



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN**

**"CONTROL DE MOTORES DE CORRIENTE
ALTERNA MEDIANTE ARRANCADORES Y
PRINCIPIOS DE PLC"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :**

JOSE AURELIO GONZÁLEZ RODRÍGUEZ.

**ASESOR:
M. EN A. I. PEDRO GUZMÁN TINAJERO**

CUAUTILÁN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2002



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

C. U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS
ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Control de motores de corriente alterna mediante
arrancadores y principios de PLC"

que presenta el pasante: José Aurelio González Rodríguez
con número de cuenta: 8837791-5 para obtener el título de :
Ingeniero Mecánico Electricista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

A T E N T A M E N T E
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 16 de Mayo de 1 2002

PRESIDENTE M.en A.I. Pedro Guzmán Tinajero

VOCAL Ing. Albino Arteaga Escamilla

SECRETARIO Ing. Lucía García Luna

PRIMER SUPLENTE Ing. Angel Rueda Angeles

SEGUNDO SUPLENTE Ing. José Frias Flores

AGRADECIMIENTOS

A DIOS

Por permitirme vivir, por darme la salud y el ímpetu para terminar mis estudios y este trabajo.

A MIS PADRES

María de la Luz Rodríguez y Juan González por haberme dado la vida y grandes satisfacciones, por darme su amor, apoyo incondicional, consejos y ánimos para lograr mis objetivos, doy gracias a ellos dedicándoles el título de ingeniero.

A MIS HERMANOS

Alfonso, Marcela, Emma y Gabriel por otorgarme su apoyo para obtener una carrera.

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Por haberme otorgado la oportunidad de pertenecer a ella y poder desarrollarme, y por la que me siento orgulloso.

A LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN

Por darme el espacio para realizar mis estudios y también para desarrollarme como estudiante y como persona y en donde viví experiencias inolvidables y por la que pondré todo mi empeño para superarme.

A MI ASESOR

El M. En A. I. Pedro Guzmán Tinajero, por brindarme su tiempo y haberme guiado en la elaboración de la tesis.

AL SINODAL

El Ing. Albino Arteaga Escamilla por sus consejos para la conclusión de este trabajo.

A MIS AMIGOS DE LA FACULTAD

Carolina Gutiérrez, Estela Zambrano, Eloísa Moreno, David Herrera, Alejandro Chávez, Teodoro Melo, a los sedientos Rodrigo Luna, Ignacio Reyes, Edgar Rodríguez, Agustín Morales, Fabián Carrión, Enrique Aponte, Carlos Ruiz, Mario Dorantes, Manuel Tapia, Ulises Márquez, Guillermo Ramos y Oscar Cuevas; a Héctor Beristáin, Alejandro Santiago, Eduardo Aguilar y Raúl Guzmán por su amistad y con quienes compartí y sigo teniendo gratos momentos.

A MIS AMIGAS

Ana Rosario Olea, con quien he vivido experiencias de las más bonitas, Diana Andrade, Johanna Acosta, Berenice, Marisol, Irma Franco y Consuelo Fernández agradeciendo los momentos maravillosos que he pasado con ellas.

A LOS PROFESORES

Rafael Ruiz y Martha Flores por haber compartido desinteresadamente conmigo sus conocimientos y consejos prácticos en instalaciones eléctricas residenciales.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

HIPÓTESIS

OBJETIVOS

CAPÍTULO I "CONEXIÓN Y OPERACIÓN DE ARRANCADORES"

1.1 SIMBOLOGÍA	5
1.2 DIAGRAMAS	8
1.3 DIAGRAMA DE ALAMBRADO	8
1.4 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO	9
1.5 CONTROL DE OPERACIÓN	11
1.6 CONTROL COMÚN	12
1.7 CONTROL A TRAVÉS DE UN TRANSFORMADOR	13
1.8 CONTROL SEPARADO	14
1.9 ARRANQUE DE MOTORES A VOLTAJE PLENO	15
1.10 CIRCUITOS BÁSICOS DE CONTROL	17
1.11 ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN	17
1.12 CONTROL DE DOS ALAMBRES	18
1.13 CONTROL DE TRES ALAMBRES	23
1.14 CONTROL PARA INVERSIÓN DEL SENTIDO DE ROTACIÓN DEL MOTOR	25
1.15 ARRANCADORES A VOLTAJE REDUCIDO	28
1.16 ARRANQUE CON RESISTENCIA PRIMARIA	28
1.17 ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR	30
1.18 CIRCUITOS ESPECIALES	32
1.18.1 TRANSFORMADORES DE CONTROL	32
1.18.2 BLOQUEOS	34
1.18.3 ARRANQUE SECUENCIAL DE VARIOS MOTORES	36

CAPÍTULO 2 “CENTRO DE CONTROL DE MOTORES”

2.1 CENTRO DE CONTROL DE MOTORES	41
2.2 CARACTERÍSTICAS DEL GABINETE Y DIMENSIONES PRINCIPALES	42
2.2.1 ARRANCADORES	42
2.2.2 INTERRUPTORES	42
2.2.3 BARRAS Y CONEXIONES	43
2.3 DATOS PARA EL DISEÑO DE UN CENTRO DE CONTROL DE MOTORES	55
2.4 MONTAJE MECÁNICO DE LOS MOTORES	63
2.5 RECOMENDACIONES PARA EL ARRANQUE	64
2.6 NOTAS PRÁCTICAS PARA EL MONTAJE MECÁNICO	65

CAPÍTULO 3 “PRINCIPIOS BÁSICOS DE PLC”

3.1 INTRODUCCIÓN	69
3.2 OPERACIÓN BÁSICA DE UN PLC	70
3.3 TÉCNICA DE CONTROL POR CABLEADO	71
3.4 TÉCNICA DE CONTROL POR PROGRAMA (PLC)	72
3.5 VENTAJAS DEL CONTROL POR PROGRAMA	73
3.6 TERMINOLOGÍA	73
3.6.1 sensores	73
3.6.2 actuadores	74
3.6.3 entrada discreta	75
3.6.4 salidas discretas	77
3.6.5 la CPU (unidad central de proceso)	77
3.6.6 diagrama lógico de escalera	78
3.6.7 lista de instrucciones	80
3.6.8 programa	80
3.6.9 PLC scan	81
3.6.10 software	81

3.6.11 HARDWARE	82
3.6.12 TAMAÑO DE LA MEMORIA	82
3.6.13 REQUERIMIENTOS BÁSICOS	83
3.6.14 DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS Y SALIDAS	85
3.6.15 SIMULADOR DE ENTRADAS	87
3.7 PROGRAMANDO UN PLC SIEMENS SIMATIC S7-200	88
3.8 SÍMBOLOS	89
3.8.1 CONTACTOS	89
3.8.2 BOBINAS	90
3.9 PROBAR EL PROGRAMA	90
3.10 FUNCIONES DE ESTADO	91
3.11 EJEMPLO DE APLICACIÓN	92
3.11.1 ARRANQUE Y PARO DE UN MOTOR	92
3.12 PROGRAMACIÓN DE LA TAREA DE CONTROL	95
3.13 EXTENDIENDO LA APLICACIÓN	101
3.14 AGREGANDO UN INTERRUPTOR DE LÍMITE	104
CAPÍTULO 4 "APLICACIONES CON ARRANCADORES"	
4.1 SISTEMA DE DOS COMPRESORES	108
4.2 OTRA APLICACIÓN	110
CONCLUSIONES	118
BIBLIOGRAFÍA	120

INTRODUCCIÓN

Existen algunas condiciones que deben considerarse al seleccionar, diseñar, instalar o dar mantenimiento al equipo de control del motor eléctrico.

El control del motor era un problema sencillo cuando se usaba una flecha maestra común, a la que se conectaban varias máquinas, porque el motor tenía que arrancar y parar sólo unas veces al día. Sin embargo, con la transmisión individual el motor ha llegado a ser casi una parte integrante de la máquina y es necesario diseñar el controlador para ajustarse a sus necesidades.

Control de motor es un término genérico que significa muchas cosas, desde un simple interruptor de volquete hasta un complejo sistema con componentes tales como relevadores, controles de tiempo e interruptores. Sin embargo, la función común es la misma en cualquier caso: esto es, controlar alguna operación del motor eléctrico. Por lo tanto, al seleccionar e instalar equipo de control se debe considerar una gran cantidad de factores a fin de que aquel pueda funcionar correctamente junto a la máquina para la que se diseña.

En la industria actual, el control de motores eléctricos juega un papel importante ya que muchos de los procesos industriales no podrían cumplirse si las distintas actividades con que se desarrollan los elementos accionados con motores eléctricos no se realizaran con la secuencia y el orden apropiado, es decir, sin los elementos de control.

Se puede decir en términos simples, que el control de motores es una parte importante de los sistemas eléctricos y que permite arrancar, parar e invertir el sentido de giro de los motores que accionan distintos tipos de cargas. Adicionalmente, el equipo seleccionado para el control de motores debe estar diseñado para limitar sus corrientes de arranque y controlar también su par de arranque.

Con relación al equipo accionado, un sistema de control debe estar diseñado e instalado para proporcionar la secuencia apropiada de operación al equipo accionado.

El diseñador de un sistema de control, debe apegarse a las disposiciones indicadas en las normas técnicas para instalaciones eléctricas, debe también tomar en consideración las características de operación, los aspectos de mantenimiento del equipo a accionar, así como los aspectos de mantenimiento del equipo y seguridad del personal, proporcionando para esto último, entre otras cosas, los medios apropiados de desconexión.

HIPÓTESIS

- Los arrancadores son dispositivos de gran utilidad para el control de: la corriente de arranque y del control del funcionamiento de los motores de corriente alterna
- El PLC es una alternativa más moderna en el control de motores.

OBJETIVOS

- Mostrar los principales circuitos para arranque y control de motores, así como su funcionamiento.
- Conocer la importancia del centro de control de motores en la industria.
- Conocer los principios básicos del PLC, y los elementos para realizar el control de motores por medio de programación.
- Conocer algunas aplicaciones de los arrancadores en el control de motores.

CAPÍTULO 1

CONEXIÓN Y

OPERACIÓN DE

ARRANCADORES

1.1 SIMBOLOGÍA

Como en la mayoría de las aplicaciones de la electricidad la simbología representa una forma de expresar o un lenguaje para las personas familiarizadas con el tema, el lenguaje de control de motores consiste de símbolos que permiten expresar una idea o para formar el diagrama de un circuito que se pueda comprender por personal debidamente capacitado en el tema, desde luego, que existen disposiciones de tipo convencional para el uso de símbolos usados en el control de motores eléctricos para la industria.

Algunos de los símbolos más comunes se muestran en la figura siguiente :

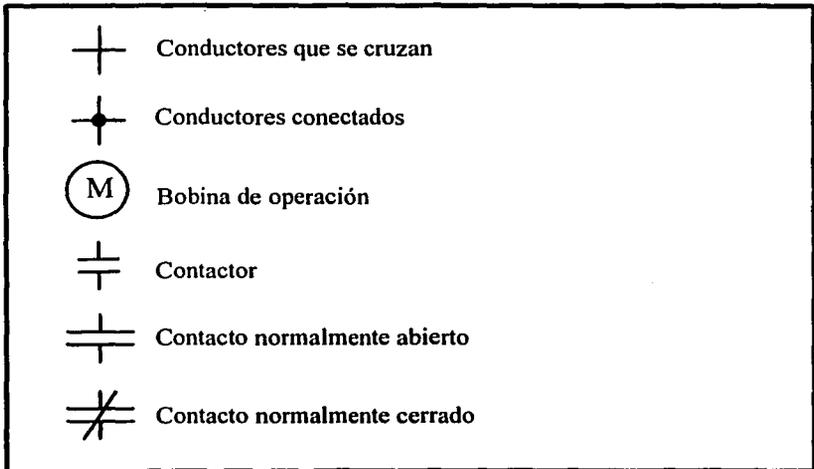


FIG. 1.1 SIMBOLOGÍA

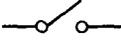
	Desconector
	Interruptor de límite normalmente abierto
	Interruptor de límite retenido cerrado
	Interruptor de límite normalmente cerrado
	Interruptor de límite retenido abierto
	Interruptor de nivel de líquido normalmente abierto
	Interruptor de nivel de líquido normalmente cerrado
	Interruptor de presión y vacío normalmente abierto
	Interruptor de presión y vacío normalmente cerrado
	Interruptor actuado por temperatura normalmente abierto

FIG. 1.1 SIMBOLOGÍA (CONTINUACIÓN)

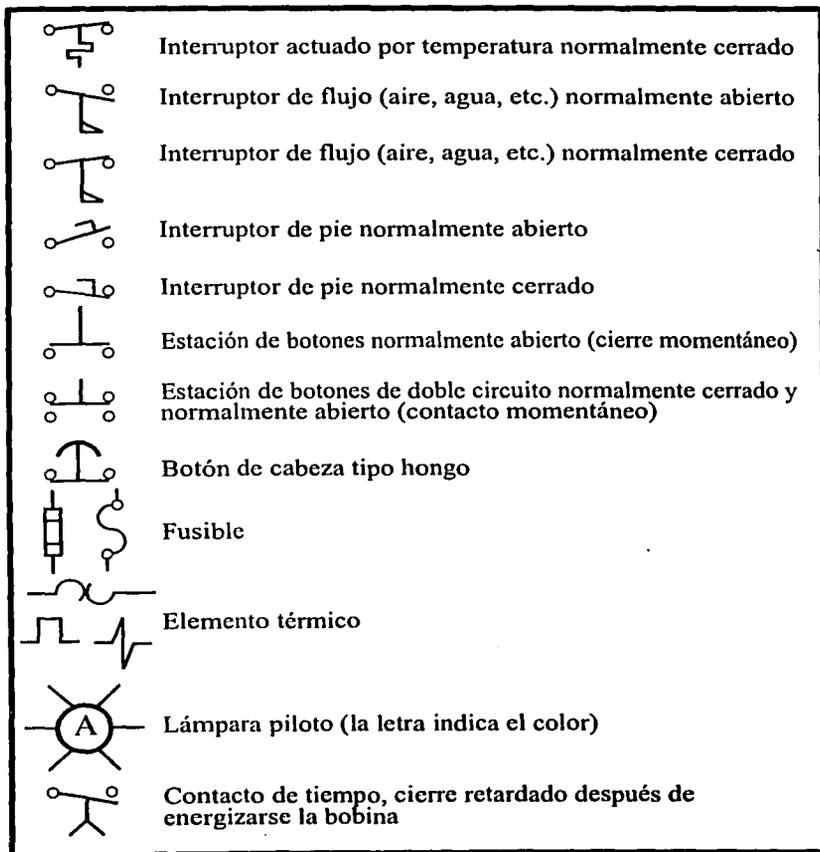


FIG. 1.1 SIMBOLOGÍA (CONTINUACIÓN)

1.2 DIAGRAMAS

El diagrama es el lenguaje escrito de los circuitos eléctricos, pudiendo tomar diferentes formas para resolver diferentes tipos de necesidades. La mayoría de los circuitos de control se muestran de diferentes maneras, siendo las más comunes el diagrama de alambrado y el diagrama esquemático.

1.3 DIAGRAMA DE ALAMBRADO

Este diagrama se elabora dibujando los símbolos del equipo usado, distribuidos en la misma forma en que se encuentran físicamente. Todas las fases, terminales, bobinas, etc. se muestran en lugares adecuados de cada equipo. Su mayor ventaja es que ayuda a identificar los componentes y cableado del control. Se usan cuando se alambra un sistema o si se quiere el circuito físico para descubrir alguna falla.

Hay que hacer notar que en el diagrama existen dos tipos de líneas, una gruesa y una delgada, la gruesa va a representar el circuito de potencia, mientras que la delgada representa el circuito de control.

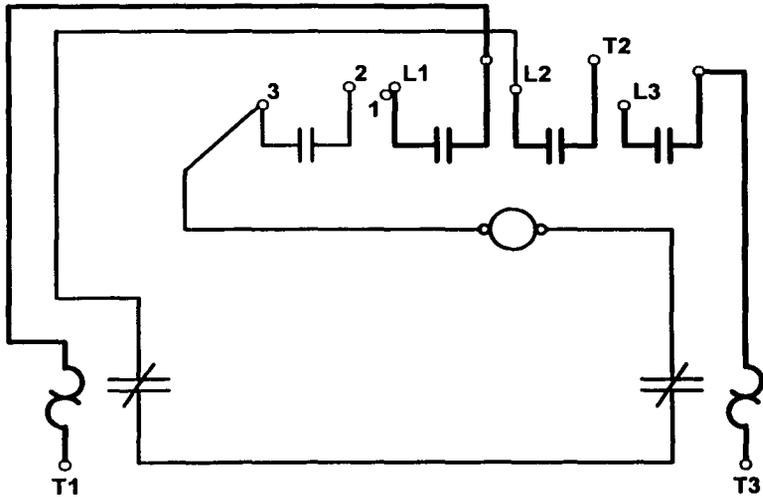


FIG. 1.2 DIAGRAMA DE ALAMBRADO

1.4 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO

La mayor ventaja de esta representación se encuentra en el hecho de que muestra el circuito de control en la secuencia eléctrica apropiada. Cada componente se representa en el lugar preciso del circuito eléctrico, sin importar su localización física. Este tipo de diagramas requiere mucho menor tiempo para su trazado, además que permiten entender fácilmente la operación del circuito y detectar fallas en el mismo. Dentro del diagrama se encuentran los circuitos de control y de fuerza, pero separados.

El circuito de control indica las operaciones secuenciales que se realizan para controlar el sistema. Sus principales características son:

- a) Emplea dos líneas paralelas verticales que representan los puntos de diferencia de potencial. Estas líneas verticales se unen con líneas horizontales en las cuales se dibuja la simbología que corresponde a los dispositivos empleados. Cada línea horizontal representa un segmento.
- b) El final de un segmento siempre llevará conectado una bobina, lámpara de señal una resistencia, etc., o algún otro elemento que represente una carga.
- c) En un mismo segmento nunca podrán conectarse en serie contactos auxiliares de un mismo equipo.
- d) Cada segmento se enumera del lado izquierdo de arriba hacia abajo en forma descendente.
- e) Los elementos pertenecientes a un mismo dispositivo, tiene la misma abreviatura característica de que va precedida el aparato que los acciona.
- f) Para encontrar los contactos que una bobina tiene que activar, del lado derecho de la misma y fuera del diagrama se numeran los segmentos en donde dicha bobina acciona contactos. Si el número del lado derecho del segmento tiene un guión debajo de él, se indica que el contacto es cerrado
- g) Se acostumbra representar los circuitos sin funcionar, de tal manera que se visualicen las señales necesarias para la operación de los dispositivos. Por ejemplo, todos los contactos se dibujan en su posición normal.

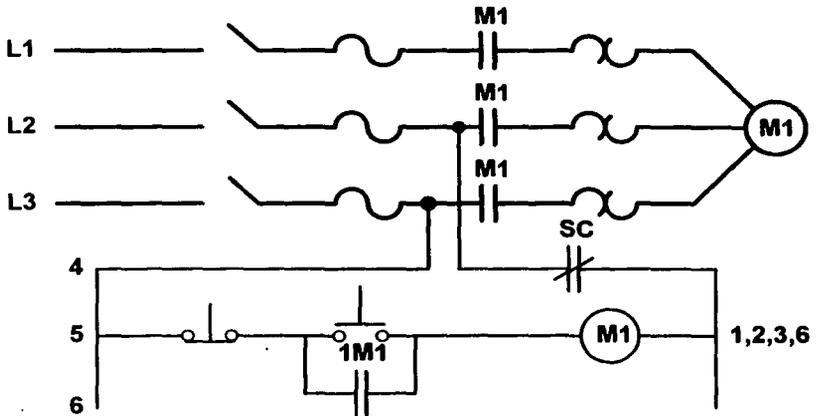


FIG. 1.3 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO

1.5 CONTROL DE OPERACIÓN

Algunas veces es necesario operar un botón u otro dispositivo del circuito de control a cierto voltaje para que los contactores y arrancadores trabajen, por lo que deben energizarse sus bobinas con la tensión y frecuencia requerida. Las bobinas se construyen para operar el voltaje de placa (120, 220, 440, 480 volts) por lo que de acuerdo a su construcción puede alimentarse directamente de una fuente de energía monofásica o por algunos de los métodos siguientes: control común, control a través de un transformador y control separado.

1.6 CONTROL COMÚN

El circuito de la bobina de un arrancador o contactor es distinto del circuito de energía. El circuito de la bobina podría ser conectado a cualquier fuente de energía monofásica, y el controlador podría funcionar, si la tensión y la frecuencia de la fuente de alimentación corresponden a los datos de placa de la bobina.

Cuando el circuito de control está conectado a las líneas 1 y 2 del arrancador, el voltaje del circuito del control es siempre el mismo que el voltaje de circuito de potencia y el término "control común" es usado para describir esta relación.

