempo determinado de acuerdo a las características de cada gobernador.(entre 35 y 40 segundos).

-Después de este tiempo se da 3 segundos de estabilidad por la inercia del sistema y se continua hasta que llegue al valor normal. (121 voltios y 60 Hz). Existe una alarma de tiempo de 60 segundos pasado el cual se da falla del sistema si todavía no se ha llegado a condiciones normales.

Si se da este caso, se debe revisar al gobernador, observando el punto de ajuste de velocidad. Si no ha subido en los 60 segundos, pero se puede subir manualmente, será un indicio de falla en las conexiones hacia el gobernador. Solucionado este problema, se pulsa reset y se reintenta la operación.

6) - Si se llega a condiciones normales se conecta el disyuntor de Utility y luego de 6 segundos (para estabilizar al generador), se conecta el disyuntor de Technical.



7) - En estas condiciones por medio de la RTU y el PLC, se tiene un monitoreo continuo de los parámetros del generador para detección de fallas o alarmas que puedan presentarse.

El retorno de la energía de la red se visualiza con la luz de red normal encendida y la medición de voltaje de la RTU del panel de red.

8) - Después del regreso de energía, espera unos segundos para dejar todas las condiciones de la reconexión listas. El proceso de retransferencia es automático, se inicia cuando el operador maniobre el selector de retransferencia a la posición "SI", se recomienda que este selector permanezca en la posición NO, en condiciones normales.

9) - Después de 10 segundos, se dispara el disyuntor de Technical y luego de unos segundos se dispara el disyuntor de Utility.

10) - Se conectan los disyuntores de la red mientras el generador permanece trabajando en vacío durante dos minutos.

11) - Transcurrido el tiempo de trabajo en vacío, se inicia el proceso de bajar la velocidad a 600 rpm. Este proceso se da asimismo en tres pasos, por tiempo (entre 35 y 40 segundos), si no llega, se reinicia la disminución de velocidad hasta que llegue a 600 rpm, con la opción de poder bajar la velocidad en forma manual. Se desactivará el regulador de voltaje inmediatamente.

9) - Se activa la solenoide de apagado durante 40 segundos dejando las condiciones de operación del generador listas para la operación en caso de otra falla de energía.

#### **Caso especial:**

En la opción G1/G2, la operación automática se da con los mismos pasos que lo anotado en la sección anterior, pero las acciones se realizan en los dos generadores, el primer generador que alcance las condiciones normales de operación entra a alimentar a la carga, manteniéndose el otro en espera (a 1200 rpm), si por algún motivo el primer generador que entró tiene algún problema y sale de servicio, entra automáticamente el otro generador. El interbloqueo de los disyuntores es tal, que no permite el cierre de los dos a la misma barra.

### 3.4.3. OPERACION DE SINCRONIZACION

La operación de sincronización es mucho más delicada que la de transferencia y requiere de mayor atención en el desarrollo de la misma.

#### Selección de la opción de sincronización:

1) - Para iniciar la operación de sincronización el sistema debe trabajar normalmente en el modo de transferencia, antes de cambiar al modo de sincronización.

2) - Para sincronizar a un grupo con la red, tomándola a ésta como referencia se realiza lo siguiente:

a) Cambiar el selector de modo de operación de Trasterencia a Sincronización. Esta acción no debe producir cambios en el estado del sistema, especialmente en los disyuntores de red.

b) Seleccionar la opción manual o semiautomática de sincronismo.

c) Escoger entre las dos opciones que se tiene de sincronismo con la red: Red - G1 ó Red - G2. En este momento se activa el panel de sincronismo. Estas opciones son retardadas 5 segundos luego de escogerlas, para no tener selecciones falsas. Si la operación es manual se puede proceder a realizar el resto de la operación desde el tablero del generador. Si la operación es semiautomática se inician las acciones de control por parte del autómeta.

3) - Para sincronizar entre los grupos generadores, antes de escoger sincronización deben estar desconectados los disyuntores de red, ya sea por falla de energía o por haber sido disparados manualmente.

Además debe estar uno de los grupos conectado a las barras y se convertirá en el grupo de referencia. A continuación se realiza los cambios de los comandos:

a) Cambiar el selector del modo de operación de transferencia a sincronización. Esta operación no debe producir cambios en el estado de los disyuntores del generador que esté como referencia.

b) Escoger el modo de realizar la sincronización: manual o semiautomática.

c) Seleccionar entre las dos opciones que se tiene de sincronismo entre generadores: G1- G2 ó G2 - G1. En este momento se activa el panel de sincronismo. Estas opciones son retardadas 5 segundos luego de escogerlas, para no tener selecciones falsas.

Si la operación es manual se puede proceder a realizar el resto de la operación desde el tablero del generador. Si la operación es semiautomática se inician las acciones de control por parte del autómeta.

### **Sincronización entre un grupo y la red.**

En este caso, la red siempre será la referencia para la sincronización. Se puede realizar en forma semiautomática o manual.

### **Sincronización manual entre un grupo generador y la red.**

En la operación de sincronización manual todas las acciones y decisiones son tomadas por el operador, por lo tanto la operación debe ser realizada correctamente, tomando en cuenta todas las precauciones.

- 1) - Encender el generador y acondicionarlo para la operación en forma manual de acuerdo a lo descrito anteriormente.
- 2) - Operar en el tablero maestro los comandos de sincronización para obtener la opción deseada. (sección anterior).
- 3) - Con el tablero de sincronismo ya activado, llegar a las condiciones de sincronismo con el selector de control de velocidad del generador. (voltaje y frecuencia iguales).
- 4) - Cuando el sincronoscopio este con velocidad lenta y el indicador se aproxime a la marca localizada a las 12:00 en punto en el dial, se debe cerrar el disyuntor de utility, entrando en paralelo, luego se debe cerrar el disyuntor de Technical. En este punto el sincronoscopio se mantiene fijo.

Las luces de indicación funcionan igual que el sincronoscopio, y es una ayuda visual al operador. Por lo tanto cuando la condición de sincronismo se da, las luces están apagadas.

5) - Es importante dejar que el sistema en sincronización se estabilice para luego relizar transferencia de carga de un sistema a otro.

6) - Mientras los sistemas de energía se encuentren en paralelo, la carga se puede repartir entre la red y el grupo generador, observando la potencia de cada sistema en la RTU y comandando la velocidad del grupo desde el control respectivo. Esta operación es delicada y se lo debe hacer lentamente para evitar que el grupo se motorice al recibir potencia desde la red.

#### **Sincronización semiautomática entre un grupo y la red.**

1) - Escoger el modo de sincronización y la opción semiautomática en el control maestro.

2) - Seleccionar el grupo entrante con el selector de 4 posiciones del control maestro. Esta señal lleva un retardo de 5 segundos para evitar una selección falsa.

3) - Luego de los 5 segundos de retardo se enciende el generador automáticamente, a 600 rpm, el autómata toma en cuenta todas las seguridades descritas en las secciones de trasferencia y sincronización. Se enciende el regulador de voltaje y la velocidad sube por pasos hasta llegar a las 1200 rpm.

4) - Con el tablero de sincronismo ya activado, se debe manipular la velocidad del generador de tal manera que se acerque a la de red; Esto puede visualizarse en el sincronoscopio, ya que se observa que su dial se mueve lentamente. Mantener este funcionamiento durante un tiempo, para permitir que el autómata cumpla con la subrutina de sincronización semiautomática.

5) - Es importante dejar que los sistemas en paralelo se estabilicen para luego relizar transferencia de carga de un sistema a otro.

6) - Mientras el sistema se encuentre en sincronización, la carga se puede repartir entre la red y el grupo generador, observando la potencia de cada equipo en la RTU y comandando la velocidad del grupo desde el control respectivo. Esta operación es

delicada y se lo debe hacer lentamente para evitar que el grupo se motorice al recibir potencia desde la red.

### **Sincronización entre dos grupos generadores.**

El sincronismo entre generadores se presenta cuando uno de los generadores está entregando energía a la carga, lo cual significa que la red no está presente en las barras principales.

Cuando existe falla de red y un generador está entregando energía a la carga, es factible realizar la operación de sincronismo entre generadores para asegurar la continuidad en la entrega de energía a la estación.

Asimismo, si se ha realizado una operación manual en la que pese a que existe energía de la red, se ha transferido la carga a un generador, existe la posibilidad de poner en paralelo a los grupos generadores.

Para realizar esta operación se tienen las opciones manual y semiautomática.

### **Sincronismo manual entre generadores.**

- 1) Asegurarse que un generador esté entregando energía a la carga, y el control maestro esté en transferencia, este grupo será el que se tome como referencia.
- 2) Cambiar de transferencia a sincronización, esta operación no desconecta los disyuntores del generador que está funcionando y está conectado a barras.
- 3) Seleccionar la opción manual en el control maestro.
- 4) En el selector de la condición de sincronización escoger la opción adecuada, G1 - G2 ó G2 - G1, como se puede apreciar, si se tiene a un generador en la referencia sólo existe una condición que puede ser elegida.
- 5) Realizar todos los pasos de sincronización que se dieron en la sección 3.1.1., observando siempre las seguridades respectivas.

Tomar en cuenta que si no existe falla de red y la red está alimentando a la carga, no se puede realizar la sincronización, si antes no ha sido transferida la carga a un generador con el procedimiento de transferencia manual.

6) Se puede disparar cualquiera de los disyuntores de cualquier grupo o eliminar la condición de sincronismo disparando los disyuntores de Technical y Utility de un grupo.

#### **Sincronización semiautomática entre generadores.**

1) Asegurarse que un generador este entregando energía a la carga, y el control maestro esté en transferencia, este grupo será el que se tome como referencia.

2) Cambiar de transferencia a sincronización, esta operación no desconecta los disyuntores del generador que esta funcionando y entrega energía a las barras.

3) Seleccionar la opción semiautomática en el control maestro.

4) En el selector de la condición de sincronización escoger la opción adecuada, G1 - G2 ó G2 - G1, como se puede apreciar, si se tiene a un generador en la referencia sólo existe una condición que pueda ser elegida.

5) El autómata realiza los pasos de sincronización como se indicaron anteriormente el operador deberá realizar la aproximación al estado de sincronización con ayuda del relé de chequeo de sincronismo y la subrutina de sincronización, para cerrar los disyuntores del generador que entrará en paralelo, observando siempre las seguridades respectivas.

***CAPITULO IV***

***SUPERVISION Y MONITOREO  
DE SEÑALES***

## 4 SUPERVISION Y MONITOREO DE SEÑALES

### 4.1 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DE LA UNIDADES TERMINALES REMOTAS

Los elementos de monitoreo de los parámetros eléctricos tanto del sistema de red como de cada uno de los generadores son de marca Power Instruments, el modelo es el 3710 ACM.

Es un instrumento basado en un microprocesador de segunda generación, de 16 bits, 12 MHz de alto rendimiento de cómputo con software para información de procesos en tiempo real; la información y los parámetros están contenidos en una memoria no volátil, es utilizado en tableros de distribución eléctrica y subestaciones. No requiere de transductores externos.

Los valores son mostrados en un display de cristal líquido en donde se puede leer en forma alfanumérica los valores de:

- 4 dígitos para voltaje, 4 dígitos para la corriente, 8 dígitos para las diferentes funciones.

Los parámetros que se pueden medir son:

- Voltajes línea - neutro.
- Voltajes línea - línea.
- Corriente de cada fase.
- Entrada para una cuarta corriente.
- Frecuencia.
- Factor de potencia.
- KVA.
- KW.
- KVAR.
- Entrada de voltaje auxiliar.
- Kwh que se entregan.\*
- Kwh que se reciben.\*
- Kvarh que se entregan\*
- Kvarh que se reciben.\*

\* Tienen un rango de 0 a 999,999,999 y puede ser reseteado manualmente.

Son también posibles mediciones de máximos y mínimos. Se puede guardar en la memoria no volátil un historial en intervalos de los valores picos de los parámetros.



En instalaciones en donde se tengan corrientes por la línea que va de neutro a tierra, producidas por cargas no lineales, la RTU tiene una cuarta entrada que puede ser usada para medir esta corriente.

Se tiene adicionalmente una entrada para sensar un voltaje auxiliar a ser mostrado en pantalla y monitorearlo.

Dispone de una salida analógica de corriente, que puede ser programada entre 0 y 20 mA. ó entre 4 y 20 mA. de corriente proporcional al parámetro sensado.

Para la comunicación con equipos remotos se incorpora una tarjeta de comunicaciones que incluye RS - 232C y RS - 485 y tiene opción de comunicación con un computador personal.

El protocolo de comunicación tiene libre acceso en tiempo real a los parámetros, registro de datos y formas de onda para software dedicado.

#### **4.1.1 RELES DE CONTROL.**

Se dispone de tres relés con contactos NO y NC, con capacidad de 10 A. y pueden funcionar como:

- Relés de alarma y relés de setpoints, que operan en función del parámetro medido o cambio en el estado de una entrada.
- Relés de control remoto, operado por un comando desde el pórtico de comunicaciones.
- Relés para el disparo de interruptores automáticos, controlados de acuerdo a condiciones definidas, como son:
  - sobre/bajo voltaje
  - desbalance de voltaje.
  - desbalance de corriente.
  - inversión de fases.
  - sobre/ baja frecuencia.
  - inversion de la dirección de potencia.
- Relés de pulsos de salida para los KWH ó KVARH.

#### **4.1.2 ENTRADAS DE ESTADO.**

La RTU tiene 4 entradas de estado, las cuales pueden ser usadas para sensar el estado de un contacto externo. La condición de estas entradas puede ser observada y registrada por el pórtico de comunicaciones.

Asímismo se pueden usar estas entradas de estado para disparar los relés de control de la RTU.

La instalación y conexión de la RTU se puede observar en el manual de operación que se adjunta el Apéndice B.

## 4.2 OPERACION Y PROGRAMACION

### 4.2.1. OPERACION.

La RTU muestra la información de voltaje, corriente y potencia cuando se la enciende. Este modo de trabajo es el normal y se lo denomina MODO DE MONITOREO O PANTALLA.

Cuando se realiza la introducción de todos los parámetros y los valores de ajuste del sistema, se lo hace en el MODO DE PROGRAMACION. (FIELD PROGRAMMING).

#### 1) MODO DE MONITOREO.

La pantalla muestra 4 campos: voltaje, fase, corriente y funciones de potencia, repartidos así: 4 dígitos de voltaje, 1 indicador de fase, 4 indicadores de corriente, 5 dígitos y 8 caracteres para funciones de potencia.

Las 4 teclas usadas para el control de la información presentada en pantalla funcionan con la leyenda superior:

FASE	MIN	MAX	FUNCION.
------	-----	-----	----------

##### a) FASE.

Selecciona la fase A, B, C o promedio para el cual se muestran los valores de voltaje y corriente. El asterisco "\*" indica el promedio de los valores de voltaje y corriente.

Los valores línea a línea son mostrados con una coma después de la indicación de la fase.

##### b) MAXIMO Y MINIMO.

Se muestran los valores máximos o mínimos de voltaje, corriente y la función de

potencia seleccionada, estos valores se muestran por 3 segundos antes de volver a la pantalla en tiempo real. El valor de MIN/MAX serán los valores guardado después del último borrado o "limpieza " de los datos archivados.

### c) FUNCION

Selecciona la función de potencia a ser mostrada en pantalla. La secuencia de funciones posibles son:

1) KW. Potencia real, instantanea en Kilowatios. La dirección de la potencia, es decir, si se entrega potencia o se recibe potencia está dado por el signo, en el caso de entregar potencia el signo positivo no se escribe.

2) KVA. potencia aparente instantanea ( $V \cdot A$ ).

3) KQ. Flujo de potencia reactiva instantanea, (VAR). en KQ. La dirección se observa por el signo.

4) PF. Factor de potencia, en adelanto o en retraso que es indicado por LD o LG respectivamente. (p.e. 0,92 en adelanto se leería: 92 PFLD.)

5) Hz. frecuencia en Hertz.

6) KWD. Demanda de potencia.

7) AD. Demanda de corriente.

8) Vx. Voltaje auxiliar de entrada.

9) I4. lectura en los terminales de la cuarta corriente (neutro-tierra).

10) KWH-F, KWH-R Estos parámetros representan energía real, que se entregan o se reciben.

11) KVAR-F, KVAR-R. representan energía reactiva asimismo que se reciben o se entregan.

### NOTAS:

1) La convención usada para el Factor de potencia en adelanto o retraso y la de energía a recibir/entregar pueden invertirse cambiando la polaridad de las conexiones externas.

2) Cuando se muestran los parámetros de energía, se usa todo el panel frontal, sin mostrar voltaje, fase ni amperaje. Estos valores son posibles de leer a través del programa y del pórtico de comunicaciones.

#### 4.2.2 PROGRAMACION.

Para entrar al modo de programación se debe presionar MIN y MAX al mismo tiempo, para regresar a la pantalla normal se repite la misma acción.

El teclado tiene en este nuevo modo otra estructura, la leyenda debajo de cada tecla indica la alternativa de uso:

- Selección de parámetros: selecciona el parámetro en pantalla.
- Cursor: mueve el cursor de dígito en dígito, se muestra a la derecha del último número.
- Incremento: incrementa el dígito que está bajo el cursor.
- Decremento: decrementa el dígito que está bajo el cursor.

Ciertos parámetros tienen valores de Si ó No ?, en este caso presionando Incremento o Decremento provoca el si o no en el valor.

Otro parámetro como es el Baut Rate, tienen varias posibilidades y con las mismas teclas (INC o DEC) causa que la pantalla visualice los valores.

#### INTRODUCCION DE LA CLAVE

El primer parámetro de la programación es la clave. La clave que viene de fábrica es cero. Esta clave debe ser introducida si algún parámetro va a ser cambiado. Si la clave no se introduce la programación puede ser leída pero será imposible cambiar algún parámetro.

Para cambiar la clave se introduce la anterior, se realiza la programación deseada y al volver al parámetro de clave se pone el valor deseado, al cambiar al modo de monitoreo se memorizan los datos introducidos y la nueva clave.

#### PARAMETROS DE SETPOINT

La RTU es capaz de monitorear muchos parámetros al mismo tiempo, generando alarmas y activando los relés de control basados en los valores de estos parámetros. Para realizar esto, la RTU utiliza los SETPOINT, que es un grupo de seis instrucciones indicando:

- a) El parámetro para monitorear (tipo de setpoint)
- b) El límite para operar el relé.
- c) El límite para desactivar el relé.
- d) El tiempo de espera para operar un relé.
- e) El tiempo de espera para desactivar un relé.
- f) El relé que va a operar.

Los setpoints pueden funcionar como SOBRE setpoints o BAJO setpoints.

Toda la información acerca de los setpoints se indica en el manual de operación de la RTU, Apéndice B.

ESCALAS DE VOLTAJE Y CORRIENTE.

Para poder tener una correcta resolución de los valores que la pantalla muestre, es necesario setear las escalas de los parámetros, es decir, indicar cual es el "fondo de escala" ya que deben ser correspondientes con los valores a medir.

Para la escala de voltaje, si no se ha usado Transformadores de Potencial, como en el presente caso, la escala se setea directamente (120, 277, etc).

Para la escala de corriente se debe setear de acuerdo al rango del primario del transformador de corriente que esta usandose. Se toma en cuenta que el secundario del transformador de corriente tiene una salida de 5 A. (máx). También se aplica esta norma para la cuarta entrada de corriente.

Para la frecuencia se tiene 3 posibilidades: 50Hz. 60 Hz ó 400 Hz. Es importante señalar la correcta, ya que muchos parámetros toman en cuenta este valor.

Los sistemas de monitoreo instalados en la Estación Cotopaxi, tienen la siguiente programación:

Tabla 5.1: PARAMETROS GENERALES DE LA RTU

PARAMETRO	VALOR
VOLTAJE	120 V.
CORRIENTE EN LAS FASES	1500 A.
CORRIENTE EN EL NEUTRO	1500 A.
FRECUENCIA	60 Hz.
MODO CONEXION	4W-WYE (0)
BAUD RATE	9600
COM MODE	RS-485
DISPLAY TIMEOUT	180 MIN.
CLEAR MIN/MAX?	NO
CLEAR KW/KVAR HRS?	NO
ROTACION DE FASES	ABC
FORMAT	ABC 1,234.5

**Tabla 5.2 : SISTEMA DE MONITOREO DE RED**

Clave: 1111

SETPO INT	FUNCION	HIGH LIMIT	TD OPERATE	LOW LIMIT	TD RELEASE	RELAY
1	SOBRE VOLTAJE	136	5	130	1	1 DISPARO
2	BAJO VOLTAJE	112	5	100	1	1 DISPARO
3	DESBALANCE V.	30%	5	10%	1	1 DISPARO
4	INVERSION FASE	---	1	---	1	1 DISPARO
5	SOBRE CORRIENTE	1900	5	1	1	1 DISPARO

**Tabla 5.3 : SISTEMA DE MONITOREO DE LOS GENERADORES.**

Clave: 2222

Clave: 3333

SETPO IN	FUNCION	HIGH LIMIT	TD OPERATE	LOW LIMIT	TD RELEASE	RELAY
1	SOBRE FRECUENCIA	450	1	440	1	1 DISPARO
2						
3						
4	SOBRE FRECUENCIA	590	1	585	2	1 DISPARO
5						
6						
7	SOBRE VOLTAJE	134	5	130	2	3 DISPARO
8	DESBALANCE	30%	5	10%	1	3 DISPARO
9	INVERSION FASES	---	1	---	1	3 DISPARO
10	SOBRECORRIENTE	1900	5	1800	1	3 DISPARO
11	SOBREFRECUENCIA	620	5	605	1	3 DISPARO
12	BAJA FRECUENCIA	595	1	585	5	3 DISPARO

**4.3 IMPLEMENTACION DEL SOFTWARE PARA MONITOREO Y CONTROL**

El software dedicado para la explotación y análisis de los datos acumulados en las unidades terminales remotas (RTU) es el Power View, versión 4.0 desarrollado por la Power Measurement Ltda.

Este paquete es capaz de configurar y desarrollar todos los aspectos de los equipos remotos. Adicionalmente el programa puede cargar y guardar los eventos y datos de las terminales en un disco duro, para análisis estadístico o para impresión.

El sistema de control está compuesto por un computador personal conectado por el pórtico de comunicaciones con una unidad terminal remota (RTU). El Power View realiza las siguientes funciones:

- a) Muestra los valores de cada equipo conectado.
- b) Comando de los relés de control de las RTU desde el pórtico de comunicaciones.
- c) Programa los equipos en forma remota.
- d) Los formatos de los archivos del Power View, permiten al usuario poder desarrollar sus propias bases de datos para obtener reportes como:
  - tendencia de carga.
  - análisis de problemas.
  - análisis de costos.
  - distribución de costos
  - demanda histórica del sistema
  - reporte y análisis de funcionamiento
  - listado de apagones.
  - estudio de eficiencia de generadores y máquinas.

La línea de comunicaciones puede ser usada para transferir datos de potencia desde un equipo local al computador central, los equipos locales usan generalmente los sistemas de comunicación EIA RS-232C o EIA RS-485 estándares.

Un sistema RS-232C es comunmente usado para comunicaciones punto a punto y es excelente cuando un equipo esta conectado al sistema y a poca distancia. Para más de dos equipos se usa el sistema RS-485., este sistema utiliza un par de cables torseados como medio de comunicación y puede operar hasta distancias de 1500 metros. El Power View usa el bus RS-485.

La instalación del Power View para el monitoreo y control así como las formas de manejar el programa se muestran en el apendice B.

## ***CAPITULO V***

# ***PRUEBAS GENERALES DEL SISTEMA***



## 5 PRUEBAS GENERALES DEL SISTEMA

### 5.1 DESCRIPCION DE CONDICIONES DE FALLA Y EMERGENCIA

#### - Falla de encendido:

Si el generador no se enciende después de darle el arranque durante 6 segundos, se conecta precalentamiento durante 20 segundos adicionales y reintenta el arranque, si luego del tercer arranque no se dió una señal de encendido, se enciende la luz de alarma, deteniéndose la operación del sistema.

#### Consideraciones:

Si habiendo falla de la energía de la red, no se enciende el generador en los tres intentos, alarmando el sistema, el regreso de la energía de la red en ese instante permite que con un reseteo se trabaje normalmente con la red.

Si regresa la energía de la red antes de conectar los disyuntores del generador, pero el generador ya ha encendido, desconecta los disyuntores de red y conecta los disyuntores del generador esperando la señal de retransferencia para volver a las condiciones normales.

Si regresa la energía antes de encender el generador, provoca el encendido del generador a 600 rpm. y se mantiene en espera durante 2 minutos para luego apagar el generador.

#### - Falla eléctrica:

Si el generador está alimentando a la carga, cuando existe falla de red, es decir, trabajando en modo de emergencia y se da un problema con la frecuencia de operación del sistema, se enciende la alarma intermitente durante 45 segundos, si no se soluciona en ese tiempo, se disparan los disyuntores del generador y la luz de alarma permanece encendida.

Para solucionar la falla de frecuencia se debe manipular el comando de control de velocidad hasta que la alarma intermitente desaparezca.

Si los disyuntores han sido disparados por la falla, al resetear se conectan nuevamente siempre y cuando la frecuencia este dentro del rango de trabajo (59 a 61 Hz.).

- **Falla mecánica y Pulsante de emergencia.**

Si el generador está con carga, por falla de red, y se produce una falla mecánica se abren inmediatamente los disyuntores del generador, se da una señal a la solenoide de apagado y se enciende la luz de alarma.

Para reiniciar la operación, se debe tomar en cuenta que hay que bajar la velocidad del generador en forma manual a 600 rpm, ya que no existe la energía para hacerlo desde el comando del tablero. Una vez realizado esto se presiona el comando Reset volviendo a la operación del generador.

- **Falla de conexión de disyuntores.**

Si después de 3 segundos de haber conectado los disyuntores, no se recibe la señal de indicación mecánica, de que los disyuntores efectivamente se cerraron, se enciende la luz de alarma y se disparan los disyuntores. Revisado el sistema, con el pulsante de Reset se reinicializa la operación de conexión.

Adicionalmente el sistema tiene luces de funcionamiento normal del radiador y luces de alarma de precorte de alta temperatura de agua y baja presión de aceite, conectadas directamente con los sensores de la máquina.

## 5.2 PRUEBAS DEL SISTEMA DE TRANSFERENCIA.

### A) MANUAL

#### 1) Seguridad en el disparo y cierre de los disyuntores, en opciones G1, G1/G2, G2.

Si se tiene la red conectada, en cualquier opción de grupo de emergencia, no se debe cerrar ningún otro disyuntor, aunque el selector este en "ON".

2) Encendido y transferencia desde la red a un generador cuando falle la red:

La lámpara respectiva se debe encender, luego de lo cual se debe realizar la operación descrita en el manual de operación, (sección 3.4.4).

Cuando la luz de funcionamiento normal del generador este encendida, indicando que los parámetros de frecuencia y voltaje son correctos conectar el disyuntor de la barra de servicios y luego de algunos segundos el de la barra técnica.

En estas condiciones se verificó:

- Que los disyuntores de la red y del generador restante no se cierran con los selectores.
- Al variar la frecuencia fuera de los valores normales, se da la alarma intermitente de falla de parámetros eléctricos.
- Presionando el pulsante de emergencia se dispara los disyuntores y se apaga el generador, encendiéndose la luz de alarma. En estas condiciones los mandos del generador no se habilitan hasta presionar el "reset", el cual se lo hace luego de la verificación de las condiciones de operación y el apagado de todos los selectores.

La retransferencia manual cuando regrese la energía se la realiza de acuerdo a los descrito en el manual de operaciones. Se cumple:

- Se alimenta una barra con la red y la otra con el generador.
- Los disyuntores que no están conectados a la carga no se cierran al maniobrar el mando del mismo.

Si la opción de "Grupo de emergencia" esta en G1/G2, se cumple:

- Alimentar las barras desde los dos generadores, cada uno a una barra diferente.
- Si un generador alimenta a un barra determinada, el selector del disyuntor del otro generador queda inhabilitado al igual que el de red.

---

B) AUTOMATICA.

1) Seguridades en el manejo de los comandos de los tableros.

Se verificó que queden deshabilitados los selectores del regulador de voltaje y de los disyuntores de los generadores, en el tablero de red no están habilitados los selectores de los disyuntores de red, con excepción del disyuntor de la cámara de transformación ya que su operación es manual.

2) Transferencia red-generador.

Se verificó el procedimiento de transferencia automática, con todos sus pasos:

- Desconexión de precalentamiento y calentadores de agua.
- Encendido por 6 segundos del motor de arranque.
- Disparo de disyuntores de red cuando el generador ha arrancado.
- Conexión del regulador de voltaje
- Incremento de velocidad del grupo.
- Conexión de los disyuntores con un intervalo de tiempo de 6 segundos.

La operación de retransferencia se inicia con la operación del selector de "retransferencia automática". Se verificó su operación:

- 10 segundos después de iniciar proceso, desconecta disyuntores del generador.
- Conexión de disyuntores de red.
- Trabajo en vacío del generador durante dos minutos.
- Disminución de velocidad del grupo.
- Apagado del grupo.
- Encendido del sistema de precalentamiento y del calentador de agua.

---

5.3 PRUEBAS DEL SISTEMA DE SINCRONISMO.

A) MANUAL

Se verificó la operación del sistema:

- Después de 5 segundos de escoger la opción, se activa el panel de sincronismo.
- La operación de poner el generador en condiciones de sincronismo se realiza de igual manera que en transferencia manual.
- La conexión por parte del operador de los disyuntores del generador se realiza con los selectores, entrando el sistema en sincronismo.
- La repartición de carga con la red se realiza con la manipulación del gobernador de velocidad .
- Para salir de sincronismo, se quita carga al generador y se dispara manualmente los disyuntores del grupo.

B) SEMIAUTOMATICA:

La operación que se verificó es:

- Después de 5 segundos de seleccionar la opción deseada se enciende el panel de sincronismo, al mismo tiempo se enciende el grupo generador.
- Se aumenta la velocidad del grupo a condiciones normales y se mantiene en espera.
- La manipulación del comando del gobernador de velocidad por parte del operador, permite el cierre de los disyuntores del grupo, cuando las condiciones son óptimas.
- La repartición de carga se realiza con la ayuda del gobernador de velocidad.
- Para salir de esta opción se quita carga al grupo y se cambia de modo de trabajo, es decir, de sincronismo a transferencia con el selector respectivo.
- Los selectores del regulador de voltaje y disyuntores se encuentran inhabilitados.

## ***CAPITULO VI***

# ***CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES***

## 6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES

- Se ha realizado un sistema de transferencia y sincronización entre la red pública y dos generadores utilizando un PLC, esto ha permitido una "Repotenciación" de los equipos y sistemas de la Casa de Máquinas de la Estación Cotopaxi. El PLC es un aparato muy versátil para el diseño moderno, con el que se puede automatizar cualquier proceso predecible y programable.
- Se ha dado mayor continuidad en cuanto al servicio eléctrico a la estación ya que se tiene: red, G1, G2, sincronización, como un sistema redundante de entrega de energía.
- Las pruebas del programa resultan seguras y sencillas, ya que el PLC permite simular el accionamiento de entradas y salidas sin necesidad de utilizar los transductores de señal y/o los equipos de ejecución directa del trabajo a desarrollar. De esta forma, se puede ir experimentando y depurando el programa sin correr el riesgo de cometer un error en el desarrollo del mismo, teniendo a todo el sistema en acción.. Una vez que el programa ha quedado totalmente probado, se corre con el sistema ya conectado casi con un 100% de seguridad.
- El PLC proporciona una gran flexibilidad en cuanto a los cambios que sean necesarios realizar en el programa conforme se requieran modificaciones en el sistema. Para esto únicamente se requiere la conexión al PLC de la consola de programación que es un elemento útil para el diseñador, pero opcional para el usuario final.
- La fiabilidad del sistema implementado es muy alta, ya que la integración de equipos electrónicos de gran eficiencia ha permitido obtener bajas posibilidades de falla. El PLC realiza un control completo y ante cualquier acción errónea por parte de los operadores provoca señales de alarma que además detienen el proceso. Asimismo la programación realizada en las Unidades Terminales Remotas determina que los problemas en los parámetros eléctricos sean inmediatamente detectados para realizar las acciones respectivas.

- 
- El programa lógico implementado en el PLC fue realizado en el lenguaje escalera, el más utilizado para la programación de los PLC's. Este lenguaje permite que cualquier persona con conocimientos básicos de control industrial pueda entender la lógica del trabajo realizado. Se considera además que la estructuración del programa descrito en el presente trabajo permite comprender las operaciones de transferencia y sincronización para otros sistemas de generación más grandes o más pequeños.
  - La determinación o detección de fallas en el sistema es muy sencilla y el tiempo de paro por esta circunstancia bajará considerablemente respecto al sistema anterior, provocando un significativo ahorro de recursos.
  - Se ha mejorado substancialmente el sistema de visualización y alarmas para el operador, que le permiten tomar las acciones correctivas en un menor tiempo.
  - En la operación de sincronización se evita la conexión de cargas resistivas, utilizadas anteriormente para mantener con cierta carga a los generadores.
  - El mantenimiento del sistema implementado se limitará básicamente a los contactores y equipos electromecánicos, ya que el PLC no requiere de mantenimiento. La indicación visual de fallas en el PLC, permite hacer un fácil diagnóstico del mismo, logrando una gran versatilidad para la corrección de eventuales daños.
  - La metodología utilizada en el desarrollo del proyecto es general para la automatización de sistemas usando un Controlador Lógico Programable, optimizando recursos como son: mano de obra, tiempo de ejecución, materiales, etc.
  - Los sistemas automáticos desarrollados con PLC's involucran una nueva tecnología hasta ahora muy poco utilizada en el país, pero que por sus características puede ser fácilmente asimiladas por ingenieros y técnicos.



## 6.2 RECOMENDACIONES.

- Para realizar un proyecto que involucre el uso de un PLC, se debe definir en forma exacta, la magnitud y alcance que se tendrá, para determinar el número de entradas y salidas del PLC y dimensionarlo adecuadamente. Se debe dejar un número de entradas y salidas de reserva para eventuales conexiones adicionales o equipos a conectarse en un futuro.
- Es necesario que se conozca el funcionamiento de los equipos en forma individual y del proceso en general para poder escoger el PLC adecuado con las necesidades puntuales que se requieran.
- A pesar del repotenciamiento de los equipos de la Estación Cotopaxi realizados con este trabajo, se recomienda el cambio de los grupos electrógenos por otros más modernos, para que se simplifique la parte en lo que se refiere al precalentamiento, control de velocidad, etc.
- Se recomienda la utilización de toda la potencialidad de las Unidades Terminales Remotas (RTU's), a través del software POWER VIEW, manteniendo el computador dedicado a labores de monitoreo y adquisición de datos estadísticos.