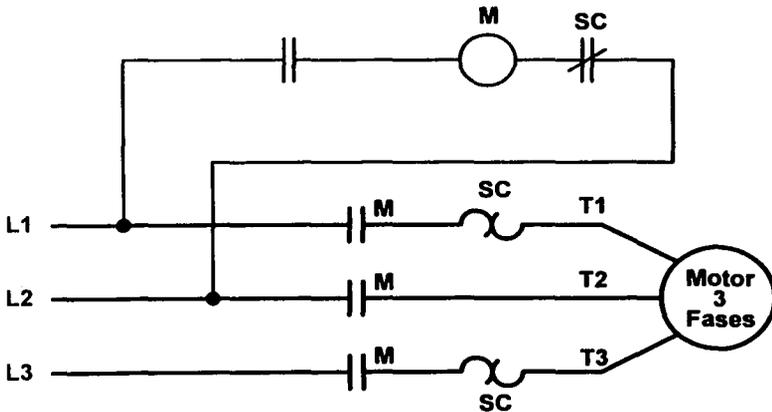


FIG. 1.4 CONTROL COMÚN PARA UN MOTOR TRIFÁSICO

1.7 CONTROL A TRAVÉS DE UN TRANSFORMADOR

Cuando un dispositivo necesita operar a un voltaje menor que el del motor, todo el circuito de control se conecta al secundario de un transformador de control. Normalmente el transformador es de voltaje dual, pudiendo alimentarse a 240/480 volts en el primario y 120 volts en el secundario, el circuito de control se protege con un fusible y se conecta a tierra una terminal del secundario del transformador.

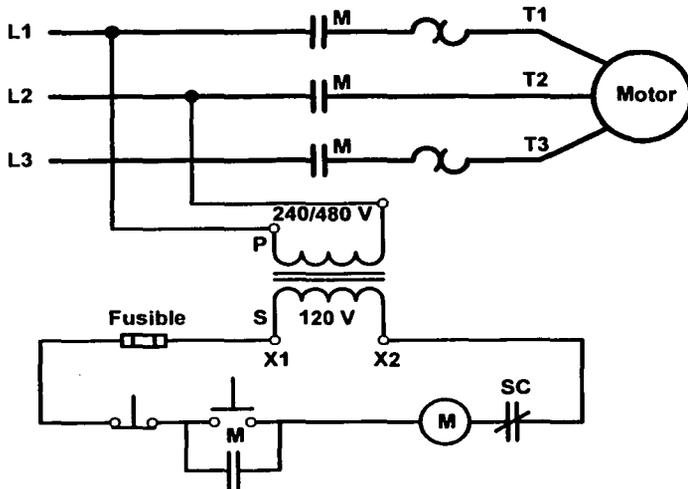


FIG. 1.5 DIAGRAMA DE CONTROL A TRAVÉS DE UN TRANSFORMADOR

1.8 CONTROL SEPARADO

Este método se utiliza cuando se requiere alimentar al circuito de control con voltaje menor al voltaje del motor o circuito de potencia, esto se logra conectando el circuito de bobina a una fuente de energía separada, en lugar del secundario del transformador, el circuito de potencia puede alimentarse hasta 600 volts y el de control a voltajes menores.

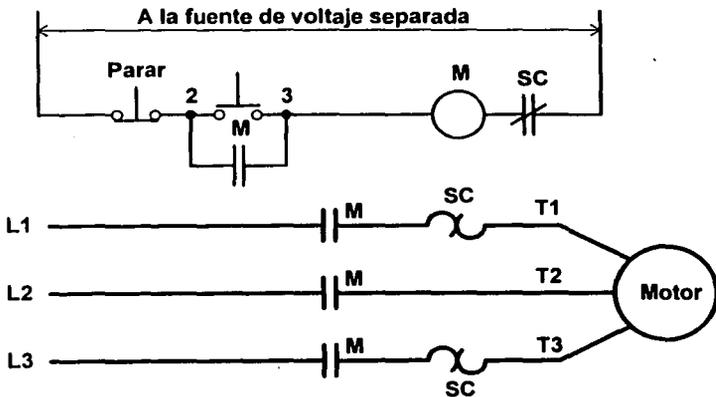


FIG. 1.6 CONTROL SEPARADO

1.9 ARRANQUE DE MOTORES A VOLTAJE PLENO

Uno de los métodos más sencillos de arranque a voltaje pleno, es aquel en el que se emplea un interruptor de acción rápida, que básicamente tiene dos posiciones: "cerrado" y "abierto", en esta modalidad de arranque, el motor se conecta directamente a través de la línea durante el arranque, lo cual es válido para motores monofásicos pequeños, hasta de 1 HP, esto se puede lograr también con un simple desconectador de navajas, pero en este caso no se tiene la protección contra sobrecarga. El diagrama de arrancador manual de un polo se muestra a continuación.

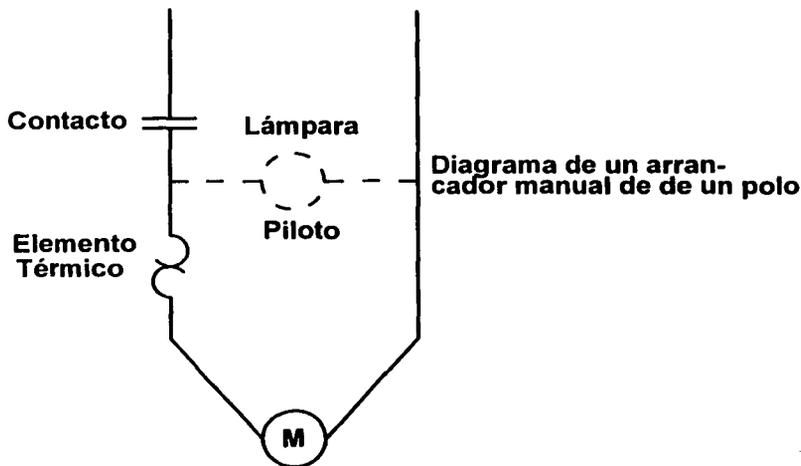


FIG. 1.7 ARRANQUE DE MOTOR A VOLTAJE PLENO

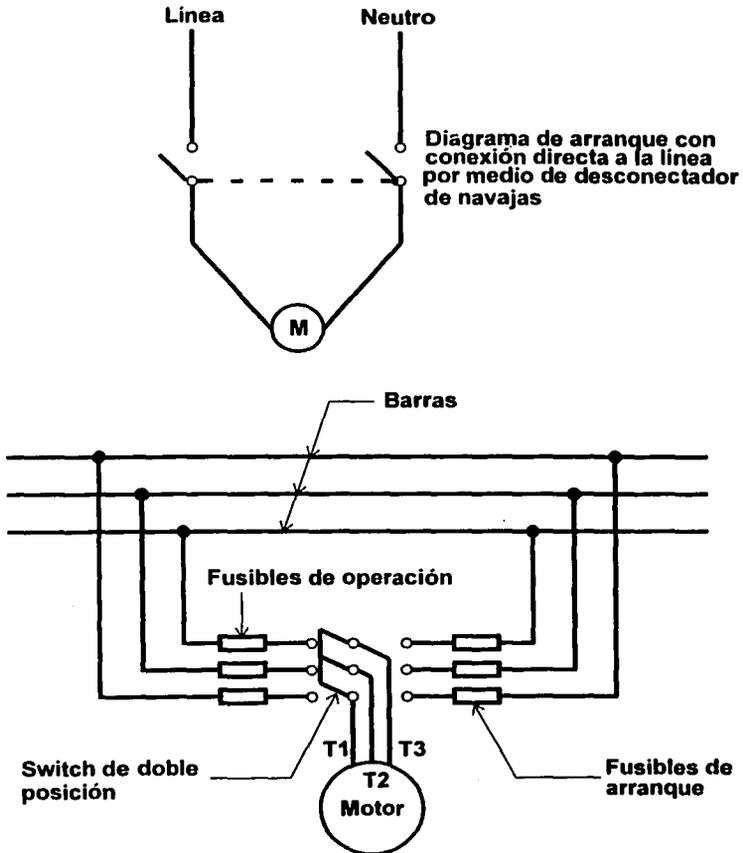


FIG. 1.7 ARRANQUE DE MOTOR A VOLTAJE PLENO (CONTINUACIÓN)

1.10 CIRCUITOS BÁSICOS DE CONTROL

Los circuitos de control eléctrico pueden gobernar desde operaciones sencillas, como arranque y paro de motores en forma manual, hasta secuencias de operación complejas que enlacen coordinadamente la operación de un grupo de máquinas.

1.11 ARRANQUE DE MOTORES TRIFÁSICOS DE INDUCCIÓN

En el caso de los motores trifásicos de inducción del tipo jaula de ardilla, se pueden arrancar conectándolos directamente al voltaje de la línea de alimentación o bien aplicando voltaje reducido al estator. El método de arranque en este tipo de motores depende de varios factores como son: el voltaje y capacidad de la línea de alimentación, así como el tipo de carga.

El arranque a voltaje pleno es conectar el motor directamente al circuito que lo alimenta. La principal desventaja de este método de arranque es la corriente de arranque que es elevada, ya que es de 5 a 6 veces la corriente a plena carga del motor, esta corriente de arranque puede producir caídas de voltaje significativas que pueden afectar a otras cargas conectadas al mismo alimentador y existen algunos dispositivos como las lámparas incandescentes, máquinas, herramientas de alta precisión, etc., que son muy sensibles al cambio de voltaje. Otro aspecto a cuidar es el impacto mecánico que se puede producir en ciertas cargas accionadas por motores eléctricos, cuando se presentan corrientes de arranque muy elevadas en éstos, tanto los fusibles como los interruptores termomagnéticos se deben calcular para poder conducir las corrientes de arranque durante el periodo de aceleración.

1.12 CONTROL DE DOS ALAMBRES

Los arrancadores a voltaje pleno para motores trifásicos pueden ser de distinto tipo, desde un simple desconectador de navajas, un interruptor de palanca, un interruptor de presión, un interruptor tipo flotador, un interruptor límite, un termostato, etc., y pueden ser de los llamados controles de dos o de tres alambres, ya que por muy complejos que sean los circuitos, éstos son variaciones de los controles de dos o de tres alambres. La mayoría de los mencionados anteriormente, corresponde a los denominados controles de dos alambres, como se muestra en la figura.

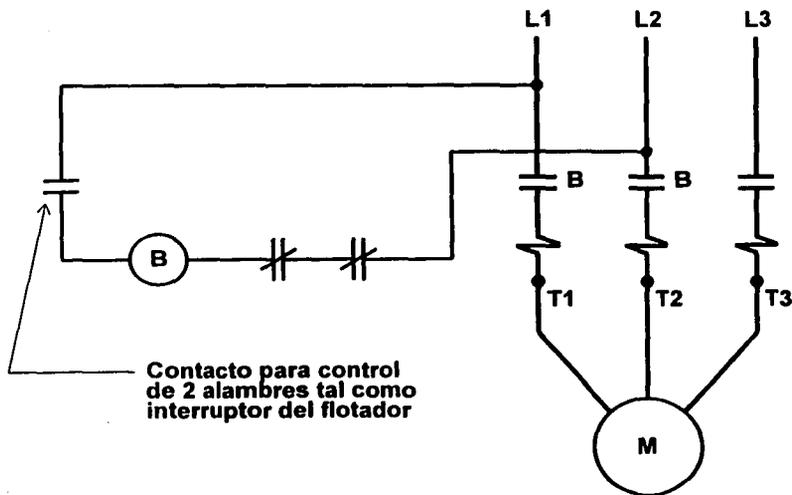


FIG. 1.8 CONTROL DE DOS ALAMBRES

En el control de dos alambres se conecta mediante dos hilos un dispositivo auxiliar de control de contacto sostenido, como interruptor de flotador, de límite, etc., a la bobina del contactor. Cuando se cierran los contactos del dispositivo de control, se energiza la bobina, se cierran los contactos de energía y conectan el motor a la línea. Cuando los contactos del dispositivo de control se abren, la bobina se desenergiza y para el motor.

Lo anterior permite que el arrancador funcione automáticamente sin la atención de un operador. El control de dos hilos provee disparo por bajo voltaje pero no protección por bajo voltaje.

Este tipo de circuito se utiliza en el control de equipos de bombeo, de presión, compresores, etc., sin embargo hay otros procesos en donde un arranque inesperado al regresar la tensión a la línea, puede representar la posibilidad de dañar los equipos, al proceso o al mismo operador.

El control de dos alambres o dos conductores es común en circuitos en donde se usan motores trifásicos que no tienen gran potencia, el diagrama básico es el que se muestra a continuación:

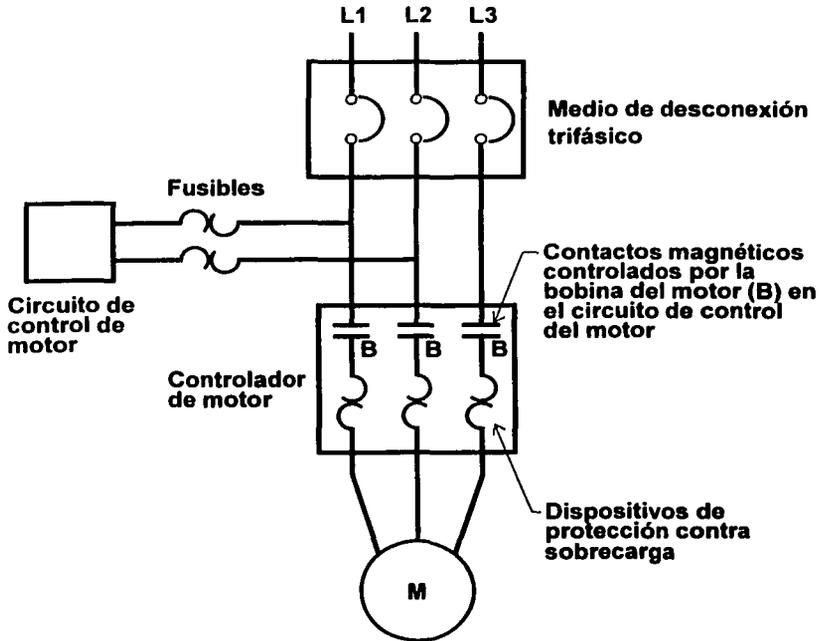


FIG. 1.9 DIAGRAMA BÁSICO MOSTRANDO CONTROL DE DOS ALÁMBRES PARA MOTORES TRIFÁSICOS DE BAJA POTENCIA

Algunos circuitos prácticos de control del motor trifásico pueden desempeñar muchas funciones. Un circuito básico de control es el que se muestra a continuación.

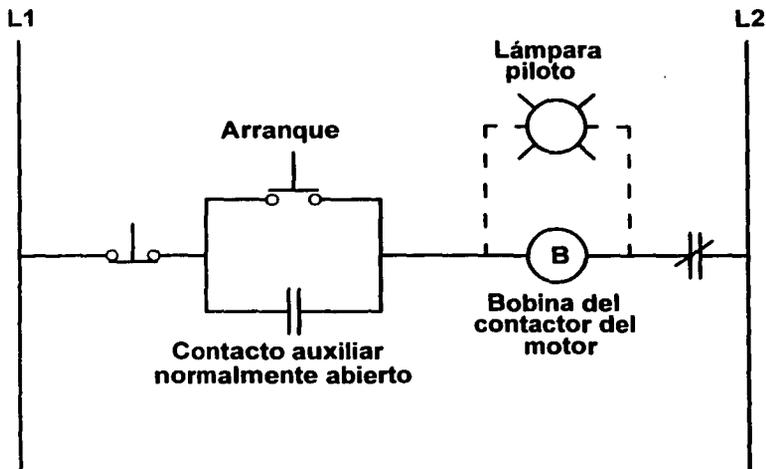


FIG. 1.10 DIAGRAMA DE PARO-ARRANQUE PARA UN MOTOR

El circuito del motor trifásico se controla por la bobina del contactor magnético (B) en la figura correspondiente al circuito de control, ya que energizando la bobina se cierran los contactos del motor.

Cuando el botón de arranque se oprime y se desoprima, la corriente por L1 y L2 circula a través de la bobina del contactor del motor B, entonces pasa a través del botón de paro normalmente cerrado y los contactos de los relevadores de sobrecarga que están normalmente cerrados. La bobina energizada del contactor del motor cierra los contactos principales del motor y el motor arranca. La bobina del motor (B) cierra

simultáneamente el contacto auxiliar B el cual se cierra a través del botón de arranque, de manera que el circuito permanece energizado.

El motor para únicamente con interrumpir momentáneamente el circuito de control, el cual desactiva la bobina (B) del contactor del motor y suelta los contactos B a través del botón de arranque. El motor se para y no vuelve a arrancar hasta que el botón de arranque se oprime y desoprime nuevamente.

El paro del motor se puede lograr por cualquiera de las formas siguientes:

- Desoprimiendo el botón de arranque.
- Por sobrecarga del motor, con lo cual se sobrecalientan los elementos térmicos localizados en las líneas de alimentación del motor y entonces abren al menos uno de los contactos normalmente cerrados, con lo que se deben interrumpir las tres fases.
- Cuando el voltaje baja suficientemente, aunque sea momentáneamente, la bobina del contactos del motor suelta el bloqueo (interlock) del botón de arranque. El motor no puede arrancar otra vez, aun cuando el voltaje sea normal, hasta que se oprima otra vez el botón de arranque.

Una aplicación clásica del control por dos alambres, es el del switch flotador o de nivel que se usa para el bombeo de agua en edificios, industrias y casas habitación. Este circuito está diseñado para operar en forma automática.

El circuito de control correspondiente se puede presentar para operación en forma automática en la forma siguiente:

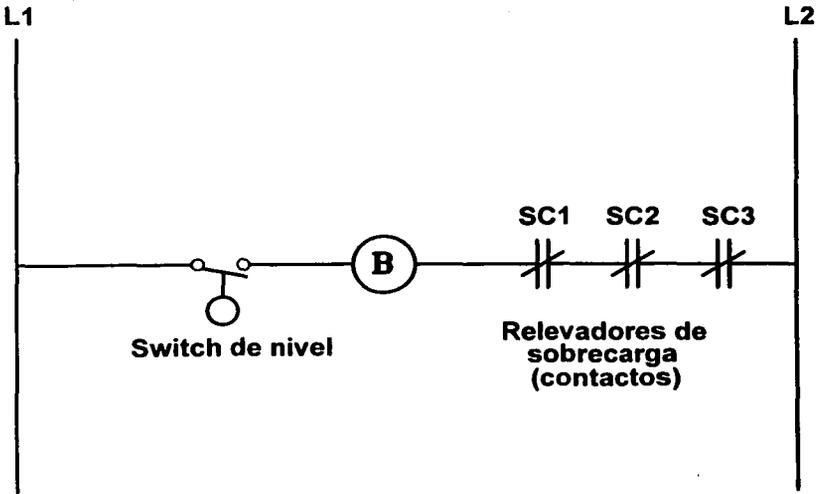


FIG. 1.11 CONTROL DE UN MOTOR MEDIANTE UN INTERRUPTOR DE NIVEL

1.13 CONTROL DE TRES ALAMBRES

Este tipo de circuitos de control se conoce como de protección contra falta de tensión y/o contra baja tensión. Conecta mediante tres hilos una estación de botones de paro-arranque de contactos momentáneos al arrancador en los puntos 1, 2 y 3, conectando a su vez el contacto de enclave en paralelo al botón de arranque en los puntos 2 y 3.

Al presionar el botón de arranque se energiza la bobina cerrando el contacto de enclave y los contactos de potencia conectando de esta manera el motor a la línea. Este circuito tiene la característica que al soltar el botón de arrancar, la bobina se mantiene energizada por circular su corriente, a través del botón de enclave. Si se presiona el botón de parar se abrirá el circuito de la bobina, desenergizándola y parando el motor.

Los controles de tres alambres o de tres conductores son específicamente cierto tipo de dispositivos como estaciones de botones del tipo "Arranque-Paro" y termostatos de doble acción.

El circuito básico para este tipo de sistema de control es el que se muestra a continuación:

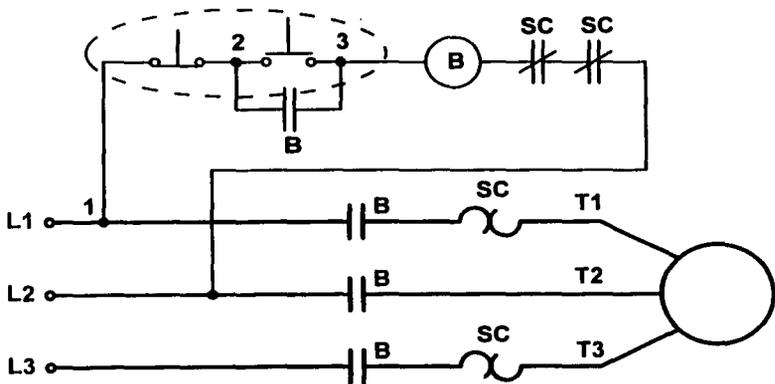


FIG. 1.12 DIAGRAMA DE TRES ALAMBRES PARA UN MOTOR TRIFÁSICO

Al oprimir el botón de arranque, el circuito se cierra a través de la bobina (B) y entonces se cierran los contactos B en el circuito del motor. Cuando se oprime el botón de parada, el circuito se abre, la bobina (B) pierde energía y se abren los contactos del motor, quedando desenergizado el circuito.

En la figura anterior, lo que está encerrado por una línea discontinua es el diagrama de la estación de botones y es una representación física de los elementos internos y sus conexiones con el arrancador en los puntos numerados.

1.14 CONTROL PARA INVERSIÓN DEL SENTIDO DE ROTACIÓN DEL MOTOR

En algunas aplicaciones industriales de los motores eléctricos, es necesario que se disponga de la posibilidad de invertir el sentido de rotación. En el estudio de los motores de corriente alterna, se sabe que para invertir el sentido de rotación es suficiente con intercambiar dos conductores de fase, lo cual se puede lograr mediante el uso de dos juegos de contactores magnéticos A y B y un switch manual de posición del tipo tambor, en la dirección de marcha de frente, el switch de tambor cierra los contactos 1, los cuales energizan a su vez la bobina A del relevador (ver figura siguiente), produciendo que el contactor A cierre.

Para invertir el sentido de rotación, se mueve el switch a la posición 2, para lo cual se tiene que pasar por la posición de desconectado o fuera (posición 0), por lo que es prácticamente imposible energizar las bobinas A y B simultáneamente. Cuando ocasionalmente no ocurre esto por algún desperfecto en el switch de tambor, se puede presentar un corto circuito que dañe los contactos. Para eliminar este riesgo, los contactos se montan en lados opuestos y se bloquean mecánicamente de manera que sea físicamente imposible para ambos cerrar al mismo tiempo.

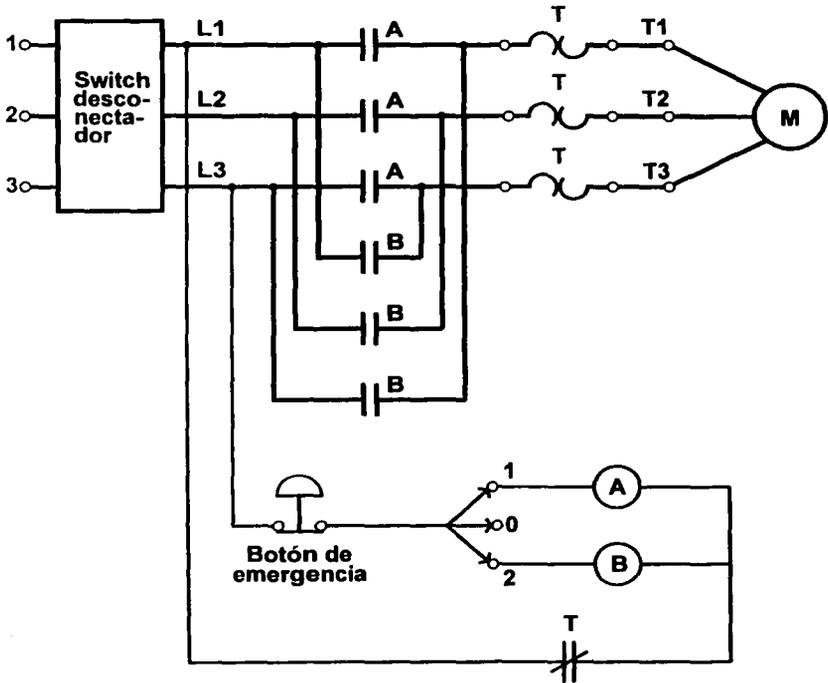


FIG. 1.13 DIAGRAMA PARA INVERTIR EL SENTIDO DE ROTACIÓN DE UN MOTOR TRIFÁSICO

Una variante en el circuito de control para inversión en el sentido de rotación del motor se muestra a continuación:

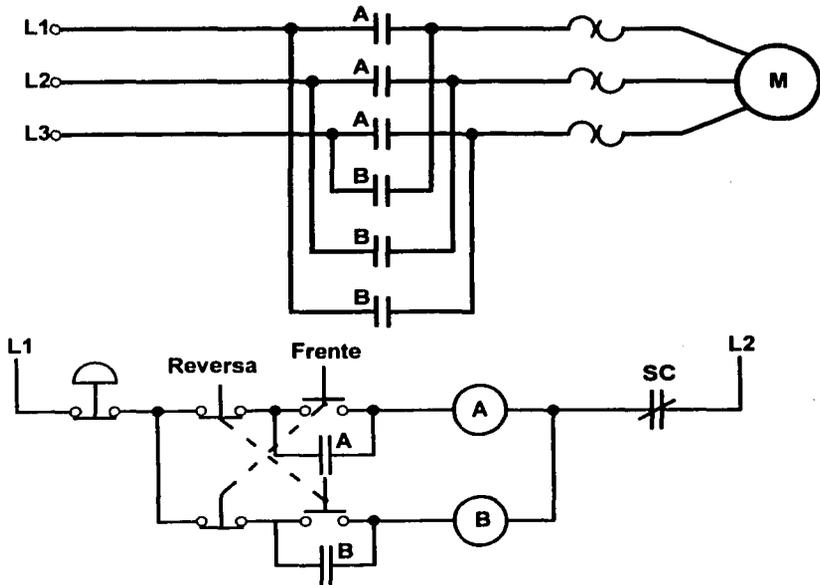


FIG. 1.14 DIAGRAMA MOSTRANDO OTRA OPCIÓN PARA CAMBIAR EL SENTIDO DE ROTACIÓN DE UN MOTOR TRIFÁSICO

1.15 ARRANCADORES A VOLTAJE REDUCIDO

Algunas cargas industriales se deben arrancar en forma gradual, como es el caso de máquinas que procesan productos frágiles, en otras aplicaciones industriales no se pueden conectar los motores directamente a la línea, debido a que la corriente de arranque es muy elevada, en este tipo de casos, el voltaje de arranque aplicado al motor se debe reducir, ya sea conectando resistencias (también reactancias) en serie con la línea de alimentación al motor, o bien empleando un autotransformador.

En el arranque a voltaje reducido se debe tener en consideración que:

- A) La corriente a rotor bloqueado es proporcional al voltaje, es decir, si se reduce el voltaje a la mitad, la corriente se reduce a la mitad.
- B) El par a rotor bloqueado es proporcional al cuadrado del voltaje, es decir, si se reduce el voltaje a la mitad, el par se reduce a una cuarta parte.

1.16 ARRANQUE CON RESISTENCIA PRIMARIA

Los motores eléctricos más grandes pueden tomar una corriente de arranque de 5 a 8 veces la corriente de operación, se puede usar como una alternativa el arranque por medio de resistencias. Una de las variantes del arranque por resistencia es el llamado arranque con resistencia primaria, mediante el cual el lado primario (de alimentación) de un motor se controla por dos grupos de contactos localizados en cada conductor de entrada. El conjunto de contactos que se cerrará primero están en serie con las resistencias. La corriente de entrada debe pasar a través de estas resistencias, de manera que se produce una caída de voltaje, reduciendo de esta manera el voltaje aplicado al motor, arrancando éste bajo carga con una velocidad reducida. Después de un tiempo predeterminado, el otro conjunto de contactos cerrará, corto circuitando y dejando fuera las resistencias, aplicando de esta manera voltaje pleno para acelerar el motor a plena velocidad.

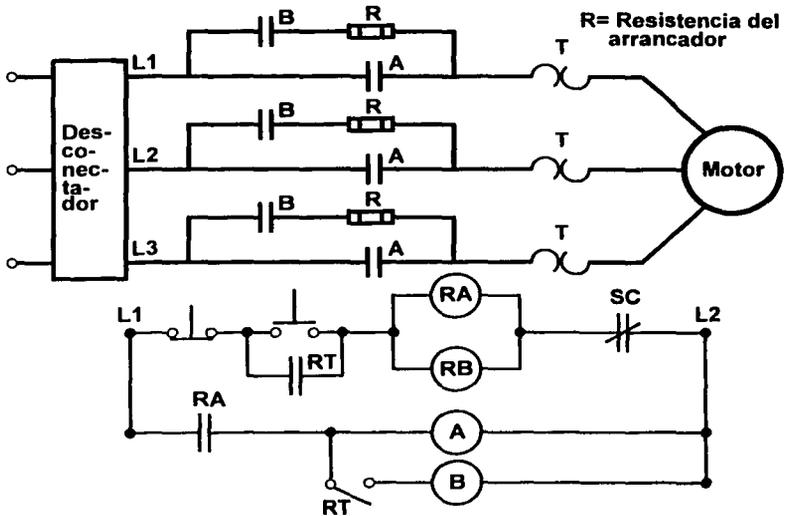


FIG. 1.15 DIAGRAMA DE ARRANQUE DE UN MOTOR TRIFÁSICO A TENSIÓN REDUCIDA POR MEDIO DE RESISTENCIAS PRIMARIAS

RA - representa un pequeño relevador auxiliar que tiene dos contactos normalmente abiertos.

RT - relevador de tiempo retardado que cierra el circuito de la bobina (B) después de un tiempo predeterminado.

A, B - son contactos magnéticos, con sus contactos asociados.

1.17 ARRANQUE CON AUTOTRANSFORMADOR

Para un par dado, el arranque con autotransformador demanda una corriente de línea más baja que la que se obtiene con el arranque por resistencia primaria. La desventaja principal es que el costo de los autotransformadores es superior al obtenido con arranque con resistencia y por otra parte la transmisión del voltaje reducido del arranque al voltaje pleno no es suficientemente "suave".

Los autotransformadores tienen por lo general derivaciones (taps) para dar voltajes de salida de 80, 65 y 50 por ciento del voltaje nominal, los valores del par de arranque correspondientes son respectivamente 64, 42 y 25 por ciento de la corriente a rotor bloqueado.

En la figura siguiente se muestra un arrancador sencillo que usa dos autotransformadores conectados en delta abierta que tiene una derivación del 65%.

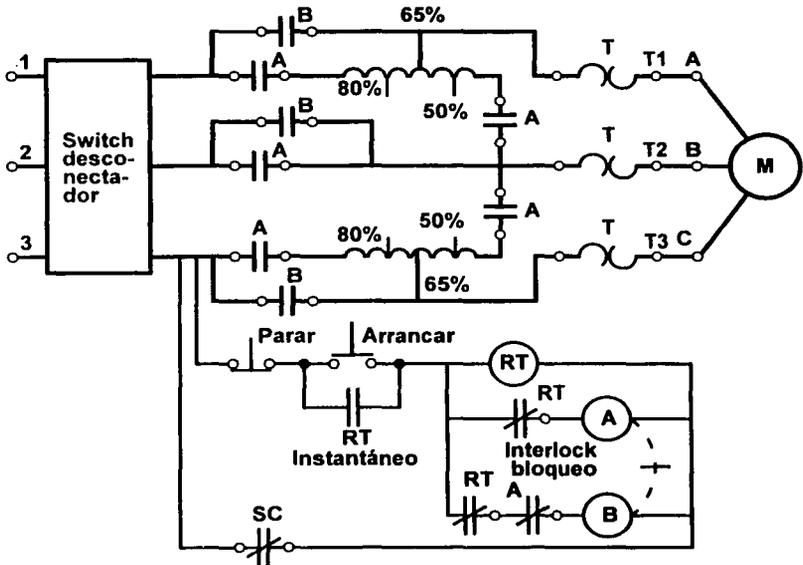


FIG. 1.16 DIAGRAMA DE ARRANQUE DE UN MOTOR TRIFÁSICO A TENSIÓN REDUCIDA POR MEDIO DE UN AUTOTRANSFORMADOR

De la figura anterior RT es un relevador de tiempo retardado que tiene tres contactos. El contacto en paralelo con el botón de arranque se cierra tan pronto como la bobina RT se energiza. Los otros dos contactos operan después de un cierto retraso que depende del ajuste que se de al relevador, los contactos A y B se bloquean mecánicamente para prevenir que se cierren simultáneamente.

El contactor A puede cerrar tan pronto como el botón de arranque se deje de presionar, esta operación excita al autotransformador y aparece un voltaje reducido en

las terminales del motor. Algunos segundos después los dos contactos RT que están en serie con las bobinas A y B respectivamente, abren y cierran.

El contactor A queda fuera seguido en forma casi inmediata por el cierre del contactor B. con esta acción se aplica voltaje pleno al motor y en forma simultánea se desconecta el autotransformador de la línea. En la transferencia del contactor A al contactor B, el motor se desconecta momentáneamente de la línea, esto crea un problema debido a que cuando el contactor B cierra, se presenta un transitorio a través de la línea. Este transitorio es severo para los contactos y produce un shock mecánico también.

Cuando el motor alcanza el 90% de su velocidad síncrona, con resistencias de arranque se alcanza un par elevado, debido a que el voltaje terminal es entonces mayor que el 65% que es el valor que existe en el momento de arranque.

Tanto en el caso de los arrancadores con autotransformadores, como en el de los arrancadores con resistencias, debido a que estos elementos operan solo por periodos cortos de tiempo, se puede obtener una reducción considerable en su tamaño.

1.18 CIRCUITOS ESPECIALES

1.18.1 TRANSFORMADORES DE CONTROL

Los transformadores de control se instalan cuando las componentes del circuito de control no están diseñadas para el voltaje nominal de alimentación. El voltaje primario del transformador es el voltaje de la línea de alimentación, en tanto que el secundario es el requerido para las componentes de control.

En la siguiente figura se muestra la disposición física para el circuito de fuerza y el de control, así como el esquemático para la instalación de un motor trifásico con transformador de control para obtener bajo voltaje en el circuito de control.

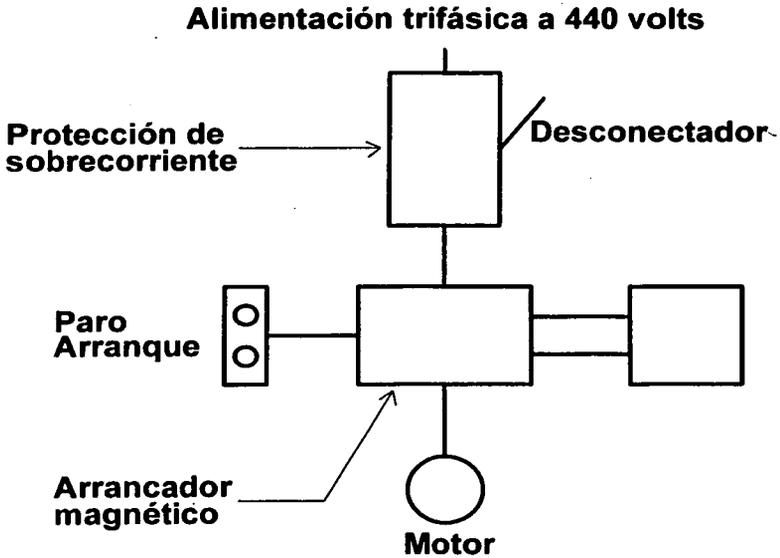


FIG. 1.17 ESQUEMA MOSTRANDO LA DISPOSICIÓN FÍSICA PARA LA INSTALACIÓN DE UN MOTOR TRIFÁSICO CON TRANSFORMADOR DE CONTROL PARA OBTENER BAJO VOLTAJE EN EL CIRCUITO DE CONTROL.

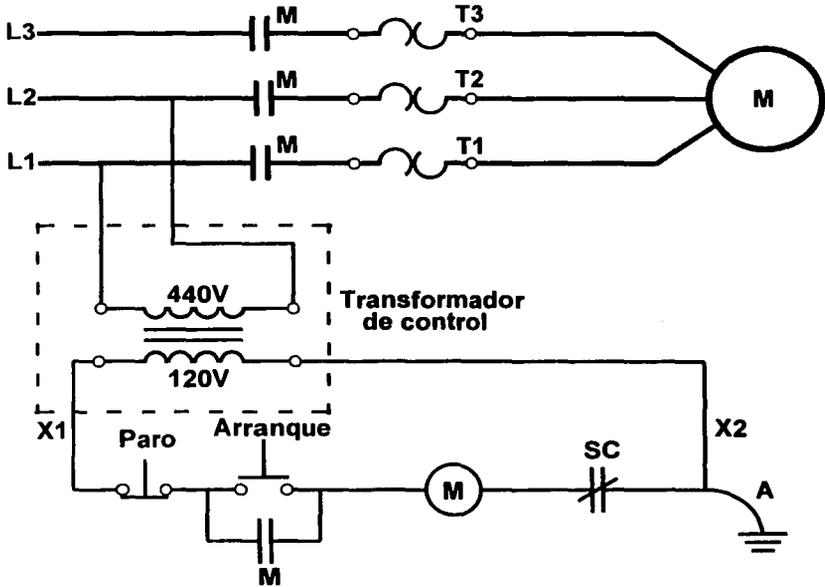


FIG. 1.18 DIAGRAMA DE FUERZA Y DE CONTROL PARA UN MOTOR TRIFÁSICO CON TRANSFORMADOR DE CONTROL

1.18.2 BLOQUEOS

Bloqueo o interbloqueo significa simplemente conectar piezas de equipo eléctrico juntas. Los circuitos, ya sea de fuerza o de control se dice que están bloqueados cuando un circuito controla al otro circuito. Todo los bloqueos se deben realizar en una forma segura, muchas veces el bloqueo puede incluir circuitos múltiples.

Existen diferentes clases de bloqueos según sea la función a controlar o la actividad a desarrollar con los motores eléctricos. Por ejemplo, en la figura siguiente se muestra un bloqueo para arranque secuencial de dos motores, en donde el motor 1 debe arrancar antes que el motor 2. Esta secuencia se refiere a una carga preferencial y se debe cuidar que el bloqueo de los dos equipos se ejecute en forma segura. Esto quiere decir, por ejemplo, que cuando los medios de desconexión están en la posición de "fuerza", por ejemplo en el circuito de M1, todos los contactos en el arrancador del motor M1 deben estar desenergizados (muertos).

En el diagrama esquemático se muestra como los circuitos de control pueden ser instalados.

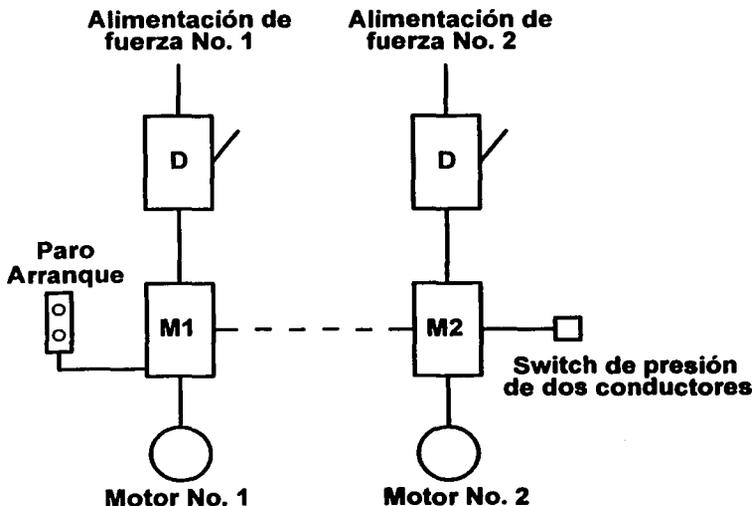
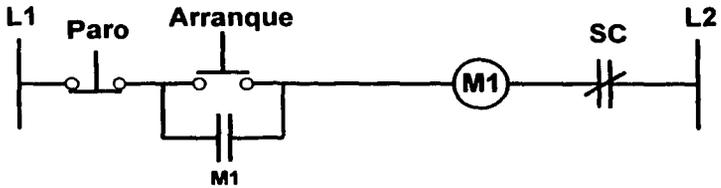


FIG. 1.19 ESQUEMA QUE MUESTRA UN BLOQUEO PARA ARRANQUE SECUENCIAL DE DOS MOTORES

CIRCUITO DE CONTROL NO. 1



CIRCUITO DE CONTROL NO. 2

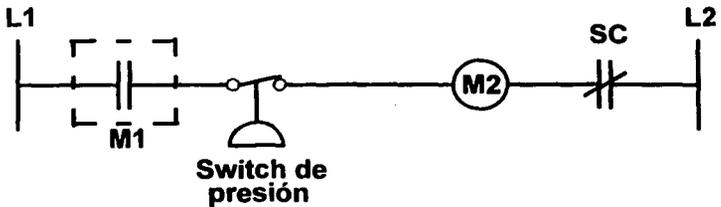


FIG. 1.20 DIAGRAMA DE BLOQUEO PARA EL ARRANQUE SECUENCIAL DE DOS MOTORES

1.18.3 ARRANQUE SECUENCIAL DE VARIOS MOTORES

El arranque secuencial quiere decir que un motor debe arrancar después del otro en un orden predeterminado, por ejemplo, un sistema de transportadores compuesto por cuatro secciones. Las secciones deben arrancar en el orden o secuencia correcta. Si por alguna razón un motor no arranca, el siguiente motor no lo hace.

En la figura siguiente se muestra el diagrama de una instalación de dos motores con arranque secuencial.

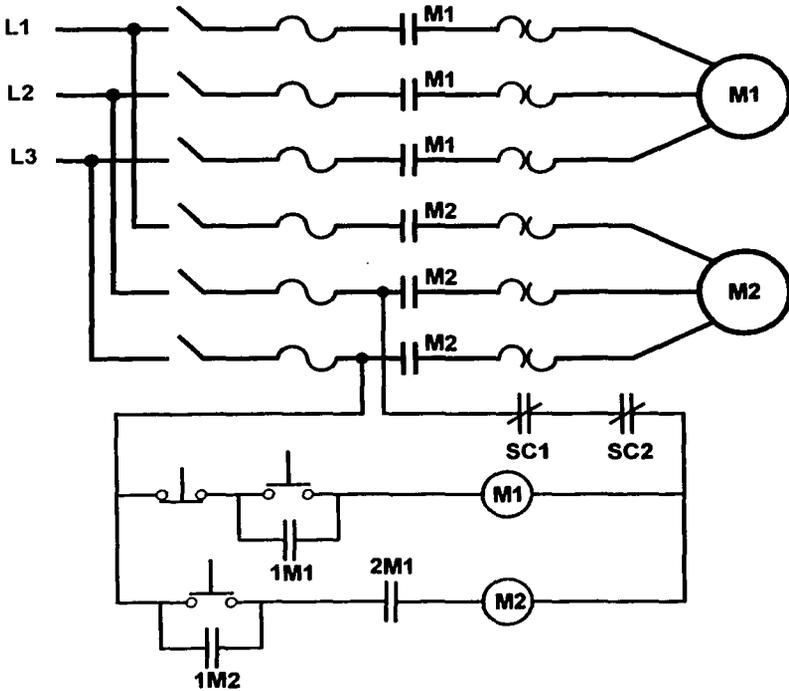


FIG. 1.21 DIAGRAMA PARA DOS MOTORES CON ARRANQUE SECUENCIAL.