***ANEXO A***

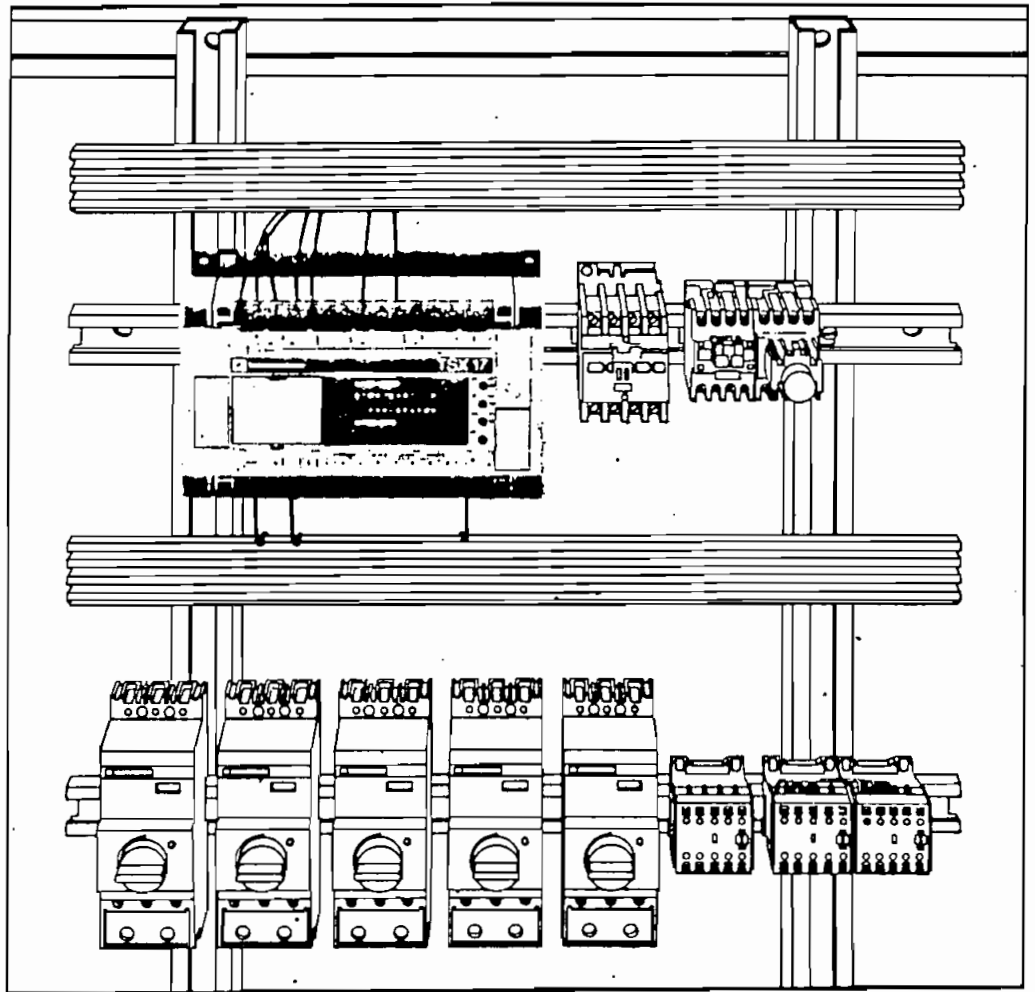
***CARACTERISTICAS TECNICAS***

***DEL P.L.C.***



# Micro autómatas TSX 17 Instalación

TSX 17  
Manual de instalación  
TSX D11 000



# 1. Preparación de la instalación

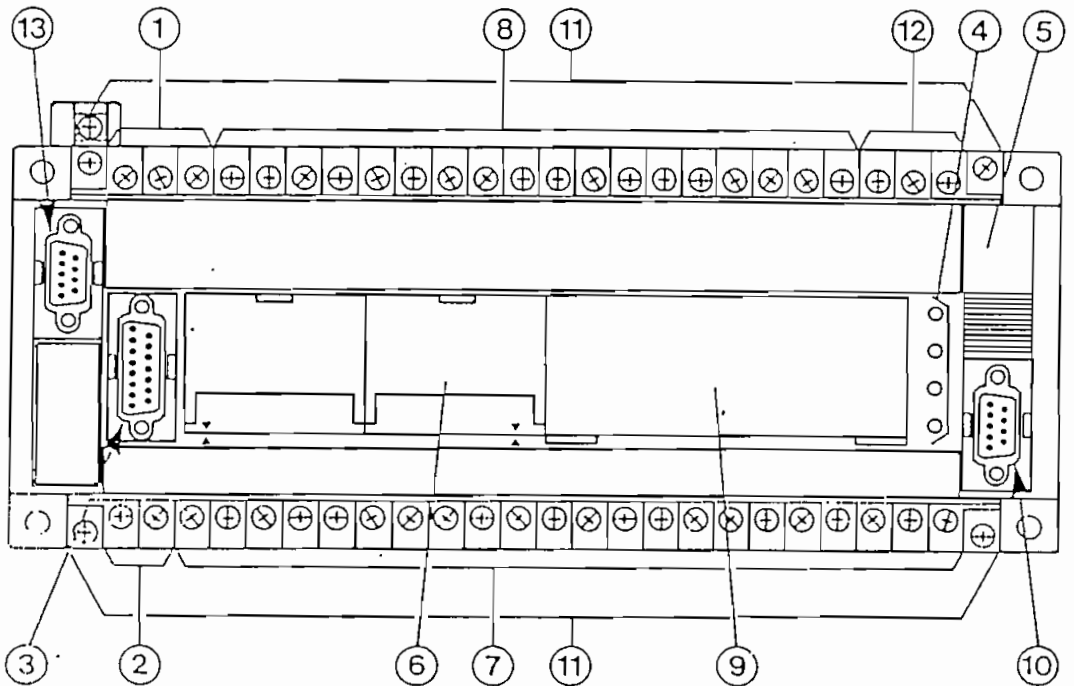
## Descripción del micro autómatas TSX 17 (continuación)

Autómatas de base TSX 17-20

Comprenden:

- una alimentación ① 110 a 240 VCA de entrada y una alimentación para sensores ② 24 VCC, 250 mA,
- una unidad central con toma terminal ③ y visualización de su estado ④,
- una memoria RAM 24K (3K instrucciones de lenguaje PL7-1) mantenida por pila, alojamiento ⑤ (duración de la pila 2 años),
- un alojamiento ⑥ para cartucho memoria de salvaguarda EEPROM (conservación del programa utilizador);
- 20 ó 34 entradas/salidas ON / OFF (12 ó 22 entradas ⑦ 24 VCC, 8 ó 12 salidas relé ⑧) visualizadas (frente ⑨);
- un conector ⑩ (de 15 puntos) para ampliación bus entradas/salidas,
- 2 borneros desenchufables ⑪ con tornillos protegidos.
- 2 entradas rápidas ⑫ (entradas 24 VCC),
- 1 contador/temporizador rápido ⑬ (contador: 2 KHz), que dispone de una entrada conteo y de una entrada de puesta a cero (5 ó 24 VCC).

TSX 17-20: 20 ó 34 entradas/salidas



### Visualización de las salidas / bits internos

estado SY14	Piloto MD	0	1	2	3	4	5	6	7
0	apagado	O0,00	O0,01	O0,02	O0,03	O0,04	O0,05	O0,06	O0,07
1	encendido	B255	B254	B253	B252	B251	B250	B249	B248
estado SY14	Piloto MD	8	9	10	11				
0	apagado	O0,08	O0,09	O0,10	O0,11				
1	encendido	B247	B246	B245	B244	B243	B242	B241	B240

# 1. Preparación de la instalación

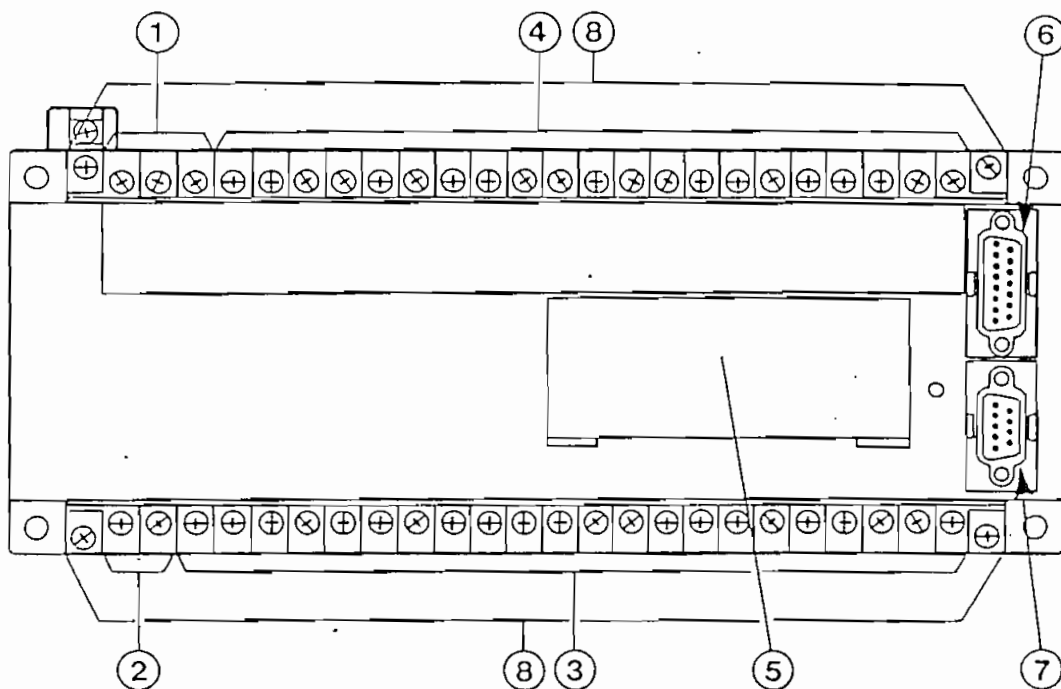
## Descripción del micro autómeta TSX 17 (continuación)

Bloque de extensión entradas/salidas ON / OFF para TSX 17-10 y TSX 17-20

(2 módulos de extensión máximo)

Comprende :

- una alimentación ① 110 a 240 VCA que suministra una alimentación a los sensores ② 24 VCC, 250 mA;
- 34 entradas/salidas ON / OFF (22 entradas ③ 24VCC, 12 salidas relé ④, visualizadas en el frente ⑤);
- un conector ⑥ (15 puntos) para acometida extensión bus entradas/salidas;
- un conector ⑦ (9 puntos) para salida extensión bus entradas/salidas;
- 2 borneros enchufables ⑧ con tornillos protegidos.



### Visualización del estado autómeta

Los auto-test efectuados permanentemente por los autómetas de base dan una información visualizada a cara frontal por 4 pilotos.

	● Piloto fijo	⊗ Piloto intermitente
RUN	●	⊗
STOP	○	⊗
CPU	●	⊗
PROG	○	⊗
I/O	●	⊗
MEM	○	⊗
BATT	●	○
	○	
Autómeta en RUN		Autómeta en STOP
Defecto CPU		Defecto perro guardián programa
Defecto E/S		Defecto memoria RAM
Defecto pila		

# 1. Preparación de la instalación

## 1.2 Resumen del catálogo

### Autómatas de base TSX 17 y bloque de extensión

Referencia	Tipo	Alimentación	Entradas	Salidas
TSX 171 2028	TSX 17 - 10	110 a 240 VCA	12 E 24 VCC aisladas	8 S relé
TSX 172 2028	TSX 17 - 20	110 a 240 VCA	12 E 24 VCC aisladas	8 S relé
TSX 172 3428	TSX 17 - 20	110 a 240 VCA	22 E 24 VCC aisladas	12 S relé
TSX DMF 342 A	extensión	110 a 240 VCA	22 E 24 VCC aisladas	12 S relé

### Cartucho memoria mantenida

Referencia	Tipo	Aplicación
TSX MC 70 E38	EEPROM 8K (1 k instrucciones en PL7 - 1)	Programa usuario
TSX MC70 E324 (*)	EEPROM 24K (3 k instrucciones en PL7 - 1)	Programa usuario
TSX 17 ACC1	Pila de litio autonomía 2 años	Programa usuario y datos

### Cables

Referencia	Tipo	Longitud
TSX CBB 003 (**)	Unión extensión DMF...	0.32 m
TSX CBB 009 (**)	Unión extensión DMF ...	0.90 m
TSX CBB 016 (**)	Unión extensión DMF ...	1.60 m
TSX T317 CB 1020	Unión impresora/terminal TSX T317	2 m
TSX CB3 015	Unión magnetofono audio/terminal TSX T317	2 m
TSX CCB 020 (*)	Conexión contador rápido	2 m
TSX CAC 04 (*)	Conector a soldar macho 9 puntos para contador rápido	

### Terminal

Referencia	Tipo
TSX T317 0	Terminal de programación y de reglaje PL7-1

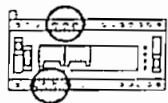
(\*) para autómata TSX 17-20 solamente

(\*\*) cada cable de unión TSX CBBO... se suministra con conector tapón de fin de línea. Este tapón se utiliza en la última extensión.

# 1. Preparación de la instalación

## 1.3 Entradas/salidas específicas

Entrada/salida : RUN/STOP - SECU



En el automático de base TSX 17, la entrada I0,00 y la salida O0,00 pueden tener una función específica según la configuración establecida.

Entradas RUN/STOP : I0,00

Normal (nor) : funcionamiento idéntico a cualquier otra entrada "ON / OFF" del automático de base.

RUN/STOP (R/S) : • en estado "1" esta entrada pone el automático en RUN.  
• en estado "0" esta entrada pone el automático en STOP.

La entrada física RUN/STOP es prioritaria con respecto al mando RUN/STOP a través del terminal conectado.

Salida SECU : O0,00

Normal (nor) : funcionamiento idéntico a cualquier otra salida ON / OFF del automático de base.

SECU : • en estado "1" si el automático está en RUN y sin defecto.  
• en estado "0" si el automático está en STOP o en RUN con presencia de un defecto.

La salida O0,00 se utiliza en los circuitos de seguridad externos del automático. Permite enclavar la alimentación de las salidas de los automátatos (ver capítulo 3.1).

### Configuración de las entradas/ salidas específicas

La entrada I0,00 y la salida O0,00 se configuran por defecto como entrada y salida normal. Pueden configurarse independientemente y respectivamente como función RUN/STOP y SECU con la ayuda del terminal (modo CONFIGURACION).

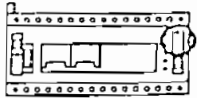
# 1. Preparación de la instalación

## 1.4 Memorización programa y datos

Después de un corte las informaciones (programa y datos) en memoria del autómatas se mantienen 1 hora mínimo.

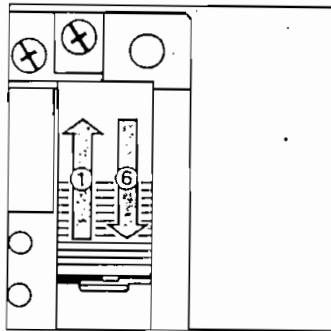
Dos dispositivos permiten aumentar este tiempo de conservación.

### Pila de litio

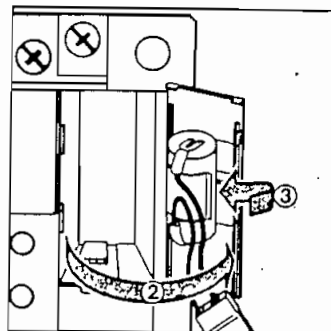


Referencia	: TSX 17 ACC1
Tiempo de memorización	: 2 años
Aplicación	: Programa y datos

### Montaje de la pila

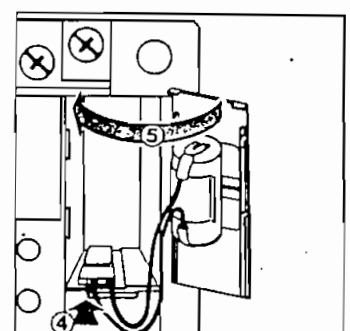


① apertura



② retirada del soporte

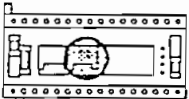
③ colocación de la pila



④ conexionado del conector

⑤ colocación del soporte

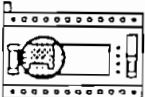
### Cartuchos de memoria EPROM



Referencias	: TSX MC70 E38, 8 K (1 K instrucciones PL7-1). : TSX MC70 E 324, 24 K (3K instrucciones PL7-1).
-------------	--

Duración : permanente.

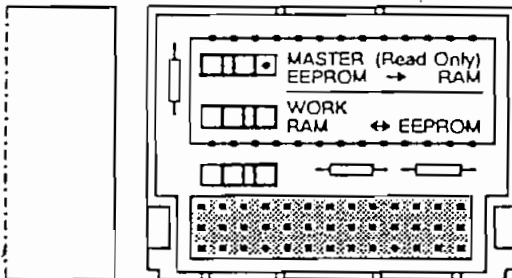
Aplicación : programa solamente.



### Montaje del cartucho

La manipulación de los cartuchos se efectuará con autómatas sin tensión

Retirar la tapa suministrada de origen, colocar el cartucho y engancharle por su trinquete.



Escritura/lectura del cartucho  
Microinterruptor en la posición derecha (WORK).  
Utilizar el terminal en modo TRANSFERT.

RAM → EEPROM para la escritura del cartucho.

RAM ← EEPROM para la lectura del cartucho.

### Utilización del programa mantenido (MASTER)

Micro interruptor en la posición izquierda.

En esta posición, en cada puesta en tensión, el contenido del cartucho se transfiere automáticamente a memoria RAM si el contenido de ésta es diferente del de la EEPROM.

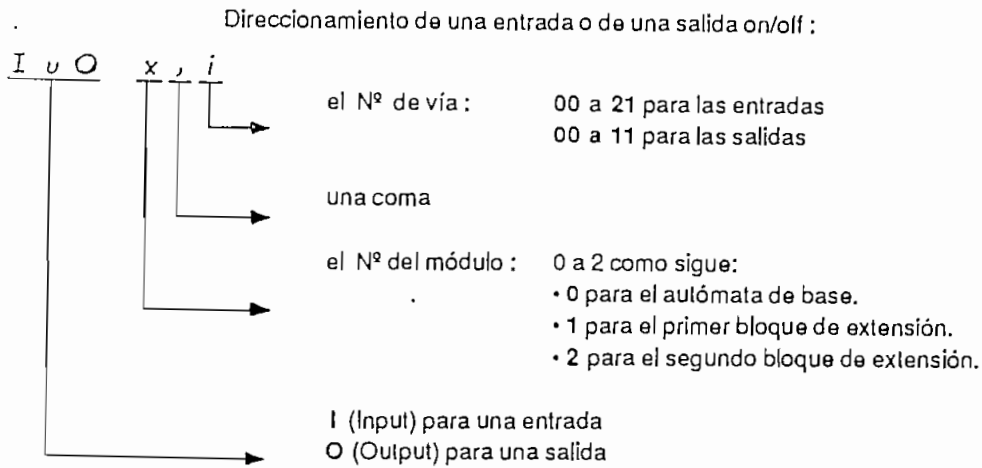
Nota: La memoria EEPROM comprende la configuración y el programa usuario.  
Los datos están siempre en memoria RAM del autómatas.



# 1. Preparación de la instalación

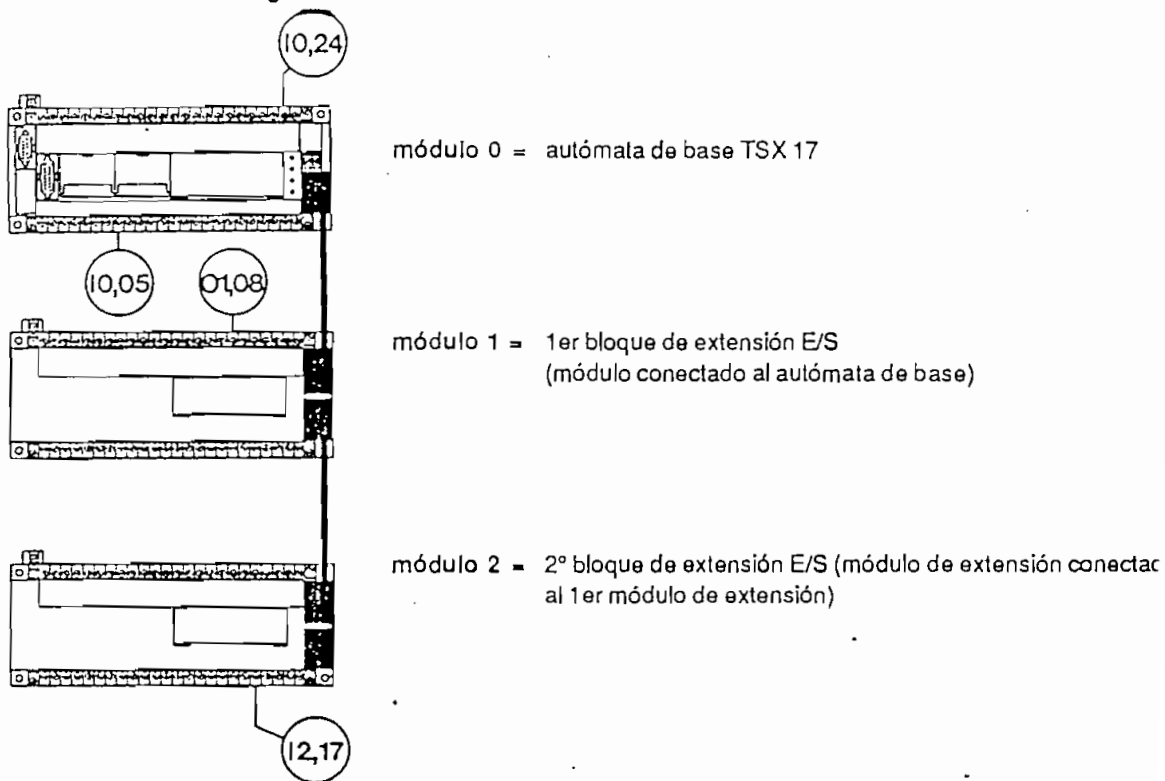
## 1.5 Direcccionamiento de las entradas/salidas

### Direcccionamiento de las entradas/salidas



Direcccionamiento de las entradas rápidas (para autómatas TSX 17 - 20) :  
I0,24 e I0,25

### Referenciado de los módulos en una configuración TSX 17



### Ejemplos de direcccionamiento

I0,24 entrada rápida (solamente en autómata de base TSX 17-20).

I0,05 entrada número 5 del módulo 0, autómata de base.

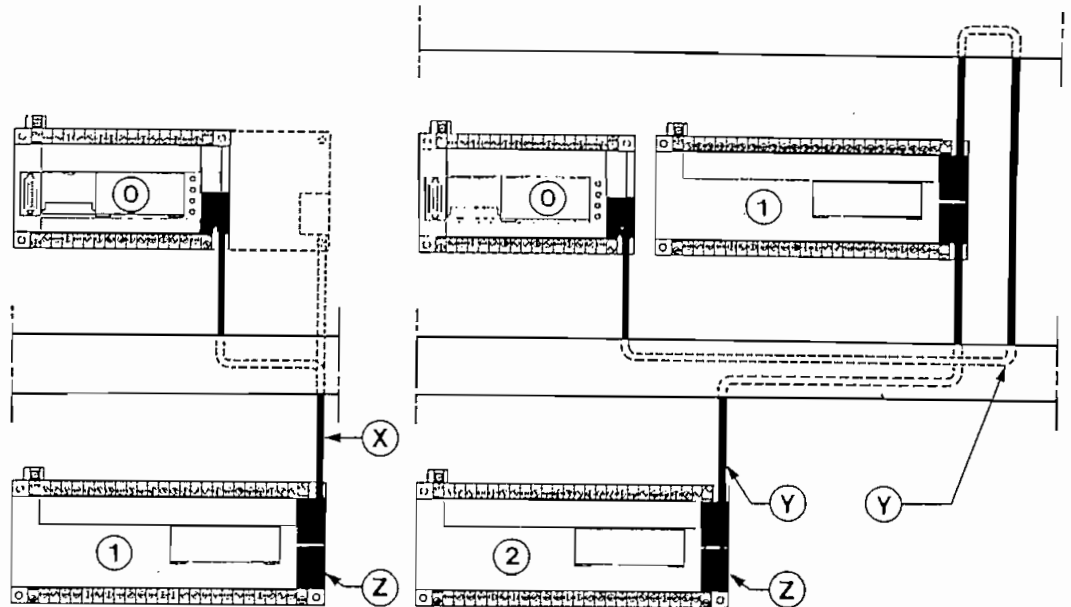
O1,08 salida número 8 del primer módulo de extensión.

I2,17 entrada número 17 del segundo módulo de extensión.

## 2 Utilización

### 2.1 Realización de una configuración

#### Estructuras



#### Reglas de utilización

- El automático de base puede ser ampliado por 1 ó 2 bloques de extensión TSX DMF.
- La conexión de los bloques de extensión se realiza según su disposición geográfica por tres tipos de cables de unión:
  - TSX CBB 003 longitud 0,32 m: marca (X)
  - TSX CBB 009 longitud 0,90 m: marca (Y)
  - TSX CBB 016 longitud 1,60 m: para cualquier otra disposición.

Respetar el orden de montaje de los conectores de los cables de unión, es decir:

- salida bus sobre conector inferior derecho (hembra 9 puntos).
- llegada bus sobre conector superior derecho (hembra 15 puntos).

- Tapón para el bloque de extensión fin de línea: marca (Z)

El último bloque de extensión debe tener, sobre su conector inferior derecho el tapón de fin de línea (conector macho 9 puntos suministrado con cada cable de unión TSX CBB).

Cualquier manipulación de los cables (excepto el del terminal) se efectuará con el automático sin tensión.

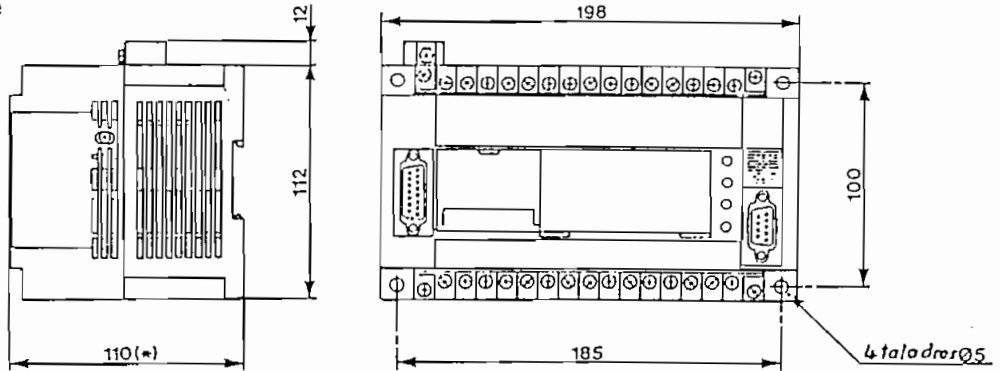
Los conectores macho de los cables de unión y el tapón de fin de línea deben estar enchufados sobre los conectores hembra de los módulos TSX 17.

## 2 Utilización

### 2.2 Dimensiones

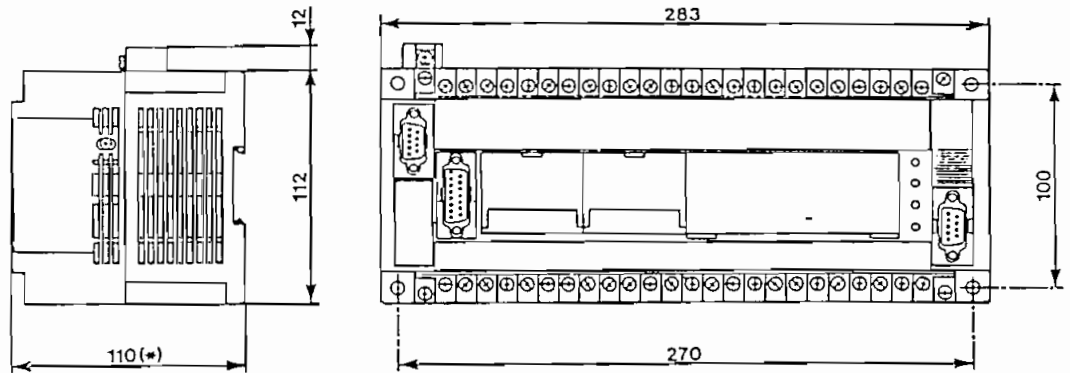
#### Autómatas de base

TSX 171 2028



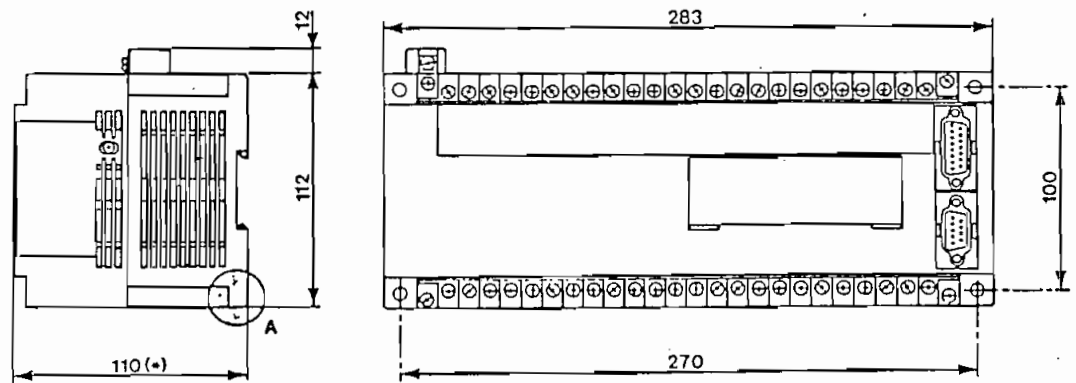
TSX 172 2028

TSX 172 3428

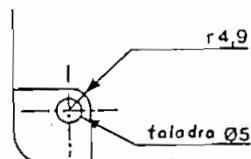


#### Módulo de extensión

TSX DMF 342A



Detalle A (rebajes de fijación)

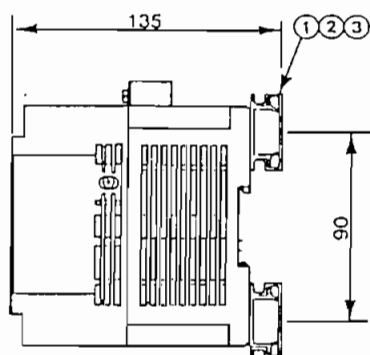
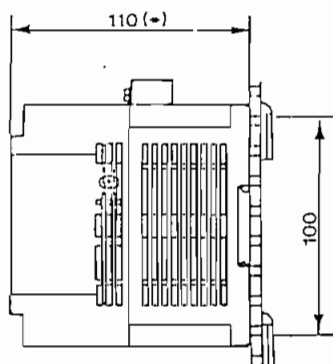


(\*) 127 mm con conector (cable de unión TSX CBB).

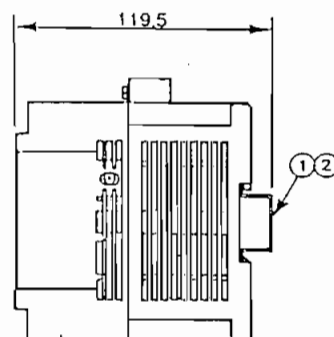
## 2 Utilización

### 2.3 Montaje

#### Fijación por tornillo Ø4



#### Engatillado directo



#### Sobre placa AM1-PA

- tuerca clips M4 AF1-EA4
- tornillo con arandela impermeable M 4 x 16 AF1 - VA 416.

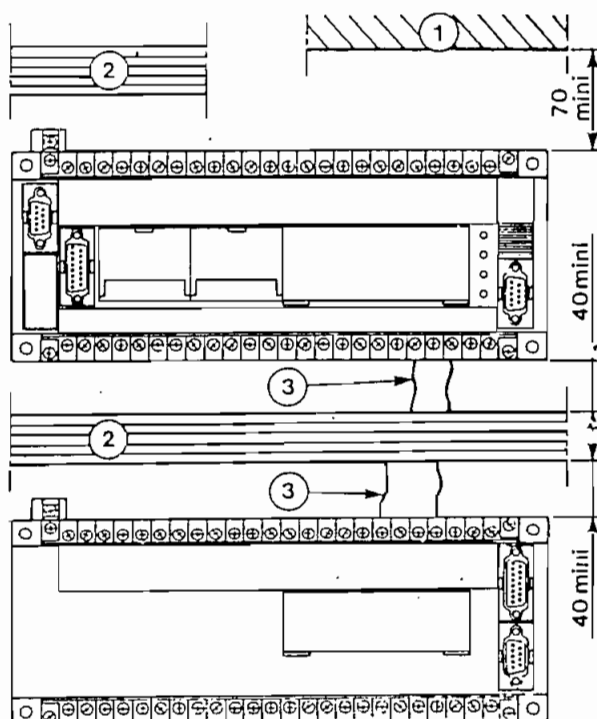
(\*) 127 mm con conector (Cable de unión TSX CBB).

#### Sobre perfil zincado cromatado, longitud 2.000 mm.

- ① perfil combinado, ancho 35 mm, AM1-ED200, con tuerca AF1-CF34 y tornillo M4 x 16 AF1 - VA 416.
- ② perfil omega, ancho 35 mm, AM1 - DE 200 con tuerca AF1 - CG4 y tornillo M4 x 16 AF1 - VA 416.
- ③ perfil asimétrico, ancho 32 mm, DZ5 - MB 201 con tuerca DZ 5 - ME8 y tornillo M4 x 16 AF1 - VA416.

Los tornillos Ø 4 de fijación de los módulos TSX 17 deben equiparse con una arandela

#### Reglas de instalación



① aparellaje armario o armazón

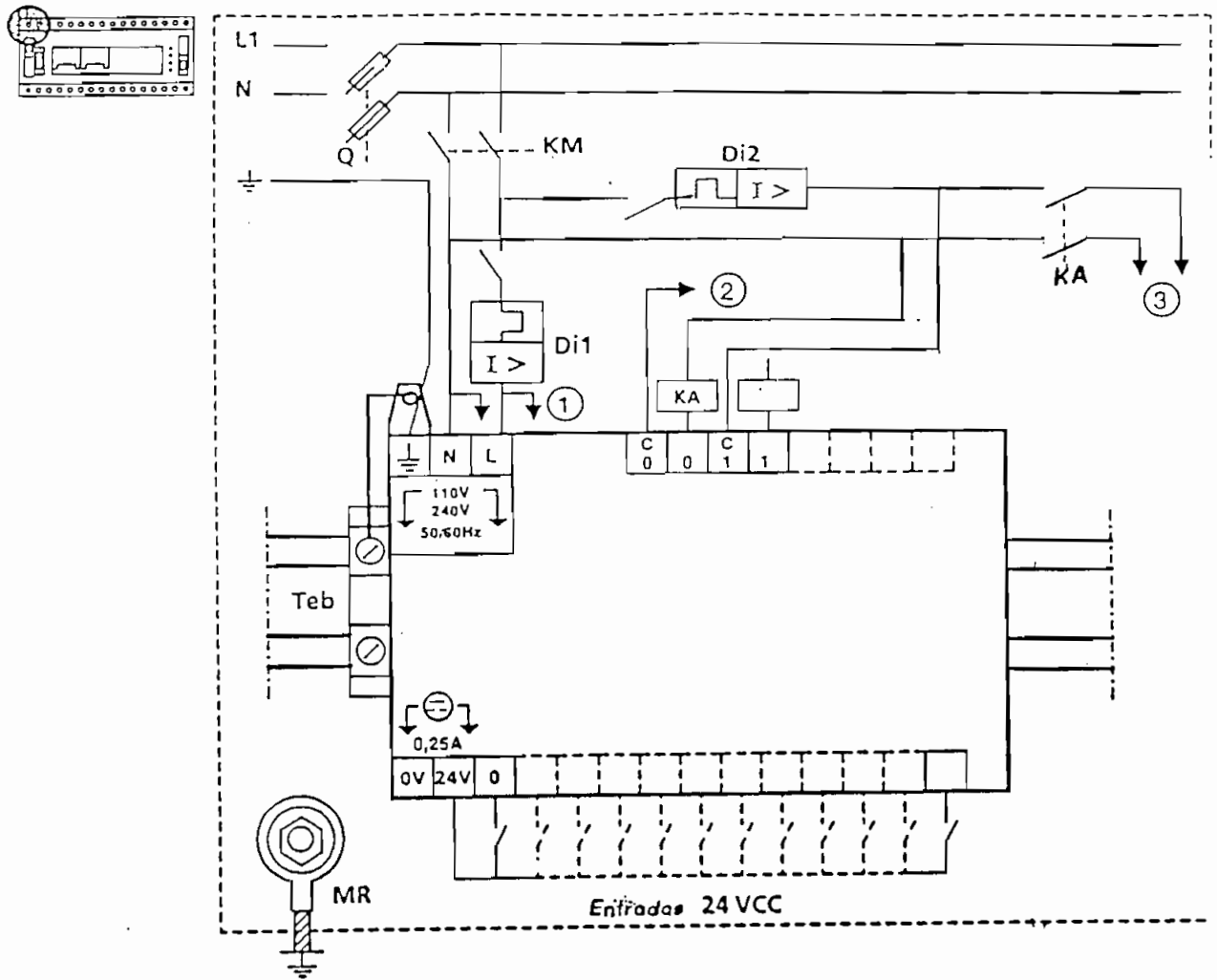
② canaleta o liras de cableado

③ dejar un espacio de cableado 20 a 30 mm (extracción o colocación bornero)

Debajo de los módulos, evitar la colocación de aparatos que generen calor (transformadores, alimentación, contactores...)