A continuación se muestra el arreglo o disposición física para el arranque secuencial de cuatro motores

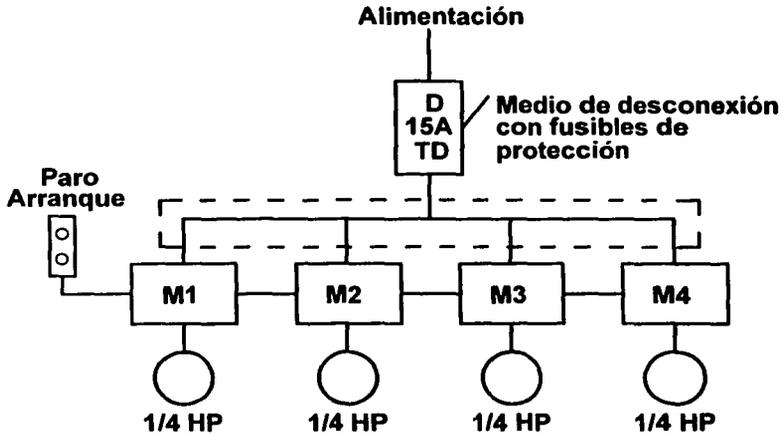


FIG. 1.22 DISPOSICIÓN FÍSICA DE LA INSTALACIÓN DE CUATRO MOTORES CON ARRANQUE SECUENCIAL.

En la siguiente figura se muestra el diagrama esquemático para la instalación del arranque secuencial de cuatro motores en la figura anterior en el que se emplea un solo botón de arranque. Al pulsarse el botón de arranque se activa la bobina M1, la cual a su vez activará al contacto M1, por lo que se energizará la bobina M2, se cerrará el contacto M2, en consecuencia se energizará la bobina M3, se cerrará el contacto M3, se energizará la bobina M4 y ésta hará que se active el contacto de enclave M4,

manteniendo energizada la bobina M1. Al pulsar el botón de paro los cuatro motores pararán.

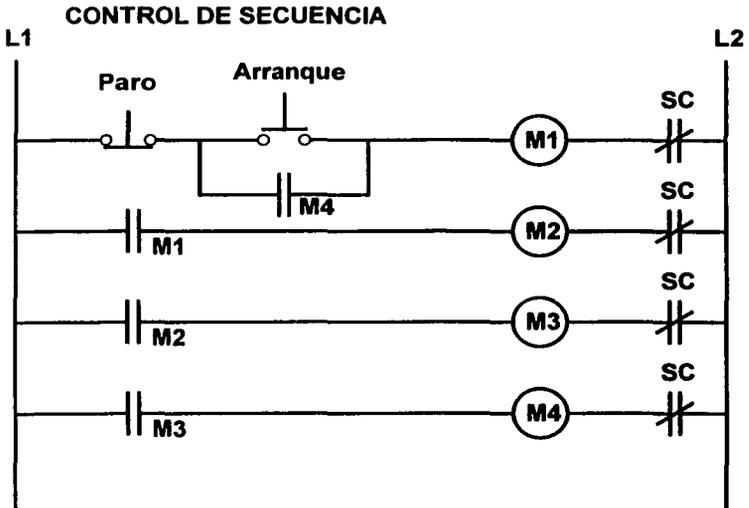


FIG. 1.23 DIAGRAMA ESQUEMÁTICO PARA LA INSTALACIÓN DEL ARRANQUE SECUENCIAL DE CUATRO MOTORES

CAPÍTULO 2

CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

2.1 CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

Un centro de control de motores (CCM) es esencialmente un tablero que se usa en primer término para montar las componentes del alimentador de los motores y de sus circuitos derivados, desde luego que no necesariamente todas las componentes se deben incluir en el centro de control; por ejemplo, la protección del alimentador se puede instalar en el tablero principal o bien otro ejemplo, la estación de botones se puede localizar en algún lugar más conveniente.

El uso del centro de control de motores es recomendable para que los motores de una instalación o de una zona se alimenten en forma centralizada, de esta manera un solo operador puede controlar fácilmente todo un complejo en los cuales se contienen los órganos de mando, de protección e instrumentos de medición.

Los centros de control para motores pueden instalarse dentro de una subestación o bien pueden ser parte de servicios derivados del interruptor principal de alta tensión.

El número de secciones en un centro de control de motores depende del espacio que tome cada una de sus componentes, de manera que si el diseñador sabe que componentes se incluirán, se puede diseñar el centro de control de motores.

El centro de control de motores ofrece las siguientes ventajas:

- Permite que los aparatos de control se alejen de lugares peligrosos
- Permite centralizar al equipo en el lugar más apropiado
- Facilita el mantenimiento y el costo de la instalación es menor

Para diseñar el centro de control de motores se debe tomar en consideración la siguiente información:

1. Elaborar una lista de los motores que estarán contenidos en el CCM indicando para cada motor:

Potencia en HP o kW

Voltaje de operación nominal a plena carga

Forma de arranque (tensión plena o tensión reducida)

Si tiene movimiento reversible

Lámparas de control e indicadoras

2. Elaborar un diagrama unifilar simplificado de las conexiones de los motores, indicando la información principal referente a cada uno.

3. Tomando como referencia los tamaños normalizados para centros de control de motores, se puede hacer un arreglo preliminar de la disposición de sus componentes, de acuerdo con el diagrama unifilar, y considerando las ampliaciones futuras.

4. Las especificaciones principales para un centro de control de motores (CCM) son las siguientes:

2.2 CARACTERÍSTICAS DEL GABINETE Y DIMENSIONES PRINCIPALES

Generalmente son para montaje en piso con puertas al frente para permitir el acceso al equipo. Estructura metálica normalizada, realizada de tal manera que sea fácilmente armada y modular. Cada módulo o compartimiento contiene un grupo de paneles en los que se alojan los aparatos de mando y control de los motores.

Los paneles o módulos, tienen por lo general dimensiones normalizadas, de manera que cada compartimiento contenga un número entero de elementos, aunque de características distintas o sean fácilmente sustituibles en caso de ser necesario. Por seguridad se recomienda que la puerta de estos compartimientos no se pueda abrir con el interruptor energizado.

2.2.1 ARRANCADORES

Normalmente son del tipo magnético, con control remoto y/o local por medio de botones y elementos térmicos para protección de los motores.

2.2.2 INTERRUPTORES

Cada compartimiento o panel contiene por lo general un interruptor automático que constituye un órgano de seccionamiento y protección para la corriente de corto circuito,

estación de botones para el mando de motores o bien arrancadores con estaciones de botones a control remoto, eventualmente se tienen módulos con instrumentos de medición, lámparas piloto, etc. Por lo general, los interruptores son del tipo termomagnético en caja moldeada de plástico con operación manual y disparo automático y que pueden ser accionados exteriormente por medio de palancas.

Frecuentemente se instala para cada motor una combinación de interruptor y arrancador.

2.2.3 BARRAS Y CONEXIONES

Un sistema de barras generales de distribución, cuchillas o un interruptor general a la entrada y algunos otros aparatos de medición como por ejemplo wathorímetros. Cada centro de control de motores tiene sus barras alimentadoras que son normalmente de cobre electrolítico. Estas barras se encuentran en la parte superior y las conexiones se hacen en la parte inferior.

Los tableros para centro de control de motores se fabrican con corriente nominal de las barras principales, por lo general no superiores a 1000 A y para corrientes de corto circuito no superiores a 50 kA. Por su característica modular, los centros de control de motores pueden ser fácilmente ampliados.

Un aspecto importante en las instalaciones eléctricas industriales es el de ordenar las características que debe llenar para su perfecto funcionamiento; así pues, se tomará en cuenta en un proyecto:

1. Qué productos se van a fabricar.
2. Qué clase de construcción va a tener el edificio.

3. Si el lugar en que van a trabajar los motores y demás equipo se encuentra bien ventilado y seco, o húmedo y si el producto a fabricarse produce polvo o gases perjudiciales.

Con estas observaciones se pedirá al fabricante de materiales y equipo, el que sea apropiado para un trabajo correcto.

En la siguiente figura se muestra un ejemplo de un diagrama elemental de alambrado de un motor trifásico de inducción

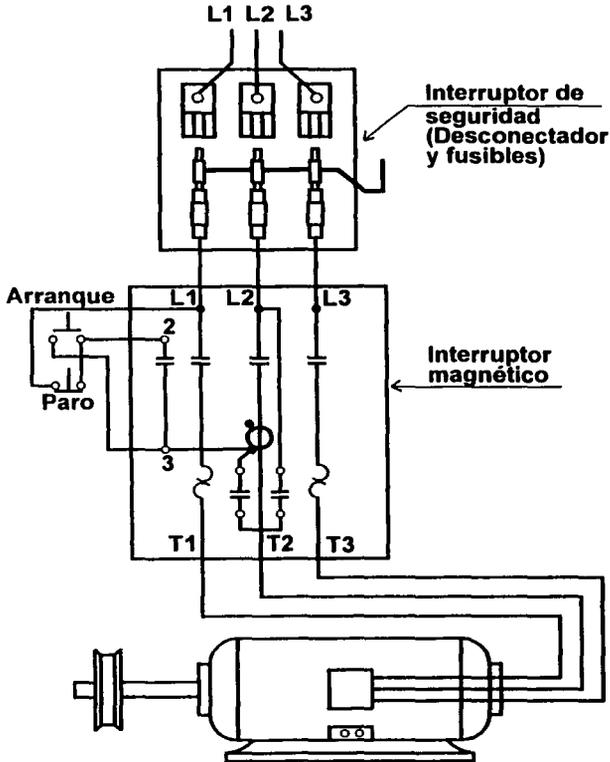


FIG. 2.1 DIAGRAMA ELEMENTAL DE ALAMBRADO DE UN MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN

En la siguiente figura se muestra un centro de control de motores:

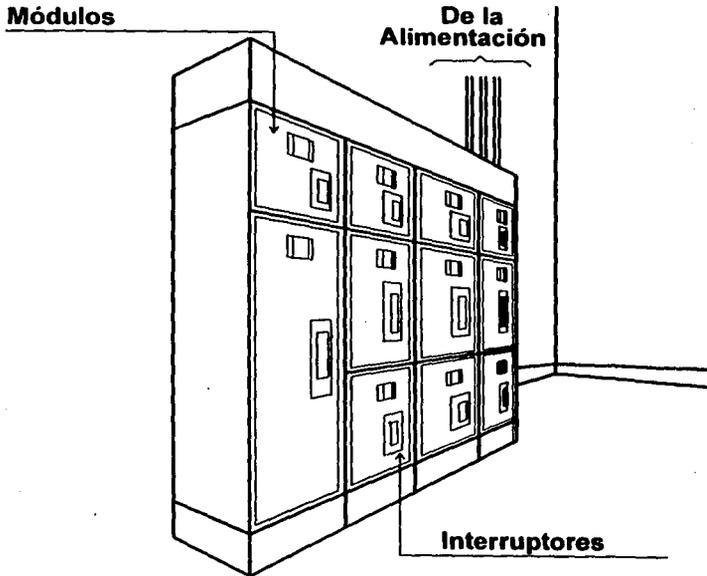


FIG. 2.2 VISTA DE UN CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

Se verá a continuación un ejemplo para el cálculo de los diferentes elementos de un centro de control de motores:

Calcular las características principales de los circuitos derivados y el alimentador para un centro de control de motores que alimentará los siguientes motores:

1 motor trifásico de inducción 25 HP a 220 volts, tipo jaula de ardilla con letra de código G

1 motor trifásico de inducción de 20 HP a 220 volts, tipo jaula de ardilla con letra de código C

Se considera que se usarán interruptores termomagnéticos, elementos térmicos y conductores THW. Se supone también que se trata de motores estándar con una elevación de temperatura no mayor de 40°C.

Determinar:

- 1.- La protección del alimentador
- 2.- El conductor del alimentador
- 3.- La protección del circuito derivado de cada motor
- 4.- El conductor del circuito derivado de cada motor
- 5.- Los elementos térmicos de cada motor
- 6.- Las capacidades de los medios de desconexión de cada motor

SOLUCIÓN

1.- Para un motor de 25 HP a 220 volts la corriente nominal es de 71 Amperes, para motores de inducción con letra de código G y corriente de plena carga mayor de 30 A se puede usar un factor de 2.5 veces la corriente nominal a plena carga, por lo que la protección del alimentador se calcula como:

$$\text{Protección del Alimentador} = 2.5 \times I_{pc \text{ motor mayor}} + \Sigma I_{pc \text{ otros motores}}$$

Para el motor de 20HP a 220 volts la corriente a plena carga de acuerdo a la tabla 2.1 es:

$$I_{pc} = 56 \text{ Amperes}$$

La protección del alimentador se calcula como:

$$\text{Protección el Alimentador} = 2.5 \times 71 + 56 = 233.5 \text{ A máximos}$$

Por lo tanto, se puede usar un interruptor termomagnético de 225 A

2.- Calibre del Conductor del Alimentador

La capacidad de conducción de corriente del alimentador (ampacidad) es:

$$I = 1.25 I_{pc \text{ Motor Mayor}} + \Sigma I_{pc \text{ Otros Motores}}$$

$$I = 1.25 \times 71 + 56 = 144.75 \text{ A}$$

Para conductor THW de tabla 2.2 para 1 a 3 conductores en tubo conduit se requieren 3 conductores No. 1/0 AWG.

3.- Protección del circuito derivado de cada motor

a) Para el motor de 25 HP a 220 volts con $I_{pc} = 71 \text{ A}$ y letra de código G se puede usar un factor de $2.5 \times I_{pc}$, es decir:

$$I = 2.5 \times I_{pc} = 2.5 \times 71 = 177.5 \text{ A}$$

Por lo que se puede emplear interruptor termomagnético de 175 A

b) Para el motor de 20 HP con $I_{pc} = 56 \text{ A}$ según la tabla 2.1 (para una $I_{pc} > 30 \text{ A}$), letra de código C, se puede usar un factor de $2 \times I_{pc}$, por lo que

$$I = 2 \times I_{pc} = 2 \times 56 = 112 \text{ A}$$

Se puede emplear un interruptor termomagnético de 110 A

4.- Conductores de los circuitos derivados

a) Para el motor de 25 HP se tiene:

$$I = 1.25 \times I_{pc} = 1.25 \times 71 = 88.75 \text{ A}$$

De la tabla 2.2 con conductor THW (1 a 3 conductores en tubo conduit) se requieren 3 conductores No. 4 AWG

5.- Elementos térmicos

Para motores estándar con elevación de temperatura no superior a 40°C la capacidad de los elementos térmicos es de $1.25 I_{pc}$

a) Para el motor de 25 HP a 220 volts con $I_{pc} = 71 \text{ A}$

$$I_{\text{Elem. Térmico}} = 1.25 \times 71 = 88.75 \text{ A}$$

b) Para el motor de 20 HP a 220 volts con $I_{pc} = 56 \text{ A}$

$$I_{\text{Elem. Térmico}} = 1.25 \times 56 = 70 \text{ A}$$

6.- Dado que los motores no estarán a un lado del CCM, es necesario proporcionar un desconectador por separado, por lo que se deben usar desconectores de 25 HP y 20 HP o bien interruptores termomagnéticos de $2.5 \times I_{pc}$ para el motor de 25 HP, es decir:

$$2.5 \times 71 = 177.5 \text{ A (175 A)}$$

y de $2.5 \times I_{pc}$ para el motor de 20 HP o sea:

$$2.5 \times 56 = 140 \text{ A}$$

El diagrama unifilar para este ejemplo se muestra en la figura siguiente:

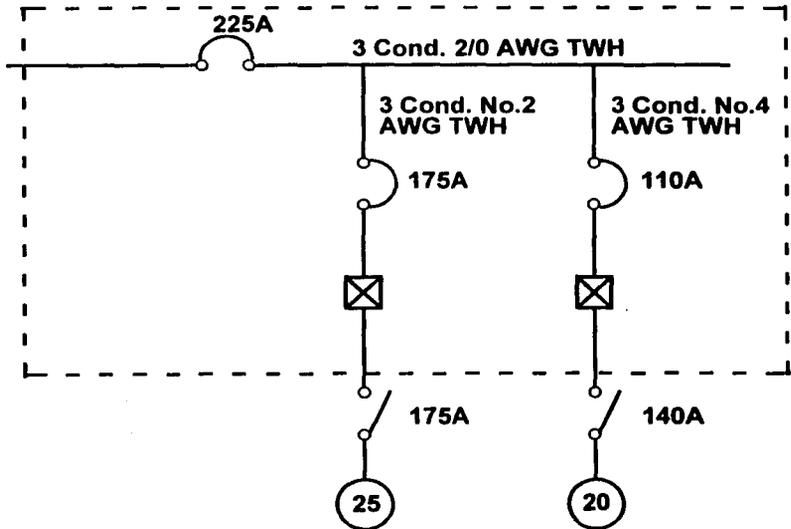


FIG. 2.3 DIAGRAMA UNIFILAR DE LA INSTALACIÓN DE LOS DIFERENTES ELEMENTOS DEL EJEMPLO ANTERIOR

CORRIENTE A PLENA CARGA DE MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA						
HP	MOTOR DE INDUCCIÓN DE JAULA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO (AMPERES)			MOTOR SÍNCRONO, CON FACTOR DE POTENCIA UNITARIO (AMPERES)		
	220 V	440 V	2400 V	220 V	440 V	2400 V
0.5	2.1	1				
0.75	2.9	1.5				
1	3.8	1.9				
1.5	5.4	2.7				
2	7.1	3.6				
3	10	5				
5	15.9	7.9				
7.5	23	11				
10	29	15				
15	44	22				
20	56	28				
25	71	36		54	27	
30	84	42		65	33	
40	109	54		86	43	
50	136	68		108	54	
60	161	80	15	128	64	11
75	201	100	19	161	81	14
100	259	130	25	211	106	19
125	326	163	30	264	132	24
150	376	188	35	-	158	29
200	502	251	47	-	210	38

TABLA 2.1 CORRIENTE A PLENA CARGA DE MOTORES TRIFÁSICOS DE CORRIENTE ALTERNA

RANGO DE TEMPERATURA DEL CONDUCTOR							
60°C		75°C	90°C	110°C	125°C	200°C	250°C
140°F		167°F	194°F	230°F	257°F	392°F	482°F
TIPOS							
CALIBRE DEL CONDUCTOR AWG MCM	T TW	RH RHW, RUH THW, THWN	TA, TBS RHH RHHN	AVA AVL	AIA	A AA	TFE
18	-	-	21	-	-	-	-
16	-	-	22	-	-	-	-
14	15	15	25	30	30	30	40
12	20	20	30	35	40	40	55
10	30	30	40	45	50	55	75
8	40	45	50	60	65	75	95
6	55	65	70	80	85	95	120
4	70	85	90	105	115	120	145
3	80	100	105	120	130	145	170
2	95	115	120	135	145	165	195
1	110	130	140	160	170	190	220
1/0	125	150	155	190	200	225	250
2/0	145	175	185	215	230	250	280
3/0	165	200	210	245	265	285	315
4/0	195	230	235	275	310	340	370
250	215	255	270	315	335	-	-
300	240	285	300	345	380	-	-
350	260	310	325	390	420	-	-
400	280	335	360	420	450	-	-
500	320	380	405	470	500	-	-
600	355	420	455	525	545	-	-
700	385	460	490	560	600	-	-
750	400	475	500	580	620	-	-
800	410	490	515	600	640	-	-

TABLA 2.2 CAPACIDAD DE CONDUCTORES AISLADOS DE COBRE DE 1 A 3 CONDUCTORES EN CONDUIT (BASADO EN UNA TEMP. DE 30 °C)

RANGO DE TEMPERATURA DEL CONDUCTOR							
60°C		75°C		90°C		110°C	
140°F		167°F		194°F		230°F	
TIPOS							
CALIBRE DEL CONDUCTOR AWG MCM	T TW	RH RHW, RUH THW, THWN	TA, TBS RHH RHHN	AVA AVL	AIA	A AA	TFE
900	435	520	555	-	-	-	-
1000	455	545	585	680	730	-	-
1250	495	590	645	-	-	-	-
1500	520	625	700	785	-	-	-
2000	560	665	775	840	-	-	-

TABLA 2.2 (CONTINUACIÓN) CAPACIDAD DE CONDUCTORES AISLADOS DE COBRE DE 1 A 3 CONDUCTORES EN CONDUIT (BASADO EN UNA TEMP. DE 30 °C)

Un ejemplo de diagrama unifilar mostrando los elementos de un centro de control de motores (CCM) y de la disposición y dimensiones generales de un CCM se muestra en la figura siguiente:

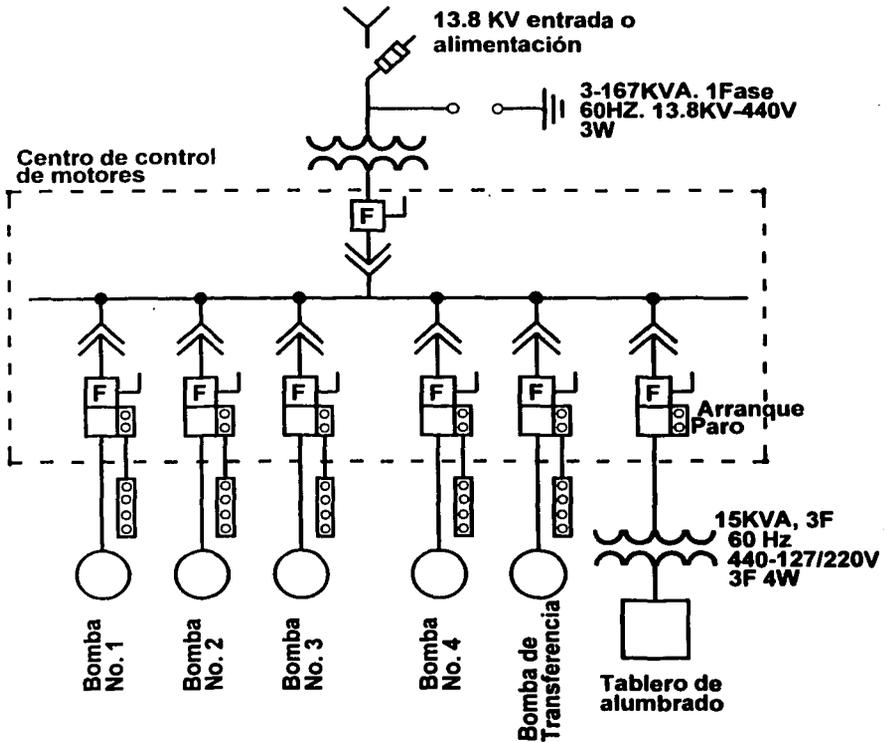


FIG. 2.4 DIAGRAMA UNIFILAR MOSTRANDO LOS ELEMENTOS DE UN CENTRO DE CONTROL DE MOTORES

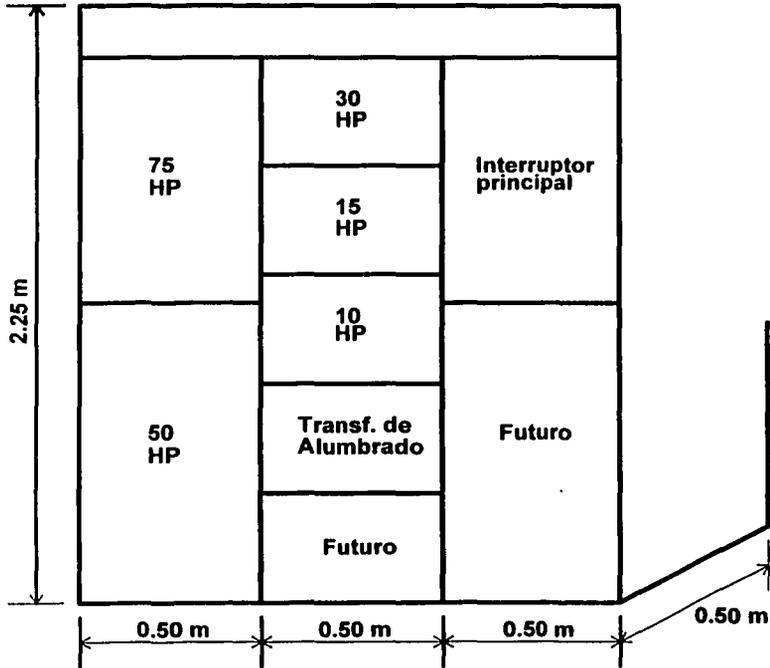


FIG. 2.5 DISPOSICIÓN Y DIMENSIONES GENERALES DE UN CCM

2.3 DATOS PARA EL DISEÑO DE UN CENTRO DE CONTROL DE MOTORES .

Para dar la información más precisa para el diseño de un CCM, es conveniente tener una idea de los datos que se manejan para sus componentes, como es el caso de los arrancadores y los interruptores termomagnéticos, por mencionar dos de los más representativos, además de los elementos de control que se mencionarán más adelante.

En el caso de información para arrancadores, normalmente se hace referencia a normas nacionales, aun cuando se deben satisfacer condiciones establecidas por normas internacionales, como las de NEMA (National Electrical Manufacturers Association) de Estados Unidos, en donde se establecen las capacidades máximas que se dan a continuación.

TAMAÑO NEMA	CORRIENTE POR 8 HRS (A)	HP MÁXIMOS PARA MOTORES TRIFÁSICOS	
		220 V	440 V
2/0		1.5	2
0	15	3	5
1	25	7.5	10
2	50	15	25
3	100	30	50
4	150	50	100
5	300	100	200

TABLA 2.3 CAPACIDADES MÁXIMAS PARA ARRANCADORES A VOLTAJE PLENO Y PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGAS

La tabla anterior es aplicable a motores trifásicos de inducción de una sola velocidad, con jaula de ardilla.

TAMAÑO NEMA	CAPACIDAD PARA MÁXIMA POTENCIA	DIMENSIONES (cm)				
		ANCHO	ALTO	FONDO	D	F
		A	B	C		
2/0	1 HP A 220 V	13	12	10	8	4
0	2 HP A 220 V	13	12	10	13	5
1	3 HP A 220 V	13	12	10	15	5
2	7.5 HP A 220 V	16	17	14	17	5
3	50 HP A 220 V	22	25	17	22	7
4	75 HP A 220 V	22	25	17	25	10

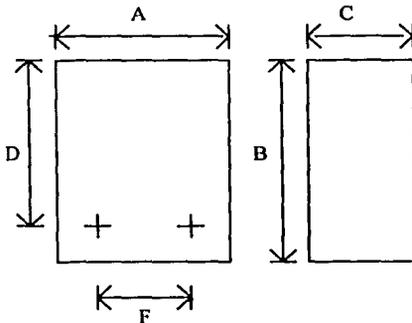


TABLA 2.4 DIMENSIONES GENERALES DE ARRANCADORES A VOLTAJE PLENO Y PROTECCIÓN CONTRA SOBRECARGA

Como parte de los datos para el diseño de un CCM se debe definir además:

1. La característica y voltaje de la fuente de alimentación
2. El tipo de gabinete que se empleará en función del punto de instalación del mismo (características ambientales)
3. El número y calibre de los conductores alimentadores.
4. La forma de construcción de los gabinetes, es decir, estándar o respaldo contra respaldo.

En función de las cargas que se alimentarán, se elabora una lista de equipo específico a considerar en el CCM, como por ejemplo:

1. Tipo de arrancadores (reversibles, no reversibles, etc.), así como si se incluirán tableros de alumbrado.
2. Número de unidades requeridas
3. Circuitos requeridos y protección de los mismos

Finalmente, para tener una idea de arreglo y dimensiones del CCM se hace uso de tablas como las que se han indicado y las que se muestran a continuación, para de esta manera determinar:

1. La altura de las unidades individuales
2. El mejor agrupamiento de las unidades
3. La mejor utilización de los espacios para cada unidad

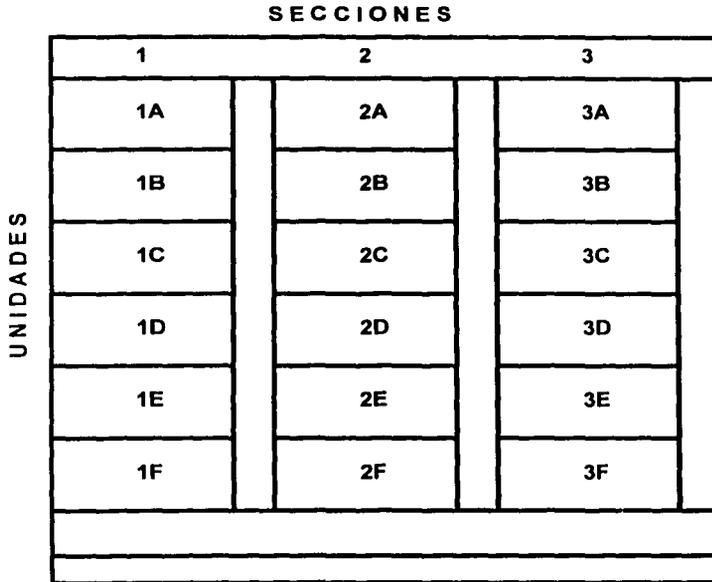


FIG. 2.6 ARREGLO DE UN CENTRO DE CONTROL DE MOTORES CON TRES SECCIONES VERTICALES

TAMAÑO NEMA	POTENCIA MÁX. EN HP (TRIFÁSICO)		ALTURA DE LA UNIDAD (cm)	
	220 V	440 V	ARRANCADOR REVERSIBLE	ARRANCADOR NO REVERSIBLE
1	7.5	10	30	48
2	15	25	30	61
3	20	40	15	76
	30	50	30	107
4	50	100	30	122
5	100	200	45 +	199 +

NOTA Todas las unidades se pueden alojar en un ancho de 50 cm

+ Se refiere al tipo no enchufable

TABLA 2.5 DATOS PARA COMBINACIÓN DE INTERRUPTOR
TERMOMAGNÉTICO Y ARRANCADOR

CAPACIDAD EN AMP.	PORTAFUSIBLES PARA AMPERES	ALTURA DE LA UNIDAD(cm)	
		220 V	600 V
30	30	30	30
	60	30	-
60	60	38	38
	100	38	38
100	100	54	54
	200	61	61
200	200	61	61
	400	99	105

NOTA: Todas las unidades se alojan en 50 cm de ancho

TABLA 2.6 DATOS PARA INTERRUPTOR DE NAVAJAS CON FUSIBLES DE TRES POLOS (INTERRUPTOR GENERAL O DERIVADO)

TAMAÑO NEMA	POTENCIA MÁX. TRIFÁSICA EN HP		PORTA- FUSIBLES AMPERES	ALTURA DE LA UNIDAD (cm)	
	220 V	440 V		NO REVER- SIBLE	REVER- SIBLE
1	3	7.5	30	31	45
	7.5	-	60	31	45
	-	10	60	38	45
2	10	15	60	61	83
	15	25	100	61	83
3	-	30	100	83	122
	-	50	200	91	130
	30	-	200	83	122
4	30	-	400	105	145
	-	60	200	99	145
	-	100	400	130	175
	50	-	400	122	160

NOTA : Todas las unidades se pueden alojar en un ancho de 50 cm

TABLA 2.7 DATOS PARA COMBINACIÓN DE INTERRUPTOR DE FUSIBLES Y ARRANCADOR

AMPERES CONTÍNUOS MÁXIMOS	MARCO	CAPACIDAD INTERRUPTIVA EN AMPERES (VALOR EFICAZ)		ALTURA DE LA UNIDAD (cm)
		240 V	480 V	
100	FA	18000	14000	31
225	KA	25000	22000	45
400	LA	42000	30000	45
800	MA	42000	30000	53

NOTA: Todas las unidades se pueden alojar en 50 cm de ancho

TABLA 2.8 INTERRUPTORES TERMOMAGNÉTICOS GENERALES O
DERIVADOS DE 3 POLOS

NÚMERO DE CIR- CUITOS DERIVADOS	ALTURA DE LA UNIDAD (cm)
8 a 12	46
14 a 20	53
22 a 30	61
32 a 42	76

NOTA: Todas las unidades se alojan en 50 cm de ancho

TABLA 2.9 DATOS PARA TABLEROS DE ALUMBRADO CON INTERRUPTOR
TERMOMAGNÉTICO

2.4 MONTAJE MECÁNICO DE LOS MOTORES

La selección del tipo de motor debe responder a las exigencias de la máquina accionada, del uso y de las condiciones ambientales en particular. Por lo que a los sistemas de cierre y de enfriamiento, se siguen las indicaciones mencionadas anteriormente.

Para los motores acoplados en forma directa, la velocidad debe ser la que requiere la máquina accionada. En el caso de accionamiento por polea y banda se pueden tener velocidades distintas. En estos casos conviene seleccionar motores de alta velocidad, es decir, con el menor número de polos posibles, ya que a igualdad de potencia, las dimensiones, el peso y el costo son menores, respetando los límites de conveniencia de la relación de transmisión (no mayor de 3 a 4 con banda plana, de 8 a 10 con banda para polea profunda y de 10 a 15 con bandas trapecoidales).

Es necesario que las condiciones de las instalaciones no perjudiquen la eficiencia del sistema de enfriamiento previsto para la máquina con el objeto de evitar sobrecalentamiento superiores a los previstos. Entre otras consideraciones se deben tener esencialmente:

- Una fijación sólida a la base o cimentación, que debe estar oportunamente dimensionada y predispuesta con una nivelación previa.
- En los motores que accionan cargas por medio de polea, se debe regular bien la tensión de la banda, que no debe ser excesiva para no provocar cargas mecánicas anormales sobre los pernos y chumaceras y tampoco debe quedar muy suelta para que no exista deslizamiento de la banda sobre la polea.
- En los motores acoplados directamente en su eje a la carga, es necesario asegurar el exacto alineamiento de los ejes.
- Es conveniente hacer girar a mano el grupo máquina-elemento accionado, a fin de asegurarse que no se tenga una resistencia mecánica excesiva o anormal.
- Las máquinas y sus instrumentos o aparatos complementarios deben ser fácilmente accesibles.

En general se debe considerar que un montaje mal realizado para una máquina, puede dar lugar a numerosos inconvenientes que perjudican su operación normal. Con este propósito es conveniente mencionar que los motores de inducción montados sobre chumaceras de esferas con flecha horizontal, se pueden montar en cualquier posición (sobre el suelo, en la pared, en techo, etc.).

Todos los motores destinados a operar con flecha vertical deben estar provistos de chumaceras especiales. En el caso de los motores que operen solo en posición horizontal, no hay prácticamente disposiciones especiales en cuanto a las chumaceras, para evitar, como en el montaje vertical, escurrimientos de aceite.

2.5 RECOMENDACIONES PARA EL ARRANQUE

Antes de efectuar el arranque de un motor eléctrico es conveniente asegurarse de que se tenga aceite en las chumaceras, el aceite necesario en los eventuales aparatos de maniobra que se usen y que tiene recipiente para ello, como es el caso de los reóstatos, interruptores, conmutadores, etc. Que los aparatos de arranque estén dispuestos en la posición precisa para cumplir con sus operaciones. En particular, es importante que los reóstatos se encuentren en la posición de máxima resistencia y los dispositivos de corto circuito de los motores con rotor devanado que usan anillos rozantes se encuentren bien apoyados con sus portaescobillas.

2.6 NOTAS PRÁCTICAS PARA EL MONTAJE MECÁNICO

Para la instalación del motor, la base debe ser plana y de ser posible libre de vibraciones, por lo que se recomienda usar un cimiento de concreto con pernos de cimentación o una placa de base.

Cuando la transmisión se hace por banda, el motor se debe montar sobre rieles tensores, de manera que se pueda ajustar la tensión de la banda. Por otra parte, las máquinas deben estar alineadas con gran precisión ya que en caso contrario se pueden presentar vibraciones, fallas en las chumaceras y hasta rotura en la flecha.

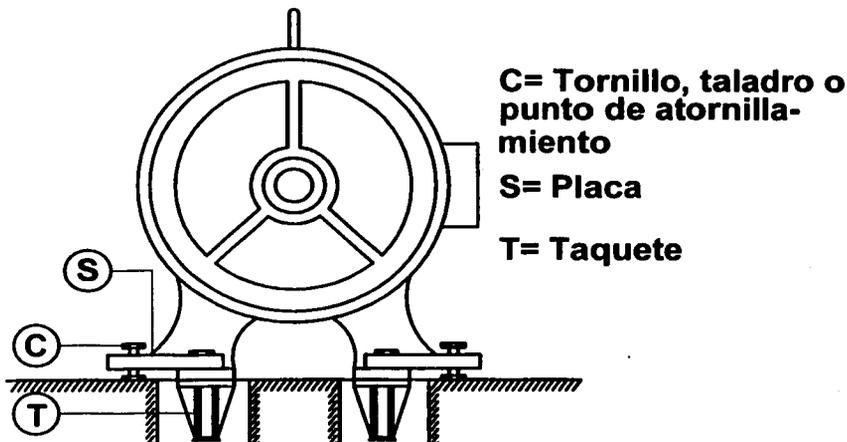


FIG. 2.7 SISTEMA PARA LA NIVELACIÓN DE UNA MÁQUINA ANTES DEL COLADO DE LA BASE

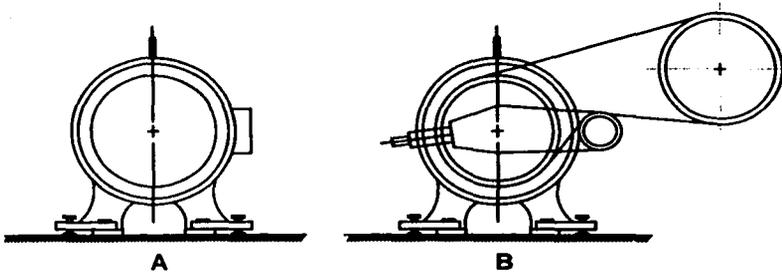


FIG. 2.8 MÉTODOS DE REGULACIÓN DE LA TENSIÓN DE LA BANDA POR MEDIO DEL MONTAJE DE SU GUÍA O PUESTA DE CORRIMIENTO (A) Y CON TENSOR (B)

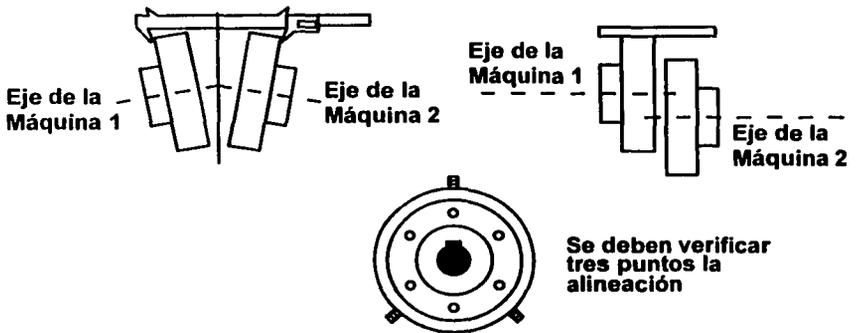


FIG. 2.9 ASPECTO DE LA ALINEACIÓN DE LOS EJES DE DOS MÁQUINAS

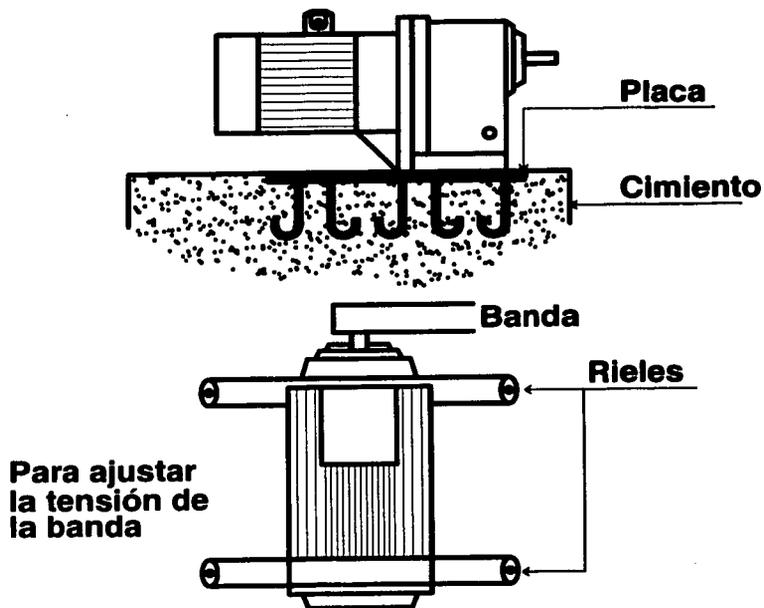


FIG. 2.10 MONTAJE DE MOTORES

CAPÍTULO 3

PRINCIPIOS BÁSICOS

DE PLC

3.1 INTRODUCCIÓN

Los Controladores Lógicos Programables o mejor conocidos como PLC's (Programmable Logic Controllers), se encuentran dentro de la familia de las computadoras.

Se define como un dispositivo electrónico cuya finalidad es el control de procesos o de maquinaria en aplicaciones residenciales, comerciales o industriales.

Un PLC permite monitorear entradas, tomar decisiones basadas en su programa, y controlar salidas para automatizar un proceso o máquina.

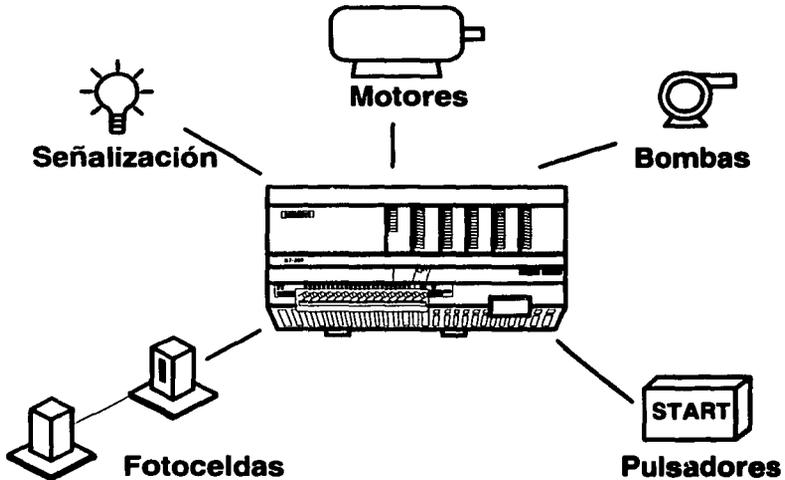


FIG. 3.1 MUESTRA DE UN PLC CON ENTRADAS Y SALIDAS

3.2 OPERACIÓN BÁSICA DE UN PLC

Los PLC's consisten esencialmente de puntos o módulos de entradas, una unidad central de proceso (CPU), memoria en donde reside el programa, puntos o módulos de salida, y una fuente de alimentación.