# 3. Conexiones

## 3.1 Alimentación 110/240 VCA - 50/60 Hz



- Q Seccionador general.
- KM Contactor de línea o disyuntor.
- KA Contactor de enclavamiento accionado por la salida SECU 00,00.
- Di1 Disyuntor magnetotérmico 3A tipo GB2 - CB08.
- Di2 Disyuntor magnetotérmico tipo GB2 - CB, o fusible. Si es necesaria una adaptación de tensión para el mando de preaccionadores, añadir detrás Di2 un transformador de tensión. Se aconseja unir a la masa de referencia (MR) un punto del secundario. En este caso prever las seguridades (protecciones de las personas del aparellaje).
- Teb Borne de tierra tipo AB1-TB432/435 (para perfiles) o DZ3- FA3 (placa AM1- PA). Debe situarse lo más cerca posible de cada masa mecánica de los módulos.
- MR Masa de referencia a unir con la tierra de la fábrica.
- ① Hacia alimentación de los bloques de extensión TSX DMF.
- ② Ver esquema página siguiente.
- ③ Hacia el mando de los preaccionadores de los módulos de extensión TSX-DMF.

### Alimentaciones sensores 24VCC

Suministradas por el automático de base y los módulos de extensión TSX DMF están estrictamente reservadas a la alimentación de los sensores conectados a estos.

### 3. Conexiones

#### Alimentación 110/240 VCA - 50/60 HZ (Continuación)

##### Conexión de masas mecánicas

Cada masa mecánica (módulos TSX 17 transformadores..) debe conectarse independientemente y directamente al chasis metálico (placa AM1- PA, perfiles...) con la ayuda de un borne de tierra. (Teb).

La conexión de cada masa mecánica se realizará por un conductor verde/ amarillo de sección  $\geq 2,5 \text{ mm}^2$  y de longitud la más corta posible.

El chasis metálico (M R) se conecta directamente a la tierra de fábrica por una trenza metálica de buena calidad.

##### Enclavamiento de las alimentaciones

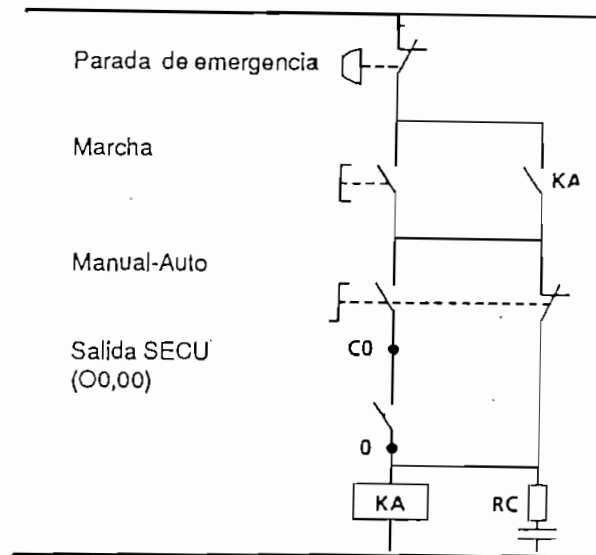
Se aconseja realizar el enclavamiento de las diferentes alimentaciones por la secuencia siguiente:

1. Puesta en tensión de la alimentación del autómatas y de las entradas (contactor KM).
2. Puesta en tensión de la alimentación de las salidas utilizando la salida SECU 00,00 del autómatas, cuando el autómatas está en RUN.

Además las normas de seguridad exigen una orden expresa del usuario para arrancar de nuevo la instalación después de un paro (paro provocado por un corte de tensión o accionando una parada de emergencia).

En este esquema se tienen en cuenta estas normas.

El conmutador MANUAL-AUTO ofrece la posibilidad de efectuar con la ayuda de un terminal el forzado de las salidas, autómatas en STOP (después de la puesta a 0 del bit SY8).



##### Protección de las alimentaciones

La apertura de los contactores (KM y KA) pueden provocar sobretensiones muy elevadas y corrientes inducidas en los cables de las que es preciso prever protecciones.

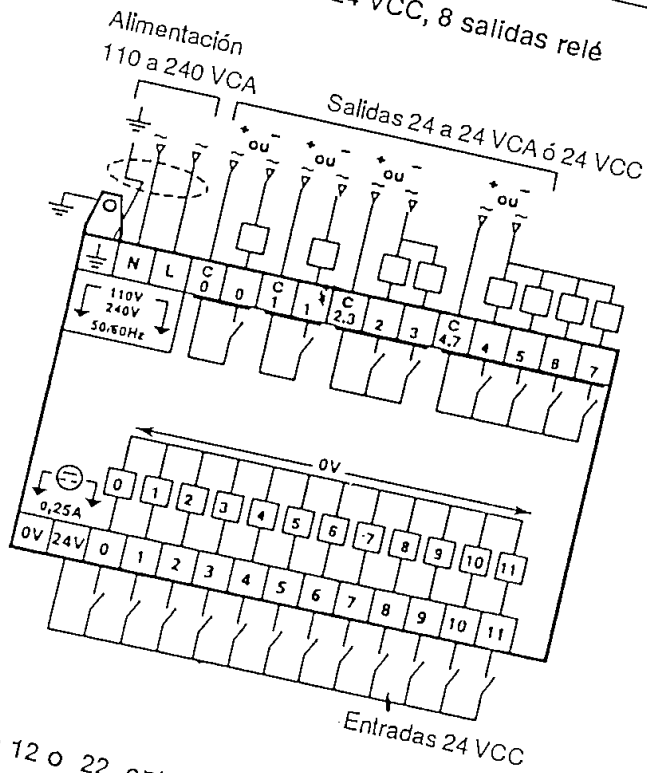
Para esto utilizar, en corriente alterna, un circuito limitador MOV (ZNO) 250 V 90 julios. Colocar al menos uno por cada contactor.

Para hacer una medida de tensión con voltímetro sobre los borneros, apretar previamente los tornillos con el fin de evitar falsos contactos.

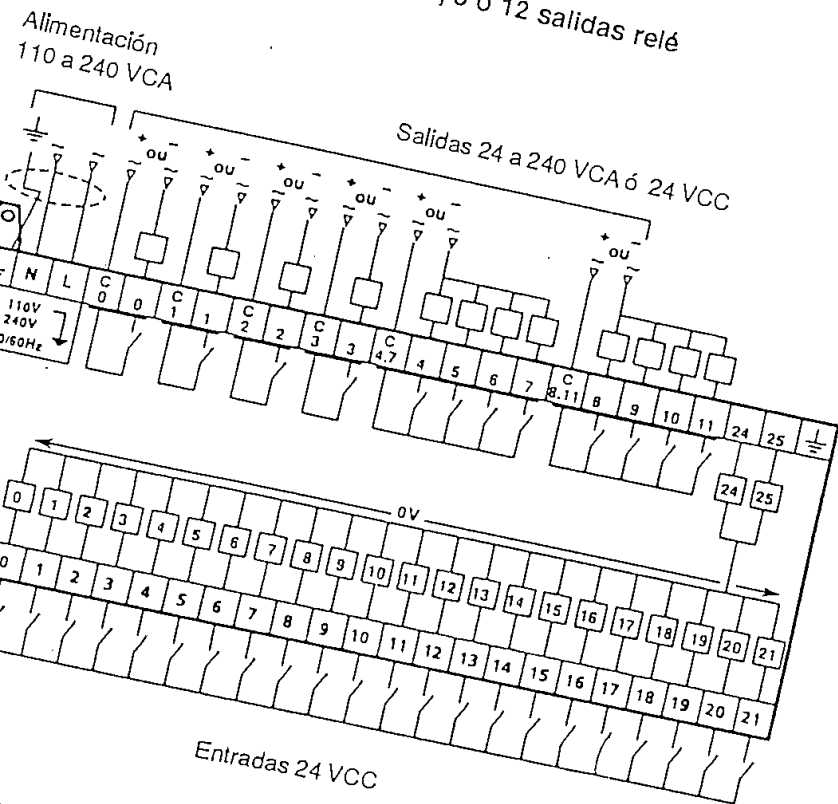
# 3. Conexiones

## 3.2 Entradas/salidas ON / OFF

Autómata TSX 17-10 : 12 entradas 24 VCC, 8 salidas relé



X 17-20 : 12 o 22 entradas 24 VCC, 8 ó 12 salidas relé



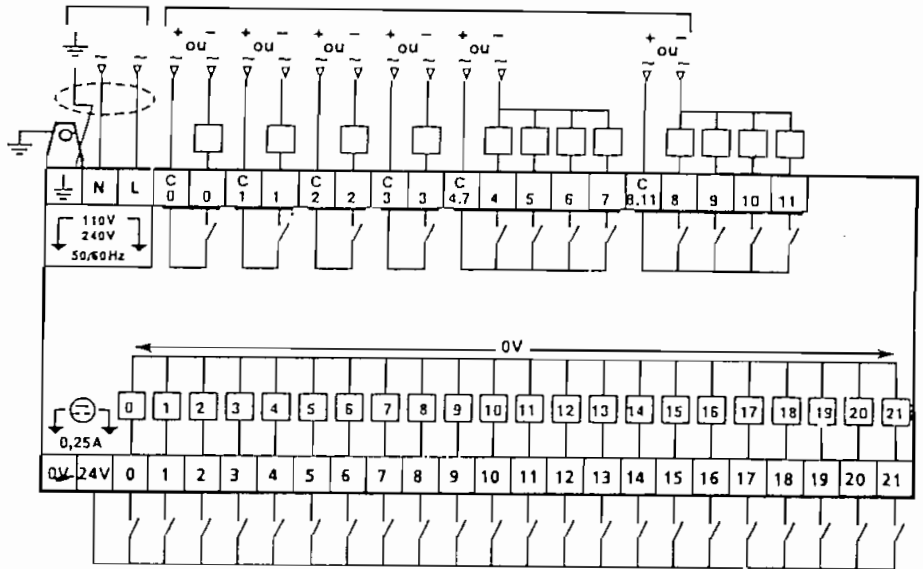
# 3. Conexiones

## Entradas/salidas ON / OFF (continuación)

Módulos de extensión : 22 entradas 24 VCC, 12 salidas relé

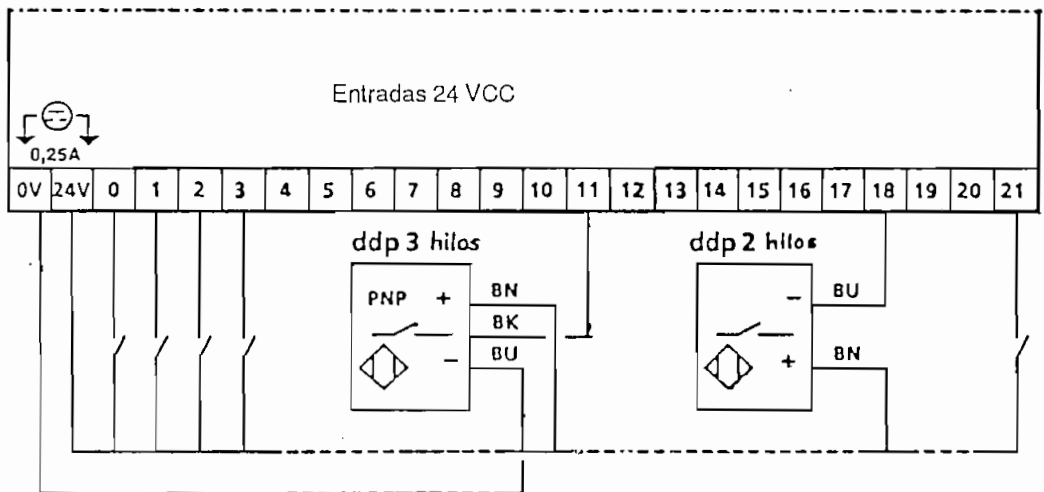
Alimentación  
110 a 240 VCA

Salidas 24 a 240 VCA ó 24 VCC



Entradas 24 VCC

Ejemplos de conexión de los detectores de 2 y 3 hilos



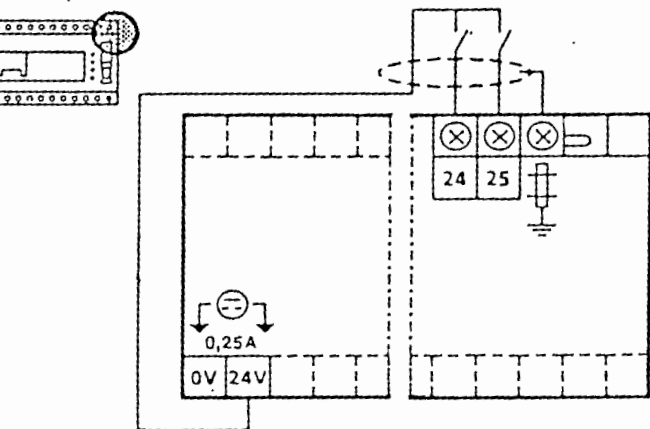
- detectores 3 hilos : 24 VCC salida PNP.
- detectores 2 hilos : 24 VCC polarizados o no.



# Conexiones

## Entradas rápidas - Contador rápido

Entradas rápidas 24 VCC (solamente en TSX 17-20)



Debido al tiempo de respuesta corto de las entradas rápidas 10,24 e 10,25, se recomienda utilizar un cable blindado para las conexiones.

Con las entradas rápidas pueden utilizarse distintos detectores de 24 VCC de los tipos de 2 hilos o de 3 hilos (esquema de cableado idéntico al de la página anterior).

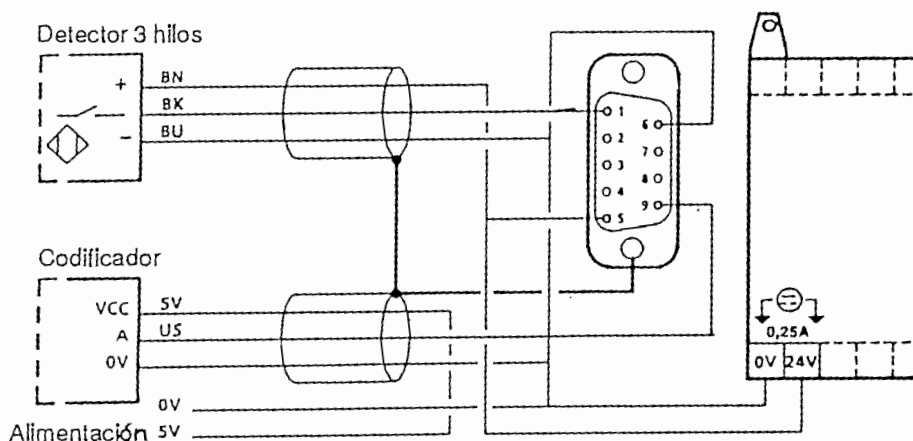
El blindaje (a la llegada al automático) se conecta a la borna prevista a este efecto.

Contador rápido (TSX 17-20 solamente)

El contador rápido posee dos vías distintas, cada una aislada. La elección de la tensión de utilización en cada entrada puede ser independiente.

- entrada contaje (5 ó 24 VCC).
- entrada puesta a cero (5 ó 24 VCC).

Ejemplo: conexión de un codificador XCC- H1801 (contaje) y de un detector 3 hilos PNP (puesta a cero).



Conexión en conector hembra superior izquierda (9 puntos) del TSX 17-20. Se efectúa con cable TSX CCB 020 longitud 2 m equipado en un extremo con un conector macho (9 puntos), y el otro extremo libre o con un conector para soldar TSX CAC 04.

El blindaje del cable se conecta por medio del conector a la masa del automático.

Puntos del conector	entrada	puntos	color	entrada	puntos	color
0V contaje	9	azul	0V puesta a cero	6	amarillo	
5V contaje	4	negro	5V puesta a cero			

## Cableado de las entradas/salidas

---

El autómata TSX 17 integra al nivel de sus entradas/salidas unas protecciones que le aseguran un buen comportamiento en ambientes industriales.

Sin embargo las reglas siguientes deben respetarse con el fin de conservar esta inmunidad.

Todo cable multiconductor que transporte las informaciones de los sensores debe igualmente incluir el común de estos.

Esta regla se aplica igualmente a las canalizaciones de cables.

En los casos que se intercala un contacto entre la salida autómata y la bobina de un preaccionador, debe preverse una protección externa a los bornes de la bobina del preaccionador:

- circuito RC para preaccionadores en corriente alterna.  
(referencia Telemecanique LA9 D09980).
- diodo de descarga para preaccionadores en corriente continua.

### Condiciones de cables :

- en el exterior del equipo:  
Todos los cables con destino a entradas/salidas deben situarse en conducciones distintas de las que ocupan los cables que transportan las energías elevadas y separadas al menos 100 mm en sus recorridos paralelos.
- en el interior del equipo :  
Los cables de los circuitos de potencia (alimentaciones, contactores de potencia, electroválvulas) deben separarse de los cables de las entradas (sensores) y de las salidas (preaccionadores).  
Los cables de las entradas y los cables de las salidas deben situarse si es posible en distintas canaletas de cableado.

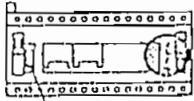
Nota : Deben utilizarse cables diferentes para las señales de corrientes continua de una parte y las señales de corriente alterna de la otra.

Con la ayuda de un aparato de medida, la prueba de tensión sobre los tornillos de los borneros, necesita antes el ajuste de éste (con el fin de asegurar un buen contacto).

---

# 4. Puesta en servicio, mantenimiento

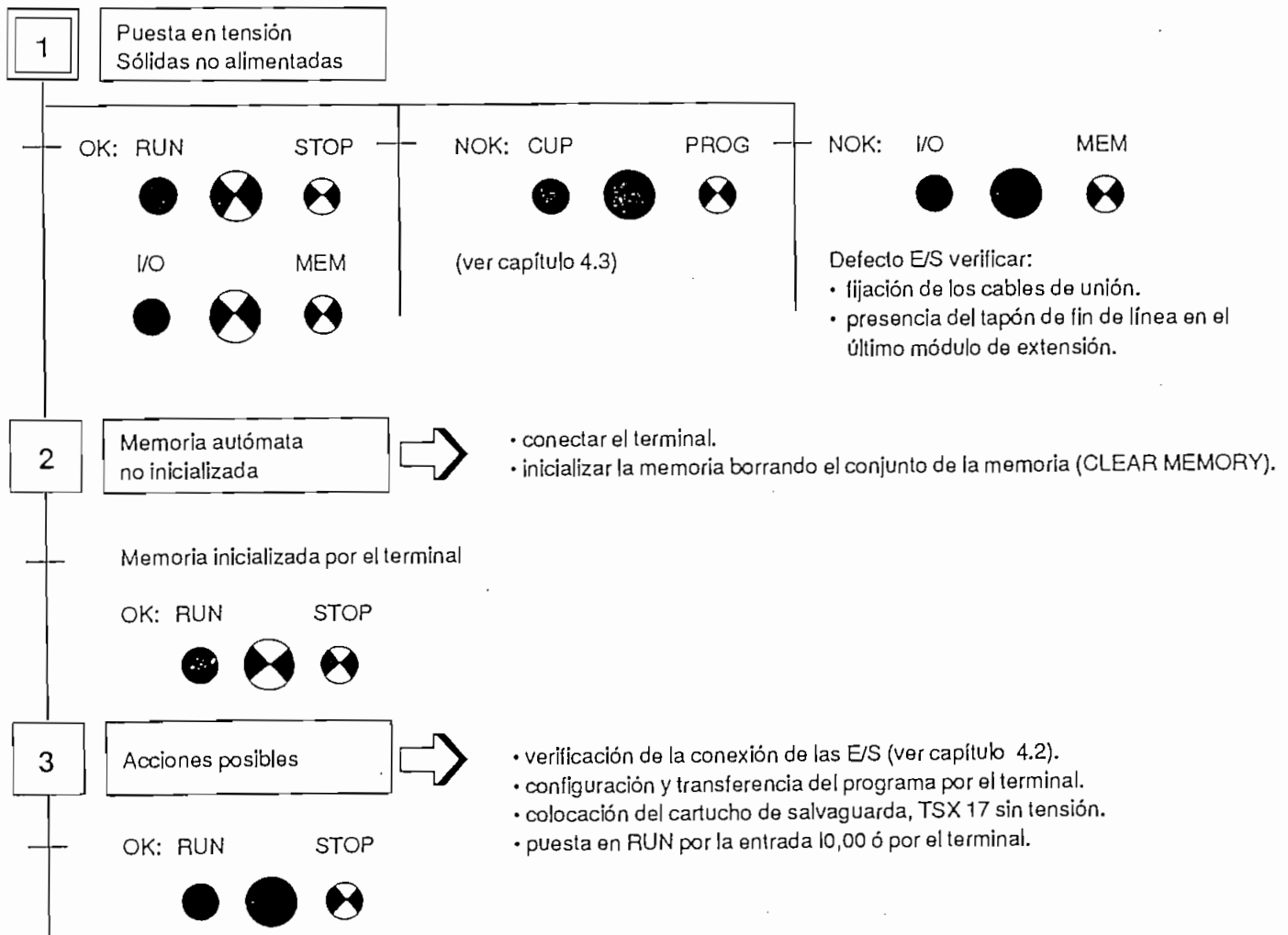
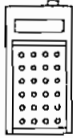
## 4.1 Proceso en la primera puesta en tensión



Los numerosos autotest incorporados en el TSX 17 aseguran el control permanente de su buen funcionamiento.

El resultado de estos autotest se visualiza en la cara frontal del automático de base. Se puede comprobar mejor con la ayuda del terminal (modo DIAGNOSTICO).

El diagrama siguiente indica el proceso a seguir después de la primera puesta en tensión (memoria RAM virgen).



Nota : cualquiera que sea la etapa	Leyenda
<p>BATT</p> <p>  sin pila o defectuosa</p>	<p> Piloto fijo: corresponde a la indicación de la izquierda.</p> <p> Piloto intermitente : corresponde a la indicación de la derecha.</p> <p> Piloto apagado : no representado.</p>

## 4. Puesta en servicio, mantenimiento

### 4.2 Verificación del conexionado de las entradas/salidas

#### Principio

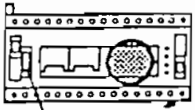
Esta verificación consiste en asegurar que:

- las informaciones de los sensores son tomadas en cuenta por las entradas y transmitidas al procesador.
- las ordenes que manda el procesador son tomadas en cuenta por las salidas y transmitidas a los preaccionadores correspondientes.

Recomendaciones: Con el fin de evitar todo movimiento de las máquinas, provocado por salidas activadas en la verificación se recomienda :

- Quitar los fusibles de potencia (o abrir los disyuntores) de los motores.
- Cortar las acometidas neumáticas e hidráulicas.

#### Procedimiento de verificación













Seguir el siguiente proceso:

- Efectuar la primera puesta en tensión como se indicó anteriormente, etapas 1 y 2. Asegurarse que el piloto I/O no está encendido fijo.
- Dejar el autómata en STOP.
- Elegir el modo REGLAJE del terminal.
- Modificar el estado del bit sistema SY08 (seguridad salidas) : colocarla en estado 0.
- Verificación de las entradas :  
Activando cada sensor :
  - Verificar que el piloto frontal de la entrada correspondiente cambia de estado.
  - Verificar en la pantalla del terminal que el bit correspondiente cambia también de estado.
- Verificación de las salidas:
  - Con la ayuda del terminal forzar primero al estado 0 y después al 1 el bit correspondiente a cada salida.
  - Verificar que el piloto de la salida correspondiente cambia de estado, así como el preaccionador asociado.
- Al final de la verificación :
  - Suprimir todos los forzados.
  - Posicionar de nuevo el bit sistema SY08 al estado 1 (las salidas se posicionan a 0).



Nota: Este proceso puede efectuarse con el autómata en RUN, si el autómata no tiene programa aplicación. En este caso el bit SY08 puede quedar en el estado 1 (estado por defecto).




## 4. Puesta en servicio, mantenimiento

### 4.3 Localización de defectos con los pilotos situados en el frente

Autómata de base	Significación	Causa probable y acción correctiva
<p>RUN      STOP</p>  <p>RUN      STOP</p>  <p>RUN      STOP</p> 	<p>autómata sin tensión</p> <p>autómata en STOP</p> <p>autómata en RUN</p>	<p>estado deseado (comandado por IO, 00 ó terminal) o estado ocasionado por un defecto.</p> <p>estado normal.</p>
<p>CPU      PROG</p>  <p>CPU      PROG</p>  <p>CPU      PROG</p> 	<p>funcionamiento normal</p> <p>disparo del perro guardián (150 ms). Provoca STOP AP.</p> <p>defecto procesador.</p>	<p>error de programación debido a la utilización excesiva del JUMP en bucles de programa.</p> <p>defecto del cartucho o del autómata sustituir el elemento defectuoso.</p>
<p>I/O      MEM</p>  <p>I/O      MEM</p>  <p>I/O      MEM</p> 	<p>funcionamiento normal.</p> <p>memoria del autómata no inicializada memoria virgen (1ª puesta en tensión) o rebosada la autonomía de salvaguarda.</p> <p>defecto entradas/salidas (*).</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• verificar el estado de la pila.</li> <li>• inicializar la memoria por el terminal para un borrado completo (CLEAR MEMORY, CLM).</li> <li>• configuración programada no conforme con la configuración material.</li> <li>• cable de unión mal conectado o defectuoso.</li> <li>• ausencia de tapón fin de línea en el último módulo de extensión.</li> <li>• ausencia de la tensión 24 VCC en los sensores (sobrecarga I &gt; 250 mA).</li> <li>• defecto de los circuitos de E/S, sustituir el autómata.</li> </ul>
<p>BATT</p> 	<p>sin pila o defectuosa</p>	

#### Módulos de extensión

 	<p>defecto de intercambio entradas/salidas (*).</p>	<p>idem a 2a y 3a causa probable defecto entradas/salidas.</p>
---	---	--

 apagado     
  intermitente     
  encendido fijo

(\*) El modo diagnóstico del terminal permite precisar el tipo de defecto. Después de la acción correctiva, si el defecto persiste provocar una inicialización del autómata (INIT en modo CTL del terminal).

## 5. Condiciones generales de servicio

### 5.1 Características

#### Alimentación

Designación	Autómata de base	Módulo de extensión
Sector	110 a 240 V	110 a 240 V
• tensión	90 a 264 V	90 a 264 V
• límites de funcionamiento	47 a 63 Hz	47 a 63 Hz
• límites de frecuencia	10 %	10 %
• tasa de armónicos	duración 10 ms, repetición 1 Hz	
• micro corte	10 l nominal durante 10 ms máx.	
• l de punta o arranque	fusible interno	
• protección contra los CC	24 V	24 V
Sensores	250 mA	250 mA
(*)	disyunción a 350 mA, señalizada por piloto I/O, bit SY10 y por terminal modo diagnóstico).	

(\*) suministrada para el autómata de base y el módulo de extensión TSX DMF 342A.

#### Entradas 24VCC

Desingación	Entradas	Entradas rápidas
Valores nominales de entradas	24 V	24 V
• tensión	7 mA	15 mA
• corriente	19,2 a 30 V (ondulación incluida)	
• alimentación sensores	en estado 1 tensión $\geq 11$ V	$\geq 11$ V
Valores límites de las entradas	corriente para Umin $\geq 2,5$ mA	$\geq 6$ mA
• en estado 0 tensión $\leq 5$ V	tensión $\leq 5$ V	$\leq 5$ V
• en estado 0 corriente $\leq 1,4$ mA	corriente $\leq 1,4$ mA	$\leq 3$ mA
Impedancia de entradas	3,2 a 3,7 K $\Omega$	1,5 a 1,7 K $\Omega$
Inmunidad	paso del estado 0 a 1 4,5 a 12 ms	0,15 a 1 ms
• paso del estado 1 a 0 4,5 a 12 ms		0,3 a 1 ms
Potencia disipada por vía 1	0,17 W	0,35 W
Línea exterior	resistencia de línea $\leq 500\Omega$	$\leq 500\Omega$
• resistencia de fuga $\geq 30$ K $\Omega$	$\geq 30$ K $\Omega$	$\geq 30$ K $\Omega$

Designación	Entradas contaje rápido
Valores nominales de entradas	24 V
• tensiones	5 V
• corriente	15 mA
• alimentación captadores	19,2 a 30 V
Valores límites de entradas	en estado 1 tensión $\geq 11$ V
• en estado 1 corriente para Umin $\geq 6$ mA	$\geq 2$ V
• en estado 0 tensión $\leq 5$ V	$\geq 6$ mA
• en estado 0 corriente $\leq 3$ mA	$\leq 1$ V
Impedancia de entradas	$\leq 3$ mA
Inmunidad	1,5 a 1,7 K $\Omega$
• paso del estado 0 a 1 Frecuencia máxima admisible 2K Hz	125 a 350 $\Omega$
• paso del estado 1 a 0	
Línea exterior	resistencia de línea $\leq 500\Omega$
• resistencia de fuga $\geq 30$ K $\Omega$	$\leq 50\Omega$
	$\geq 10$ K $\Omega$

## 5. Condiciones generales de servicio

### Características (continuación)

#### Entradas 24 VCC (continuación)

Común a todas las entradas

#### Designación

Aislamiento	• entre vías y bus interno	$\geq 10 \text{ M}\Omega$ a 500 VCC
	• naturaleza	acoplador optoelectrónico
Conforme a la norma CEI 65 A (secretariado) 68		Clase 1 para entradas 24 V 7 mA clase 2 para entradas rápidas y contador rápido
Compatibilidad con detectores Telemecanique 2 y 3 hilos		si

#### Salidas Relé

#### Designación

Cargas corriente alterna	• tensión	24 a 240 V
	• potencia admisible en régimen AC11	9 VA $48 \text{ V} \leq u \leq 240 \text{ V}$ $10 \times 10^6 \text{ Man}$ $25 \text{ VA}$ $24 \text{ V} \leq u \leq 48 \text{ V}$ $0,2 \times 10^6 \text{ Man}$ $50 \text{ VA}$ $110 \text{ V} \leq u \leq 240 \text{ V}$ $10^6 \text{ Man}$
Cargas corriente continua	• tensión	24 V
	• potencia admisible en régimen DC 11	10 W para $u = 24 \text{ V}$ $10^6 \text{ Man}$
Corriente térmica		3A
Corriente de fuga en estado 0		$\leq 1 \text{ mA}$ a 220 V - 50 Hz
Tiempos de respuesta	• a la conexión	$\leq 10 \text{ ms}$
	• a la desconexión	$\leq 20 \text{ ms}$
Aislamiento	• entre grupos de vías	1500 V eficaces - 50/ 60 Hz
	• entre vías y bus interno	1500 V eficaces - 50/ 60 Hz
	• naturaleza	relé
Protecciones incorporadas	• contra las sobretensiones inductivas en CA	Limitador MOV en cada salida
Protecciones aconsejadas en el exterior	• contra los cortocircuitos y las sobrecargas	En cada salida un fusible de tipo rápido inferior a 3A
	• contra las sobretensiones inductivas en CC	Diodo de descarga en bornes de la bobina del preaccionador
Compatibilidad con entradas 24 VCC de los autómatas Serie 7		si

Las características de las entradas/ salidas se han dado para una carga del 60%, es decir, la relación entre el número de entradas/salidas simultáneamente en estado 1 y el número total de entradas/salidas  $\leq 0,6$ .

***ANEXO B***

***CARACTERISTICAS TECNICAS  
DE LA R.T.U Y SOFTWARE  
POWER VIEW***



## 2. INSTALLATION

### 2.1 LOCATION

The 3710 ACM should be mounted in a dry, dirt free environment away from heat sources and very high electric fields. Temperatures for the standard model should not exceed 50°C (112°F) or fall below 0°C (32°F). The -XTEMP option of the 3710 ACM allows operation from -20°C (-4°F) to +70°C (158°F). Humidity should be within the range of 5 to 90 percent, non-condensing.

### 2.2 MOUNTING

Appendix A provides the mounting dimensions for the 3710 ACM.

The standard 3710 ACM (ie. with display) may be panel mounted for easy access and viewing, and provides four mounting studs to facilitate this. A 5 inch depth is required behind the front panel.

#### **WARNING**

Some electrical codes may prohibit extending voltages greater than 120/208 to the door of the switchgear cabinet. If this is the case, use the 3710 ACM with PTs (see below).

The 3710 ACM-TRAN (displayless version) can be mounted flush against any flat surface. The unit provides four mounting holes for this purpose (these replace the four mounting studs of the standard 3710 ACM). The unit can also be mounted through an existing standard 3710 ACM panel cutout, if desired. Note that the overall front bezel vertical dimension of the -TRAN model is slightly less than the standard 3710 ACM. All other dimensions are similar to those of the standard model.

### 2.3 POWER SUPPLY

The standard 3710 ACM can be powered by 85 to 132 Volts AC (47 to 440 Hz) or 110 to 170 Volts DC, both at 0.2 Amps. This unit can be powered from a dedicated fused feed, or it may be powered by the voltage source which it is monitoring, as long as it is a 120 Volt system (for the standard 3710ACM model).

Optional power supplies are available for :

- a) 20 to 60 VDC
- b) 85 to 264 VAC or 110 to 340 VDC

### 2.4 WIRING

Connections to the 3710 ACM are made to two terminal strips located on the rear of the unit. Appendix A provides 3710 ACM terminal block dimensions. 12 to 14 gauge wire is recommended for all connections. Ring or spade terminals may be used to simplify connection.

Phasing and polarity of the AC current and voltage inputs and their relationship is critical to the correct operation of the unit. Figures 2.9.1 to 2.12.3 provide wiring diagrams to ensure correct installation.

#### **IMPORTANT NOTES**

1. The newest "REV B" release of the 3710 ACM power meter differs significantly from the earlier "REV A" release. Many terminal connections have been altered or modified in their position or function. Refer to the note on Page iii at the beginning of this manual for more information.
2. In applications where the relays are being used to perform critical equipment control operations (ex. breaker trip, etc.), special precautions are required. See Section 2.15.

## 2.5 PT AND CT TRANSFORMER SELECTION

For proper monitoring, correct selection of CT's and PT's (if required) is critical. The following paragraphs provide the information required to choose these transformers.

### PT Selection

Whether or not potential transformers (PT's) are required depends on the nature of the system being monitored, the voltage levels to be monitored, and the input option of the 3710 ACM. The standard 3710ACM model\* provides 120VAC (full scale) inputs and may be used for direct connection to 120/208 systems, or for use with PT's that have a 120 Volt secondary.

3710 ACM models supplied with the 277 VAC (full scale) input option\* may be used for direct connection to 277/480 Volt systems. Models supplied with 347 VAC (full scale) input model\* may be used for direct connection to 347/600 Volt systems.

If system voltages are over 347/600, potential transformers (PTs) are required. PTs are used to scale down the system L-N (Wye) or L-L (Delta) voltage to 120 Volts full scale. The standard 3710 ACM model with 120 VAC inputs is used in this case. The PT's are selected as follows:

- a) Wye (Star): PT primary rating = system L-N voltage or nearest higher standard size. PT secondary rating = 120 Volts.
- b) Delta: PT primary rating = system L-L voltage. PT secondary rating = 120 Volts.

PT quality directly affects system accuracy. The PT's must provide good linearity and maintain the proper phase relationship between voltage and current in order for the Volts, KW, and PF readings to be valid. Instrument Accuracy Class 1 or better is recommended.

\*Refer to Appendix E for 3710 ACM model numbering and options information.

### CT Selection

The 3710 ACM uses current transformers (CT's) to sense the current in each phase of the power feed, and (optionally) in the neutral or ground conductor. The selection of the CT's is important because it directly affects accuracy.

The CT secondary rating depends on the current input option installed in the 3710 ACM. The standard 3710 ACM current input rating is 5 Amps. Other options are available. The current input ratings of all three phase inputs and the I4 input are equivalent.

The CT secondary should have a burden capacity greater than 3 VA.

The CT primary rating is normally selected to be equal to the current rating of the power feed protection device. However, if the peak anticipated load is much less than the rated system capacity then improved accuracy and resolution can be obtained by selecting a lower rated CT. In this case the CT size should be the maximum expected peak current +25%, rounded up to the nearest standard CT size.

Other factors may affect CT accuracy. The length of the CT cabling should be minimized because long cabling will contribute to inaccuracy. Also, the CT burden rating must exceed the combined burden of the 3710 ACM plus cabling plus any other connected devices (burden is the amount of load being fed by the CT, measured in Volt-Amps).

Overall accuracy is dependent on the combined accuracies of the 3710 ACM, the CT's, and the PT's (if used). Instrument accuracy Class 1 or better is recommended.

## 2.6 WAVEFORM CAPTURE CONNECTIONS

The 3710 ACM waveform capture feature allows signals at each of its voltage (V1, V2, V3, Vaux) inputs and current (I1, I2, I3, I4) inputs to be digitally sampled. PML's M-SCADA or a third-party system can be used to initiate capture and read sampled data using commands made via the communications port.

The 3710 ACM uses the V1 input as the triggering reference for waveform capture, and to maintain phase relationships between all sampled signals. The V1 input must be connected for waveform capture to work. No other special wiring considerations are necessary.

## 2.7 VOLTAGE REFERENCE CONNECTION

The voltage reference terminal, VREF, of the 3710 ACM serves as the zero voltage reference for voltage readings. A good, low impedance VREF connection is essential for accurate measurement. It should be made using a dedicated 14 gauge wire to a point where there will be no voltage error due to distribution voltage drops.

The connection point for VREF is dependent on the system configuration. Each of the following configurations is illustrated in Figures 2.9.1 to 2.12.1:

- a) If the system being monitored is 4-wire Wye or Single Phase, VREF must be connected the neutral conductor.
- b) If the system is 3-wire grounded (Delta), VREF must be connected to the line transformer neutral.
- c) For 3-wire ungrounded (Open Delta) systems, and for systems where PTs are being used, VREF must be connected to the PT common leads.

## 2.8 CHASSIS GROUND CONNECTION

The chassis of the 3710 ACM must be connected to earth ground. A good, low impedance chassis ground is essential for the 3710 ACM surge and transient protection circuitry to function effectively. Do not rely on metal door hinges as a ground path.

Ground wire connection to the chassis of a standard 3710 ACM (with display) can be made using the supplied ground lug attached to one of the four mounting studs.

For the TRAN version of the 3710 ACM, ground wire connection can be made to the supplied ground lug attached to one of the four bolts which are used to secure the device.

In both cases, ensure that the ground lug screw has been tightened down securely onto the ground wire, and that the nut has been tightened down securely onto the lug.

### CAUTION

The 3710 ACM chassis ground lug must be connected to the switchgear earth ground using a **dedicated 14 gauge (or larger) wire** in order for the noise and surge protection circuitry to function correctly. Failure to do so will void the warranty.

## 2.9 CONNECTION FOR THREE PHASE WYE (STAR) SYSTEMS

Figures 2.9.1 to 2.9.4 provide wiring diagrams for 4 and 3 wire WYE system configurations.

For a 4 wire WYE system, the 3710 ACM senses the line to neutral (or ground) voltage of each phase and current of each phase, making for an equivalent 3 element metering configuration.

If the power system to be monitored is a 120/208 Volt system, the standard 120 VAC input model can be used with direct sensing of each phase, without the need for PTs. If the system is a 277/480 or 347/600 Volt system, models with the 277 VAC or 347 VAC input options (respectively) may be connected directly.

The wiring diagram for these voltage ranges is shown in Figure 2.9.1 below. VOLTS MODE should be set to 4W-WYE (0).

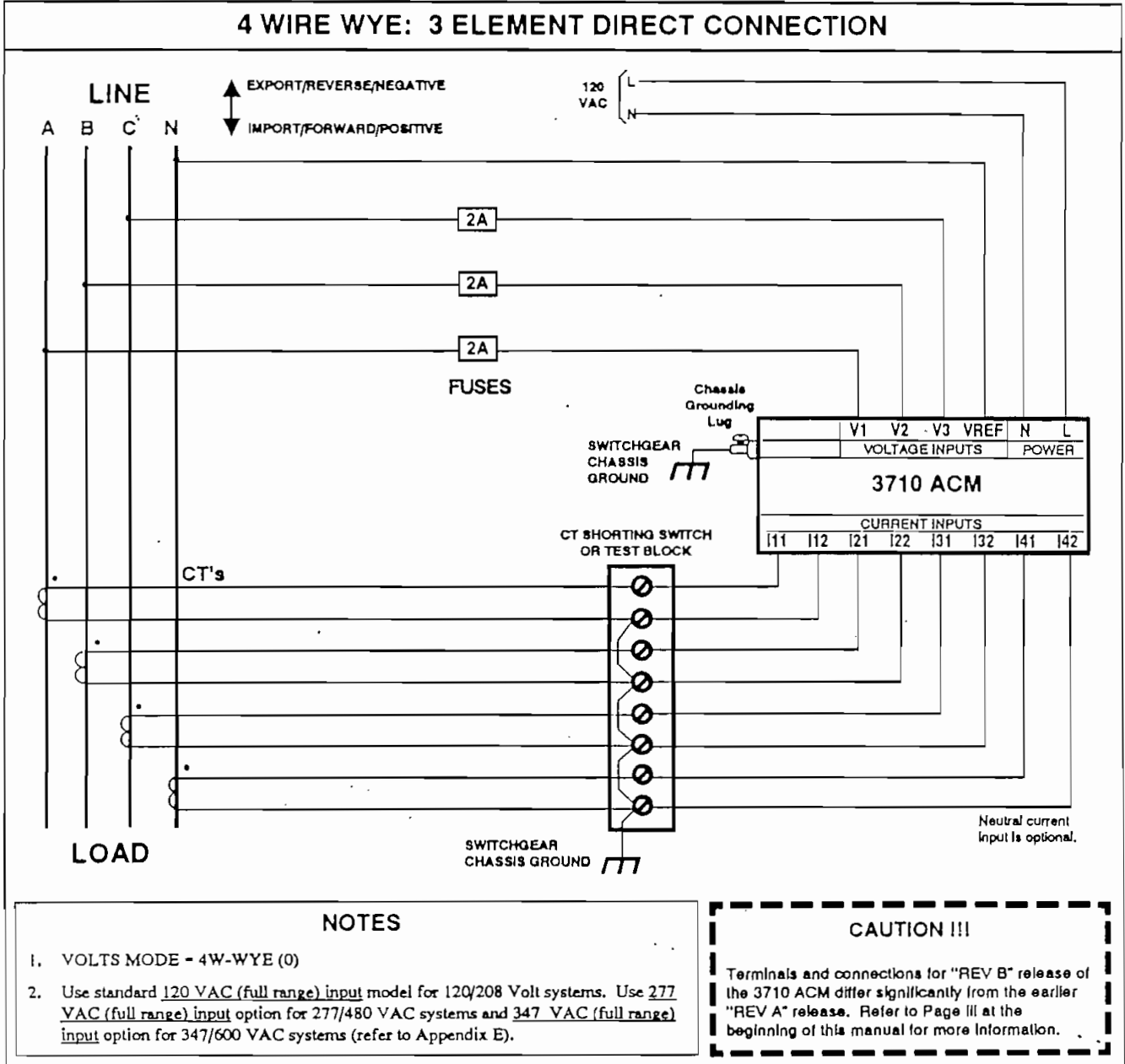


Figure 2.9.1 4 Wire WYE: 3 Element Direct Connection (For 120/208 to 347/600 Volt Systems)

## 2.12 I<sub>4</sub> CURRENT INPUT CONNECTIONS

The 3710 ACM is equipped with a fourth current input, named I<sub>4</sub>. This input is typically used to measure the current flow in the neutral or ground conductor. The use of this input is optional.

The secondary rating of the CT connected to the I<sub>4</sub> input must be identical to that of the three phase

current inputs. This rating depends on the current input option installed in the 3710 ACM.

The primary rating for the CT connected to the I<sub>4</sub> input can be different than for the three phase inputs, since the I<sub>4</sub> input scaling can be programmed independently.

Figure 2.12.1 shows I<sub>4</sub> connections. Section 3.10 describes the operation of this input.

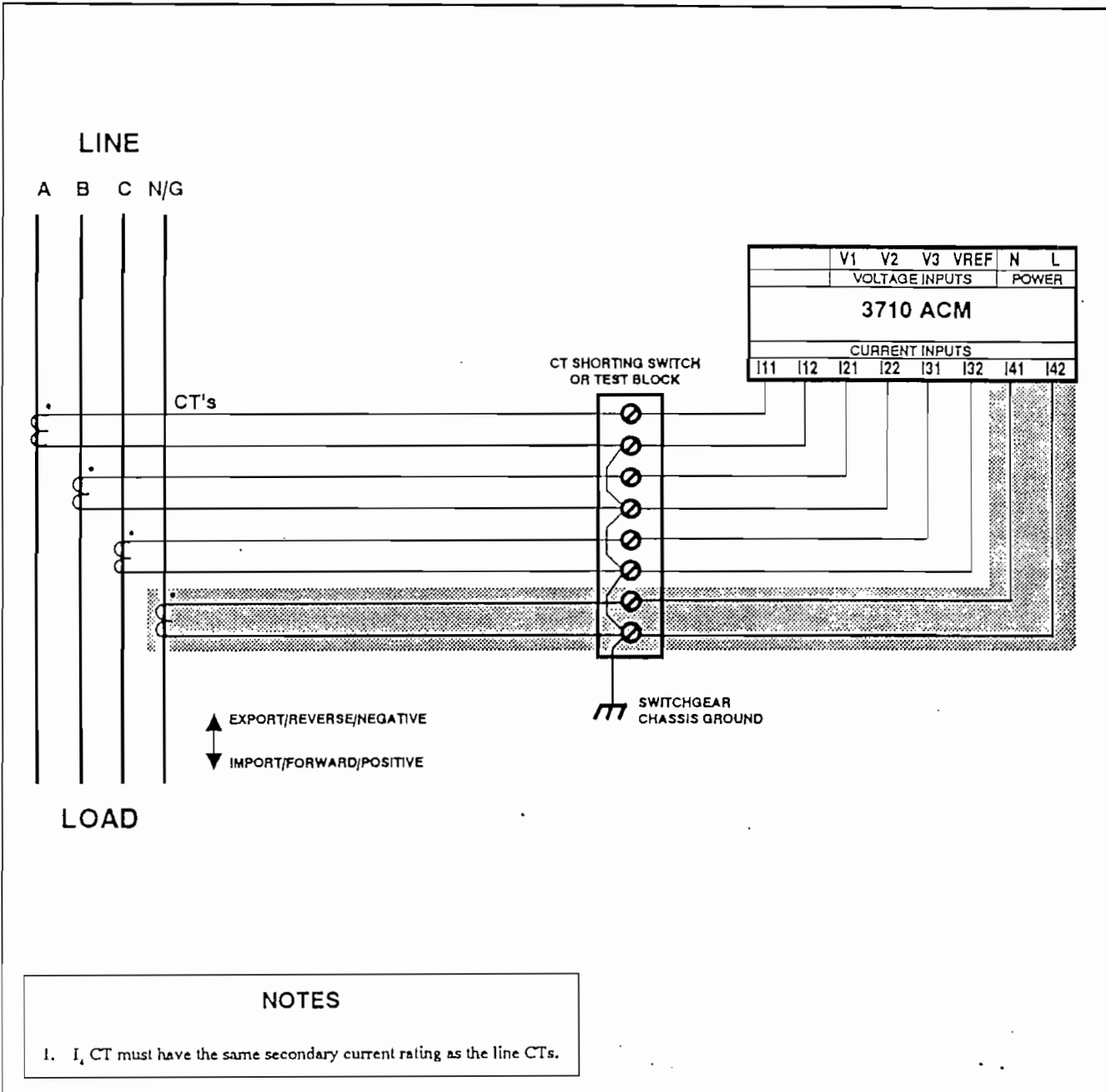


Figure 2.12.1 I<sub>4</sub> Connections

## 2.13 COMMUNICATIONS CONNECTIONS

The unit may be ordered with an ISOCOM communications card already installed. If no card is installed, a plain rectangular plate will be found on the right side of the case back cover. Field retrofitting of cards is possible, and is described in Section 2.14.

The communications card allows the 3710 ACM to communicate using either the RS-232C or RS-485 standards. The ISOCOM provides full isolation for both RS-232C and RS-485. Optical coupling provides isolation between the communications lines and the metering equipment. Protection circuitry provides

protection from common mode voltages and incorrect connection of the ISOCOM. All inputs pass the ANSI/IEEE C37-90A-1989 surge withstand and fast transient tests.

### IMPORTANT

The communications card is shipped with a label affixed to the mounting plate indicating the communications mode (RS-485 or RS-232C) set at the factory. If the mode is incorrect for your application, see Section 2.14.

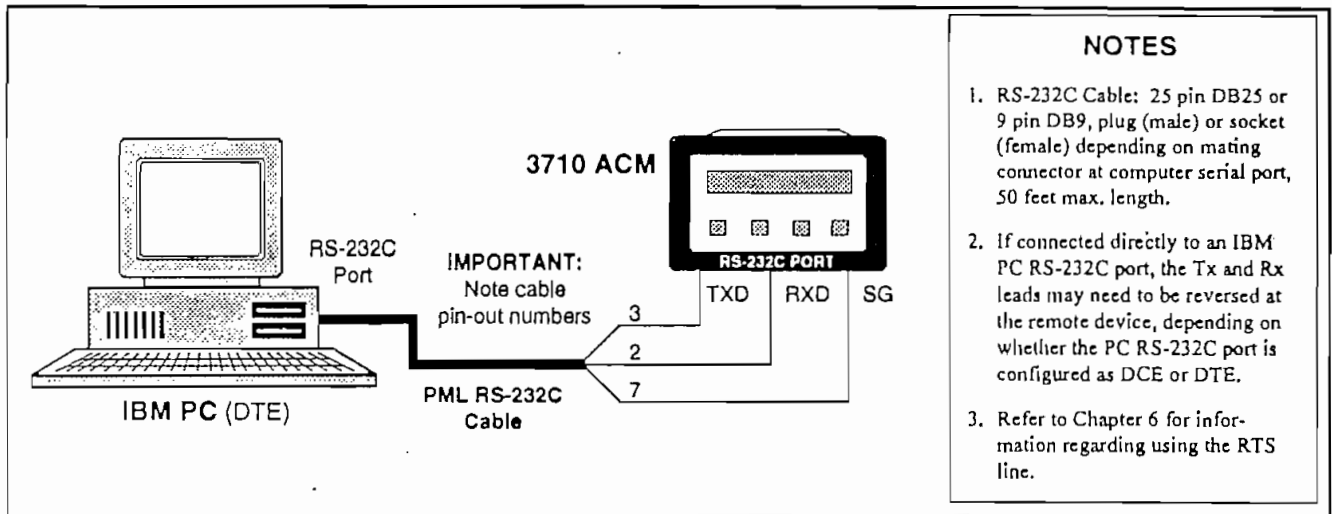


Figure 2.13.1 RS-232C Communications Connections

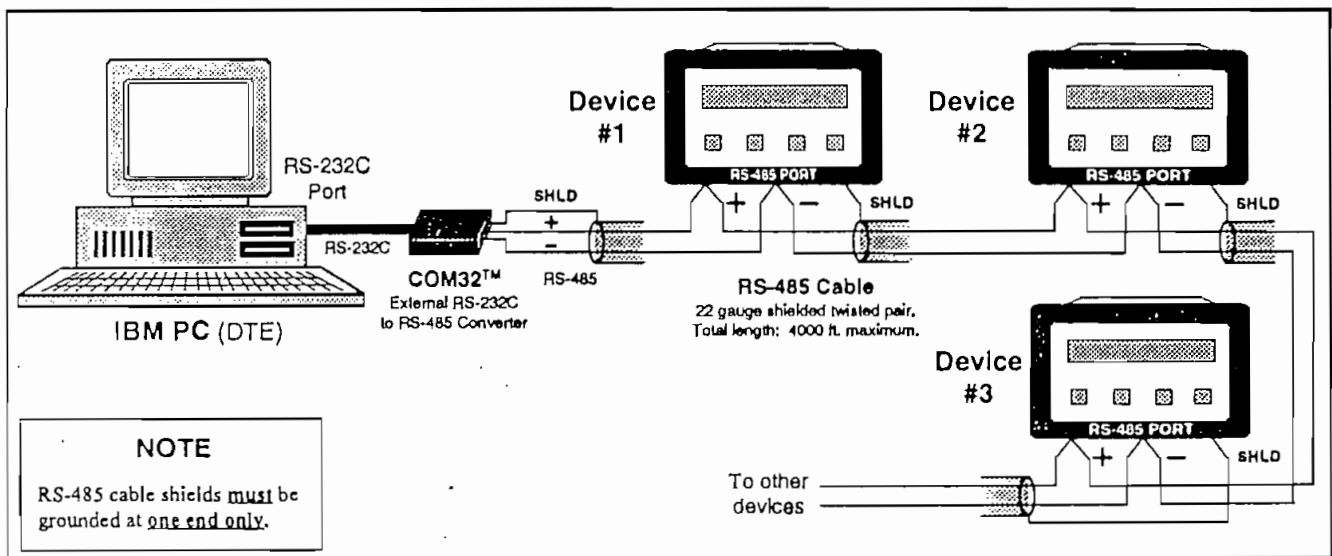


Figure 2.13.2 RS-485 Communications Connections

## TERMINAL FUNCTIONS

The ISOCOM communications card provides a barrier-style terminal strip. Terminal functions include:

Ground	GND	Chassis Ground
RS-485	SHLD	RS-485 Shield (electrically connected to chassis ground)
	-	RS-485 Data Minus
	+	RS-485 Data Plus
RS-232C	RXD	RS-232C Receive Data (ie. data into device)
	TXD	RS-232C Transmit Data (ie. data out of device)
	SG	RS-232C Signal Ground
	RTS	RS-232C Request To Send (optional, see Chapter 6)

## LED INDICATORS

Two LED indicators, TXD and RXD, show activity on the RS-485 or RS-232C communications lines and can be used to verify correct communications operation. The TXD indicator will flash when data is being sent out by the device. The RXD indicator will flash when data is being received by the device.

## WIRING CONNECTIONS

Figures 2.13.1 and 2.13.2 illustrate the wiring connection requirements for RS-232C or RS-485 communications. Refer to Chapter 6 for information regarding communications setup parameters and connections made via modem.

## 2.14 FIELD RETROFIT AND CONFIGURATION OF THE COMMUNICATION CARD

This section explains the procedure for installing a communication card or changing the *Comm. Mode*.

The card has a jumper block to allow the user to select RS-232C or RS-485 mode. The card's currently selected communications mode may be viewed from the front panel, if the unit is operating, (see section 3.3 on Field Programming), or by removing the card and examining the position of the jumper block.

### REMOVING AN EXISTING CARD

#### CAUTION

An anti-static wrist grounding strap must be worn at all times while performing any reconfigurations or modifications to the 3710 ACM. Failing to do so may permanently damage the static-sensitive components inside the meter.

1. Turn off the power to the 3710 ACM.
2. Remove the four machine screws holding the rectangular communications card mounting plate to the 3710 ACM case back cover.
3. Carefully pull the plate away from the main chassis to remove the card.

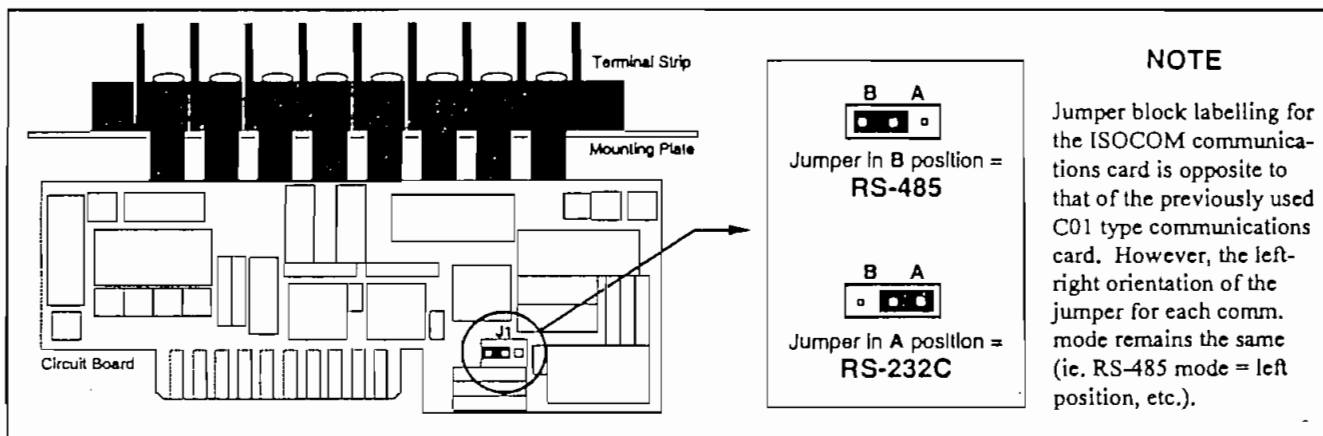


Figure 2.14.1 Communication Card Jumper Configuration (ISOCOM Type)

## CONFIGURING THE CARD

The circuit board of the communications card has a jumper labelled J1. This jumper has two positions, labelled "A" and "B", which determine the communications mode. Figure 2.13.1 illustrates the jumper position required for RS-485 or RS232C mode. Move the jumper to the correct position.

## REINSTALLING (OR FIELD RETROFITTING) THE ISOCOM CARD

1. Make sure that the power to the 3710 ACM is off.
2. If field retrofitting a 3710 ACM, first remove the communications port cover plate on the rear cover of the meter.
3. Install the new card as follows:
  - a) Insert the communications card into the communications port, ensuring that the circuit card is oriented such that it will mate properly with the edge connector on the main board inside 3710 ACM.

### NOTE

The card is polarized to ensure it may only be installed in the correct orientation.

- b) Align the holes in the mounting plate of the card with the mounting holes in the meter's rear cover while lowering the card towards its seating. The installer will be able to feel when the card has found the correct alignment with the edge connector.
- c) Once the board is resting in proper alignment on the edge connector, carefully press down to plug the card into the edge connector.
- d) Install the four mounting screws into the mounting plate to secure the card.

The card is now ready for use. Make all necessary communications connections as described above.



## 2.15 CONTROL RELAY CONNECTIONS

Figure 2.15.1 illustrates the wiring connection requirements for the control relays. Section 3.8 describes the operation of the relays.

[ CAUTION ]

In applications where the relays are being used to perform critical equipment control operations (ex. breaker trip, etc.), the important precautions described below should be followed.

### RELAY CONNECTION AND POWER UP PRECAUTIONS FOR CRITICAL CONTROL APPLICATIONS

- 1) Connection to the external equipment should be made via an intermediate mechanism which allows relay control to be completely disabled for commissioning and servicing (see Figure 2.15.1).
- 2) Following initial power up, the 3710 ACM should be programmed (see Chapter 3), including all required setpoints for setpoint controlled relay operations (see Chapter 4).
- 3) The relay outputs of the 3710 ACM should be tested to ensure that setpoint or manual control condition(s) are occurring as expected.
- 4) Once correct relay operation has been verified, relay control of the external equipment can be enabled.

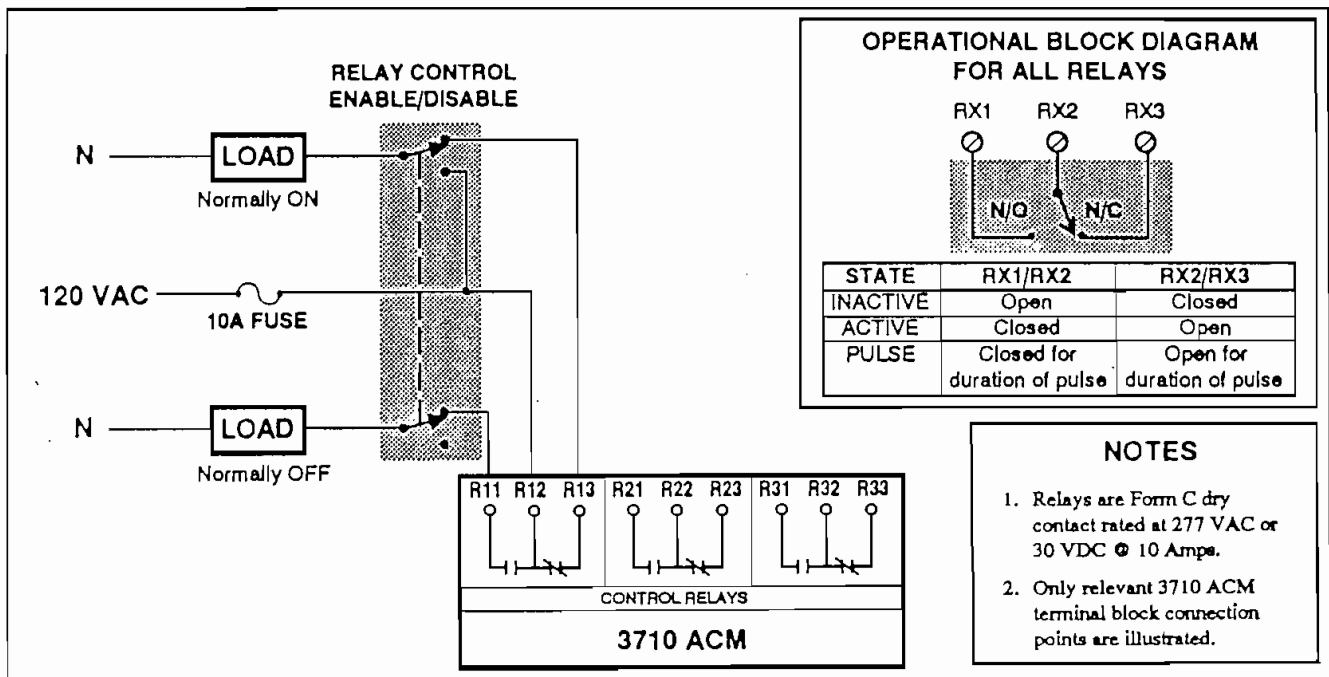


Figure 2.15.1 Control Relay Connections

## 2.16 STATUS INPUT CONNECTIONS

This section illustrates a number of possible wiring connection methods and applications for the status inputs. Chapter 3, Section 3.9 describes the operation of the status inputs.

The 3710 ACM uses a current sensing technique to monitor the condition of an external dry contact, or the presence of an external voltage. Excitation of the inputs requires either an external supply voltage, or the internal supply provided by the -SES option of the 3710 ACM.

### -SES OPTION

The -SES option provides an internal 30 VDC supply for *self-excitation* of the status inputs. Units equipped with this option can be used for dry contact sensing applications (Section 2.16.1), but not for voltage sensing applications (Section 2.16.2). Only standard models may be used for voltage sensing.

### 2.16.1 DRY (VOLTS FREE) CONTACT SENSING

#### EXTERNAL EXCITATION

For the standard model, dry contact sensing is performed using external excitation as illustrated in Figure 2.16.1a. External excitation is provided via the SCOM terminal. A 20 to 277 VAC/VDC external power source is required. Various options include:

- an auxiliary 24 VDC power supply.
- a 24 to 277 VAC transformer with fused output.
- direct 120 VAC or 240 VAC fused power.

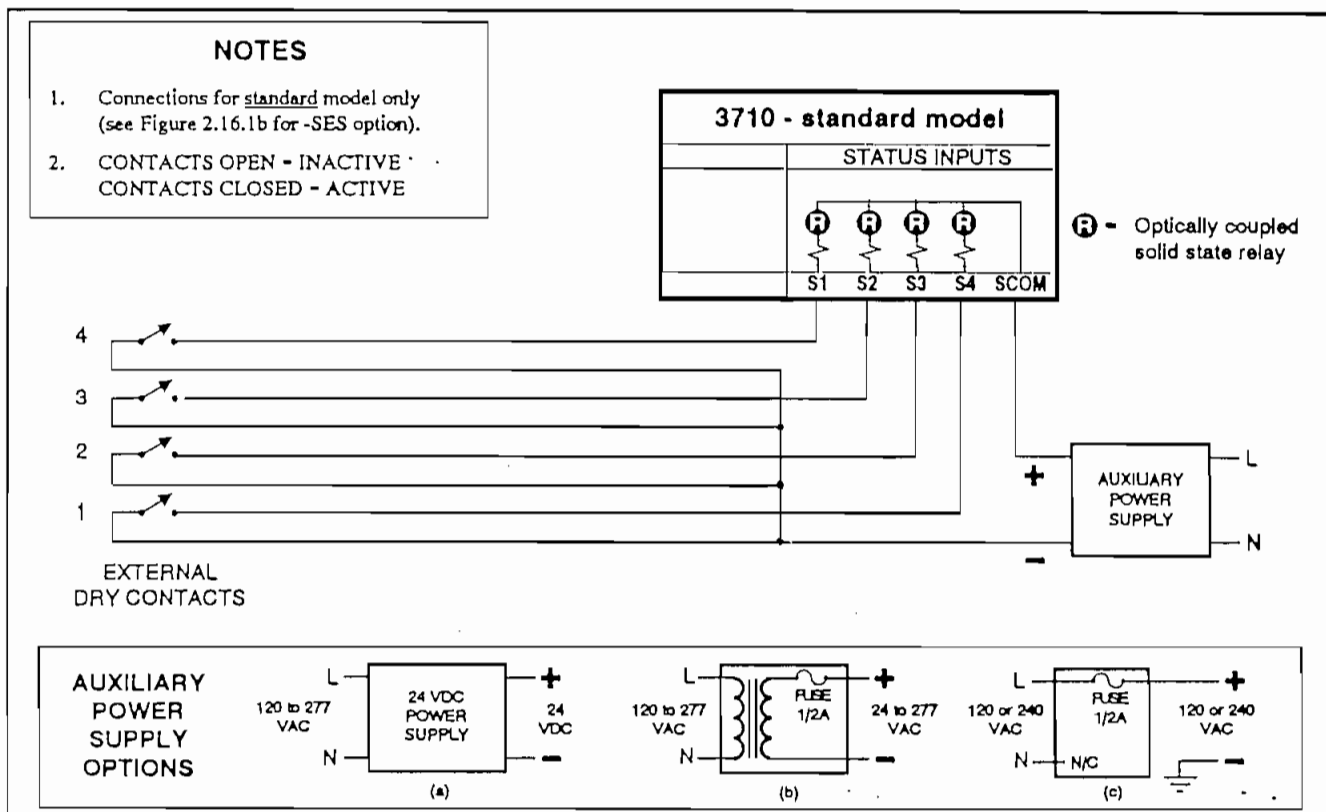


Figure 2.16.1a Status Input Connections for Dry Contact Sensing - External Excitation

**CAUTIONS**

1. For this application the SCOM terminal **MUST** be connected to a suitable supply voltage. **Do not leave the SCOM terminal floating.**
2. Up to 277 V could normally be present at the S1 to S4 terminals, depending on the external supply voltage.

When the external contact is open, there will be no current flow and the status input will register as INACTIVE. When the external contact closes, the current flow via the external supply will cause the status input to register as ACTIVE.

**SELF-EXCITATION**

If the 3710 ACM is equipped with the -SES option, an internal 30 VDC supply provides self-excitation of the status inputs (see Figure 2.16.1b). Note that no ground or external voltage connections are required when using the -SES option.

**CAUTION**

The -SES option can only be used for dry contact sensing applications.

Connection of an external voltage source to the any of the status inputs of a 3710 ACM equipped with the -SES option can cause permanent damage to the 3710 ACM.

Sensing of the external contact(s) is identical to the external excitation method described above. An open contact registers as INACTIVE; a closed contact registers as ACTIVE.

**NOTES**

1. Requires -SES option (see Figure 2.16.1a for standard model - external excitation)
2. CONTACTS OPEN - INACTIVE  
CONTACTS CLOSED - ACTIVE

Ⓜ - Optically coupled solid state relay

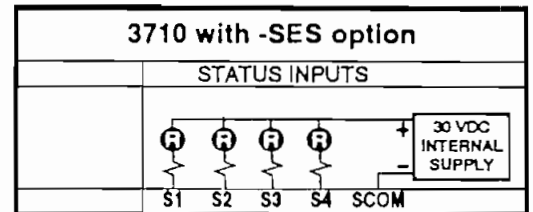
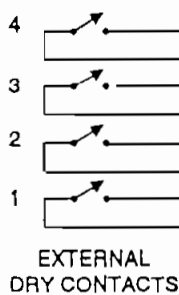


Figure 2.16.1b Status Input Connections for Dry Contact Sensing - Self Excitation

## 2.16.2 VOLTAGE SENSING

If the 3710 ACM is a standard model, status inputs can simply be used to sense the presence or absence of voltage on a power feeder. This can be used to monitor whether a piece of equipment, such as a motor, is energized (see Figure 2.16.2).

### CAUTIONS

1. For this application the SCOM terminal **MUST** be connected to the neutral of the circuit being monitored. **Do not leave the SCOM terminal floating.**
2. Up to 277 V could normally be present at the S1 to S4 terminals, depending on the external voltage being sensed.
3. A 3710 ACM equipped with the -SES option **cannot** be used for voltage sensing applications. Connection of an external voltage source to the any of the status inputs of a 3710 ACM equipped with the -SES option **can cause permanent damage to the 3710 ACM.**

When the motor is on, there will be voltage at the sense point, and the status input will register as ACTIVE. When the motor is off, there will be no voltage at the sense point, and the status input will register as INACTIVE.

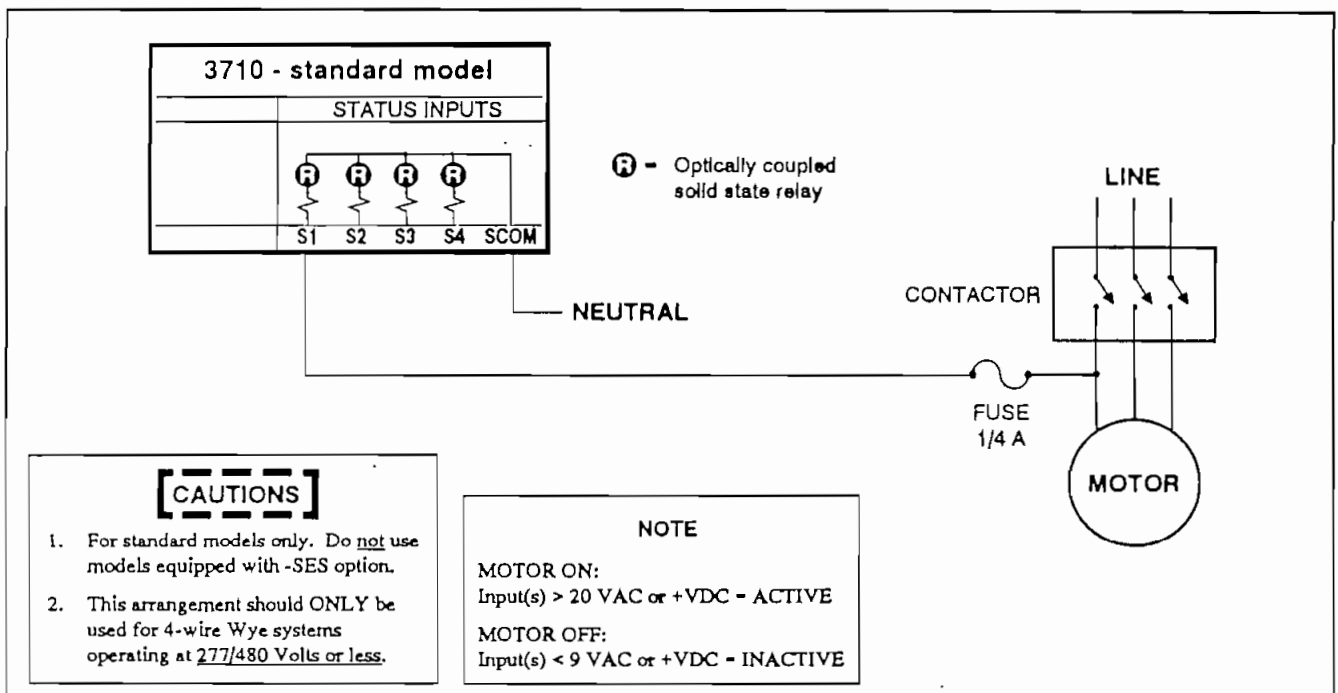


Figure 2.16.2 Status Input Connections - Voltage Sensing

**2.17  $V_{aux}$  AUXILIARY VOLTAGE INPUT CONNECTIONS**

Figure 2.17.1 illustrates a number of possible wiring connection methods and applications for the  $V_{aux}$  input. Section 3.6 describes the operation of this input.