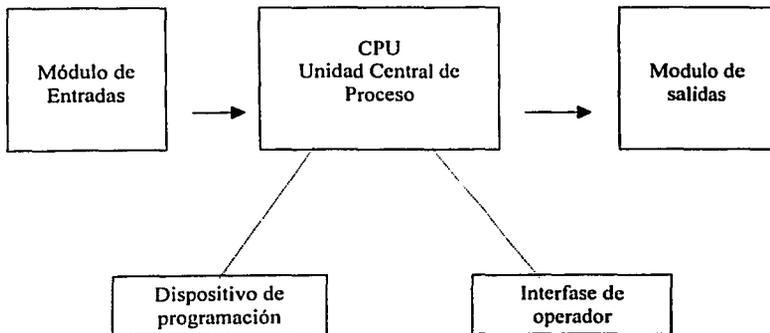
Las entradas aceptan una variedad de señales digitales o analógicas procedentes de diversos dispositivos de mando (sensores), y los convierte en señales lógicas manejables por la CPU.

La CPU ejecuta el programa contenido en la memoria y toma decisiones basadas en las instrucciones de control de dicho programa.

Las salidas convierten las instrucciones de control procesadas por la CPU en una señal digital o analógica, la cual es utilizada para controlar diversos dispositivos de campo (actuadores).

Se utiliza un dispositivo de programación para introducir las instrucciones de control y transferirlas a la memoria. Estas instrucciones determinan la reacción del PLC ante una entrada específica.

La interfase de operador permite obtener información sobre el estado de control, así como poder cambiar ciertos parámetros del programa.



En la siguiente figura se indica cómo los botones pulsadores (sensores) son conectados a las entradas del PLC. Dichos botones son utilizados para arrancar o para un motor conectado al PLC a través de un arrancador (actuador).

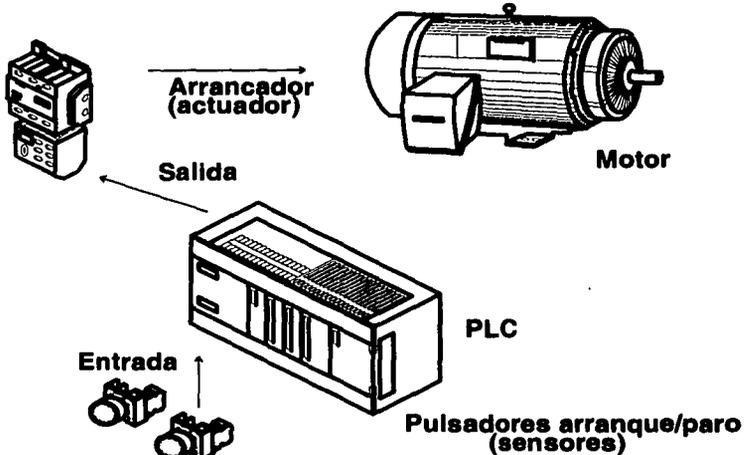


FIG. 3.2 MUESTRA DE CÓMO ESTÁN CONECTADOS AL PLC LOS PULSADORES DE ARRANQUE-PARO DE UN MOTOR

3.3 TÉCNICA DE CONTROL POR CABLEADO

En control por cableado o mejor conocido como convencional, las tareas de control son resueltas por medio de contactores o relevadores de control. En esta técnica de control es indispensable la interconexión física de todos los elementos involucrados para resolver la tarea de control. Si un error es cometido durante el proceso de

cableado, será necesario reconectar correctamente. Un cambio en las condiciones del control requerirá cambios en los componentes del control y en el cableado.

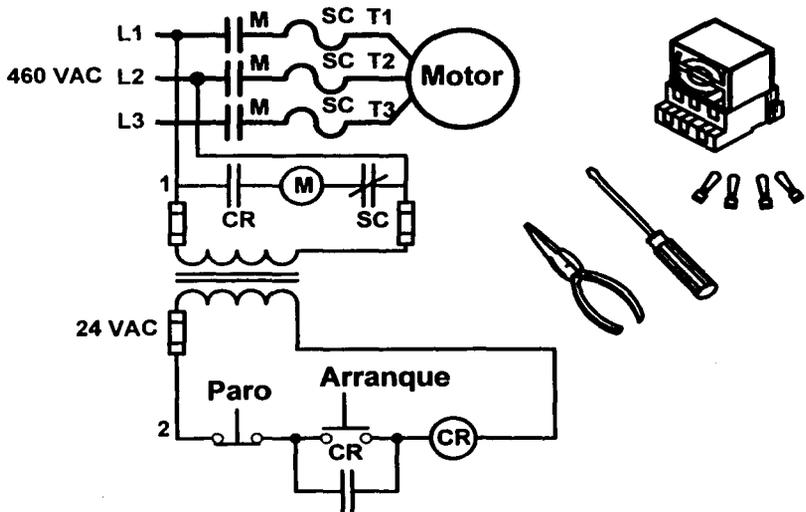


FIG. 3.3 HERRAMIENTA QUE SE UTILIZA PARA LA TÉCNICA DEL CONTROL POR CABLEADO

3.4 TÉCNICA DE CONTROL POR PROGRAMA (PLC)

La tarea de control también puede resolverse con un PLC. Los diferentes elementos que forman el sistema de control ya no se interconectan físicamente, se conectan a los bornes de entrada (sensores) y salida (actuadores) del PLC. Las conexiones serie y paralelo de la lógica cableada se sustituye por estructuras software en el programa del

PLC. Cualquier modificación de la tarea de control se realiza corrigiendo el programa de control sin mover el correspondiente cableado.

3.5 VENTAJAS DEL CONTROL POR PROGRAMA

- Independencia del cableado con respecto a la lógica de control
- Facilidad y rapidez para realizar modificaciones
- Se tienen funciones de diagnóstico para ubicar fácilmente la procedencia de errores
- Espacios más reducidos de los tableros de control
- Facilidad de puesta en marcha de la tarea de control

3.6 TERMINOLOGÍA

El lenguaje de los PLC's consiste en un conjunto de términos utilizados comúnmente, muchos de los cuales son los únicos en los PLC's. Para entender las ideas y conceptos de los PLC's, es necesario comprender estos términos.

3.6.1 SENSORES

Un sensor es un dispositivo transductor que convierte una condición física en una señal eléctrica para ser utilizada por el PLC. Los sensores (dispositivos de mando) son conectados a las entradas de un PLC.

La siguiente figura muestra un botón pulsador (sensor), que es conectado a una entrada del PLC. Una señal eléctrica es enviada desde el pulsador hasta el PLC, indicando la condición de "abierto/cerrado" de los contactos del pulsador.

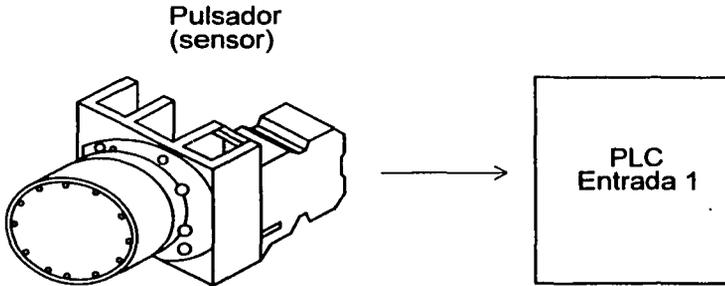


FIG. 3.4 UN PULSADOR (SENSOR) SE CONECTA A LAS ENTRADAS DEL PLC

3.6.2 ACTUADORES

Los actuadores convierten una señal eléctrica del PLC en una condición física. Los actuadores son conectados a las salidas del PLC. Un arrancador de un motor es un ejemplo de un actuador conectado a la salida de un PLC (ver figura siguiente). Dependiendo de la señal del PLC el arrancador puede arrancar o parar el motor.

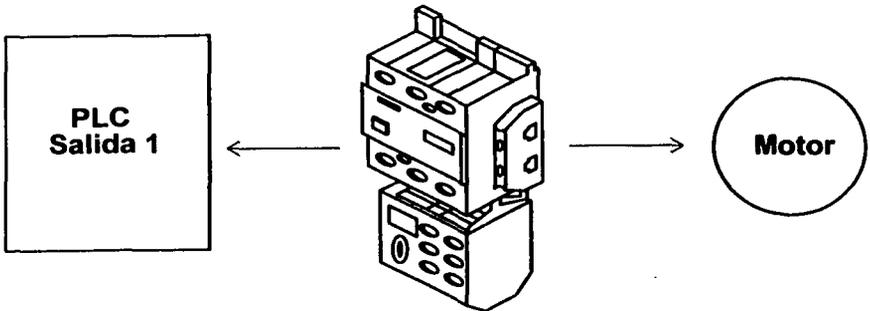


FIG. 3.5 LOS ACTUADORES SON CONECTADOS A LAS SALIDAS DEL PLC

3.6.3 ENTRADA DISCRETA

Una entrada discreta o entrada digital, es una entrada que solo puede tener dos estados: ON u OFF. Pulsadores, interruptor de límite, de temperatura, de presión, sensores de proximidad, fotoceldas, son ejemplos de sensores discretos, los cuales son conectados a las entradas discretas o digitales de un PLC.

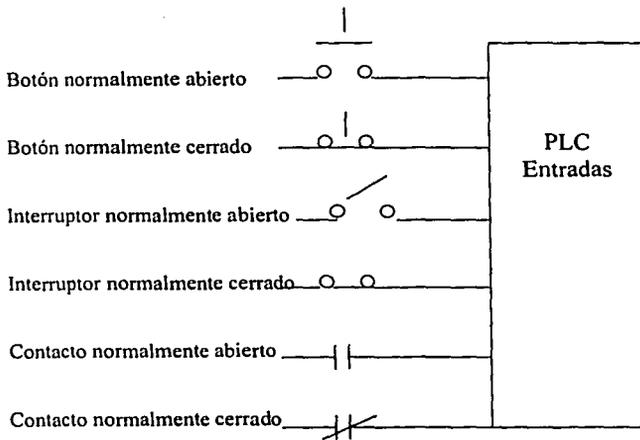


FIG. 3.6 LOS INTERRUPTORES, CONTACTOS, PULSADORES, ETC. SON CONECTADOS A LAS ENTRADAS DEL PLC

A la condición ON de una entrada discreta se le asocia un **"1 lógico"**, y a la condición OFF se le asocia un **"0 lógico"**.

Ejemplo :

Un pulsador normalmente abierto (NO) es utilizado en el siguiente ejemplo. Un borne del pulsador es conectado a una fuente de alimentación interna de 24 Vcd. Muchos PLC's requieren de una fuente externa para alimentar las entradas. En el estado abierto no llega voltaje a la entrada del PLC. Esta es la condición de OFF ó 0 lógico.

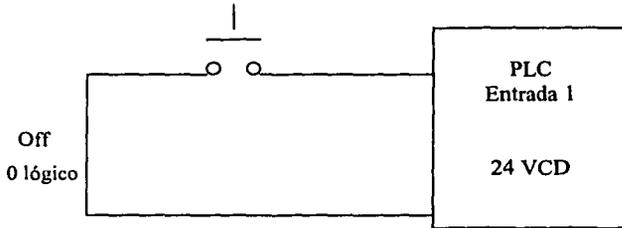


FIG. 3.7 UN PULSADOR PERMITE QUE LA ENTRADA DISCRETA TENGA UN VALOR "OFF" SOLO SI ESTÁ ABIERTO

Cuando se presiona el pulsador, se cierra el circuito y le llega voltaje al PLC. Esta es la condición de ON ó "1 lógico".

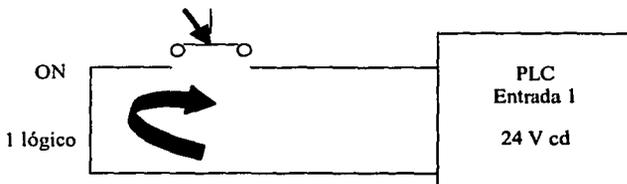


FIG. 3.8 EL PULSADOR PERMITE QUE LA ENTRADA DISCRETA TENGA UN VALOR "ON" AL PRESIONARSE Y CERRAR EL CIRCUITO

3.6.4 SALIDAS DISCRETAS

Una salida discreta o digital, es una salida que solo puede tomar dos estados: ON u OFF.

Solenoides, bobinas de contactores o relevadores, señalizaciones y electroválvulas son algunos ejemplos de dispositivos actuadores o dispositivos finales de control, los cuales se conectan a las salidas del PLC.

En el siguiente ejemplo una señalización puede ser energizada (ON) o desenergizada (OFF) por medio de la salida del PLC.

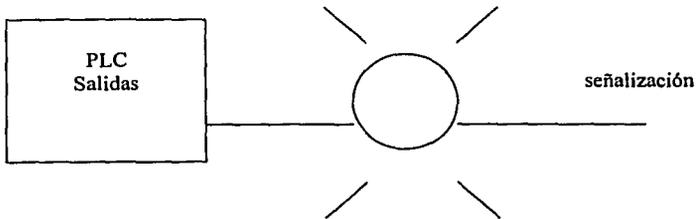


FIG. 3.9 LAS SEÑALIZACIONES SON UN EJEMPLO DE SALIDA QUE PUEDE TENER EL ESTADO DE "ON" U "OFF"

3.6.5 LA CPU (UNIDAD CENTRAL DE PROCESO)

Es un sistema de microprocesador que contiene el sistema de memoria y la unidad de la toma de decisiones del PLC.

La CPU lee las entradas y toma decisiones basadas en las instrucciones introducidas en la memoria del PLC por medio de un aparato de programación.

La CPU realiza operaciones binarias, conteo, tiempo, comparación de datos y operaciones secuenciales

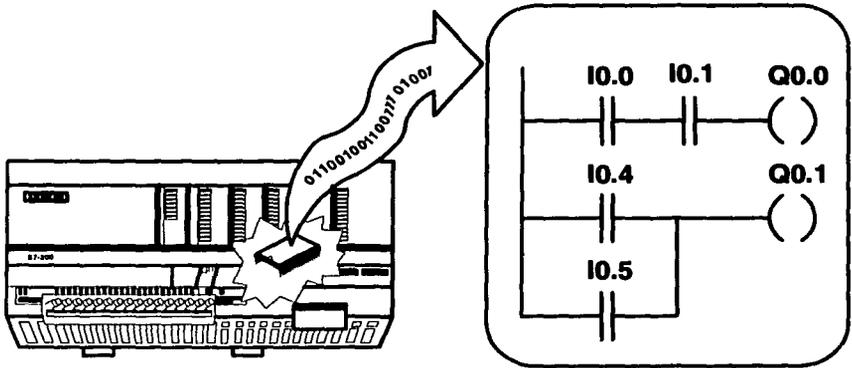


FIG. 3.10 EL CPU TIENE EL SISTEMA DE MEMORIA Y ES EL QUE TOMA LAS DECISIONES DEL PLC

3.6.6 DIAGRAMA LÓGICO DE ESCALERA

La lógica de escalera “Ladder Logic” (LAD) es una forma de programación utilizada en los PLC’s. La línea vertical izquierda de un diagrama de escalera, representa la potencia o conductor energizado.

El elemento o instrucción de salida representa el neutro o camino de retorno del circuito. La línea vertical derecha es omitida, aunque cabe aclarar que en algunos PLC’s sí se indica. Los diagramas de escalera son leídos y ejecutados por la CPU de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo.

Los escalones de un diagrama de escalera, en algunos PLC's también son conocidos como "networks". Un "network" puede tener varios elementos de control, pero solo un elemento de salida. La siguiente figura muestra un diagrama de escalera.

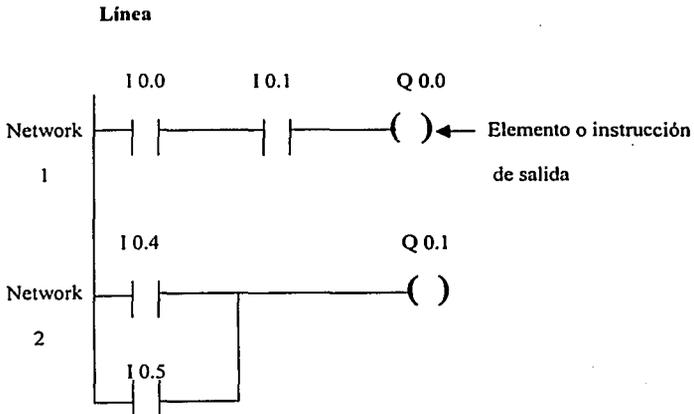


FIG. 3.11 EJEMPLO DE UN DIAGRAMA LÓGICO DE ESCALERA

En el diagrama de escalera mostrado anteriormente, cada elemento que forma parte de él representa una instrucción para el PLC. En este ejemplo si las entradas I 0.0 e I 0.1 en el network 1, están en "1", la salida Q 0.0 se energiza. Para el network 2, con una de las entradas (I 0.4 ó I 0.5) que se encuentre en "1", la salida Q 0.1 se energiza.

3.6.7 LISTA DE INSTRUCCIONES

La lista de instrucciones "Statement List" (STL) es otra forma de programar los PLC's. Una instrucción es la unidad autónoma más pequeña de un programa y representa una orden de trabajo para el PLC. Una lista de instrucciones proporciona otra forma diferente de representar las instrucciones en un PLC.

Una comparación entre el diagrama de escalera mostrado anteriormente y la lista de instrucciones que se muestra a continuación, revela una estructura similar.

La operación, que indica al PLC lo que debe hacer, se encuentra del lado izquierdo de la instrucción. El operando, que indica con quien se va a realizar la operación, se encuentra del lado derecho de la instrucción.

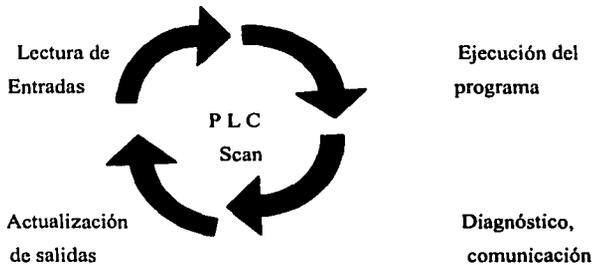
DIRECC.	-----		INSTRUCCIÓN
NETWORK 1			
0	LD		I 0.0
2	A		I 0.1
4	=		Q 0.0
NETWORK 2			
6	LD		I 0.4
8	O		I 0.5
10	=		Q 0.1

3.6.8 PROGRAMA

Un programa consiste en una o más instrucciones que resuelven una tarea de control. El programa del PLC es simplemente un conjunto de instrucciones. El conjunto total de instrucciones que se almacenan en la memoria de un PLC, se le denomina PROGRAMA.

3.6.9 PLC SCAN

El programa contenido en la memoria de un PLC es ejecutado como parte de un proceso repetitivo conocido como un "SCAN" del PLC. Un "scan" del PLC comienza con la lectura del estado de las entradas. El programa de aplicación es ejecutado utilizando el estado de las entradas. Una vez que el programa es ejecutado, el CPU realiza diagnósticos internos y tareas de comunicación. El ciclo del "scan" termina con la actualización de las salidas, entonces comienza de nuevo. El tiempo de ciclo depende del tamaño del programa, el número de I/Os, y la cantidad de comunicación requerida.



3.6.10 SOFTWARE

Se le denomina software a cualquier forma de información que una computadora o PLC puedan utilizar. El software incluye las instrucciones o programas para controlar el "hardware".

3.6.11 HARDWARE

El hardware es el equipo real, lo físico. El PLC, los dispositivos de programación, y los cables de conexión son ejemplos de hardware (ver siguiente figura).

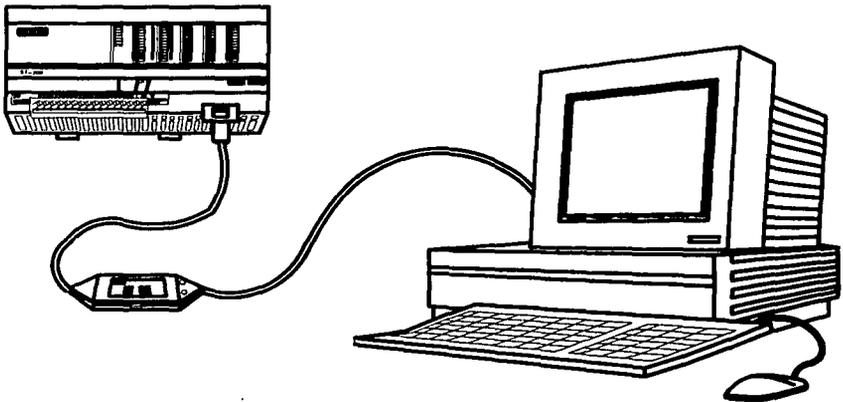


FIG. 3.12 HARDWARE INVOLUCRADO EN EL MÉTODO DE CONTROL POR PROGRAMACIÓN

3.6.12 TAMAÑO DE LA MEMORIA

El prefijo “kilo” abreviado “k”, normalmente se refiere a 1000 unidades. Cuando se habla de la memoria de una computadora o de un PLC, el prefijo “k” se refiere a 1024 unidades. Esto es porque en el sistema de numeración binario $2^{10} = 1024$ bits, 1024 bytes o 1024 words, dependiendo del tipo de memoria.