**2.18  $I_{out}$  AUXILIARY CURRENT OUTPUT CONNECTIONS**

Figure 2.18.1 illustrates a number of possible wiring connection methods and applications for the  $I_{out}$  output. Section 3.7 describes the operation of this output.

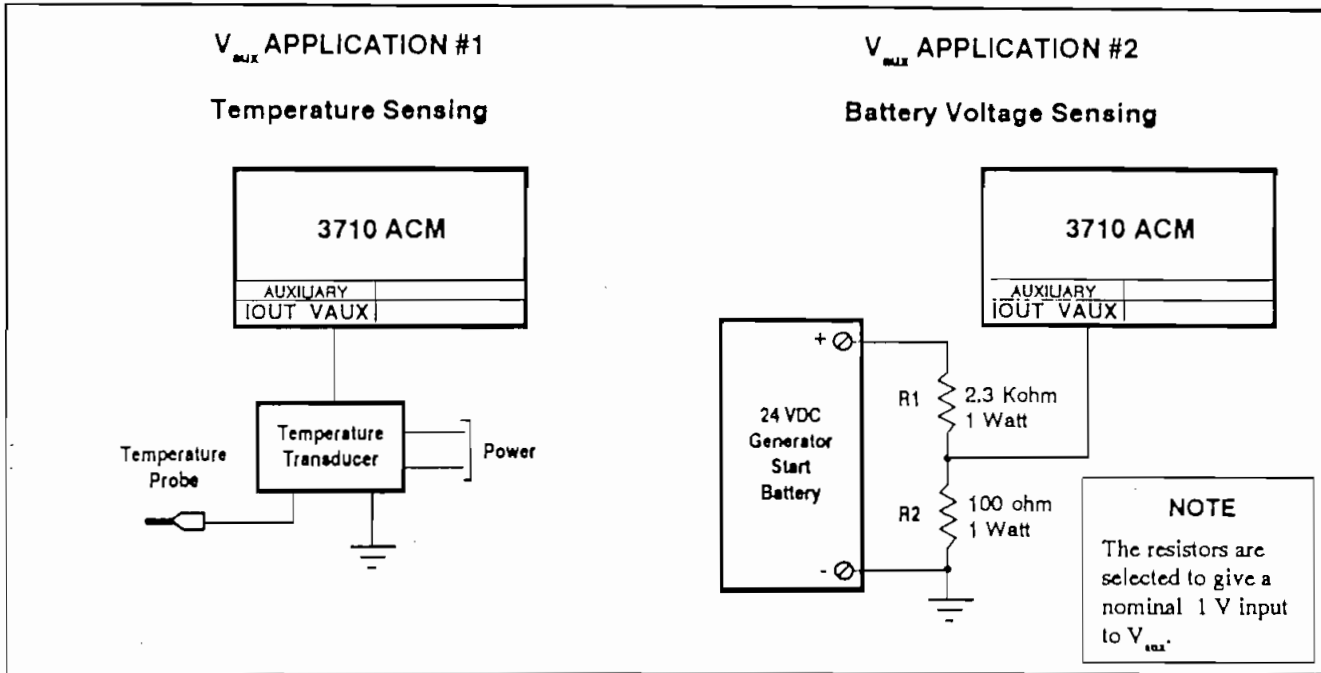


Figure 2.17.1  $V_{aux}$  Auxiliary Voltage Input Connections

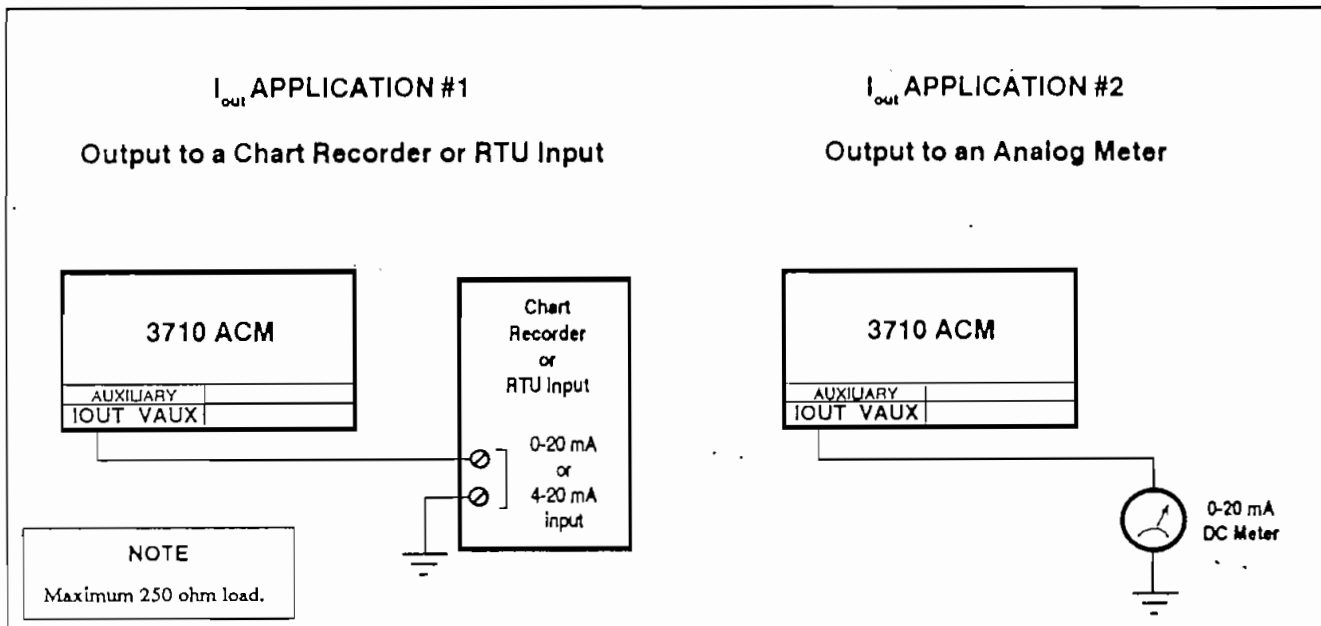


Figure 2.18.1  $I_{out}$  Auxiliary Current Output Connections

## 2.19 MAINTENANCE

The 3710 ACM contains a battery backed non-volatile memory. The rated life of the battery is seventy years at 50°C, 28 years at 60°C, and 11 years at 70°C.

If the unit operates at less than 50°C for 60% of the time, less than 60°C for 90% of the time, and less than 70°C for 100% of the time, the expected battery life is 35 years. If the meter is operating in an environment where the temperatures regularly exceed 60°C, the battery should be replaced every ten years.

### NOTE

When the battery is replaced, historic data will be lost. Setup parameters and calibration of the unit will not be affected.

Other than battery replacement, the 3710 ACM does not require any regular maintenance.

## 2.20 CALIBRATION

The calibration interval for the 3710 ACM depends on the user's accuracy requirements. The rated accuracy drift is 0.1% per year.

The calibration procedure consists of connecting a portable *Calibration Set* to the two terminal strips of the 3710 ACM, and performing a simple calibration routine.

Contact PML for calibration procedure details and equipment requirements.

## 2.21 FIELD SERVICE CONSIDERATIONS

In the unlikely event that the 3710 ACM unit should fail, it will generally be serviced by exchanging the unit for a replacement unit. The initial installation should be done in a way which makes this as convenient as possible:

1. A CT shorting block should be provided so that the 3710 ACM current inputs can be disconnected without open circuiting the CT's. The shorting block should be wired so that protective relaying is not affected.
2. All wiring should be routed to allow easy removal of the connections to the 3710 ACM terminal strips, the 3710 ACM rear cover, and the 3710 ACM itself.
3. If the control relays are used, there should be a bypass mechanism installed (see Section 2.15).

## PROGRAMMING EXAMPLE

Figure 3.3.1 gives a step-by-step example of how to program a 3710 ACM operating parameter from the front panel. The example given shows how to set the VOLTS SCALE parameter for the device to a value of 277 Volts, then return to display mode.

## OPERATING PARAMETER DESCRIPTIONS

Figures 3.3.2 a, b & c provide a brief description of each parameter that may be programmed from the front panel. Detailed descriptions of operating parameters are provided in the following sections of this manual. Note that Setpoint Operation is described separately in Chapter 4, Demand is described in Chapter 5, and Communications are described in Chapter 6.

STEP	ACTION:	DISPLAY READS:
1.	Press MAX & MIN buttons together to enter programming mode.	POWER MEASUREMENT
2.	Press PARAMETER SELECT button once. Firmware version is displayed.	FIRMWARE VER X.X.X.X
3.	Press PARAMETER SELECT button again once.	PASSWORD= ****
4.	Enter password by using INCREMENT and CURSOR buttons. If password = 0 (the default), press INCREMENT button once.	PASSWORD= *** <u>0</u>
5.	Press PARAMETER SELECT once.	SETPOINT NUM= <u>00</u>
6.	Press PARAMETER SELECT again to bypass all setpoint parameters.	RELAY OPERATION= <u>0</u>
7.	Press PARAMETER SELECT again to bypass all relay parameters.	VOLTS SCALE= <u>1200</u>
8.	Enter new value for VOLTS SCALE. Set far right digit to 7 by pressing INCREMENT until display reads:	VOLTS SCALE= <u>1207</u>
9.	Move cursor one digit right by pressing cursor button once.	VOLTS SCALE= <u>1207</u>
10.	Set next digit to 7 by pressing INCREMENT until display reads:	VOLTS SCALE= <u>1277</u>
11.	Move cursor 2 digits left by pressing CURSOR button twice.	VOLTS SCALE= <u>1277</u>
12.	Set last digit to zero by pressing INCREMENT until display reads:	VOLTS SCALE= <u>0277</u>
13.	Press MAX and MIN buttons together to return to display mode.	Volts, Phase, Amps, KW data

*NOTE: Cursor position in the example is shown as an underscore line. In the actual front panel display, cursor position is indicated by a blinking character.*

Figure 3.3.1 Field Programming Example - Setting VOLTS SCALE

## FIELD PROGRAMMABLE OPERATING PARAMETERS

PARAMETER	DESCRIPTION	RANGE
FIRMWARE VER	Indicates current version of firmware installed in unit.	n/a
PASSWORD	Correct password must be entered to change any setup parameters or clear any function. See Section 3.4 to change.	4 digit number
NOTE: In the parameter names below, ** indicates the currently selected setpoint number.		
SETPOINT NUM	Selects a setpoint to be programmed. If set to 0 (default), pressing PARAMETER SELECT will skip directly to RELAY OPERATION.	0 = no setpoint selected 1 to 17 = setpoint number
SP** TYPE	Selects the type of parameter the selected setpoint is to monitor (ex. Over KW, Volts Unbalanced, Status Input, etc.). Pushing the INCREMENT or DECREMENT button displays the choices.	30 options See Figures 4.4.1a,b
SP** HI LIMIT	Sets High Limit for the selected setpoint.	0 to 999,999
SP** LO LIMIT	Sets Low Limit for the selected setpoint.	0 to 999,999
SP** TD OPERATE	Time Delay to operate for the selected setpoint.	0 to 32,000 seconds
SP** TD RELEASE	Time delay to release for the selected setpoint.	0 to 32,000 seconds
SP** RELAY NUMBER	Selects which relay the selected setpoint controls. Value of 0 will cause event to be logged with no relay action taken. PARAMETER SELECT returns to SETPOINT NUM parameter to select another setpoint or advance to RELAY OPERATION.	0 = log / no relay 1 to 3 = relay #
NOTE: In the parameter names below, * indicates the currently selected relay number.		
RELAY OPERATION	Selects a relay to be programmed. If set to 0 (default), pressing PARAMETER SELECT will skip directly to VOLTS SCALE.	0 = no relay 1 to 3 = relay number
R* MODE	Selects which operation mode the relay is assigned. Refer to Section 3.8 for info on relay operation.	SETPOINT KWH_PULSE KVARH_PULSE
R* VALUE	If Relay MODE is SETPOINT, then this value selects <i>latch</i> or <i>pulse</i> operation mode, and sets the pulse duration.	0 = Normal (Latch) 1 to 65,535 = seconds
R* HRS/PULSE	If Relay MODE is KWH_PULSE or KVARH_PULSE this value represents the number of unit-hours between pulses.	0 = feature disabled 1 to 65,535 = hrs/pulse

Figure 3.3.2a Field Programmable Operating Parameters I

... continued



## FIELD PROGRAMMABLE OPERATING PARAMETERS

PARAMETER	DESCRIPTION	RANGE										
VOLTS SCALE	Sets full-scale AC input voltage. See Section 3.5	0 to 999,999 Volts										
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>System Configuration</th> <th>VOLTS SCALE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>120/208 V direct connect</td> <td>120</td> </tr> <tr> <td>277/480 V direct connect</td> <td>277</td> </tr> <tr> <td>347/600 V direct connect</td> <td>347</td> </tr> <tr> <td>Systems which use PT's</td> <td>PT primary rating</td> </tr> </tbody> </table>	System Configuration	VOLTS SCALE	120/208 V direct connect	120	277/480 V direct connect	277	347/600 V direct connect	347	Systems which use PT's	PT primary rating	
System Configuration	VOLTS SCALE											
120/208 V direct connect	120											
277/480 V direct connect	277											
347/600 V direct connect	347											
Systems which use PT's	PT primary rating											
AMPS SCALE	Sets full-scale AC input current for A, B, and C phases (CT primary current rating). See Section 3.5.	0 to 30,000 Amps										
VAUX SCALE	Sets full-scale auxiliary voltage input reading.	0 to 999,999 Volts										
I4 SCALE	Sets full-scale AC input current for I4 input. See Section 3.5.	0 to 9,999 Amps										
VOLTS MODE	Sets Volts Mode. See Section 3.5.	4W-WYE (0), DELTA (1) SINGLE (2), DEMO (3) 3W-WYE (4)										
UNIT ID	Sets communications identification # for 3710 ACM. Note: The number 0 may not be used for an ID as it is reserved for other purposes.	1 to 9999										
BAUD RATE	Baud Rate at which the 3710 ACM transmits and receives information.	300, 1200, 2400, 4800, 9600, 19.2 K Baud										
COMM MODE	Specifies the communications format used by the 3710 ACM. <u>Controlled by the jumper block located on the optional plug-in Communications Card.</u> See Section 2.11.	See Section 2.11										
DISPLAY TIMEOUT	Number of minutes after last button push until the display turns itself off.	0 = display stays on 1 to 999 = timeout (min.)										
CLEAR MAX/MIN?	Selecting Yes will clear the Max/Min array when PARAMETER SELECT is pressed.	No, Yes										
CLEAR KW/KVARHRS?	Selecting Yes sets the KW hours and KVAR hour readings to 0 when PARAMETER SELECT is pressed.	No, Yes										
DEMAND PERIOD	Selects external "Sync" mode, or length of each demand period to be used in calculating demand values.	0 = sync mode 1 to 99 = period (min.)										
NUM DMD PERIODS	Sets number of demand periods to be averaged.	1 to 15										

Figure 3.3.2b Field Programmable Operating Parameters II

... continued

FIELD PROGRAMMABLE OPERATING PARAMETERS		
PARAMETER	DESCRIPTION	RANGE
PHASE ROTATION	Specifies the normal phase sequence. This is used for PF polarity detection in DELTA mode, and for the phase reversal detection setpoint. See Chapter 4 for setpoint operation.	ABC, ACB
STNDRD FREQ	Selects the frequency the 3710 ACM is to monitor.	50, 60, 400 Hz
I OUT KEY	Parameter code specifying with which measured value the current output will be proportional.	0 to 25 See Figure 3.7.1
I OUT SCALE	Scale of current output.	0 to 999,999
I OUT RANGE	Indicates <u>0 to 20 mA</u> or <u>4 to 20 mA</u> proportional current output.	0-20MA 4-20MA
RTS ACTIVE LVL	Sets the active logic level asserted by the RTS line when using RS-232C communications (refer to Chapter 6). Note: This is only displayed when unit has been configured for RS-232C mode.	LOW, HIGH
FORMAT	Sets front panel display numeric and phase label formats. Cursor key selects parameter. INCREMENT or DECREMENT selects options for each. See Section 3.12	Phase Label Formats: ABC, XYZ, RBY or RST Numeric Formats: 1,234.5 or 1234,5

Figure 3.3.2c Field Programmable Operating Parameters III

### 3.4 SETTING THE PASSWORD

To change the password the programming mode should be entered, and the PARAMETER SELECT button should be pressed. The present value of the password must be entered (which means that the password must be known for it to be changed). To change the password the PARAMETER SELECT button should be pressed repeatedly until the password parameter is displayed again. This time the new password should be entered. Once this has been done, returning to display mode will cause the password to be changed.

### 3.5 SETTING THE VOLTS SCALE, AMPS SCALE, I4 SCALE, VOLTS MODE, AND STNDRD FREQ

The VOLTS SCALE, AMPS SCALE, and I4 SCALE of the 3710 ACM must be set to correspond with the full scale levels being measured by the meter.

#### VOLTS SCALE

For direct connection without PTs, the VOLTS SCALE is normally set to 120, 277 or 347 for 120, 227, or 347 VAC systems (respectively). If PTs are used (with a 120 VAC model 3710 ACM), the VOLTS SCALE should be set to the primary rating of the PT. Note that this only applies if the PTs have secondaries rated at 120 VAC. If the secondaries of the PTs are not 120 VAC, the following formula should be used to determine the required VOLTS SCALE:

$$\text{VOLTS SCALE} = \frac{\text{PT Prim. Rating} \times 120 \text{ VAC}}{\text{PT Secnd. Rating}}$$

## AMPS SCALE (Phases A, B, and C)

The AMPS SCALE should be set to the Primary Rating of the phase A, B, and C phase CTs being used. This only applies if the CTs used are rated for a 5 Amp full scale output. If the CTs are not rated for a 5 Amp full scale output, contact the PML factory.

## I4 SCALE

The 3710 ACM has a fourth current input, designated  $I_4$ . This input uses connections I41 and I42 on the terminal strip. Typically, this input is used to measure current in the neutral conductor. In installations with non-linear loads, odd harmonics can fail to cancel, producing significant currents in the neutral conductor. Figure 2.16.1 in Chapter 2 shows the wiring connections for neutral conductor current measurement.

The ratings of this input are identical to the three phase current inputs (5 Amps nominally). The I4 SCALE parameter of the 3710 ACM specifies the scaling for the  $I_4$  input. This scaling is independent of the phase A, B, and C current inputs. This allows for a different primary rating for the CT used for the  $I_4$  input. The I4 SCALE should be set to the primary rating of the CT being used for the  $I_4$  current input. This only applies if the CT used is rated for a 5 Amp full scale output. If the CT is not rated for a 5 Amp full scale output, contact the PML factory.

The  $I_4$  reading may be displayed from the front panel using the FUNCTION key.

## VOLTS MODE

The VOLTS MODE should be set according to the system connection configuration. Refer to Sections 2.6 to 2.8 and Figures 2.6.1 to 2.8.1 for more information.

## STNDRD FREQ

The STANDARD FREQUENCY should be set according to the frequency of the power signal the 3710 ACM is to be monitoring. 50, 60, or 400 Hz monitoring are possible.

It is important that this parameter is set correctly, as the accuracy of the KW, KVARs, and power factor measurements can be seriously affected.

## 3.6 $V_{aux}$ AUXILIARY VOLTAGE INPUT OPERATION

The 3710 ACM has an auxiliary voltage input which allows an external voltage (1 VAC nominal, 1.25 VAC max.) to be measured and displayed. The VAUX SCALE parameter defines what the meter will display with a 1.000 VAC<sub>RMS</sub> full scale input applied.

## 3.7 $I_{out}$ AUXILIARY CURRENT OUTPUT OPERATION

The 3710 ACM is equipped with an analog current output that may be programmed to deliver a current proportional to any measured parameter. The maximum load on the current output is 250 ohms resistive.

Three parameters must be set:

- a) **I OUT KEY.** This is a number code specifying to which measured parameter the current output will be proportional. Figure 3.7.1 shows the values for I OUT KEY corresponding to each measured parameter.
- b) **I OUT SCALE.** This selects the value of the parameter corresponding to full scale current output.
- c) **I OUT RANGE.** This indicates whether the output mode is 0 to 20 mA or 4 to 20 mA.

... continued

## I OUT KEY PARAMETER VALUES

I OUT KEY	MEASURED PARAMETER	I OUT KEY	MEASURED PARAMETER
0	Voltage, Phase A (or Vab for Delta)	13	KVAR, Phase B
1	Voltage, Phase B (or Vca for Delta)	14	KVAR, Phase C
2	Voltage, Phase C (or Vbc for Delta)	15	Voltage, average
3	Current, Phase A	16	Current, average
4	Current, Phase B	17	KW, total
5	Current, Phase C	18	KVA, total
6	KW, Phase A	19	KVAR, total
7	KW, Phase B	20	Power Factor
8	KW, Phase C	21	KW Demand
9	KVA, Phase A	22	AMP Demand
10	KVA, Phase B	23	Frequency
11	KVA, Phase C	24	V <sub>max</sub>
12	KVAR, Phase A	25	I <sub>d</sub>

Figure 3.7.1 I OUT KEY Parameter Values

## EXAMPLE

The IOUT current output is required to be proportional to the Phase A current reading. The maximum Phase A current expected is approximately 2000 Amps. The IOUT output is being used to provide input to a chart recorder with an input range of 4 to 20 mA.

Set I OUT KEY to 3 (Current, Phase A). Set I OUT SCALE to 2000. Set I OUT RANGE to 1 (4 to 20 mA) to match the input range of the chart recorder.

In this example, a Phase A current input reading of 0 will produce 4 mA at the IOUT output (minimum scale deflection of the chart recorder). A Phase A current reading of 2000 will produce an output of 20 mA (maximum scale deflection of the chart recorder).

## 3.8 CONTROL RELAY OPERATION

The 3710 ACM provides three control relays (R1 to R3). Each relay can switch a.c. loads of up to 277 VAC and d.c. loads of up to 30 VDC at 10 Amps. Chapter 2 provides wiring requirements for the control relays.

The operation of each relay may be controlled in a number of different ways for various applications:

- a) *Setpoint control* on selected measured parameters, controlled by user-definable conditions. This is useful for applications such as activation of alarms or tripping of breakers for demand, power factor, or load control. Setpoint operation is described in detail in Chapter 4.
- b) *KWH or KVARH pulse output.*
- c) *Manual forced control* by the user through remote commands via the communications port. This must be performed using an IBM PC running PML's PowerView or M-SCADA software, or a third-party system.

A group of programmable operating parameters has been provided which assign relay operation. The parameters allow each of the three relays to be assigned to setpoints (in *latch* or *pulse* mode), KWH pulsing, or KVARH pulsing.

The RELAY OPERATION parameter is used to access the group of relay parameters by selecting the relay to be configured.

## SETPOINT RELAY OPERATION

Prior to 3710 ACM firmware revision 2.2.0.0, if a relay was assigned to a setpoint the relay would provide only a latched state when the setpoint became active or inactive (ie. the relay would operate or release). Now, if a relay is assigned to a setpoint, it may also be assigned to *pulse* for a specified *pulse duration*.

Set R\* MODE to SETPOINT for setpoint operation. Set R\* VALUE to select *latch* or *pulse* operation mode, and set the pulse duration if using pulse mode. R\*HRS/PULSE is not used if R\* MODE is SETPOINT.

### NOTE

If the selected relay is set up as a KWH PULSE or KVARH PULSE, it will not respond when the associated setpoint becomes active.

## KWH PULSE OR KVARH PULSE OPERATION

When the relays are assigned as a KWH, or KVARH pulse generators, the pulses are based on the total of the energy in the forward direction plus the energy in the reverse direction (ie. KWH Total or KVARH Total, respectively). Set R\* MODE to KWH PULSE or KVARH PULSE. R\* VALUE is not used in either of these modes. Set R\*HRS/PULSE to the number of unit-hours between pulses.

## MANUAL FORCED RELAY OPERATIONS

Only a setpoint relay (R\* MODE = SETPOINT) may be *forced operated* or *released* using commands via the communications port (using PML's PowerView, M-SCADA, or a third-party system). Manual com-

mands override any current setpoint condition.

If the relay is a *pulsing* relay (R\* VALUE > 0), a *forced operate* command will initiate a pulse of length equivalent to the value set by the R\* VALUE parameter for that relay. This operation is logged in the event log and indicates that the relay was pulsed. A *forced release* command has no effect.

If the relay is a *latching* relay (R\* VALUE = 0), it behaves normally for *forced operate*, *forced release*, and *return to normal* (return to setpoint control) commands.

See below for manual relay control special cases.

## RELAY EVENT LOGGING

For a relay assigned to setpoint operation (R\* MODE = SETPOINT), the event log will log relay operations in one of two ways, depending on whether the relay has been set to operate in *latch* or *pulse* mode.

- a) *Latch* mode (R\* VALUE = 0): The event log will record that the relay was operated (ON) when the setpoint becomes active and released (OFF) when the setpoint returns to an inactive state.
- b) *Pulse* mode (R\* VALUE > 0): The event log will show that the relay is pulsed when the setpoint becomes active. When the setpoint returns to its inactive state, the setpoint event is logged, but does not indicate the relay, since no pulse is generated.

If the relay is assigned to KWH PULSE or KVARH PULSE mode, no relay operations are logged.

Manual forced relay command will be logged in the event log; however special cases exist which are described below.

## MANUAL RELAY COMMAND SPECIAL CASES

If a manual *forced operate* command for a selected relay is received while that relay is currently in a forced operated state, the relay command will be ignored, and will not be logged. This also holds true for a *forced release* command to a relay already in a forced released state. Manual relay commands made to relays which are in a KWH or KVARH pulse mode will also not be logged.

### 3.9 STATUS INPUT OPERATION

The 3710 ACM provides four status inputs (S1 to S4) which can each be used to sense either the state of an external dry (volts free) contact, or the presence of an external voltage. Chapter 2 provides wiring diagrams illustrating various requirements and connection methods for the status inputs.

Both the standard model and the -SES option described below require a minimum pulse width of 1 second for reliable sensing of status input changes.

#### STANDARD MODEL

The status inputs of a standard 3710 ACM can be used to sense external contacts or external voltages. If the input voltage is below 9 VAC or VDC, the input will be sensed as INACTIVE. If it is over 20 VAC or VDC, it will be sensed as ACTIVE.

#### -SES OPTION

For a 3710 ACM equipped with the -SES (self-excitation) option, the status inputs may only be used for external contact sensing. In this application, a contact closure is sensed as ACTIVE, and a contact opening is sensed as INACTIVE.

#### PULSE COUNTING & DEMAND SYNC

The 3710 ACM maintains a counter for the Status Input #1 (S1). The maximum frequency the counter will accurately follow is 0.3 Hz. This counter may be read and zeroed at any time via the communications port.

Status Input #4 (S4) is used to provide KW Demand synchronization, if required. Refer to Chapter 5 for more information.

#### VIEWING STATUS INPUT CONDITIONS

The condition of the status inputs cannot be viewed from the front panel; however, this information can be accessed via the communications port using PML's PowerView or M-SCADA software, or a third-party system.

### LOGGING INPUT CONDITIONS

Status input changes can also be logged in the Event Log of the 3710 ACM. This log is also accessed via the communications port. PowerView or M-SCADA can be used to set an internal parameter which can enable/disable logging of status input changes. This parameter is not available via the front panel.

### STATUS INPUT SETPOINTS

Status inputs can also be used to trigger setpoints. This allows relay control functions to be performed based on status input conditions. Refer to Chapter 4 for more information on using setpoints.

### 3.10 SETTING RTS OPERATION

If RS-232C communications are being used, the RTS ACTIVE LVL parameter can be used to set the logic level of the RTS line when it is asserted by the 3710 ACM during transmission. See Chapter 6 for more information.

### 3.11 CHOOSING A DISPLAY FORMAT

The 3710 ACM front panel display can present numeric information and phase labels in a number of different formats which reflect various world standards.

The FORMAT parameter allows the user to select formats for numeric information and for phase labels. This parameter is displayed in the following way:

FORMAT= ABC 1,234.5

The three letters indicate the format used for the phase labels. The possible values are ABC (default), XYZ, RBY and RST. The number indicates the format for display numbers. The possible values are:

- a) A comma for the thousands delimiter (radix) and a decimal point for the decimal delimiter. Example: 1,234.5 This is the default.
- b) No thousands delimiter and a comma for the decimal delimiter. Example: 1234,5

The CURSOR key cycles between the phase label parameter and display number parameter. The INCREMENT or DECREMENT keys are used to select the option for that parameter.

### 3.12 SETTING THE DISPLAY TIMEOUT

The 3710 ACM display is a high visibility vacuum fluorescent type. The life and brightness of this type of display can be significantly extended by reducing the on time.

The DISPLAY TIMEOUT parameter can be used to set a timeout interval of 1 to 999 minutes, after which the display automatically shuts off. This interval starts counting down from the last keypress made on the front panel.

A timeout interval of 180 minutes (3 hours) or less is recommended. Setting the parameter to zero will cause the display to stay on indefinitely.

While the display is turned off, pressing any key on the front panel will turn it back on again.

### 3.13 CLEAR FUNCTIONS

The user can reset the KW and KVAR hour counters to zero by setting the CLEAR KW/KVARHRS? parameter to Yes. This clears the KWH-F, KWH-R, KVARH-F, and KVARH-R counters. This function also clears the KWH Total and KVARH Total values, accessible only through the comm. port.

The user can also reset the MIN/MAX array by setting the CLEAR MIN/MAX? parameter to Yes.

The KWH/KVARH counters and MIN/MAX array are reset when the PARAMETER SELECT button is pressed to advance to the next parameter, or when the user presses the MIN + MAX keys to immediately return to display mode.

### 3.14 POWER READING POLARITIES

Figure 3.14.1 illustrates how the 3710 ACM interprets and displays signed values for power import/export, and leading or lagging indications for power factor.

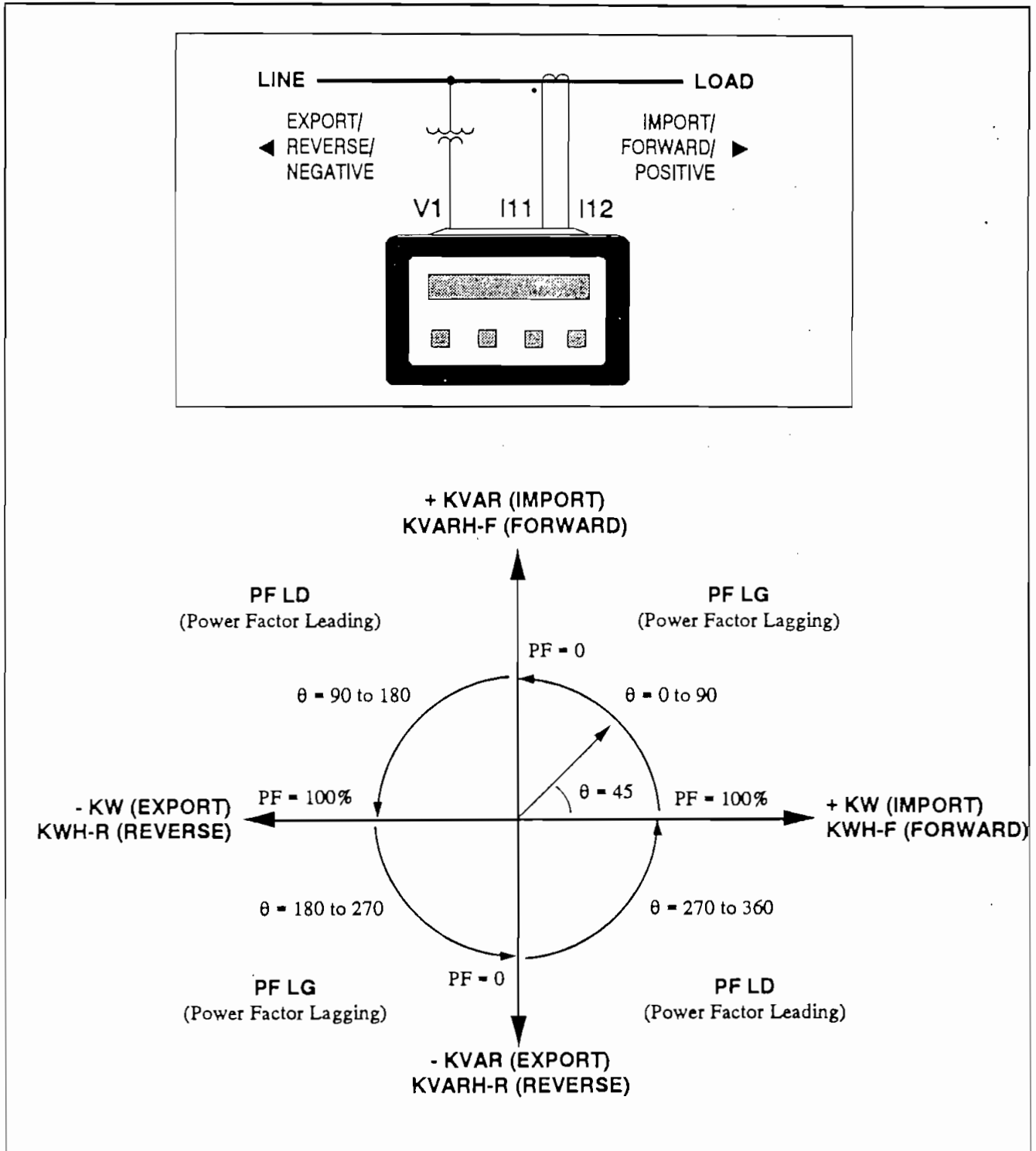


Figure 3.14.1 3710 ACM Power Reading Polarities



## 4. SETPOINT OPERATION

### NOTE

The -TRAN option of the 3710 ACM power meter provides no front panel display or keypad. Setpoint parameters must be programmed via the comm. port. Refer to Appendix F.

### 4.1 INTRODUCTION

The 3710 ACM is capable of monitoring many parameters (at the same time) and generating alarms and controlling relays based on these parameter's values. The 3710 ACM uses *setpoints* to do this. A setpoint is a group of six parameters that tell the unit:

- a) which parameter to monitor (setpoint type),
- b) at what value to operate a relay (limit),
- c) at what value to release a relay (limit),
- d) how long to wait before operating a relay (time delay to operate in seconds),
- e) how long to wait before releasing a relay (time delay to release in seconds),
- f) which relay to operate (relay number), if any.

Setpoints can function either as *over* setpoints or *under* setpoints. An over setpoint becomes active if the given parameter becomes too large (ex. over current). An under setpoint becomes active if the parameter becomes too low (ex. under voltage or under frequency). Over and under setpoints are very similar. A description of each is provided below.

## 4.2 OVER SETPOINT

An over setpoint will become active when the parameter that is being monitored goes over the high limit (and stays over the limit) for a number of seconds greater than the 'time delay to operate' parameter. When a setpoint becomes active it will operate the given relay, unless the relay number is zero, in which case it doesn't change any of the relays. When a setpoint becomes active, its change of status is stored in the event log with the time and the value of the parameter at that instant. An over setpoint becomes inactive when the given parameter falls below the low limit for longer than the time delay to release (refer to Figure 4.2.1). This change in status is also logged (along with the time and parameter value).

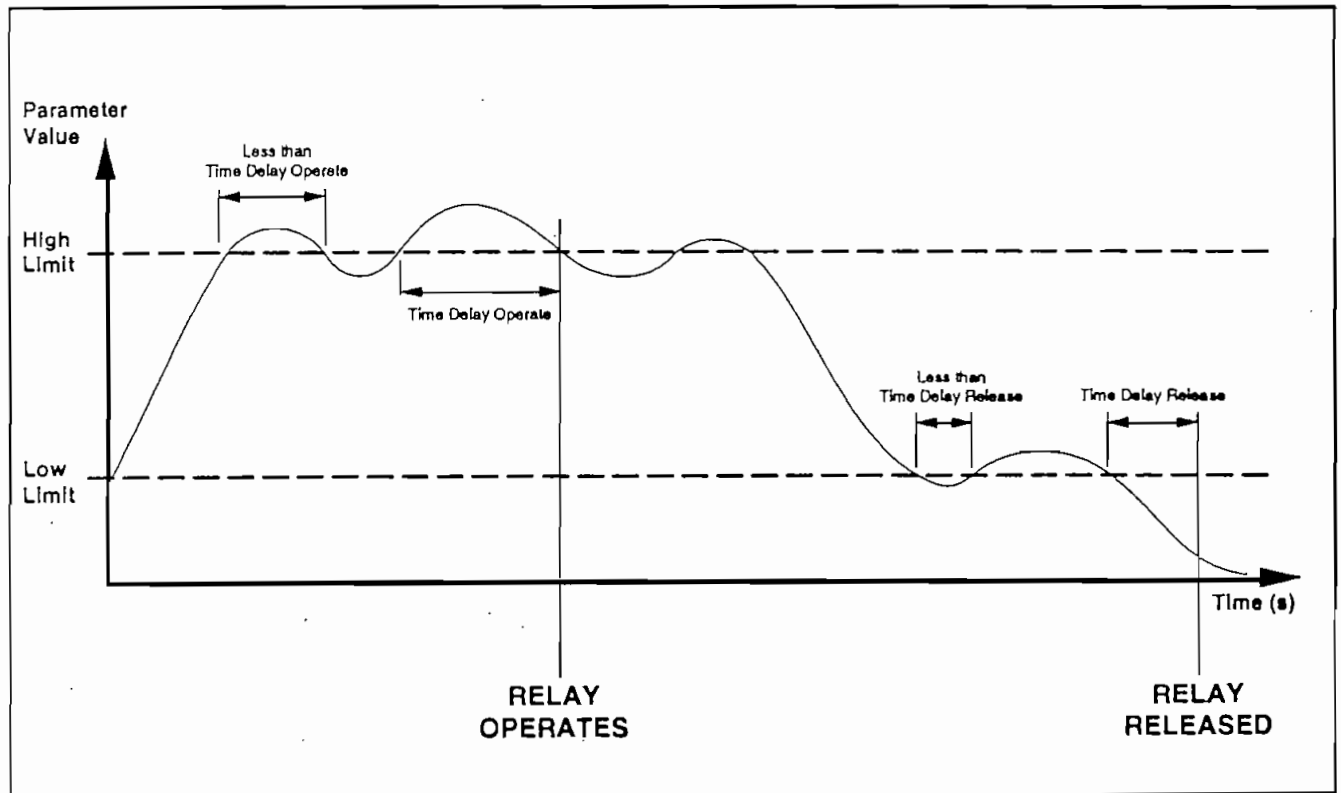


Figure 4.2.1 Over Setpoint Operation

### 4.3 UNDER SETPOINT

An under setpoint differs only in that the meanings of high limit and low limit are reversed. The setpoint becomes active when the parameter falls below the low limit for a number of seconds greater than the 'time delay operate' parameter (refer to Figure 4.3.1). The under setpoint becomes inactive when the parameter goes over the high limit for a number of seconds greater to the 'time delay release' parameter. Except for these differences the under and over setpoints are treated identically.

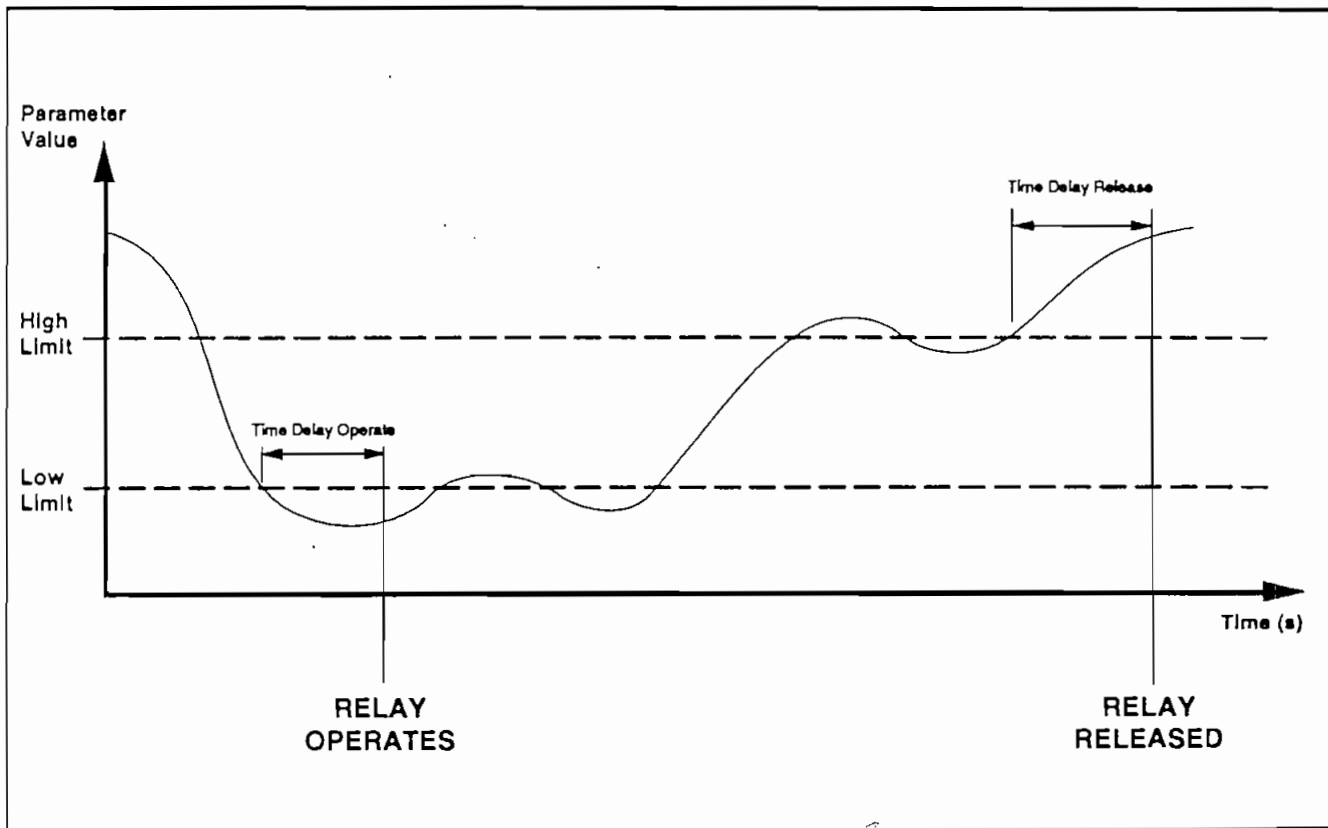


Figure 4.3.1 Under Setpoint Operation

## 4.4 APPLICATIONS

The 3710ACM currently supports 17 different setpoints simultaneously. These are numbered from 1 to 17. All the setpoints are accessible from the front panel. Figures 4.4.1a & b describe the parameters that the setpoints may monitor. Each relay may be used for any one of the following:

1. Trip Relay - to shunt trip a breaker.
2. Alarm Relay - to activate an alarm buzzer or light.
3. Control Relay - to control an external piece of equipment.
4. Remote Control Relay - to control an external piece of equipment via the communications port.
5. KWH Pulse Output Relay
6. KVARH Pulse Output Relay

Any relay (one of three) may be assigned to any of the setpoints. Multiple setpoints may be assigned to one relay. A relay will be activated if any of the setpoints controlling it become active. Any relay may also be used for KW Hour and KVAR Hour pulsing, so care must be taken that relays are not used in a conflicting fashion.

### [ CAUTION ]

The response time of the relays is 1 to 2 seconds, and up to 5 seconds after initial meter power up. The 3710 ACM should not be used for protective functions which require faster operation.

A battery-backed DC power supply should be considered for meters which do protective functions where response time is important.

## 4.5 PROGRAMMING SETPOINTS

Setpoints may be programmed by entering the 3710 ACM program mode, entering the correct password, then entering a non-zero number for the SETPOINT NUMBER parameter. The user may then step through and enter new values for all parameters associated with the selected setpoint.

### [ CAUTION ]

After the correct password has been entered in programming mode, no setpoint-controlled relay operation will occur until after the user has exited the programming mode. The 3710 ACM will then assess the status of each setpoint and perform any required operations.

It is recommended that setpoint utilization be planned using a *Setpoint Parameter Form*. This form contains the setpoint information that the user programs into the 3710 ACM. A copy of this information should be kept with the meter. Appendix B provides a blank Setpoint Parameter Form for this purpose. Figure 4.5.1 is an example of using a Setpoint Parameter Form to plan setpoint usage.

### EXAMPLE

Relay 1 is used as a trip relay, with over voltage, under voltage, voltage unbalance, and phase reversal trips enabled. The relay is connected to the breaker shunt trip input.

Relay 2 is used as an alarm relay to warn of loads which are over 70% of the breaker rating. Its output is connected to a buzzer.

Relay 3 is used as a KW demand control relay. The form contains all of the information required to program the 3710 ACM to perform the operations described above.

## SETPOINT TYPES

TYPE	DESCRIPTION
NOT USED	A setpoint which is not being used.
OVER VOLT	Over voltage (highest phase voltage).
UNDER VOLT	Under voltage (lowest phase voltage).
VOLTAGE UNBAL	% difference of most deviant phase voltage from the average.
OVER CURRENT	Over current (highest phase current).
CURRENT UNBAL	% difference of most deviant phase current from the average.
OVER KVA	Over KVA.
OVER KW FWD	Over KW Forward (Imported active power).
OVER KW REV	Over KW Reverse (Exported - feeding active power into utility grid).
OVER KVAR FWD	Over KVAR Forward (Imported reactive power).
OVER KVAR REV	Over KVAR Reverse (Exported - feeding reactive power into utility grid).
OVER KWD	Over KW demand.
OVER AMPD	Over amp demand.
OVER FREQUENCY	Over frequency.
UNDER FREQUENCY	Under frequency.
OVER VAUX	Over auxiliary voltage.
UNDER VAUX	Under auxiliary voltage.
PHASE REVERSAL	Phase reversal. Operates if the phase rotation does not match the programmed normal rotation. <b>NOTE:</b> If VOLTS MODE = SINGLE (2) or 3W-WYE (4), the PHASE REVERSAL setpoint <u>does not function</u> .
UNDER PF LAG	Under power factor lagging.
UNDER PF LEAD	Under power factor leading.
OVER I <sub>4</sub>	Over I <sub>4</sub> current.

Enter: Frequency x 10  
(ie. 60 Hz = 600) ✓

... continued

Figure 4.4.1a Setpoint Types - Part I

## SETPOINT TYPES (continued)

TYPE	DESCRIPTION
S1 INPUT OFF	Setpoint is active while Status Input #1 is in an OFF (INACTIVE) state.
S1 INPUT ON	Setpoint is active while Status Input #1 is in an ON (ACTIVE) state.
S2 INPUT OFF	Setpoint is active while Status Input #2 is in an OFF (INACTIVE) state.
S2 INPUT ON	Setpoint is active while Status Input #2 is in an ON (ACTIVE) state.
S3 INPUT OFF	Setpoint is active while Status Input #3 is in an OFF (INACTIVE) state.
S3 INPUT ON	Setpoint is active while Status Input #3 is in an ON (ACTIVE) state.
S4 INPUT OFF	Setpoint is active while Status Input #4 is in an OFF (INACTIVE) state.
S5 INPUT ON	Setpoint is active while Status Input #4 is in an ON (ACTIVE) state.
A STATUS INPUT OFF	Setpoint is active while ANY Status Input is in an OFF (INACTIVE) state.
A STATUS INPUT ON	Setpoint is active while ANY Status Input is in an ON (ACTIVE) state.

Figure 4.4.1b Setpoint Types - Part II

### SETPOINT PARAMETER FORM

SETPOINT	FUNCTION	HIGH LIMIT	TD OPERATE	LOW LIMIT	TD RELEASE	RELAY/FUNCTION
1	Over Volts	332	5	290	1	1 Trip
2	Under Volts	270	5	220	1	1 Trip
3	Volts unbal.	30%	5	10%	1	1 Trip
4	Phase Reversal	-	1	-	1	1 Trip
5	Not Used					
6	Not Used					
7	Over Amps	2100	10	2000	1	2 Alarm
8	Over Volts	300	10	290	1	2 Alarm
9	Under PF Lag	90	10	85	10	2 Alarm
10	Under PF Lead	90	10	85	10	2 Alarm
11	Over KWD	1200	10	900	10	3 Demand control
.						
.						

Figure 4.5.1 Setpoint Parameter Form Example

## 4.6 POWER OUTAGES

When the power feed to the 3710 ACM is interrupted, even momentarily, the output relays will release.

When power is restored, the 3710 ACM will allow a 3 second settling time, then the setpoint conditions will be re-evaluated, and, if appropriate, the relays will operate after the programmed time delays.

If any relay has been forced operated or forced released via the communications port, it will be released and then resume normal setpoint operation after a power outage.

## 6. COMMUNICATIONS

### 6.1 GENERAL

The 3710 ACM and all PML remote instrumentation are available in models equipped with a communication card, allowing data transfer between the remote device and other systems. The 3710 ACM supports both the RS-232C and RS-485 standards.

The 3710 ACM is fully compatible with PML's PC-based M-SCADA and PowerView software. The 3710 ACM has been designed using an open communications protocol, allowing third party systems to access 3710 ACM measured data and control parameters. Full protocol documentation is available from PML. Direct Modicon Modbus and Allen-Bradley PLC-2 compatibility is also offered as an option.

### 6.2 RS-232C DIRECT & MODEM COMMUNICATION

#### DIRECT CONNECTION

RS-232C communication is used for direct connection between the host computer and a *single* remote device (distance less than 50 feet). Chapter 2 provides a wiring diagram for direct RS-232C connection.

#### MODEM CONNECTION

Connection using *modems* via the telephone network is also possible. When using a modem, it is important that the following two additional connections be made at the modem (DB25S connector) end of the cable.

- a) Modem pin 4 must be jumpered to modem pin 5.
- b) Modem pin 6 must be jumpered to modem pin 20.

#### USING THE RTS LINE

PML's M-SCADA or PowerView systems do not typically require the RTS line when using RS-232C communication mode; however, the RTS line is

operational and can be used if required by any hardware device connected to the 3710 ACM.

The RTS signal is asserted at least 11 milliseconds before the beginning of a transmission, and remains asserted throughout the transmission.

A programmable parameter allows the RTS assertion voltage logic to be set. The parameter is called RTS ACTIVE LVL. Using this parameter, the user may choose whether the RTS line is asserted HIGH or LOW while the meter is transmitting.

### 6.3 RS-485 COMMUNICATION

RS-485 communication can be used to concurrently connect up to thirty-two remote devices to one host computer, each given a unique UNIT I.D. In this way, each remote device may be monitored and controlled from one location by a single computer.

The total distance limitation for RS-485 communication is 4000 feet using 22 gauge twisted pair shielded cable. Refer to the chapter on Installation for connection diagrams.

#### [ CAUTION ]

It is important that the shield of each leg of RS-485 cable be grounded at one end only.

### 6.4 SETTING THE UNIT I.D. & BAUD RATE

Before communication with the host computer is possible, the user must program the communication parameters of the remote device.

The UNIT I.D. and BAUD RATE parameters of each device must be programmed via the front panel. The UNIT I.D. must be set to a unique value (see description of RS-485 communication below). The BAUD RATE of the device must be set to correspond with the baud rate selected for the computer.

The communication card can be optionally configured as RS-485 or RS-232C. The COMM. MODE can be

read from the front panel in programming mode. The COMM. MODE (communication mode) of the device is set by the jumper position on the communications card, as explained in Chapter 2 of this manual.

## 6.5 M-SCADA & POWERVIEW

A host computer, consisting of an IBM PC-AT/286/386 (or compatible) running PML's M-SCADA or IBM PC-XT/286/386 running PML's PowerView software, may communicate with one or more PML remote devices. This PC-based software allows a user to remotely monitor and control either a single remote device, or a number of devices connected together through a common communications network.

M-SCADA and PowerView will display all data normally provided through the front panel display of each device. The user may also remotely program any set-up parameter(s) of a selected device.

### [ WARNING ]

When using a modem interface between the host computer and any remote device(s), the user must ensure that M-SCADA or PowerView are not used to set the BAUD RATE parameter of any selected device outside the working range of the modem. Doing so will cause that meter to cease communicating.

Re-establishment of communication with that meter is then only possible through performing the following two steps:

- a) Reset the baud rate of the remote device from its front panel to a value within the working range of the modem.
- b) Set M-SCADA/PowerView to communicate at the baud rate the remote device has been set to communicate at.

Beyond the functions described above, the communications port provides the user with access to extended features of the 3710 ACM not available from the device's front panel, using PML's M-SCADA or PowerView, or a third party system. These include:

- a) **WAVEFORM CAPTURE.** Waveform capture capabilities are a standard feature of the 3710 ACM. Using M-SCADA, the user can upload and display the waveform data digitally sampled at each of the 3710 ACM voltage and current inputs, derive discrete frequency components to the 63rd harmonic, and provide individual and total harmonic distortion values. Waveforms for all voltage and current phases can be displayed on the computer screen simultaneously, while harmonic magnitudes are presented both graphically as a histogram, and in tabular form.
 

Waveform capture data is also available via the communications port to any third party system.
- b) **EVENT LOG.** The contents of the device's Event Log can be displayed on the computer screen. The Event Log contains activity information about the device, including setpoint alarm activity, relay activity, status input activity, and activity that has changed the device's set-up parameters.
- c) **SNAPSHOT LOG.** The contents of the device's Snapshot Log can be displayed on the computer screen. The Snapshot Log contains voltage, current, and power values which are recorded and stored at user-defined time intervals.
- d) **MIN/MAX LOG.** The contents of the device's Min/Max Log can be displayed on the computer screen. The Min/Max Log records the extreme values for voltages, currents, and power. The times at which these values occurred are also recorded.
- e) **STATUS SCREEN.** The computer can display the status of the device's three on-board relays, four status inputs, and all active setpoints. A counter total of Status Input #1 (S1) is also maintained.
- f) **MANUAL RELAY CONTROL.** The relays of a selected device can be manually operated or released by the user from the computer.

Detailed descriptions of communication and control using M-SCADA or PowerView is presented in their associated product descriptions and manuals.



## 7. TROUBLESHOOTING

### 7.1 DESCRIPTION

A number of problems can cause the 3710 ACM not to function properly. This section lists a number of symptoms, and explains how to correct them.

#### 1. If the display does not operate:

- a) check that there is at least 110 volts available to the power supply (L and N connections on the terminal strip).
- b) confirm that the G terminal is connected directly to ground.
- c) turn the power off for 10 seconds.

#### 2. If the voltage or current readings are incorrect:

- a) check that the voltage mode is properly set for the given wiring.
- b) check that the voltage and current scales are properly set.
- c) make sure the G terminal is properly grounded.
- d) check the quality of the CT's and PT's being used.
- e) make the following voltage tests:
  - i) V1, V2, V3 to G should be 120 VAC (for the standard voltage input option). This will be dependent on the voltage input option installed (ie. -277, -347).
  - ii) G to switchgear earth ground should be 0 V.

#### 3. If the KW or power factor readings are incorrect but voltage and current readings are okay:

- a) make sure that the phase relationship between voltage and current inputs is correct by comparing the wiring with the appropriate wiring diagram.

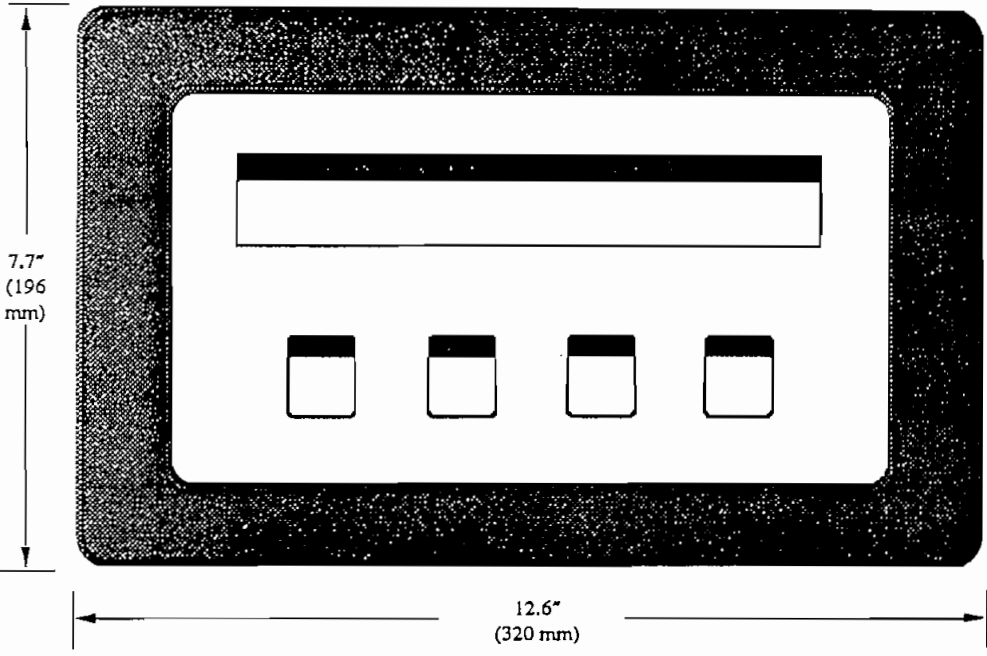
#### 4. If RS-232 or RS-485 communication does not work:

- a) check that the baud rate of the PC host is the same as that of the 3710 ACM.
- b) the communications mode (RS-232 or RS-485) set by the jumper on the communications card is correct for the given installation (see Section 2.11).
- c) if modems are not being used, a null modem or null modem cable must be used between the 3710 ACM and the PC host.
- d) power the 3710 ACM and the PC host down, and then try again.
- e) the number of data bits should be 8, with one stop bit and no parity.

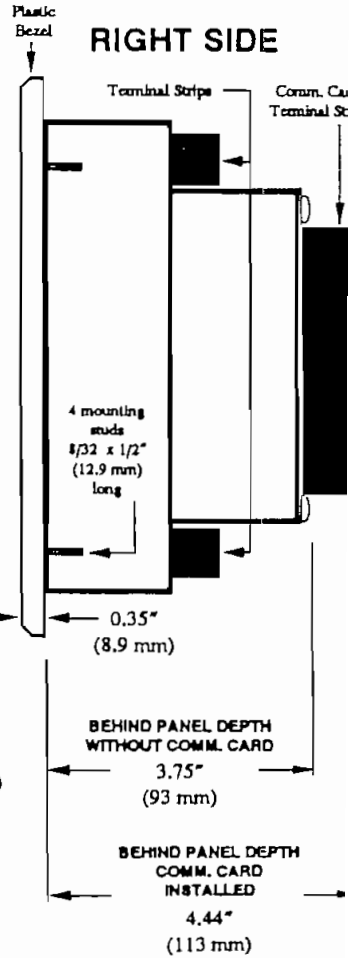
# APPENDIX A

## 3710 ACM MECHANICAL DIMENSIONS 3710 ACM MOUNTING

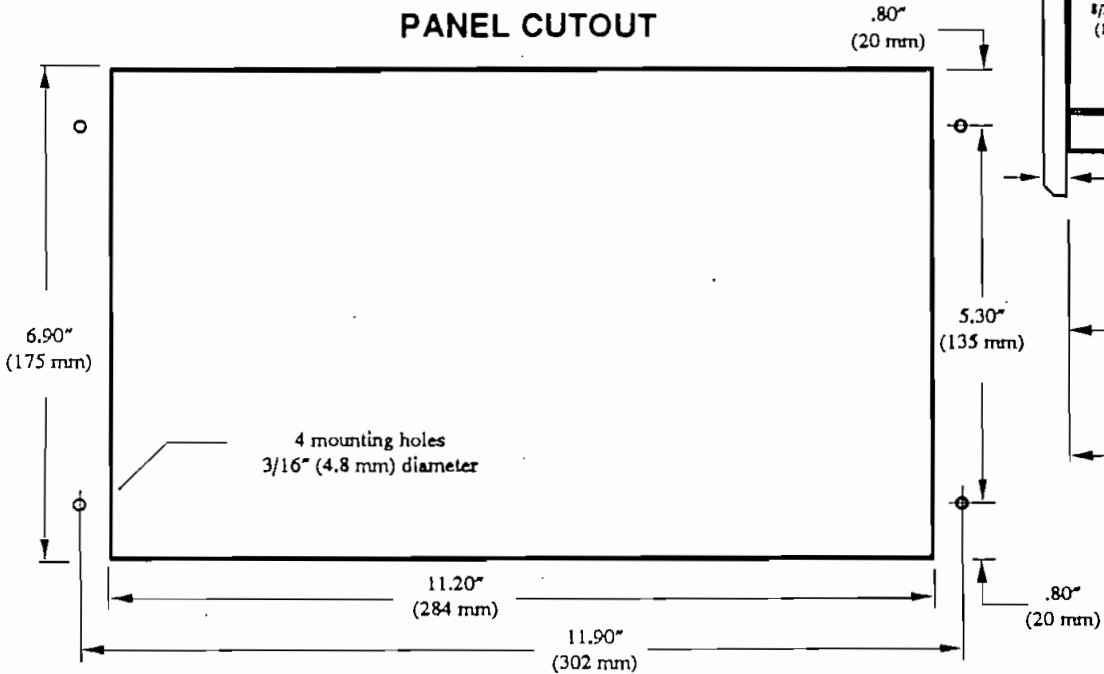
### FRONT PANEL



### RIGHT SIDE

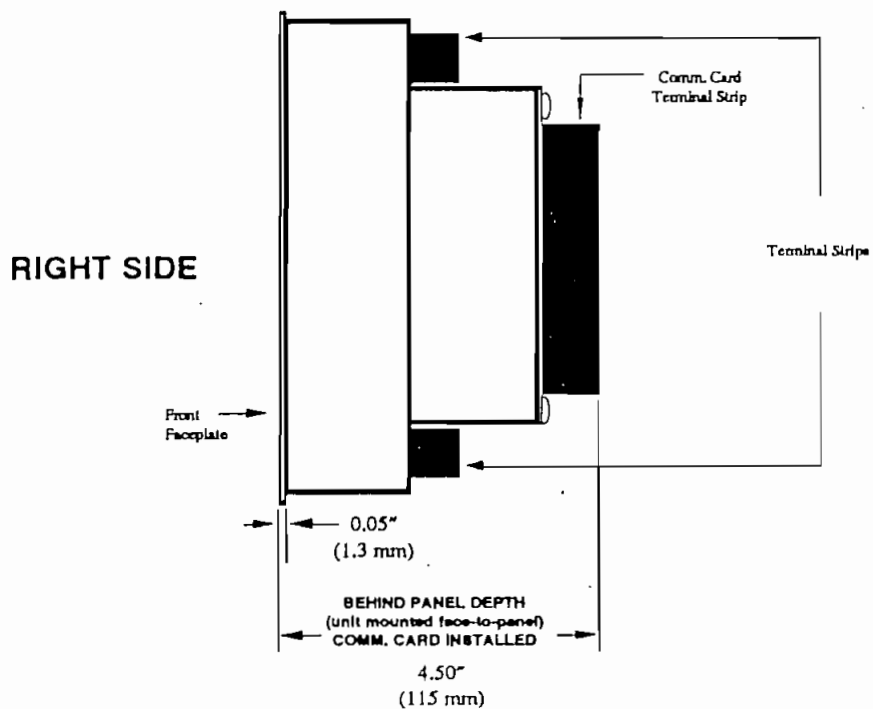
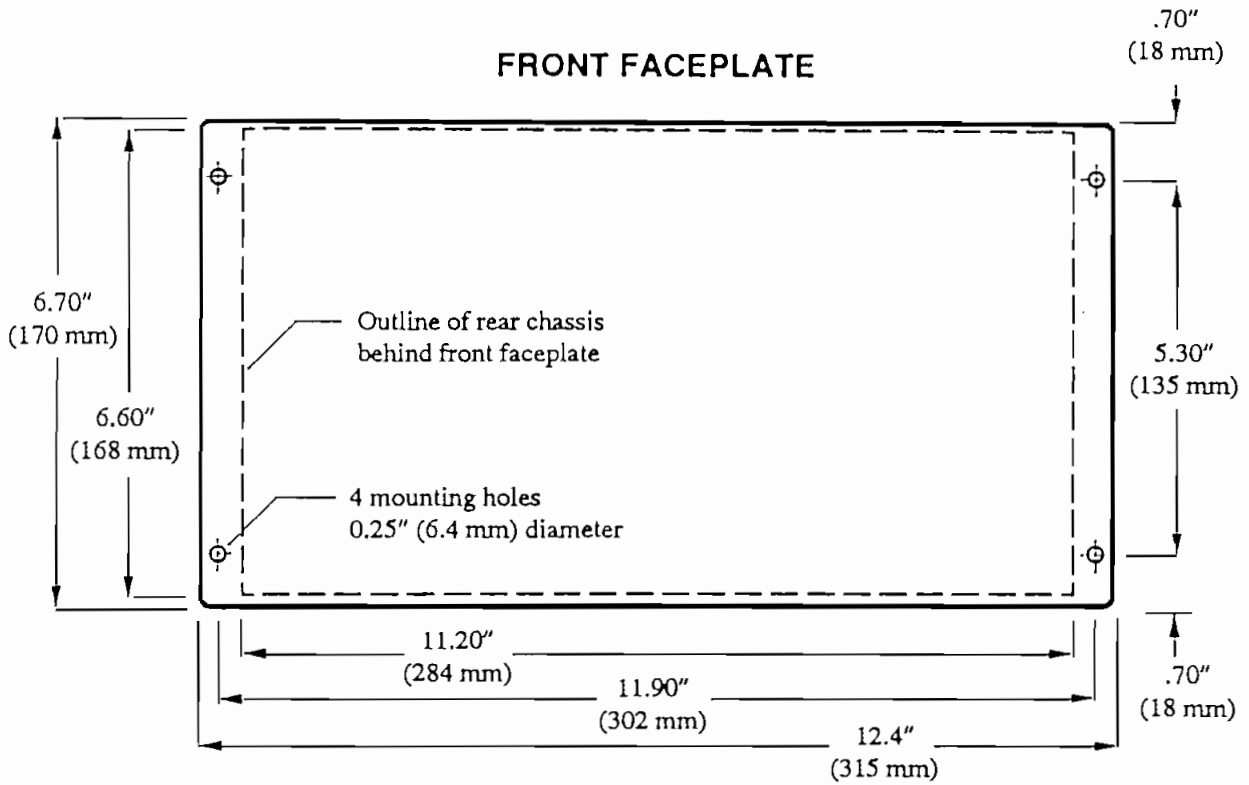


### PANEL CUTOUT



## APPENDIX A

### 3710 ACM MECHANICAL DIMENSIONS 3710 ACM-TRAN MOUNTING





# POWERVIEW

VERSION 4.0

## INSTALLATION AND OPERATION MANUAL

Written by:

David W. Giles  
Robert Lee  
Bradford Forth

Layout:

T. W. Tobin

August 15, 1991

© PML 1991  
All Rights Reserved



**POWER  
MEASUREMENT  
LTD.**

POWER MEASUREMENT LTD.  
6703 RAJPUR PLACE, VICTORIA, B.C., CANADA V8X 3X1  
TEL: 604-652-5118 FAX: 604-652-0411

POWER MEASUREMENT LTD. (EUROPE)  
AVENUE DES GAULOIS 15, 1040 BRUSSELS, BELGIUM  
TEL: 32-2-732-5850 FAX: 32-2-732-6344

## 3. INSTALLATION

This chapter provides detailed information regarding installation of the PowerView hardware and software.

The installation procedure is divided into two phases. The first phase covers installation of the hardware used to implement the PowerView communications subsystem between the computer (PowerView computer) and the PML remote devices. The second phase covers installation of the PowerView system software at the PowerView computer.

### 3.1 INSTALLATION OF THE POWERVIEW COMMUNICATIONS HARDWARE

Prior to reading the information given below, it is recommended that the reader become familiar with the information contained in Appendix A. Appendix A contains an Engineering Application Note that gives an overview of the RS-232C and RS-485 electrical standards and their bearing on the communication links between the PowerView computer and each site. In addition, this note explains the benefits and limitations of the RS-232C and RS-485 standards.

The following sub-sections cover the most common methods of connection between the PowerView computer computer and the devices at each site. These methods are:

- 3.1.1) Connection to a single remote device via RS-232C.
- 3.1.2) Connection to multiple remote devices via RS-485.
- 3.1.3) Connection to single remote device sites via MODEMs.
- 3.1.4) Connection to multiple remote device sites via MODEMs.
- 3.1.5) Connection to remote sites using other methods (fiber optic, radio, microwave, etc.)

(...see over)

### 3.1.1 CONNECTION TO A SINGLE REMOTE DEVICE VIA RS-232C

This section provides the information necessary to connect the computer to a single remote device via an RS-232C communications link.

To install an RS-232C communications link, both the PowerView computer and the remote device must be equipped with an RS-232C communications port.

#### CAUTION

Before connecting any communications cables, confirm that each device is equipped with an RS-232C communications port, and the port has been configured for RS-232C operation (if the port configuration is switchable). Refer to the model and option numbers on the rear of the device. Appendix B gives a cross reference of device models and options, and their associated features. Check the Operation Manual for the device to determine correct configuration of the port.

To implement an RS-232C communications link, a three conductor RS-232C cable is required between the computer's RS-232C serial port and the serial port of the device to be communicated with. If you wish to assemble the RS-232C cable yourself, the cable pin

assignments are given below. Alternatively, pre-assembled RS-232C cables can be ordered from Power Measurement Ltd.

To install the RS-232C cable, connect one end of the RS-232C cable to the desired serial port at the back of the PowerView computer. The three conductors at the other end of the cable are then inserted into the appropriate communications connection points located on the remote device. The three connection lines are as follows (refer to figure 3.1.1):

- 1) Computer DB-25P pin 2 (computer Tx ) goes to device RXD.
- 2) Computer DB-25P pin 3 (computer Rx ) goes to device TXD.
- 3) Computer DB-25P pin 7 (computer GND) goes to device GND.

In addition, install two jumpers at the computer end:

- 4) Computer DB-25P pin 4 is jumpered to computer pin 5.
- 5) Computer DB-25P pin 6 is jumpered to computer pin 20.

#### NOTE

The RS-232C communications link described above allows only one device to be connected to each computer serial port.

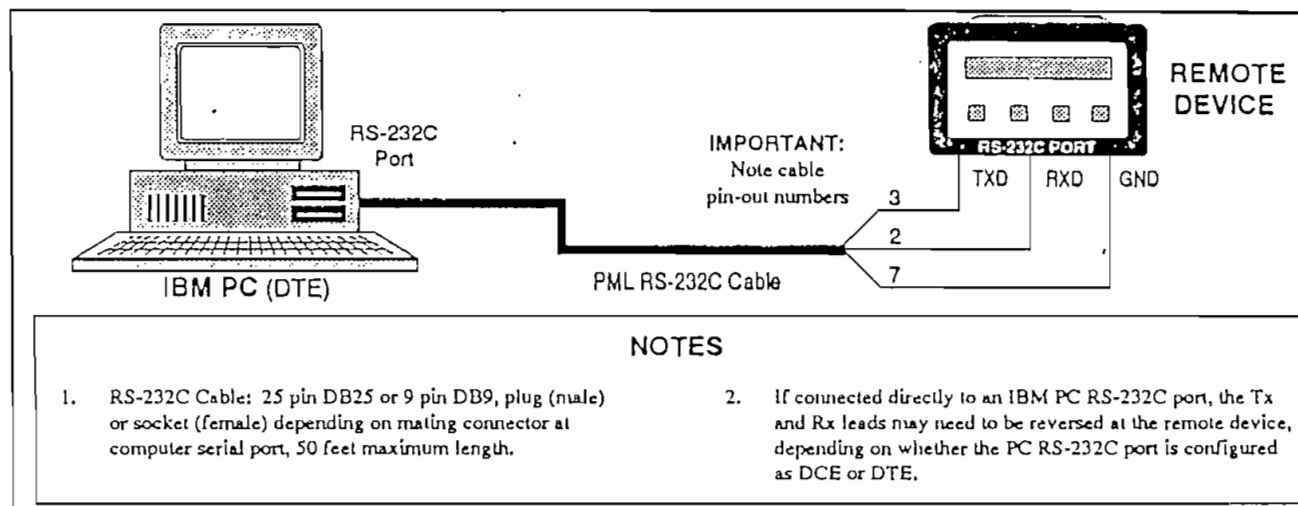


Figure 3.1.1 Connection to a Single Remote Device via RS-232C

### 3.1.2 CONNECTION TO MULTIPLE REMOTE DEVICES VIA RS-485

This section provides the information necessary to connect the PowerView computer to multiple remote devices via an RS-485 communications link.