1k Memoria	1k Memoria	1k Memoria
1 bit	1 byte	1 word
2 bits	2 bytes	2 words
3 bits ↓	3 bytes ↓	3 words ↓
1024 bits	1024 bytes	1024 words

El tamaño del programa de aplicación no debe ser mayor que el tamaño de la memoria, de lo contrario no cabría en ella.

3.6.13 REQUERIMIENTOS BÁSICOS

Para crear, corregir o cambiar un programa se necesita lo siguiente:

- PLC
- Aparato de programación
- Software de programación
- Cable de interconexión

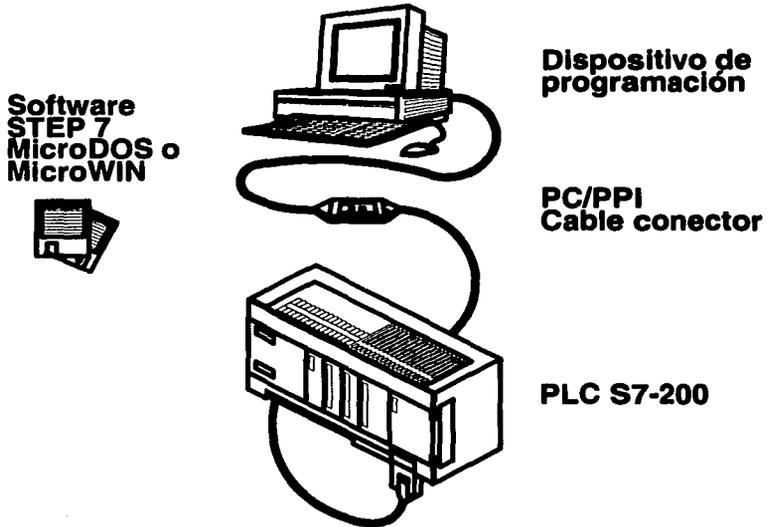


FIG. 3.13 ELEMENTOS PARA REALIZAR , CAMBIAR O CORREGIR UN PROGRAMA

S7-200 es el nombre de uno de los controladores programables de Siemens. El PLC S7-200 se utilizará para mostrar un ejemplo de la programación de un PLC debido a su fácil manejo.

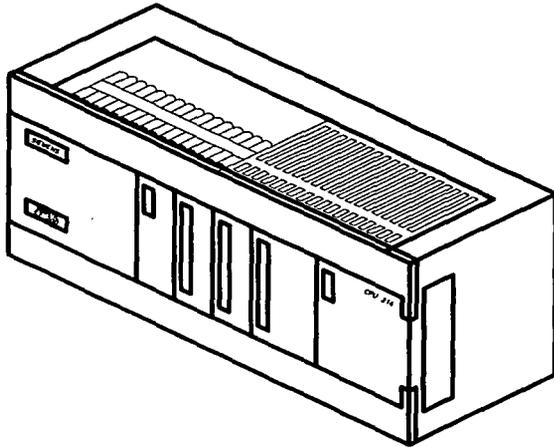


FIG. 3.14 MUESTRA DE UN PLC SIMATIC S7-200 DE SIEMENS

3.6.14 DIRECCIONAMIENTO DE ENTRADAS Y SALIDAS

Las entradas y salidas del S7-200 se etiquetan con símbolos alfanuméricos. Estos símbolos alfanuméricos indican la dirección de I/O a la que un dispositivo se conecta. Esta dirección es usada por el CPU para determinar qué entrada está presente y qué salida necesita ser energizada o desenergizada. La letra "I" designa una entrada discreta, mientras que la letra "Q" designa una salida discreta. El primer número identifica el byte a que pertenece la I/O, mientras que el segundo número identifica el número de bit que se utiliza dentro de ese byte. Por ejemplo, I 0.0 es la entrada que pertenece al byte 0 y ocupa el bit 0

I 0.0 = Byte 0, Bit 0

I 0.1 = Byte 0, Bit 1

I 1.0 = Byte 1, Bit 0

I 1.1 = Byte 1, Bit 1

La siguiente tabla indica las designaciones de entradas y salidas en un PLC S7-200 CPU 214

I 0.0	Entrada 1	I 1.0	Entrada 9
I 0.1	Entrada 2	I 1.1	Entrada 10
I 0.2	Entrada 3	I 1.2	Entrada 11
I 0.3	Entrada 4	I 1.3	Entrada 12
I 0.4	Entrada 5	I 1.4	Entrada 13
I 0.5	Entrada 6	I 1.5	Entrada 14
I 0.6	Entrada 7		
I 0.7	Entrada 8		

Q 0.0	Salida 1	Q 1.0	Salida 9
Q 0.1	Salida 2	Q 1.1	Salida 10
Q 0.2	Salida 3		
Q 0.3	Salida 4		
Q 0.4	Salida 5		
Q 0.5	Salida 6		
Q 0.6	Salida 7		
Q 0.7	Salida 8		

3.6.15 SIMULADOR DE ENTRADAS

Un simulador de entradas es un circuito impreso de interruptores que se conecta a las entradas del PLC. Por medio de este simulador se envían señales a las entradas del S7-200 con el objetivo de comprobar el programa de aplicación

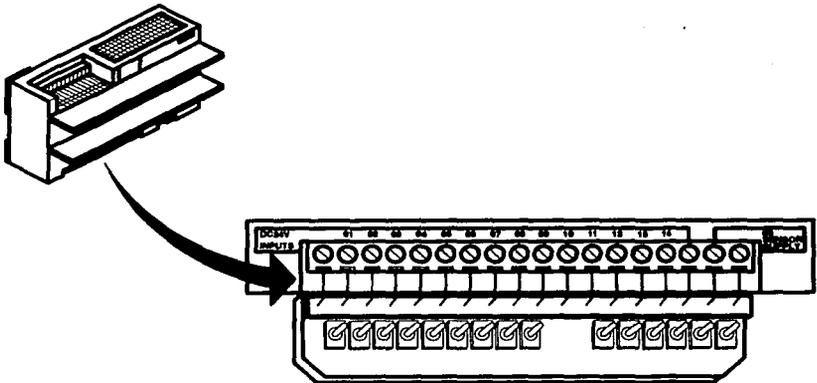


FIG. 3.15 MUESTRA DE UN SIMULADOR DE ENTRADAS PARA EL PLC

3.7 PROGRAMANDO UN PLC SIEMENS SIMATIC S7-200

Step 7 Micro/WIN es el nombre del software con el que se programa un PLC S7-200. El software de programación Step 7 consiste de varias instrucciones que deben colocarse en orden lógico, para que el PLC realice la tarea de control deseada.

El software de programación Step 7 está disponible para utilizarse en ambiente Microsoft Windows. La edición de un diagrama de escalera se muestra en la siguiente figura.

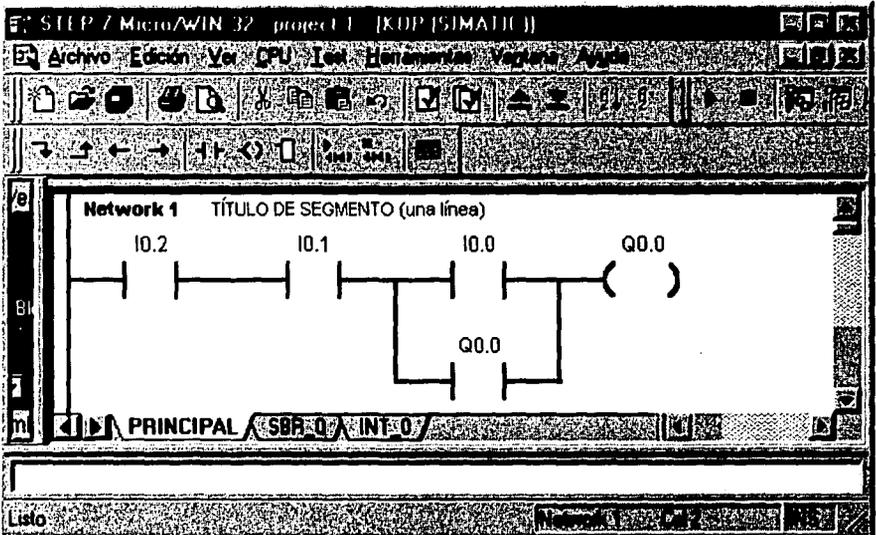


FIG. 3.16 VISTA DEL SOFTWARE STEP 7 MICRO/WIN EMPLEADO PARA EL PLC SIMATIC S7-200

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

3.8 SÍMBOLOS

Para entender las instrucciones que un PLC puede llevar a cabo, es necesario entender primero el lenguaje de programación con el que se trabaja. El lenguaje lógico de escalera de un PLC consiste de un conjunto de símbolos, los cuales representan instrucciones y componentes de control.

3.8.1 CONTACTOS

Uno de los aspectos más confusos de un PLC para los usuarios que lo programan por primera vez, es la relación que existe entre el dispositivo que controla el estado de un bit y la función de programación que utiliza el estado de ese bit. Dos de las funciones de programación comúnmente utilizadas, son el contacto normalmente abierto (NA) y el contacto normalmente cerrado (NC).

El contacto normalmente abierto es "1" (cerrado) cuando el estado de la entrada o de la salida que controla al contacto es "1". El contacto normalmente cerrado es "1" (cerrado) cuando el estado de la entrada o de salida que controla al contacto es "0"



Normalmente Abierto (NA)



Normalmente Cerrado (NC)

FIG. 3.17 SÍMBOLOS PARA CONTACTOS NORMALMENTE ABIERTOS Y CONTACTOS NORMALMENTE CERRADOS EN UN PLC

3.8.2 BOBINAS

Las bobinas son el elemento de salida de un diagrama de escalera. Las bobinas son energizadas o desenergizadas de acuerdo a la condición lógica del escalón del diagrama de escalera. Si el escalón es verdadero (resultado de la lógica del escalón igual a "1"), la bobina se energiza. Si el escalón es falso (resultado de la lógica del escalón igual a "0"), la bobina se desenergiza.

Cuando la bobina es energizada causa que la correspondiente salida del PLC cambie a "ON", por el cambio de estado del bit (1 lógico) que controla la salida. Ese mismo estado bit de la salida puede usarse para controlar contactos normalmente abiertos y contactos normalmente cerrados en otra parte del programa.

El símbolo para una bobina en un PLC es el siguiente:



FIG. 3.18 SÍMBOLO DE UNA BOBINA EN UN PLC

3.9 PROBAR EL PROGRAMA

Una vez que el programa ha sido escrito es necesario probarlo. Primero, el programa se transfiere del dispositivo de programación al PLC. Después, el PLC debe ser puesto en el modo "RUN".

Una forma de poder probar el programa (una vez que ha sido transferido al PLC), es simulando las entradas de campo con un simulador de entradas. Al enviar señales a las entradas del PLC por medio de los interruptores del simulador, la respuesta se observará en los indicadores de salida.

3.10 FUNCIONES DE ESTADO

Después que ha sido cargado y se está ejecutando un programa en el PLC, el estado actual de los elementos de un diagrama de escalera puede ser visualizado en pantalla, utilizando el software de programación Step 7. El método normal para mostrar un elemento es por medio de la indicación que produce en la condición del circuito cuando el dispositivo esta desenergizado o en estado no operado.

En la siguiente figura, por ejemplo, la entrada 1 (I0.0) es programada como un contacto normalmente abierto (NA). En esta condición la potencia no fluye a través del contacto hacia la salida (Q 0.0).

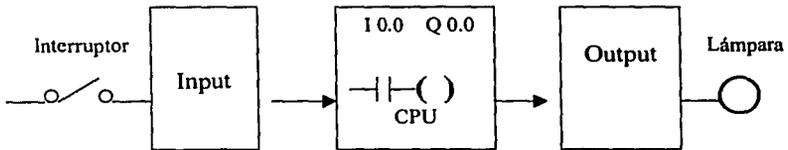


FIG- 3.19 MUESTRA DE ESTADO DE “APAGADO” DEL SISTEMA EN EL PLC

Cuando se activa el diagrama de escalera (Activar estado “KOP”), los elementos de control que están activados (1 lógico) son resaltados para diferenciarlos de los que no se encuentran activados (0 lógico). En la siguiente figura se cierra el interruptor conectado a la entrada. La potencia fluye a través del contacto hacia la salida, la cual es energizada. La lámpara indicadora se ilumina.

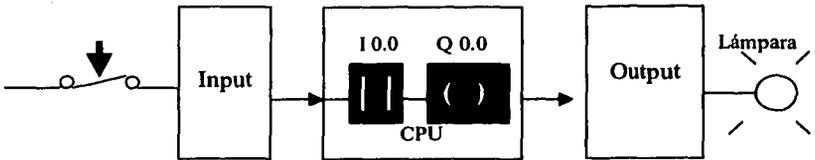


FIG. 3.20 ELEMENTOS ACTIVADOS EN EL PLC AL CERRARSE EL INTERRUPTOR EN LA ENTRADA

3.11 EJEMPLO DE APLICACIÓN

3.11.1 ARRANQUE Y PARO DE UN MOTOR

La siguiente figura muestra el diagrama de control y fuerza para el arranque y paro de un motor:

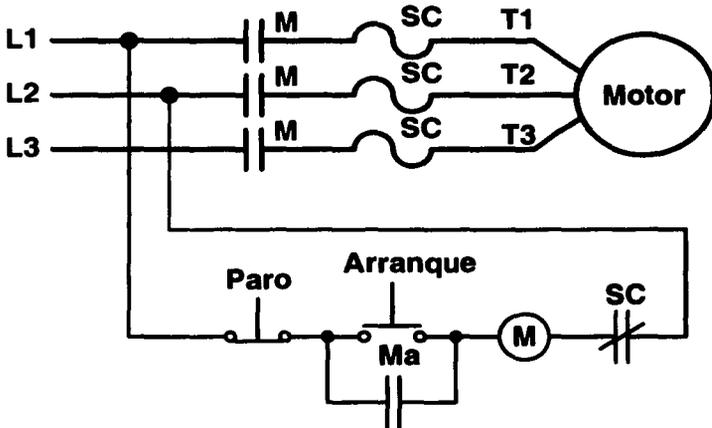


FIG. 3.21 DIAGRAMA DE CONTROL Y FUERZA PARA EL ARRANQUE Y PARO DE UN MOTOR

Al presionar momentáneamente el botón de arranque se completa el camino para que la corriente fluya hasta la bobina del arrancador (M).

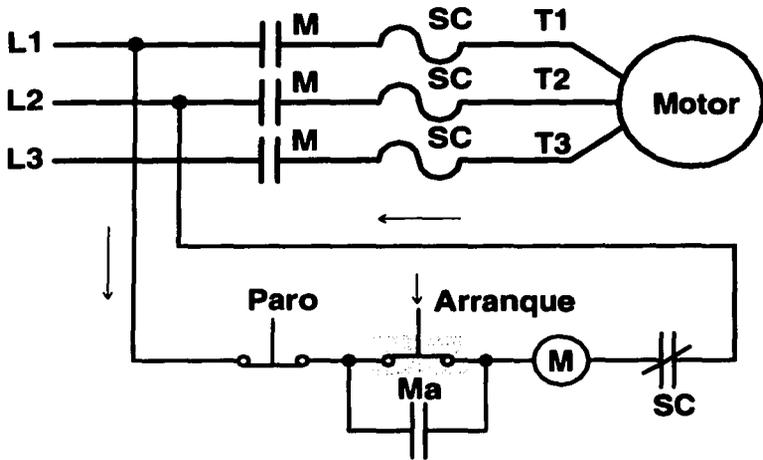
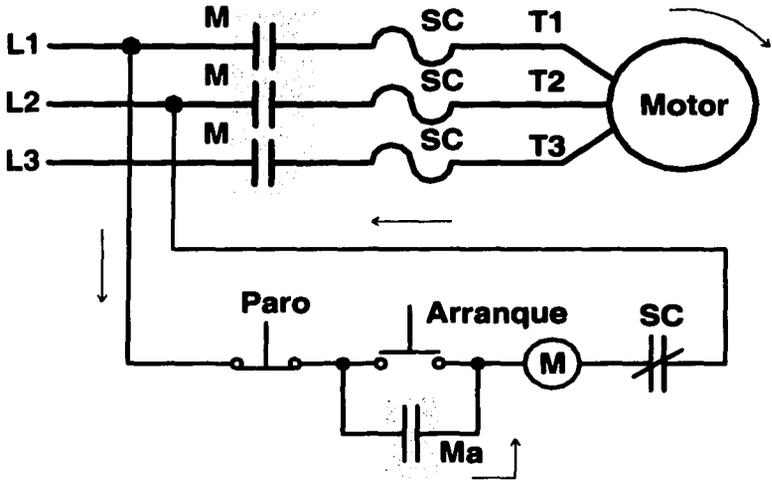


FIG. 3.22 FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR AL PRESIONARSE EL BOTÓN DE ARRANQUE

Al energizar la bobina del arrancador (M), se cierran todos los contactos asociados M (contactos de fuerza) y Ma (contacto auxiliar). Al soltar el botón de arranque la bobina continua energizada por medio de su contacto auxiliar de retención o de enclave (Ma)



.FIG. 3.23 EL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR CONTINÚA GRACIAS A LA ACCIÓN DEL CONTACTO DE ENCLAVE

El motor continuará en marcha mientras no se presione el botón de paro o exista una falla de sobrecarga. Al presentarse cualquiera de estas dos últimas condiciones, se desenergiza el arrancador (M) y los contactos M y Ma regresan a la condición de normalmente abierto, y en consecuencia, el motor detendrá su marcha.

Esta tarea de control también puede lograrse con un PLC.

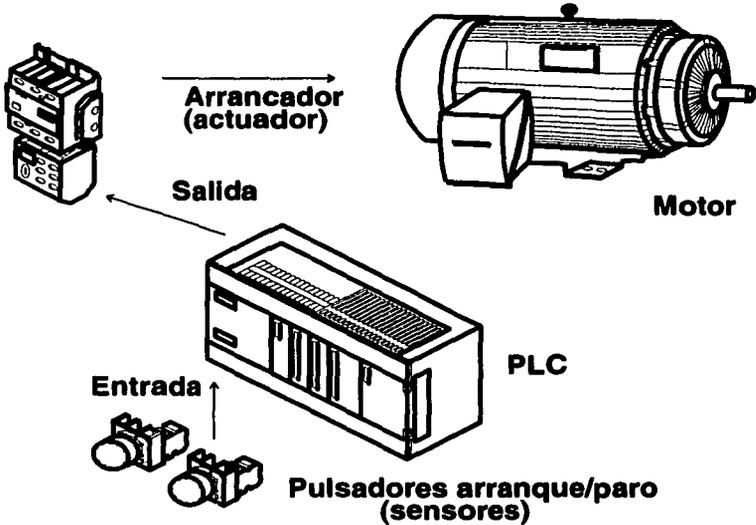


FIG. 3.24 UN MOTOR TAMBIÉN SE PUEDE CONTROLAR POR EL PLC

3.12 PROGRAMACIÓN DE LA TAREA DE CONTROL

La siguiente figura muestra la conexión de los elementos involucrados en el control, y la programación correspondiente. El botón de arranque es conectado a la entrada 1 (I 0.0), el botón de paro a la entrada 2 (I 0.1), mientras que el contacto normalmente cerrado del relé de sobrecarga a la entrada 3 (I 0.2). Los tres elementos de mando conectados a las tres primeras entradas del PLC, se utilizan para controlar contactos de función de programación normalmente abiertos en el primer escalón del

diagrama de escalera. El estado de los bits I 0.1 e I 0.2 es un 1 lógico ya que los dispositivos que los controlan son contactos normalmente cerrados.

La salida 1 (Q 0.0) también está programada en el primer escalón. Además, un contacto normalmente abierto, asociado con esta salida, es programado en paralelo con el contacto de I 0.0. Un arrancador de motor es conectado a la salida 1 (Q 0.0) del PLC.

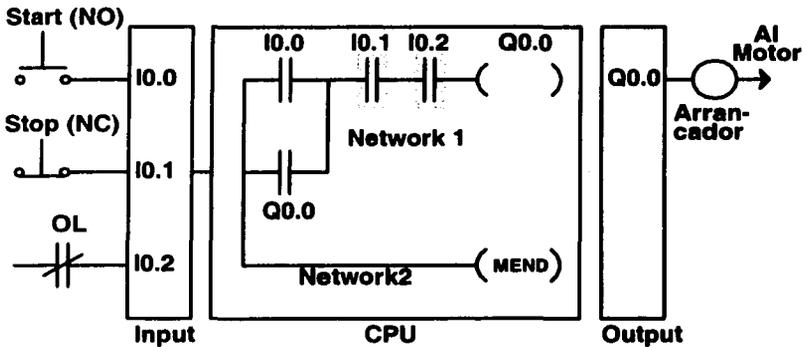


FIG. 3.25 ESQUEMA QUE MUESTRA LOS ELEMENTOS INVOLUCRADOS EN EL CONTROL DE UN MOTOR

Cuando se pulsa el botón de arranque la CPU recibe un 1 lógico de la entrada I 0.0. Esto causa que el contacto normalmente abierto I 0.0 se cierre. En este momento las tres entradas se encuentran en 1 lógico. Por lo tanto, la CPU manda un 1 lógico a la salida 1 (Q 0.0). El arrancador es conectado y el motor se pone en marcha (ver figura siguiente).