An RS-485 communications link permits many remote devices to be networked together on a two-wire twisted-pair *local area network* or LAN. Up to 32 devices can be connected to the RS-485 LAN. The computer can access information from any of the 32 devices connected to the LAN.

To implement an RS-485 communications link, the PowerView computer must be equipped with either an internal RS-485 communications card or an RS-232C serial port and an external RS-232C to RS-485 converter. The PML COM32<sup>TM</sup> Converter can be used for this purpose. Each remote device to be connected to the RS-485 LAN must be equipped with an RS-485 communications port. The communications cable required to connect the PowerView computer to each of the remote devices consists of a shielded two conductor twisted pair cable.

#### CAUTIONS

1. Before connecting any communications cables, confirm that every remote device is equipped with an RS-485 communications port, and the port has been configured for RS-485 operation (if the port configuration is switchable). Refer to the model and option numbers on the rear of the device. Appendix B gives a cross reference of device models and options, and their associated features. Check the Operation Manual for the device to determine correct configuration of the port.
2. Never connect an RS-232C equipped device to the DATA+ or DATA- lines of an RS-485 equipped communication system. Doing so will damage the RS-485 driver circuits of every device within the site.
3. RS-232C to RS-485 converters such as PML's COM32<sup>TM</sup> must always be used between devices that use different communication standards.



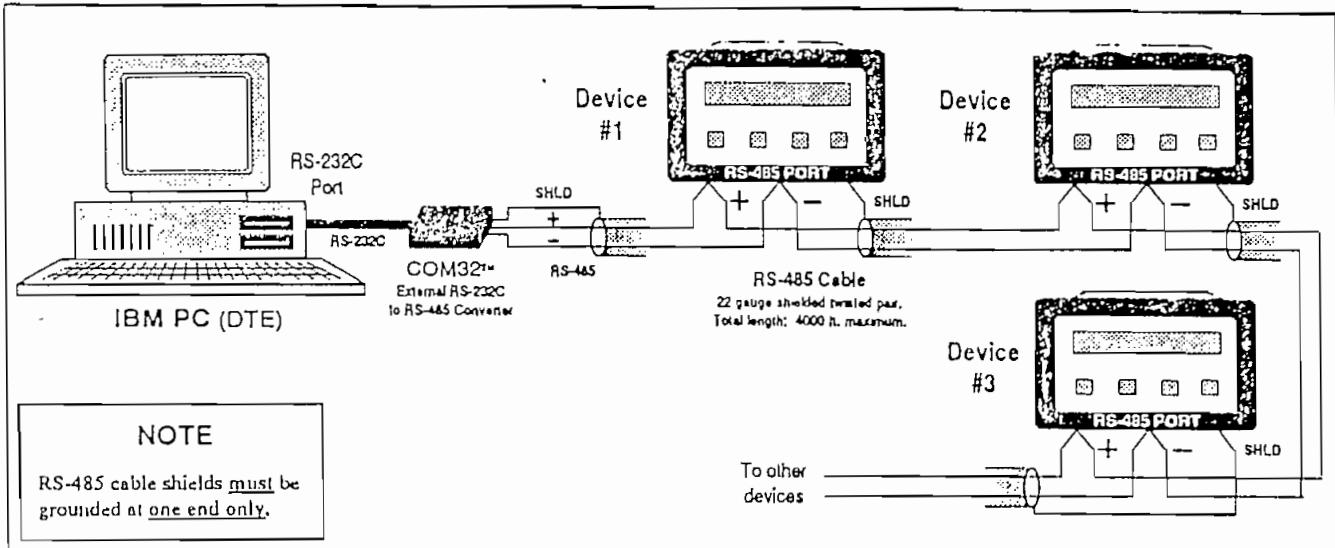


Figure 3.1.2a RS-485 Communications Connections - External Converter

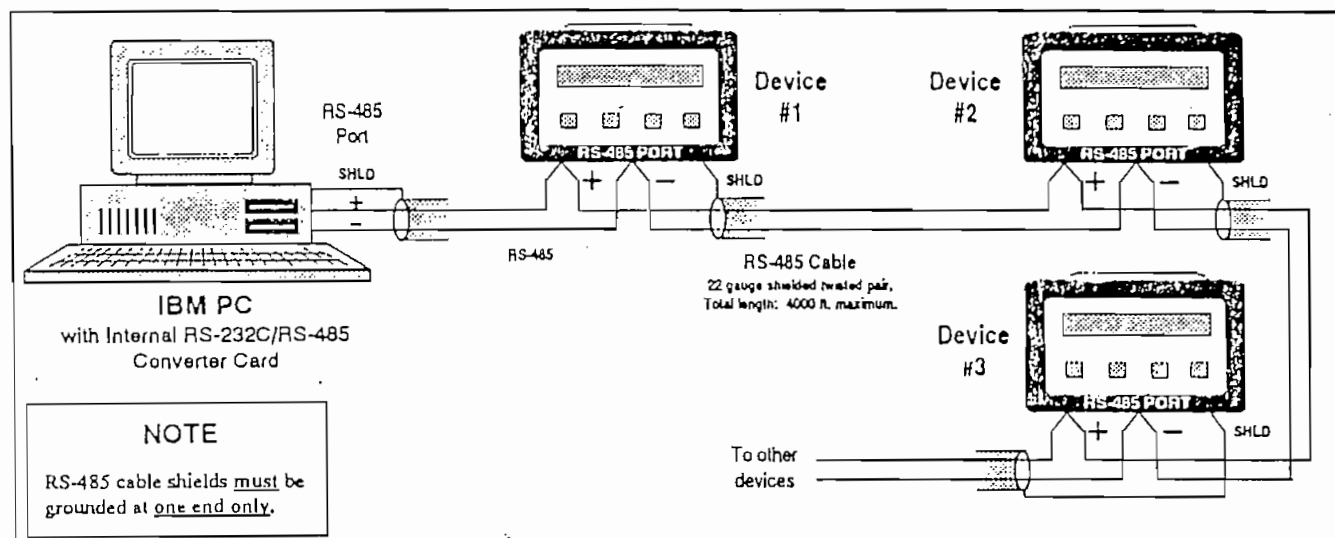


Figure 3.1.2b RS-485 Communications Connections - Internal Converter

If the PowerView computer uses an RS-232C serial port in conjunction with an external RS-232C to RS-485 converter, then install a 25-conductor RS-232C cable from the desired serial port at the back of the PowerView computer to the RS-232C input on an RS-232C to RS-485 converter device. The DATA+ and DATA- lines on the output of the RS-485 converter are then connected to the DATA+ and DATA- inputs on each device via a shielded two-wire twisted pair cable as shown in Figure 3.1.2a.

If the PowerView computer uses an internal RS-485 card, then simply connect the two wire twisted pair cable as shown in Figure 3.1.2b.

## 3.2 INSTALLATION OF THE POWERVIEW SYSTEM SOFTWARE

### 3.2.1 CONTENTS OF THE POWERVIEW SOFTWARE PACKAGE

Upon receipt of the PowerView software package, it is important to check its contents to ensure that you have received the necessary items. Your package should contain:

- 1) A *PowerView Installation and Operation Manual*.
- 2) The PowerView system diskette.

Should any of the above items be missing, contact Power Measurement Ltd immediately and report the missing items.

Telephone: (604) 652-5118  
FAX: (604) 652-0411

### 3.2.2 CREATING A BACKUP COPY OF POWERVIEW

Before using PowerView, create a backup of the software by copying the entire contents of the PowerView diskette onto backup diskette. Store the original diskette in a safe place and use only the backup copy to run PowerView.

### 3.2.3 INSTALLING POWERVIEW ONTO A HARD DRIVE

PowerView is designed to run either from the floppy disk it comes on, or from a hard disk drive, onto which it can be copied.

If you wish to run PowerView from the floppy disk, proceed to Chapter 4 for instructions on starting and running PowerView.

If you wish to run PowerView from the hard drive of your computer, first perform the following steps to install PowerView onto the hard drive:

- a) Create a directory called PV on your hard disk. You may select any drive to create the directory on (C:, D:, etc.). The following instruction set creates the directory on the C: drive:

```
C:      <Enter>
CD \    <Enter>
MD PV   <Enter>
```

- b) Insert the PowerView program diskette into the A: drive of your computer and copy the entire contents of the disk into the PV directory on your hard disk. The following instruction assumes that the PV directory was created on your C: drive. If this is not the case, replace C: with the appropriate drive designation.

```
COPY A:*.* C:\PV <Enter>
```

- c) Check that the PV directory on your hard disk contains the following files:

#### PV.EXE

This is the PowerView program.

#### PASSWORD.CFG

This is the PowerView password and setup file. This file must be present to allow any protected functions to be performed such as: changes to remote device parameters, or relay control commands. This file also allows communications setups to be saved. Chapter 4 describes this in more detail.

PowerView has now been installed on your hard disk. Refer to Chapter 4 for instructions on starting up and using the PowerView program.

## 4. USING POWERVIEW

This chapter provides general instructions on starting the PowerView program, establishing communications with a remote device, using the PowerView menu system, and using the on-screen help feature.

### 4.1 POWERVIEW STARTUP

#### 4.1.1 TO RUN POWERVIEW FROM THE HARD DRIVE

If the user has performed the hard drive installation procedure given in Section 3.2.3, PowerView may be run from the hard drive by entering the following commands:

```
CD \PV <Enter>  
PV <Enter>
```

After a moment, the PowerView TITLE screen will appear on the monitor (see Figure 4.1.1), followed by the PowerView CONNECTION screen. Follow the instructions provided in Section 4.2 for establishing communications with a remote device.

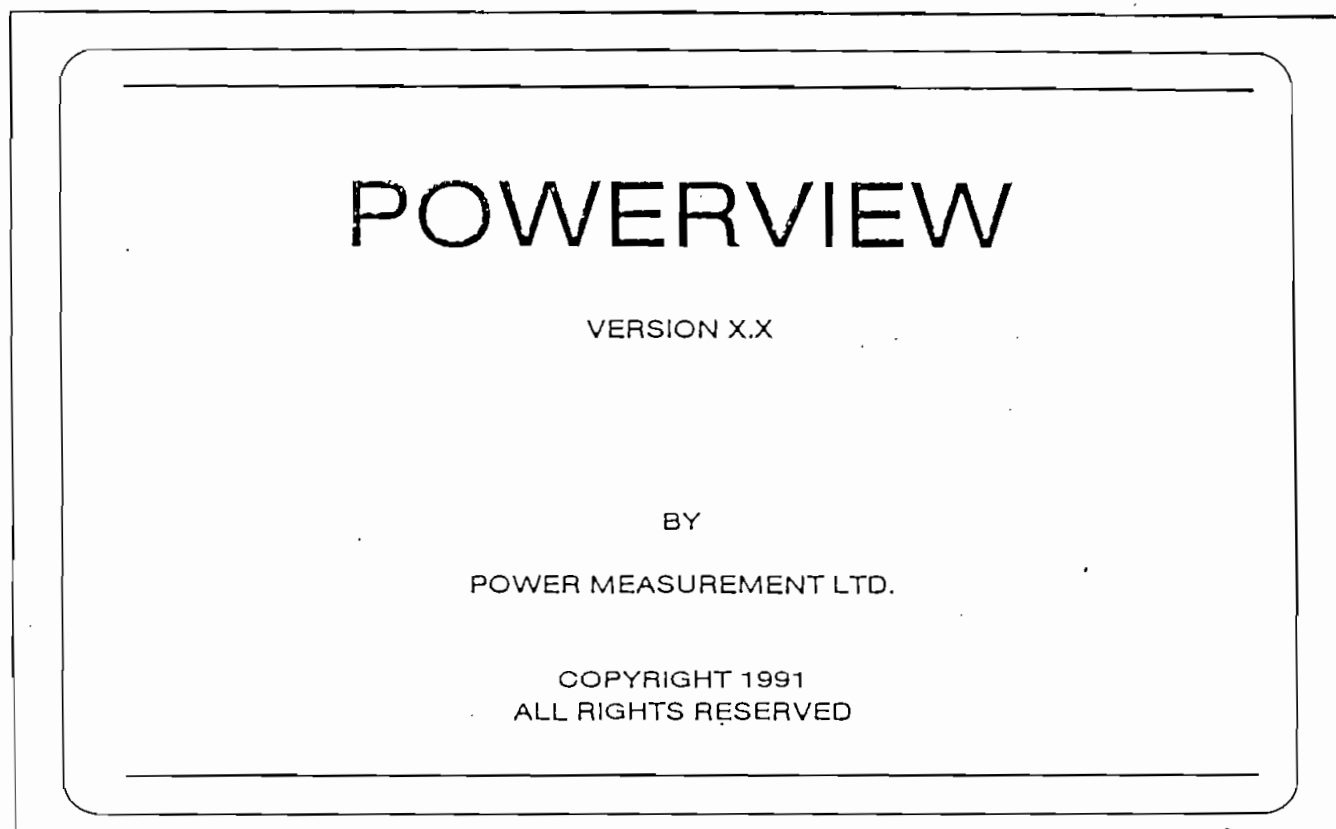


Figure 4.1.1 PowerView TITLE SCREEN

### 4.1.2 TO RUN POWERVIEW FROM THE FLOPPY DISKETTE

If the user wishes to run PowerView from the floppy diskette, enter the following commands:

```
A: <Enter>
PV <Enter>
```

After a moment, the TITLE screen will appear on the monitor (see Figure 4.1.1), followed by the CONNECTION screen. Follow the instructions provided in Section 4.2 for establishing communications with a remote device.

#### NOTE

The floppy diskette used to run PowerView must not be write protected, since PowerView saves the last CONNECTION screen data entered by the user, and the PowerView PASSWORD to the currently selected drive when the user exits to DOS.

### 4.1.3 POSSIBLE ERRORS ON STARTUP

If the system operator experiences difficulty starting the PowerView program, re-check each of the steps in Sections 3.2.3, 4.1.1 or 4.1.2 to ensure they have been performed correctly. If difficulties persist, contact Power Measurement Ltd. for assistance.

## 4.2 ESTABLISHING CONNECTION WITH A REMOTE DEVICE

### CONNECTION SCREEN

The CONNECTION screen (Figure 4.2.1), which appears following the TITLE screen on power-up, is used to establish communications between the computer and a remote device.

This CONNECTION screen may be displayed at any time by returning to the MAIN MENU (by pressing the Esc key), positioning the cursor onto the CONNECT option and pressing the <Enter> key. The user may, alternately, press F6 to directly display this screen directly.

### ESTABLISHING COMMUNICATIONS

The user is required to enter information into six data fields prior to establishing communications (ie. connecting) with a remote device.

The flashing data field indicates the present cursor position. The arrow keys are used to move the cursor to any data field on the CONNECTION screen. A help line at the bottom of the screen indicates the options available for each field.

The following fields on the CONNECTION screen require information to be entered by the operator prior to connecting with the device.

- a) **SITE ID.** This field indicates the location of the remote device(s).

To change the SITE ID field, position the cursor onto the field, type any alphanumeric site name (up to 10 characters) and press the <Enter> key.

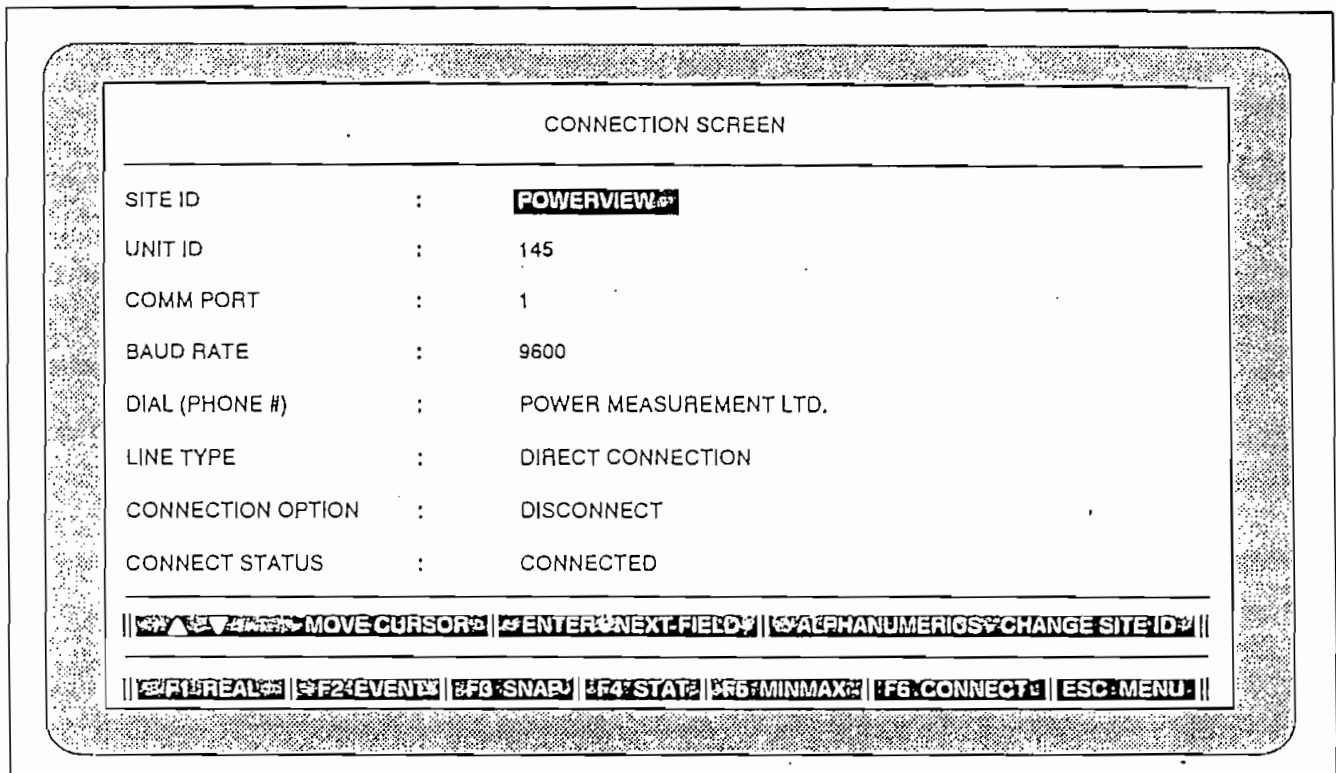


Figure 4.2.1 CONNECTION Screen

- b) **UNIT ID.** This field specifies which remote device PowerView is to establish communications with.

Each remote device has its own 4 digit UNIT ID that can be viewed or changed from the device's front panel. The number entered into this data field must be set to the UNIT ID of the remote device whose data you wish to display. The UNIT ID must be set before communications can be established with that device.

To change the UNIT ID field, position the cursor, enter a four digit number and press the <ENTER> key.

- c) **COMM PORT.** This field identifies which of the computer's serial ports is connected to the remote device. Position the cursor onto the PORT field and press the plus or minus ("+" or "-") keys to select the serial port which will be used for communication to that site (COM1 or COM2).
- d) **BAUD RATE.** Position the cursor onto the BAUD field and press the plus or minus keys to select the baud rate of the serial port. PowerView supports 300, 1200, 2400, 4800, 9600, and 19.2K baud rates.

### IMPORTANT NOTE

When setting the BAUD RATE parameter, the system operator must ensure that all modems and devices connected to the assigned serial port have also been configured to operate at the same baud rate.

- e) **DIAL (PHONE #).** This field is used only when PowerView is communicating with a remote device via telephone modems. To change this parameter field, type the telephone number of the destination site and press <Enter>.

Examples of valid telephone number are:

- |                |   |
|----------------|---|
| 123-4567       | Regular seven digit number.   |
| 1-604-652-5118 | Number with long distance prefix and area code.   |
| 16046525118    | Numbers can be entered without dashes (using no spaces).                                  |
| 9,652-5118     | Commas can be used to insert a time delay (approx. 3 sec.) between the dialing of digits. |

- f) **LINE TYPE.** This field determines the type of connection to be established between PowerView and the remote device. Pressing the plus (+) or minus (-) keys will select the LINE TYPE. There are three valid line types:

- 1) **DIRECT CONNECT.** If the site is connected to the computer via a dedicated RS-232C or RS-485 communication link, then choose the DIRECT CONNECT option.

If the site is only accessible via the telephone network using a modem, then choose either the TOUCH (touch-tone) or PULSE line type option, depending on the type of phone line dialing system being used.

- 2) **MODEM (TOUCH TONE)** Used when the computer is connected to a remote device via a TOUCH TONE telephone modem.
- 3) **MODEM (PULSE).** Used when the computer is connected to a remote device via a PULSE telephone modem.

... continued

**NOTE**

If either MODEM option is selected, PowerView will configure the connected modem using a set of default commands. These commands assume that a standard Hayes modem is being used.

If you are using a modem which requires a different command set to configure it, refer to Appendix A for instructions on creating a special MODEM.CFG file for PowerView to use.

**CONNECTING WITH THE REMOTE DEVICE**

Once the six data fields described above have been configured, the CONNECT OPTION field is used to invoke the connection procedure. When invoked, PowerView will attempt to establish communications with the remote device specified in the UNIT ID field.

To initiate the connection procedure, position the cursor over the CONNECT OPTION field and press the <Enter> key.

The CONNECT STATUS field will indicate if a connection to the device was successful. The following status messages will be indicated in the CONNECT STATUS field, depending on the present status of communications:

- a) **Connecting Directly.** When using the DIRECT CONNECT line type, PowerView will display the message:

ATTEMPTING CONNECTION ...

When PowerView establishes communication with the specified unit, the CONNECT STATUS field will display:

DIRECT CONNECTION ESTABLISHED

and the entry in the CONNECT OPTION field will change to:

DISCONNECT

to allow disconnection, if desired.

When connection cannot be made, PowerView will display:

CONNECTION FAILURE

If this occurs, there is a problem that is preventing communications from being established. Determine and correct the problem and retry connection by pressing the <Enter> key again while on the flashing CONNECT OPTION field. Appendix E provides troubleshooting information in case of difficulty.

- b) **Connecting via Telephone Modem.** When using either of the two modem line types, PowerView will display the message:

DIALING

while dialing the telephone number entered in the DIAL (PHONE #) field.

When PowerView establishes communication with the destination site, PowerView will display:

MODEM CONNECTED ... Unit responding.

and the CONNECT OPTION will change to:

DISCONNECT

to allow disconnection, if desired.

If a connection cannot be made, then one of the following messages will be displayed:

MODEM CONNECTED ... Unit not responding.

MODEM NOT RESPONDING

NO CARRIER PRESENT

LINE BUSY

COMMAND ABORTED

MODEM ERROR

Appendix E lists possible causes for the above difficulties.

### 4.3 THE POWERVIEW MENU SYSTEM

PowerView is an easy-to-learn and simple-to-use software package incorporating a very powerful *menu-driven* operator interface. The MAIN MENU is illustrated in Figure 4.4.1. This menu can be displayed at any time by pressing the <Esc> key.

**NOTE**

The PowerView MAIN MENU will not be made available to the operator if the PASSWORD.CFG file is missing from the PV directory on disk. Instead, the operator may only use the function keys F1 to F6 to connect with remote devices and view device data. The <Esc> key, in this case, is used to escape to DOS.

Any screen or function option can be accessed by using the arrow (cursor) keys. To select the option, position the highlighted cursor over the desired name,

then press the <Enter> key. Each time a menu item is selected, the information requested will be displayed or the selected function will be performed.

After selecting a menu option, the system operator can always return to the MAIN MENU by pressing the <Esc> key.

#### HELP/MESSAGE LINE

The PowerView system provides a HELP/MESSAGE line at the bottom of every screen, which serves two important purposes:

- a) While any menu or screen is being displayed, a HELP line is shown at the bottom indicating which keyboard keys are active on the present screen. (Note: A quick keyboard reference for the PowerView system is also given in Appendix C).
- b) A MESSAGE line is used to display system status messages to the operator. Examples of system status messages include password prompts, modem connection status messages and system error messages.

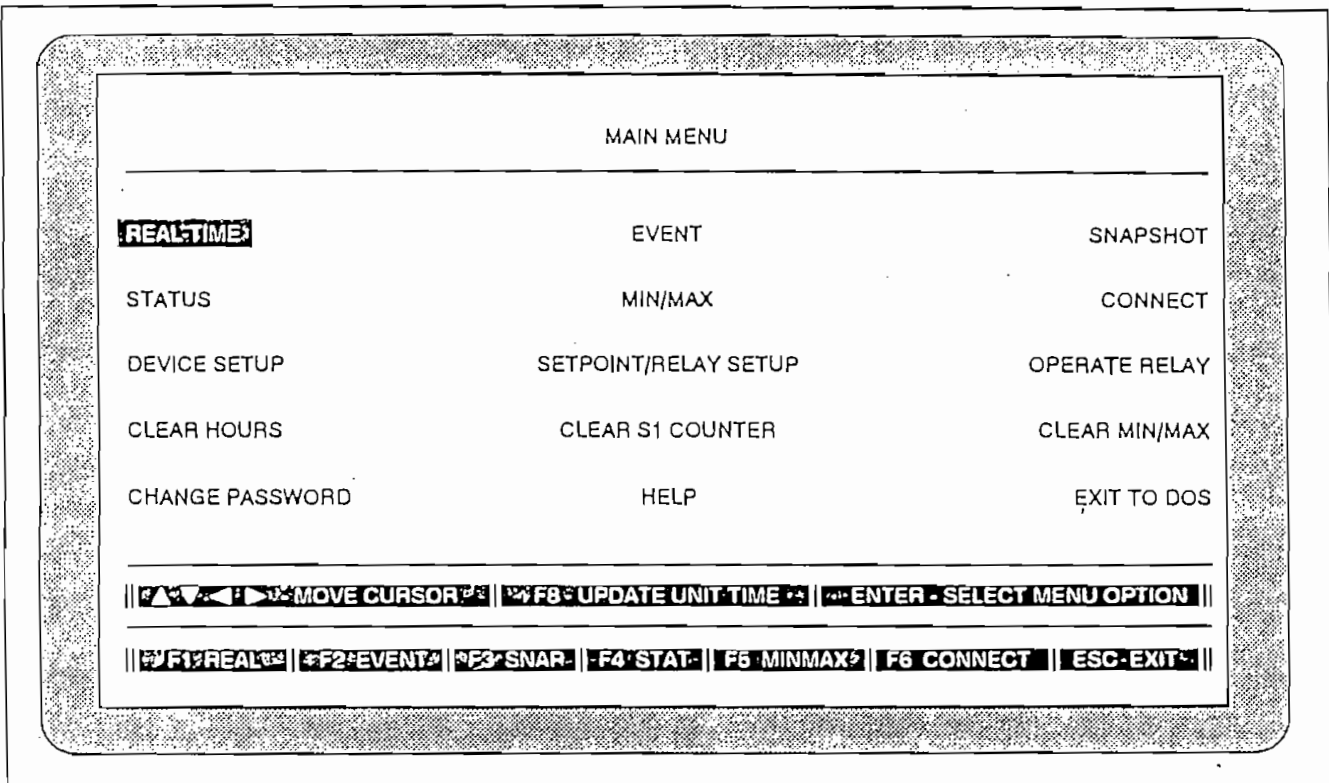


Figure 4.3.1 MAIN MENU Screen



## SCREENS AND FUNCTIONS

The options listed on the MAIN MENU will vary depending on the model of remote device that the operator is communicating with. For example, the 3710 ACM will provide an option for clearing the KWH total, while a 3750 PDC will provide an option for resetting the Peak Demand level.

PowerView automatically determines which type of remote device it is communicating with, and configures the MAIN MENU accordingly to provide the options specific to that device.

The MAIN MENU screen provides access to all of PowerView's remote device data display and configuration screens and functions, as well as the on-line HELP and PowerView PASSWORD screens.

Remote device data screens include:

- a) REAL-TIME. Displays the real-time data being measured or monitored by the remote device.
- b) EVENT. Uploads and displays the remote device's Event Log.
- c) SNAPSHOT. Uploads and displays the remote device's on-board Snapshot Log.
- d) STATUS. Displays the present condition of the remote device's three on-board control relays and four status inputs (if the device has been equipped with these options).
- e) MIN/MAX. Uploads and displays the remote device's on-board Min/Max Log.

Remote device configuration screens include:

- a) DEVICE SETUP. Allows the operator to remotely configure the operating parameters of the device.
- b) SETPOINT/RELAY SETUP. Allows the operator to configure the setpoint parameters of the remote device.
- c) LABEL SETUP. Allows the operator to define custom labels for some of the remote device's inputs and outputs. These labels will be reflected on the data display and configuration screens.
- d) CLEAR FUNCTIONS. A number of different functions are provided for each model of device for the purpose of clearing or resetting Min/Max Log values, KWH, KVARH and KVAH totals, status input counters, etc.

Other device functions include:

- a) OPERATE RELAY. Allows the operator to manually control the on-board relays of the remote device.
- b) CONNECT. Selects the CONNECTION screen to enable the operator to select another remote device to communicate with.

## SHORTCUT KEYS

PowerView provides a *shortcut* method for directly selecting any of the five frequently used primary data screens, and the CONNECTION screen. The following function keys can be used to quickly select screens:

- F1 REAL-TIME screen
- F2 EVENT screen
- F3 SNAPSHOT LOG screen
- F4 STATUS screen
- F5 MIN/MAX LOG screen
- F6 CONNECTION screen

## SCREEN DESCRIPTIONS

Detailed descriptions of each remote device data and configuration screen can be found in Chapter 5.

#### 4.4 POWERVIEW PASSWORD

PowerView provides a security system to protect remote devices from inadvertently:

- a) having their relays manually operated/released.
- b) having their KWH, KVARH or KVAH totals cleared (power meters only), or Min/Max Logs reset (if equipped).
- c) having any of their user-programmable operating parameters reset from the computer.

The PowerView *password* is used for this purpose. Prior to any of the above listed operations, PowerView will prompt the user for the required password. If the password entered by the operator is incorrect, PowerView will abort the operation.

When PowerView is run for the first time, the PowerView password is set to the single digit zero ("0"). It is recommended that the user change this default password as soon as possible, using the PowerView PASSWORD screen (see Figure 4.4.1).

To change the PowerView password, return to the MAIN MENU by pressing the <Esc> key, position the cursor onto the CHANGE PASSWORD option and press the <Enter> key.

PowerView prompts the user to enter the present password. When this password has been correctly entered, the user is asked to enter the new password and then asked to re-enter the new password again for confirmation. The password can be any alphanumeric string up to 20 characters in length. Blanks are not permitted.

If the attempt to change the PowerView password is successful, the following message will be displayed:

```
POWERVIEW PASSWORD
HAS BEEN UPDATED
```

If the attempt to change the PowerView password is not successful, the following message will be displayed:

```
POWERVIEW PASSWORD
HAS NOT BEEN CHANGED
```

On completion of the CHANGE PASSWORD function, the MAIN MENU will be displayed.

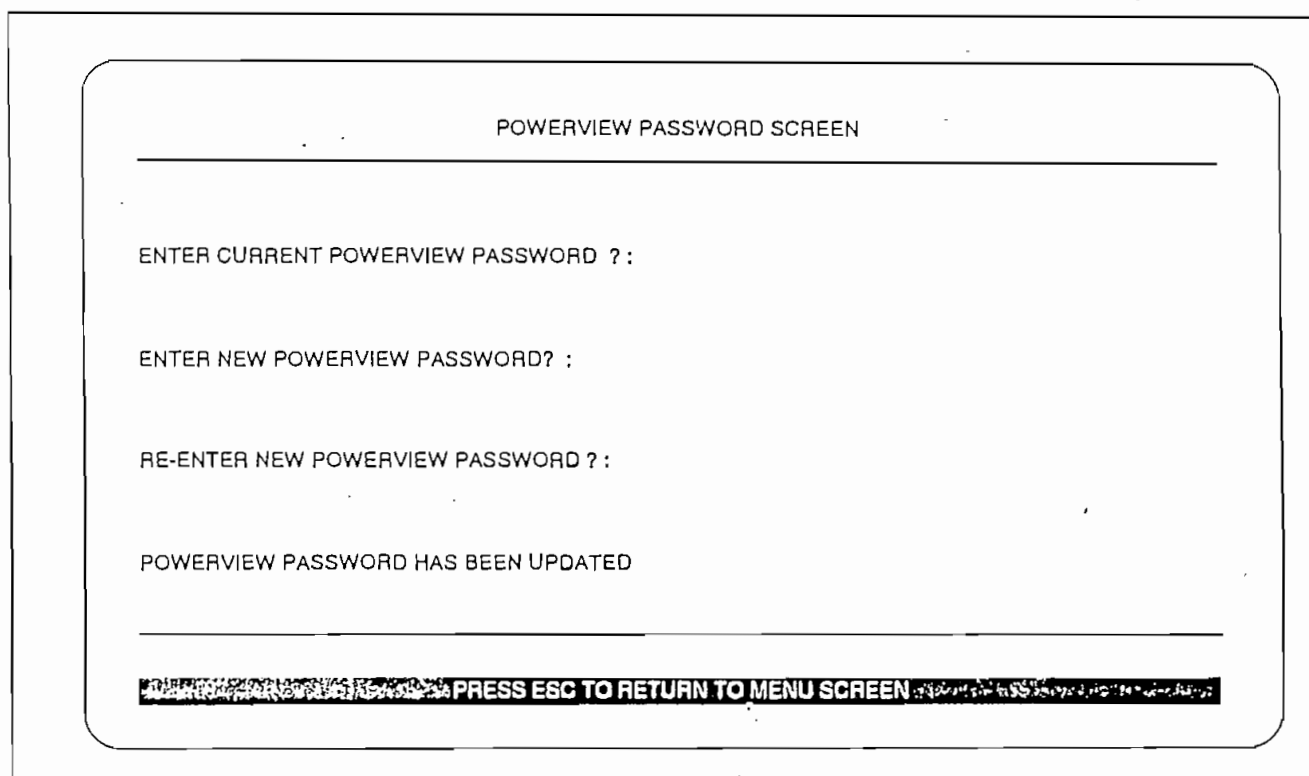


Figure 4.4.1 POWERVIEW PASSWORD SCREEN

## 4.5 ON-LINE HELP

PowerView provides an on-screen HELP feature which can provide the operator with information about communications, modem usage, and technical support, without having to refer back to the Operation Manual.

To access the HELP INFORMATION SCREEN, select the HELP option from the MAIN MENU.

## 4.6 UPDATE UNIT TIME

The MAIN MENU provides a utility to update the time of a remote device. This function sets the on-board clock of the remote device to the value of the computer's internal clock. A remote device's present time setting can be viewed by simply displaying the REAL-TIME or STATUS screen for that device. Time is displayed in the bottom right-hand corner each of these screens.

To view the computer's present system time it is necessary to exit from PowerView (see Section 4.7 below) and use the DOS command:

```
TIME <Enter>
```

To update the time of a remote device, press function key F8 while in the MAIN MENU screen.

## 4.7 EXIT TO DOS

To exit from the PowerView program and return to DOS, the operator must use the EXIT TO DOS option of the MAIN MENU screen:

- a) Return to the MAIN MENU from any other screen by pressing the <Esc> key.
- b) Position the cursor over the EXIT TO DOS option using the arrow keys, or by pressing the <Esc> key again.
- c) Press the <Enter> key.

The operator will be immediately returned to DOS.

## CONNECTION CONFIGURATION SAVE FEATURE

Immediately prior to the operator being returned to DOS, PowerView will save the last information entered in the CONNECTION screen (SITE ID, UNIT ID, COMM PORT, etc.) to a disk file.

When PowerView is started again later, the previous connection configuration will be loaded into the CONNECTION screen automatically. This means the operator will not be required re-enter data into the CONNECTION screen fields, if connection to the same remote device is desired. The operator need only position the cursor on the CONNECT OPTION field and press <Enter> to reconnect to that device.

### NOTE

PowerView saves the connection setup to the file in the PV disk directory named PASSWORD.CFG, which is the same file containing the PowerView password. If this file is missing from the PV directory, PowerView will always display the default communications options in the CONNECTION screen when the program is first started.

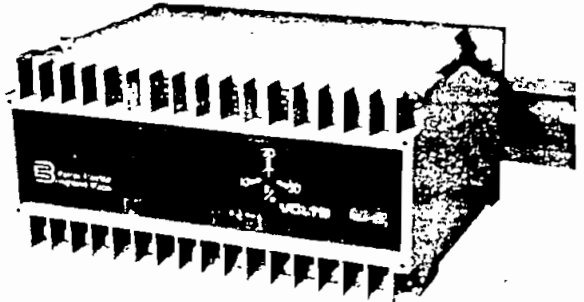
## SYNC-CHECK RELAY

BE4-25

### APPLICATION

The BE4-25 Sync-Check Relay operates when two ac circuits are within desired limits of frequency, phase angle and voltage to permit the paralleling of these two circuits. The primary application of this relay is to enable additional generators to be brought on-line without machine damage or system disturbance. The BE4-25 Sync-Check Relay can also be used to supervise reclosing or in any other instance where the danger of paralleling two circuits out of synchronism exists.

The BE4 Series Relays are back-of-panel mounted. They install in seconds with standard hardware, or snap onto standard DIN rail.



### HOW TO ORDER:

Designate the Model Number followed by the complete Style Number:

BE4-25    Style Number   

Complete the Style Number by selecting one feature from each column of the Style Identification Chart and entering its designation, letter or number, in the appropriate square.

Note: The description of a complete relay must include both Model Number and Style Number.

### STYLE IDENTIFICATION CHART

<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> A	<input type="checkbox"/> 1	<input type="checkbox"/> N	<input type="checkbox"/> 5
SENSING TYPE	NOMINAL INPUT	FREQUENCY	EXT. PWR.	OUTPUT TYPE
1 - Single Phase	A - 120V B - 240V C - 380V D - 480V	1 - 50/60 Hz	N - None	4 - Energize for sync 5 - Energize for sync or dead bus

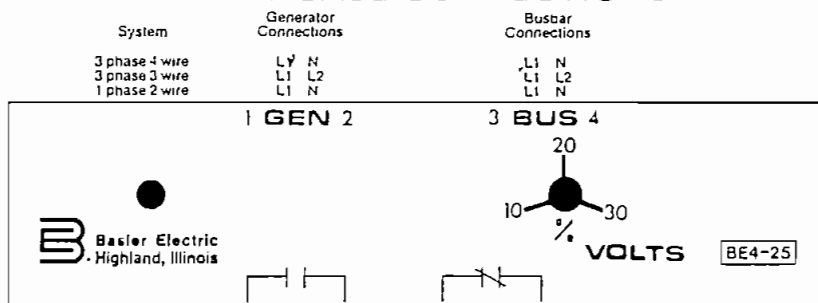
Example Style Number 1A1N5 has the following characteristics: Single phase (1) 120 volt (A), 50/60 Hertz (1) sensing and will energize the output relay (5) when synchronism or a dead bus exists.

BE4-25  
Sync-  
Voltage  
BE4-3  
Rever  
BE4-3  
BE4-5  
BE4-3  
Curre  
BE4-4  
Phase  
BE4-4  
BE4-4  
Phase  
BE4-4  
Temp-  
(3 RT  
BE4-4  
Temp  
(6 RT  
BE4-4  
Therm  
Temp-  
BE4-7  
Milliv  
Sensi  
BE4-7  
Milliv  
Sensi  
BE4-8  
BE4-8  
BE4-8  
Frequ

## SYNC-CHECK RELAY

BE4-25

### RELAY CASE CONNECTIONS



Note: Relay contacts are shown in the de-energized state.

### SPECIFICATIONS

#### Input

Voltage: 120V, 240V, 380V, 480V  
Voltage Tolerance: -25% to +30%  
Frequency: 50 or 60 Hz  
Burden: Bus 4VA, Gen 1VA  
Power Supply: from Gen input

#### Setpoint

Voltage: Adjustable in 10-30% (6°-20° phase angle)  
Time Delay: 400 m seconds  
Accuracy: 2%

#### Output Relay

Type: One N.O. and one N.C.  
Rating: 250 Vac, 5A non-inductive  
Mechanical Life: One million operations

#### General

Dielectric Test: 2KV RMS for 1 min. per IEC414  
Surge Withstand: ANSI C37.90A, IEEE 472-1974  
Operating Temperature: 0° to 60° C  
Storage Temperature: -20° C to 70° C  
Surge Withstand: ANSI C37.90a, IEEE 472-1974  
Case Size: TM6 (See Bulletin UFY for dimensions)  
Weight: 1.87 lbs. (0.85 kg)

### THEORY OF OPERATION

The BE4-25 Sync-Check Relay monitors the voltage on both sides of a circuit breaker and will permit closing only when the voltage and phase relationships are within the selected limit. The dead bus option within the relay permits breaker closing to a de-energized bus.

## ***ANEXO C***

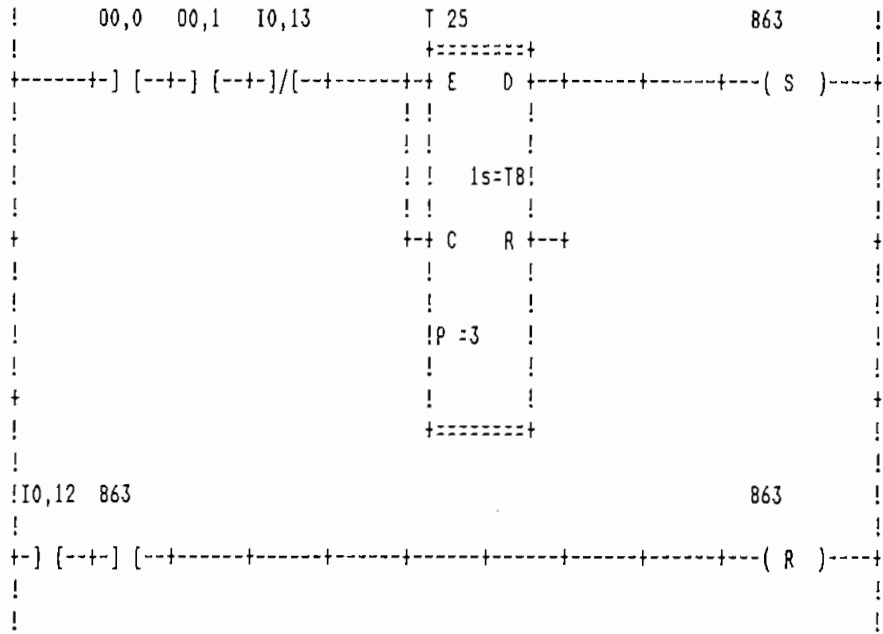
# ***LISTADO DEL PROGRAMA***



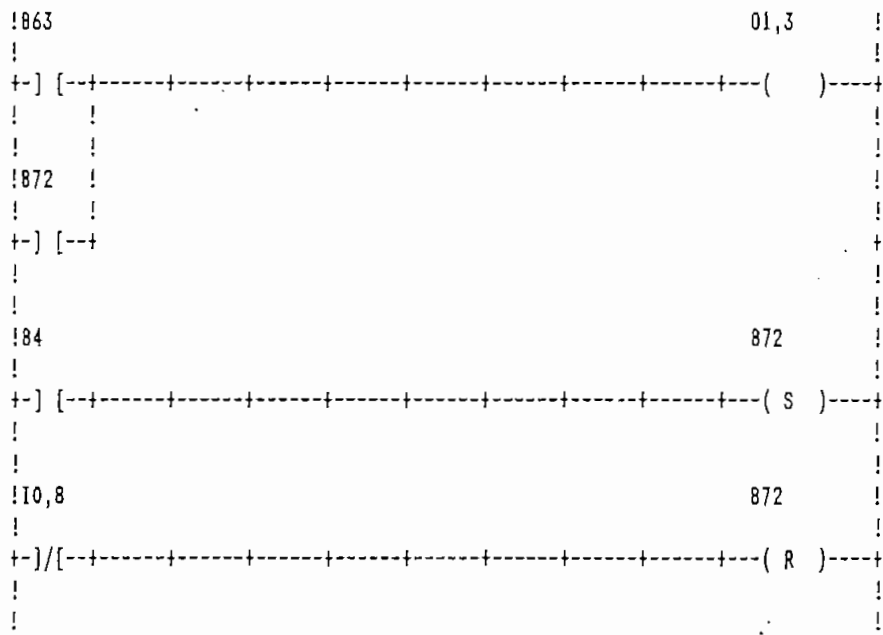




LABEL : 12



LABEL : 13























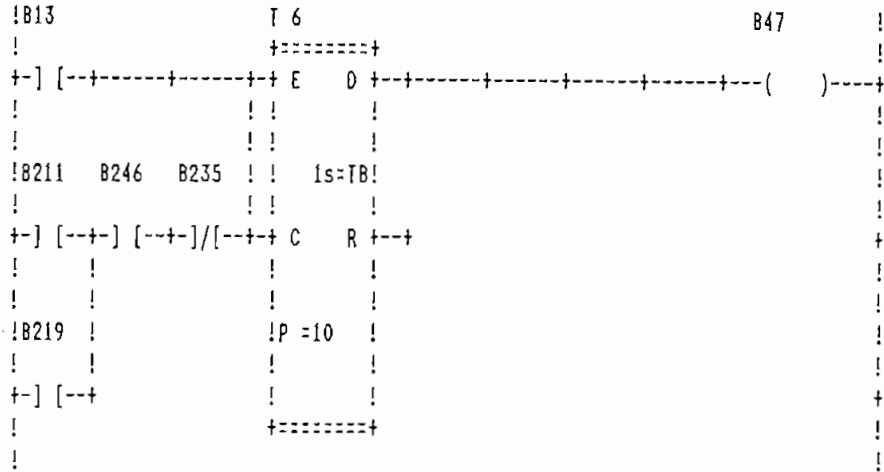






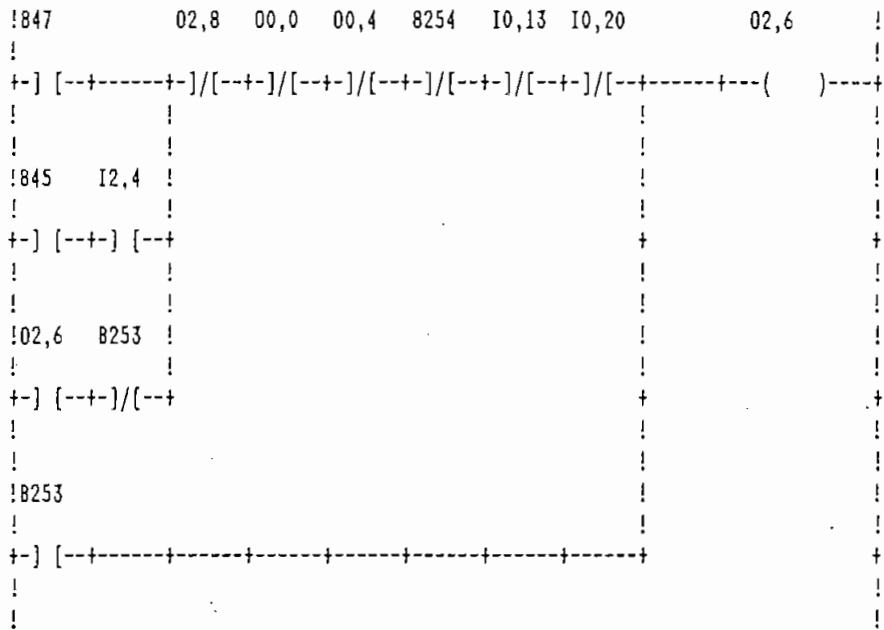
LABEL : 75

\*\*



LABEL : 77

\*\*



























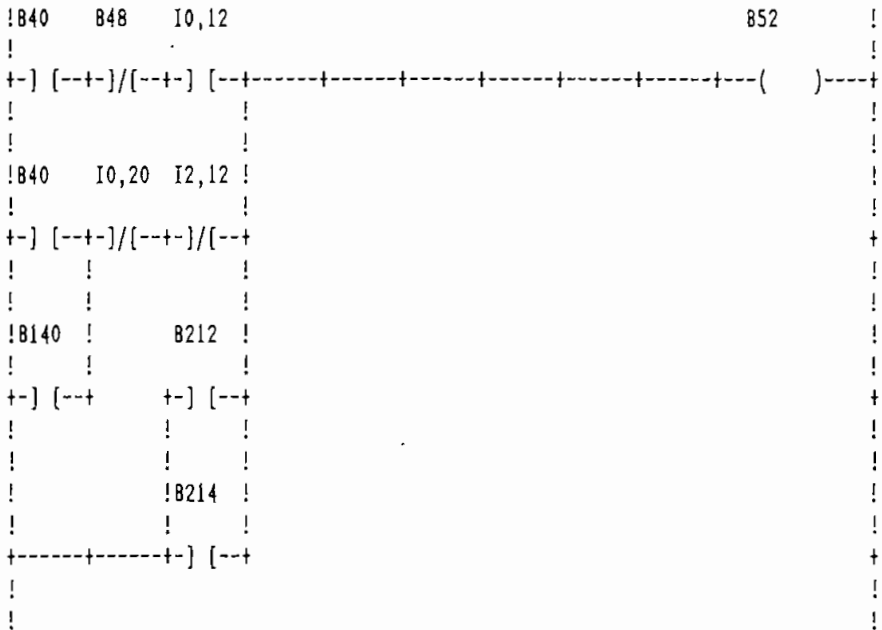




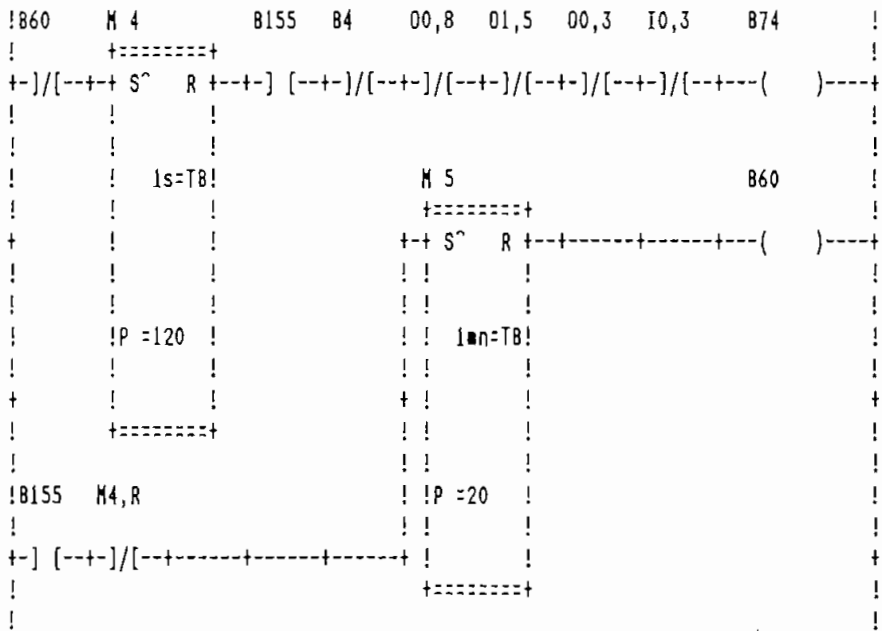




LABEL : 165



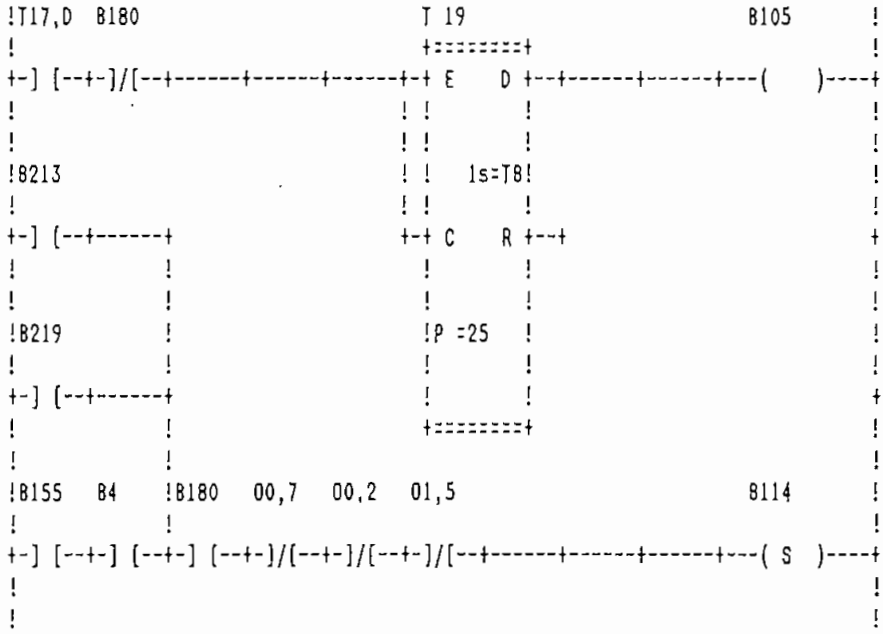
LABEL : 180



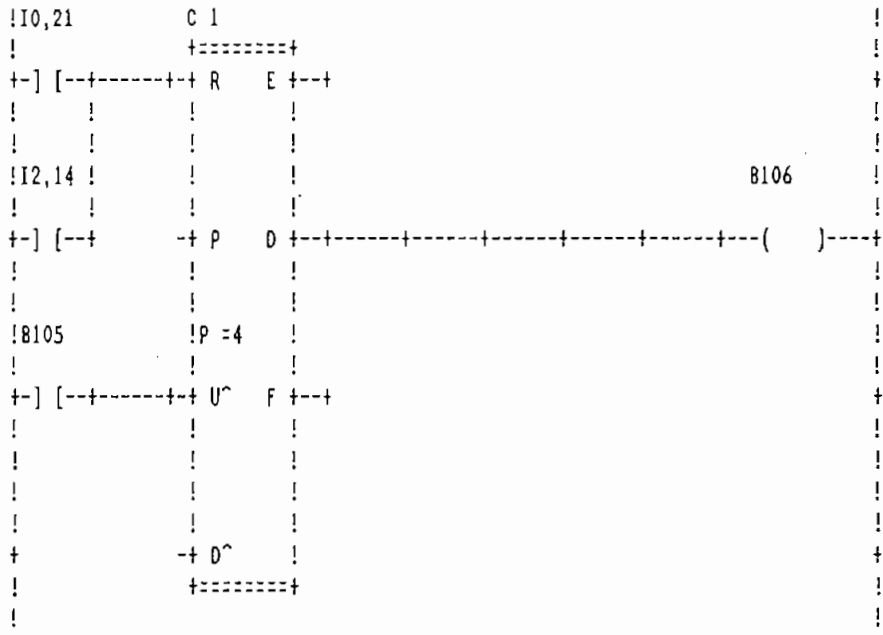




LABEL : 195



LABEL : 200





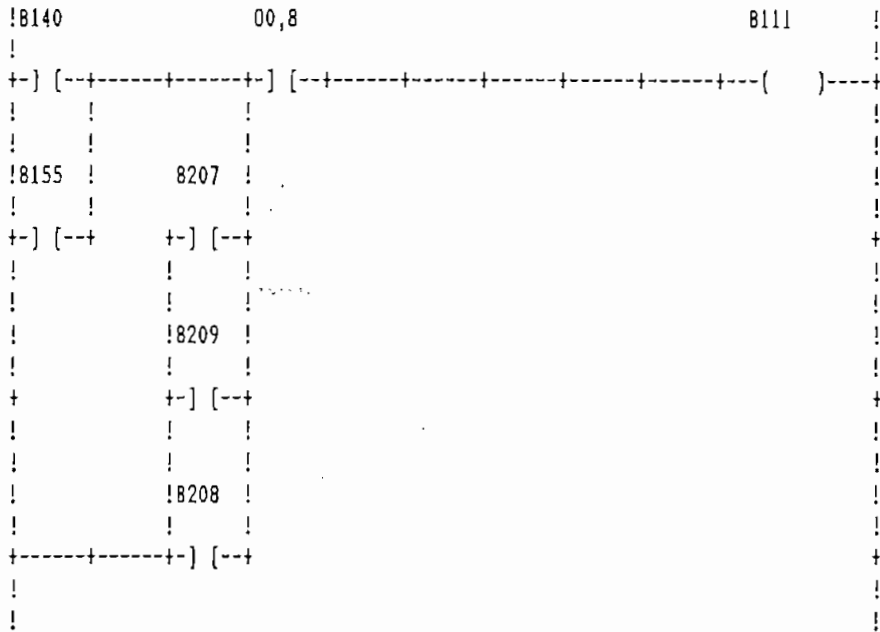




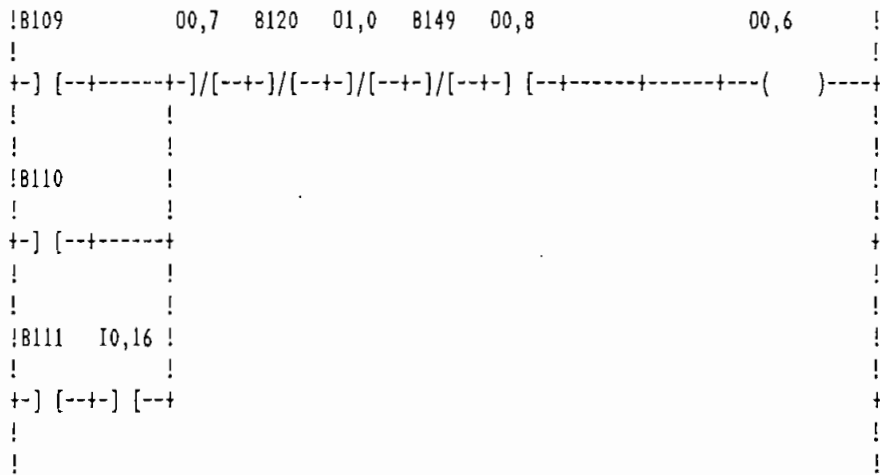




LABEL : 235



LABEL : 237











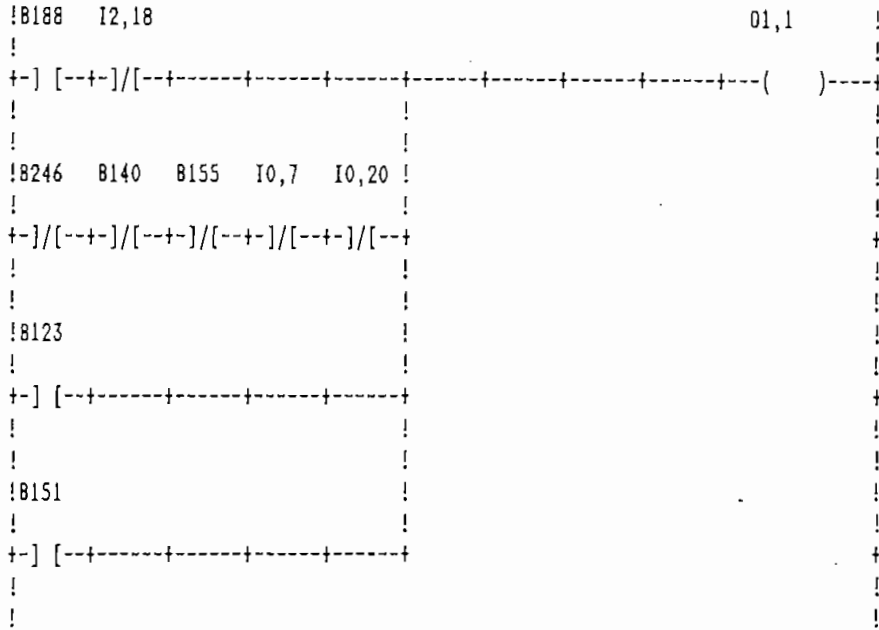




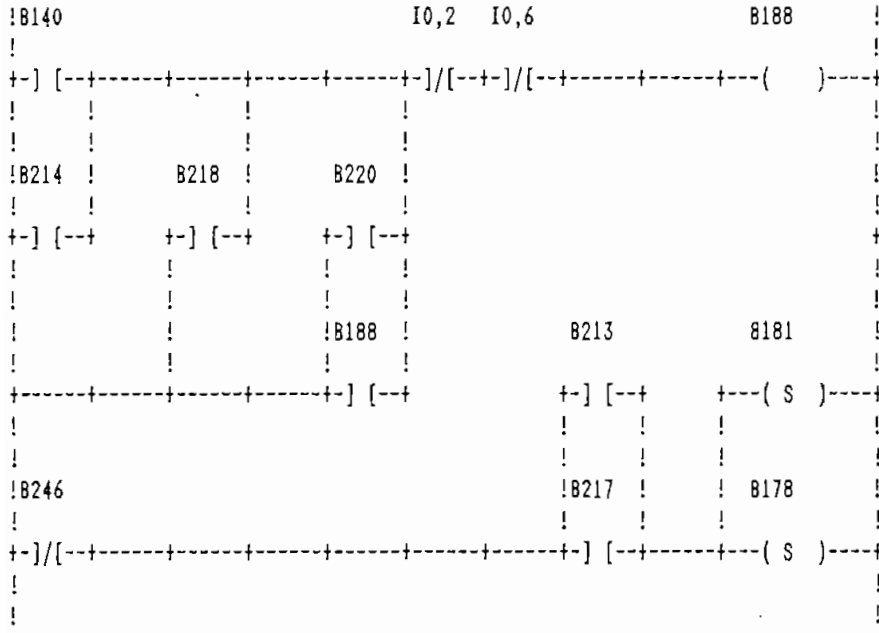




LABEL : 280



LABEL : 281





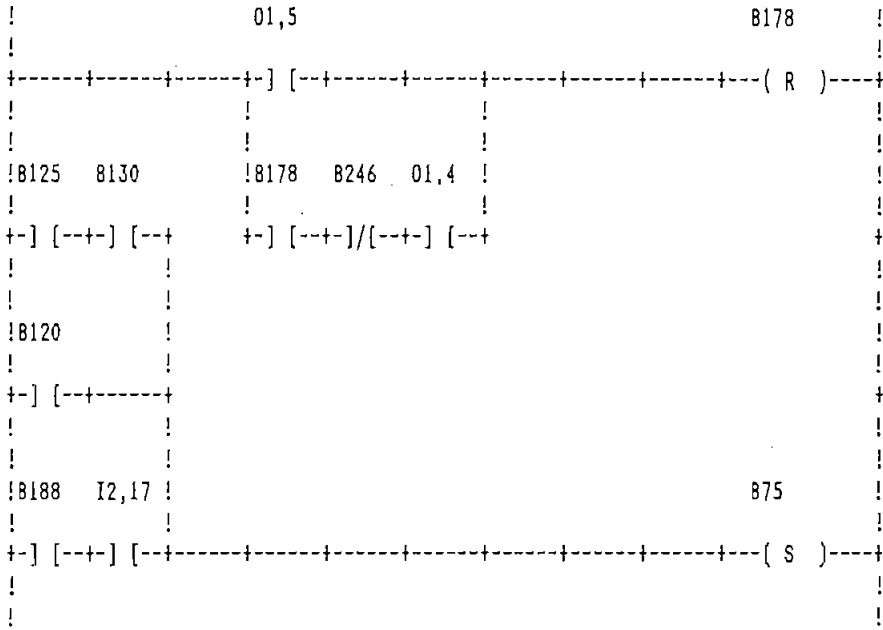




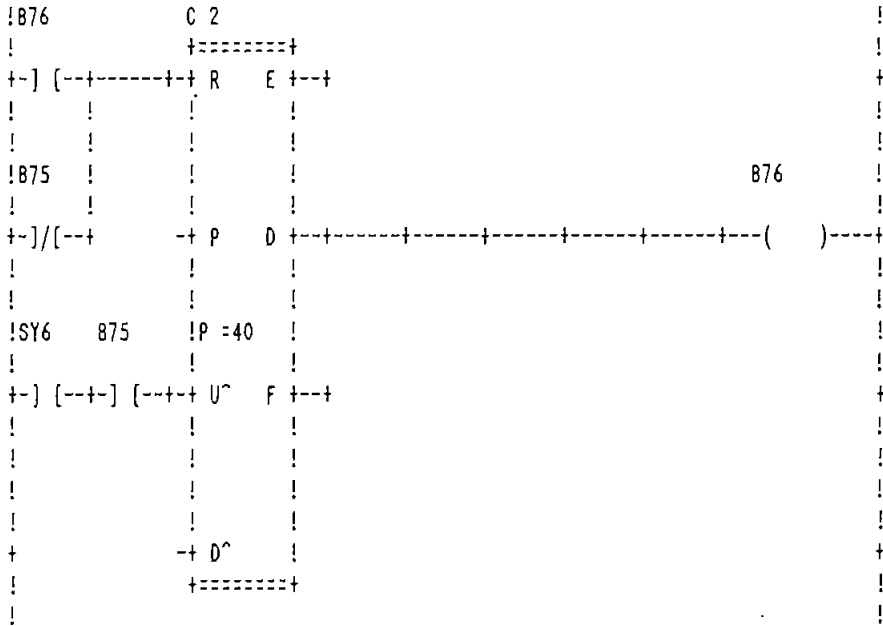




LABEL : 310



LABEL : 312









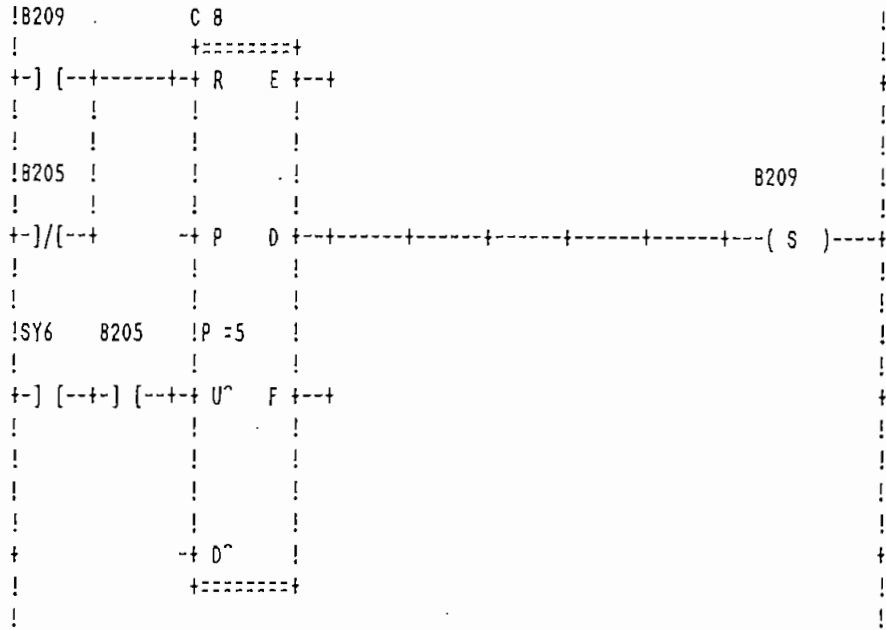




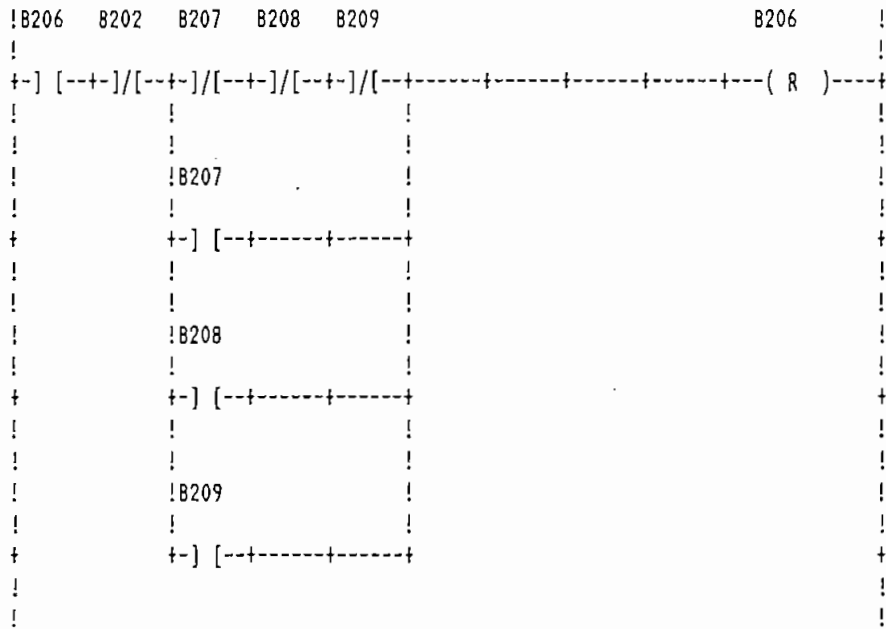




LABEL : 425      ""



LABEL : 430      ""





















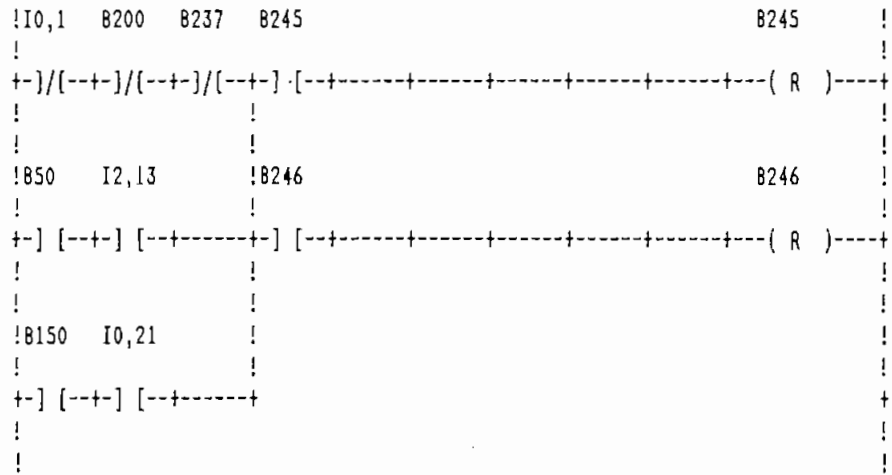




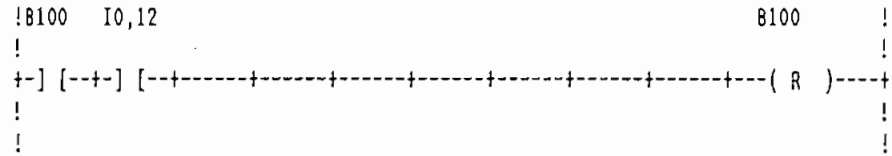




LABEL : 525      \*\*



LABEL : 999      \*\*









# ***BIBLIOGRAFIA***

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Montalvo Luis y Guadalupe Victor, "INTRODUCCION A MICROCOMPUTADORES", EPN, Quito - Ecuador, 1987.
- [2] Artwick, Bruce "MICROCOMPUTER INTERFACING", Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1980.
- [3] O'Connor Patrick, "DIGITAL AND MICROPROCESSOR TECHNOLOGY", Englewood Cliffs, Prentice Hall, 1983.
- [4] Morris Mano " LOGICA DIGITAL Y DISEÑO DE COMPUTADORAS", México, Prentice Hill Hispanoamericana S.A., 1984.
- [5] Telemecanique, "MICRO AUTOMATA TSX-17", Catálogo de funcionamiento, Colombia.
- [6] Telemecanique, "DIAGRAMA FUNCIONAL GRAFCET", Colombia.
- [7] Telemecanique, "EL TERMINAL TSX-T407, PROGRAMACION PL7-2 " Colombia.
- [8] Shinsky F. G., "PROCESS CONTROL SYSTEMS", McGraw-Hill, USA, 1988.
- [9] Considine Douglas y Considine Glenn, " STANDARD HANDBOOK OF INDUSTRIAL AUTOMATION", Chapman and Hall, USA, 1986.
- [10] Caterpillar Motor, " OPERATION AND MAINTENANCE INSTRUCTIONS ", USA.
- [11] I.T.E. Imperial, "LOW VOLTAGE POWER CIRCUIT BREAKERS', Manual de operaciones, USA.
- [12] Woodward, " UG8 GOVERNOR" , Manual de operaciones, USA.
- [13] Whestinhouse Electric Corporation, "INSTRUCTION BOOKS ", Manual de operación del regulador de voltaje, USA.
- [14] Ledesma Bolívar, " REGULADOR AUTOMATICO DE VOLTAJE AVR2", EPN, Quito- Ecuador, 1993.

- [15] Telemecanique, "CATALOGO GENERAL", 1992-1993, Francia.
- [16] IEEE, " STANDARD DICTIONARY OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS TERMS", 2a. edicion., USA, 1978.