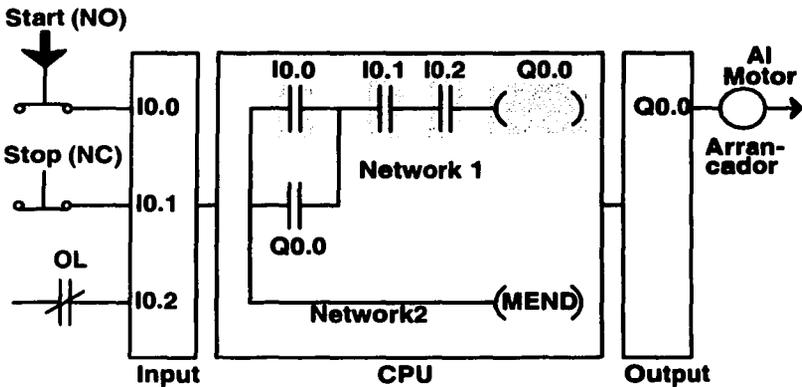


FIG. 3.26 ACCIONAMIENTO DEL MOTOR AL CERRARSE EL INTERRUPTOR DE ARRANQUE

Cuando se pulsa el botón de arranque el estado de salida Q 0.0 es un 1 lógico, por lo que el contacto normalmente abierto Q 0.0 cerrará y la salida se mantendrá en 1 aún cuando se suelte el botón de arranque (ver figura siguiente).

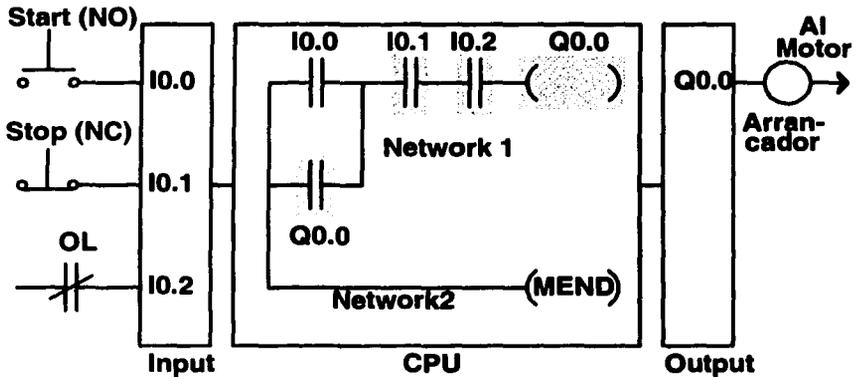


FIG. 3.27 EL MOTOR SIGUE FUNCIONANDO AUNQUE SE SUELTE EL BOTÓN DE ARRANQUE

El motor continuará en marcha hasta que se pulse el botón de paro. Con esto, la entrada 2 (I 0.1) ahora está en 0 lógico. El contacto normalmente abierto de I 0.1 regresa a su posición normal y la CPU envía un 0 lógico a la salida Q 0.0. El motor detiene su marcha (ver figura siguiente).

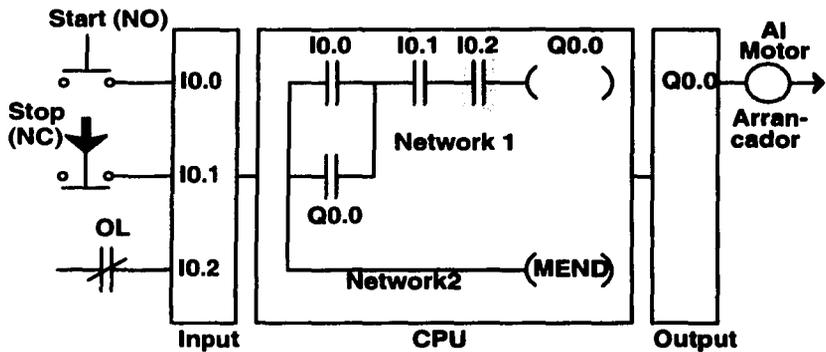


FIG. 3.28 EL MOTOR PARA AL PRESIONARSE EL BOTÓN DE PARO

Cuando se deja de pulsar el botón de paro, de nuevo la entrada I 0.1 tiene un 1 lógico, y el programa está listo para poner en 1 la salida Q 0.0 la próxima vez que se pulse el botón de arranque (ver figura siguiente).

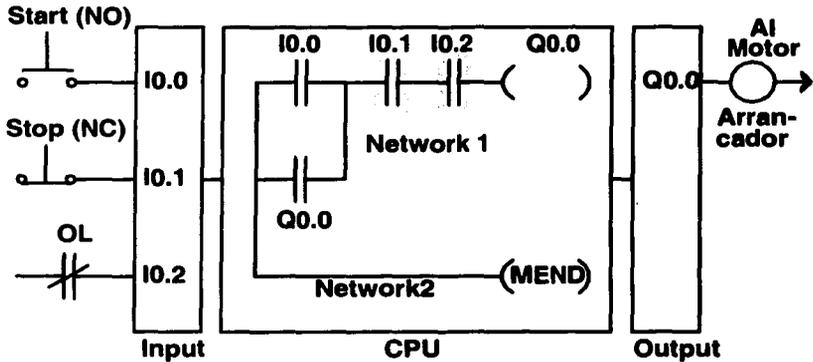


FIG. 3.29 EL SISTEMA ESTÁ EN ESPERA DE SER ACCIONADO NUEVAMENTE

3.13 EXTENDIENDO LA APLICACIÓN

La aplicación se puede extender fácilmente y adicionar lámparas indicadoras para señalar las condiciones de arranque y paro. En este ejemplo la lámpara indicadora de arranque se conecta a la salida 2 (Q 0.1) y la de paro a la salida 3 (Q 0.2).

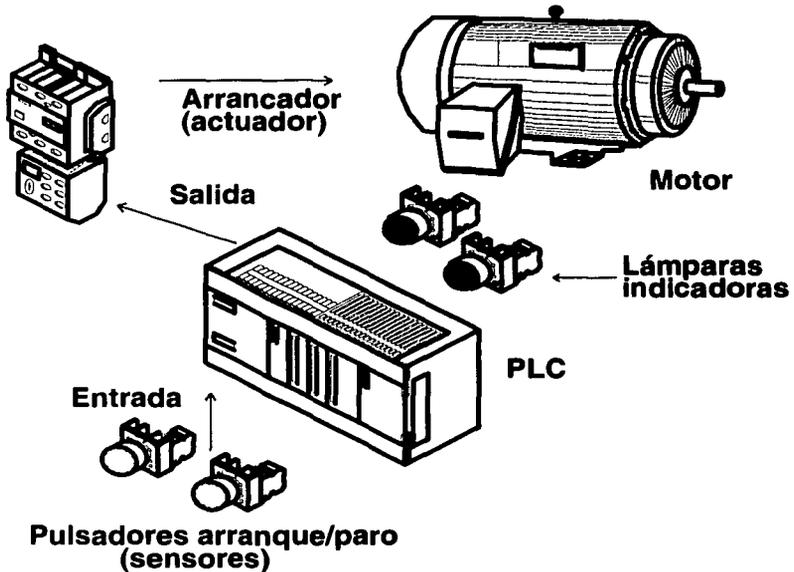


FIG. 3.30 ADICIÓN DE LUCES INDICADORAS PARA EL CONTROL DE PARO Y ARRANQUE DE UN MOTOR

De la siguiente figura se puede observar que en el segundo escalón del diagrama de escalera, se conecta un contacto normalmente abierto de Q 0.0 (salida 1) a la salida 2 (Q 0.1). Además, en el escalón 3, se conecta un contacto normalmente cerrado de Q 0.0 (salida 1) a la salida 3 (Q 0.2).

Cuando la salida 1 se encuentra en 0 lógico (condición de paro), el contacto normalmente abierto de Q 0.0 en el escalón 2, está abierto, y la lámpara indicadora de arranque, conectada a la salida 2 (Q 0.1), está apagada. El contacto normalmente cerrado de Q 0.0, en el escalón 3, está cerrado, y la lámpara indicadora de paro, conectada a la salida 3 (Q 0.2), está encendida.

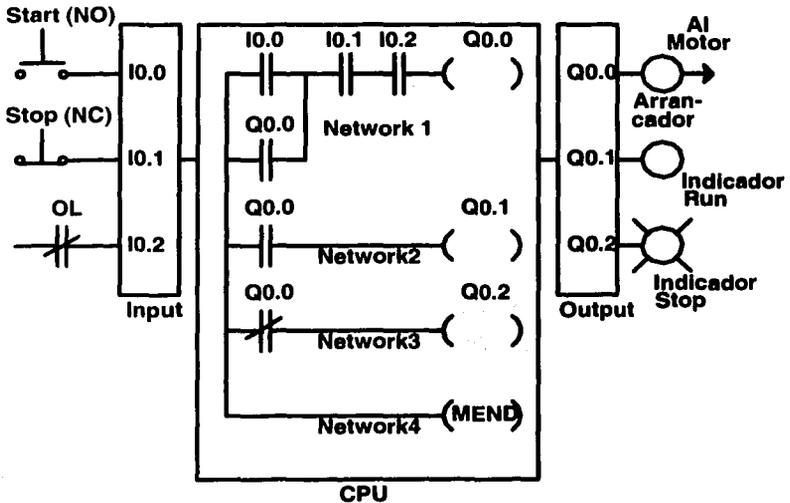


FIG. 3.31 DIAGRAMA QUE MUESTRA EL FUNCIONAMIENTO DE LAS LUCES INDICADORAS EN EL CONTROL DE UN MOTOR MEDIANTE PLC

Cuando se arranca el motor, la salida 1 (Q 0.0) tiene ahora un 1 lógico. El contacto normalmente abierto de Q 0.0, en el segundo escalón, se cierra, y en consecuencia se activa la salida 2 (Q 0.1). La lámpara indicadora de arranque se enciende. El contacto normalmente cerrado de Q 0.0, en el tercer escalón, se abre, y en consecuencia se desactiva la salida 3 (Q 0.2). La lámpara indicadora de paro se apaga.

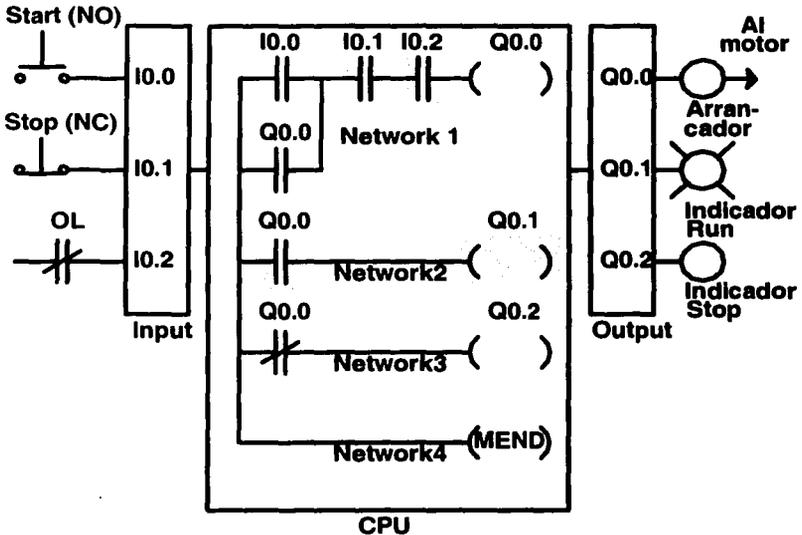


FIG 3.32 DIAGRAMA QUE INDICA EL FUNCIONAMIENTO DE LA LUZ INDICADORA SEÑALANDO QUE EL MOTOR ESTÁ FUNCIONANDO

3.14 AGREGANDO UN INTERRUPTOR DE LÍMITE

La aplicación se puede seguir extendiendo, agregando ahora, un interruptor de límite con contactos normalmente abiertos, conectado a la entrada 4 (I 0.3).

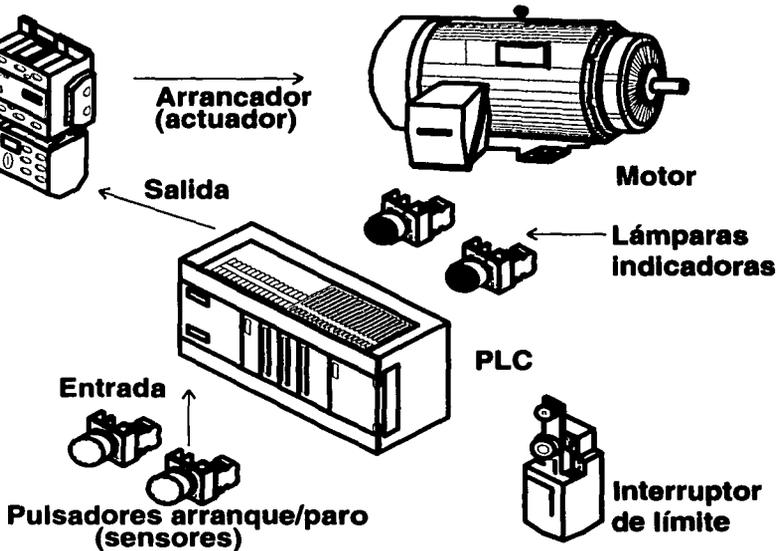


FIG. 3.33 ADICIÓN DE UN INTERRUPTOR DE LÍMITE PARA CONTROLAR UN MOTOR

Un interruptor de límite podría utilizarse para parar el motor o impedir que el motor arranque. Una puerta de acceso a motor, o su equipo asociado, son ejemplos de utilización de un interruptor de límite. Si la puerta de acceso al motor está abierta, el contacto normalmente abierto de "LS1" conectado a la entrada I 0.3 está abierto, y el motor no podrá arrancar.

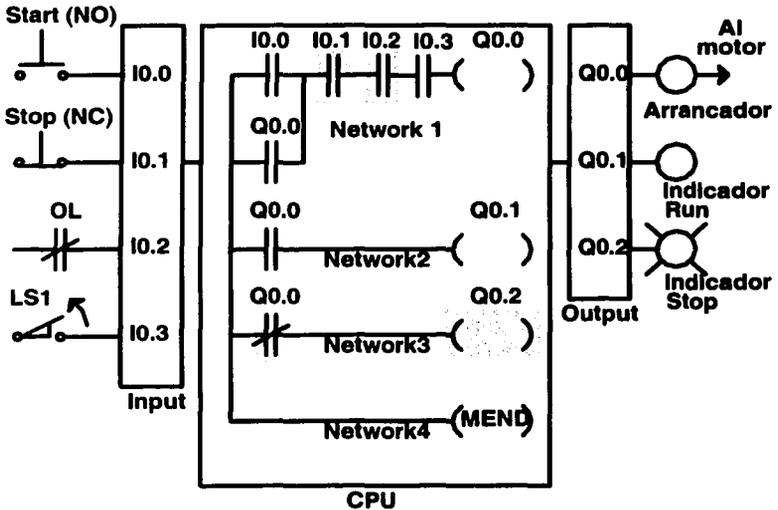


FIG. 3.34 DIAGRAMA QUE MUESTRA LA ADICIÓN DE UN INTERRUPTOR DE LÍMITE A LA PROGRAMACIÓN DEL PLC PARA CONTROLAR UN MOTOR

Cuando la puerta de acceso a motor está cerrada, el contacto normalmente abierto del interruptor de límite "LS1", está cerrado. La entrada 4 (I 0.3) está ahora en 1 lógico, y el motor podrá ser arrancado cuando se pulse el botón de arranque.

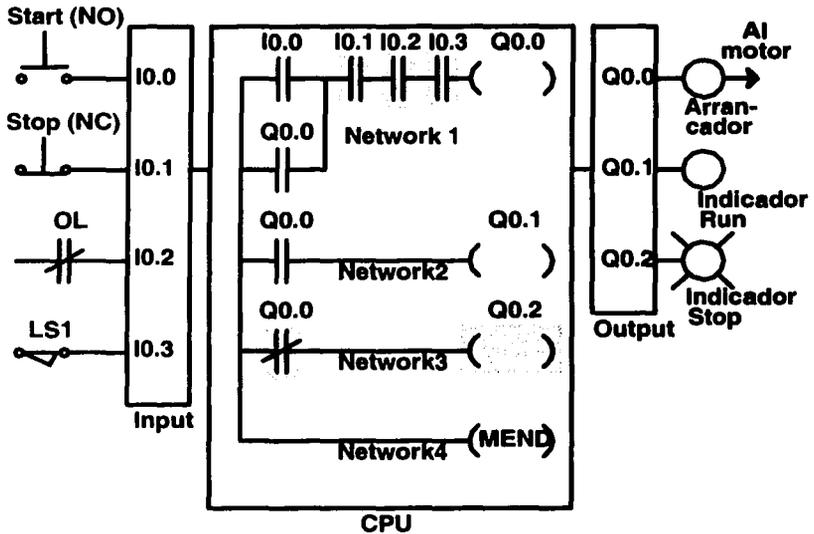


FIG. 3.35 DIAGRAMA QUE MUESTRA QUE AL CERRAR EL INTERRUPTOR DE LÍMITE EL MOTOR PODRÁ ARRANCAR AL PRESIONARSE EL BOTÓN DE ARRANQUE

CAPÍTULO 4

APLICACIONES CON ARRANCADORES

4.1 SISTEMA DE DOS COMPRESORES

En ocasiones se encuentra que en las industrias se tiene la necesidad de suministro de aire comprimido, el cual es utilizado en diversos procesos o en algún sistema neumático.

Dicho aire comprimido proporcionado por compresores es depositado en tanques de almacenamiento, y cuando se tiene necesidad de utilizar dicho aire, éste sale del tanque y es suministrado al proceso o al sistema neumático.

Así, nos podemos encontrar con sistemas de dos compresores que suministran aire a un tanque de almacenamiento y de aquí va al servicio (véase la siguiente figura).

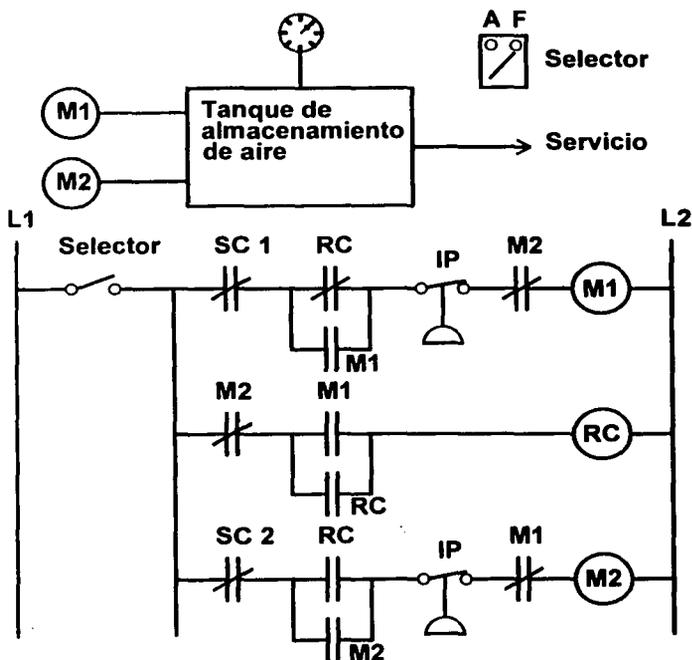


FIG. 4.1 DISPOSICIÓN FÍSICA DE DOS COMPRESORES QUE SUMINISTRAN AIRE A UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y DIAGRAMA DE CONTROL PARA DICHO SISTEMA

Estos compresores suelen funcionar totalmente en forma automática cuando un selector se encuentre en una posición o pueden estar sin funcionar cuando el selector está en otra posición. Estos compresores por lo común no trabajan al mismo tiempo. Su funcionamiento debe ser alternado, primero el motor denominado motor 1 (M1) y luego el otro motor denominado motor 2 (M2).

Así, del diagrama de control de dicho sistema podemos ver que si el selector está en la posición cerrada y al haber necesidad de aire en el tanque estacionario, es decir, cuando la presión es baja, el contacto de presión se cierra, lo que hace que la bobina del arrancador del motor 1 se active lo cual hace que los contactos abiertos de M1 se cierren, siendo el contacto abierto de M1 (llamémoslo contacto abierto 1M1) que está en el primer segmento un contacto de enclave lo cual hace que la bobina de M1 siga estando energizada, y el contacto abierto de M1 que está en el tercer segmento (al que llamaremos contacto abierto 2M1) hace la función de un botón de arranque, esto con la finalidad de que se active la bobina del relevador auxiliar de control RC y esto hará que el contacto abierto de RC (2RC) se cierre y mantenga energizada a la bobina de RC aún cuando el contacto abierto de M1 en el tercer segmento (contacto abierto 2M1) se abra posteriormente, y el contacto cerrado de M1 se abra para que la bobina del arrancador del motor 2 no se active y no trabajen ambos compresores a la vez.

Al activarse la bobina de RC, el contacto cerrado del primer segmento se abre (contacto normalmente cerrado 1RC), y los contactos abiertos de los segmentos 4 y 5 se cierran (contactos 2RC y 3RC respectivamente), siendo el contacto abierto 2RC una especie de contacto de enclave y el otro contacto abierto de RC (3RC) hace que esté listo el arranque del otro compresor cuando le toque su turno de trabajar.

Cuando se logre la presión deseada en el tanque de almacenamiento el contacto de presión se abre, lo cual provocará que la bobina del arrancador del motor 1 se desactive y los contactos que se encontraban cerrados se abran y el contacto que se encontraba abierto se cierre, y la bobina del relevador RC continuará energizada manteniendo latente la oportunidad de que arranque el segundo compresor.

Al bajar de nuevo la presión en el tanque, el contacto de presión se cerrará de nuevo, pero ahora no trabajará el motor M1 ya que el contacto normalmente cerrado de RC (1 RC) que está en el primer segmento se encuentra abierto y el contacto normalmente abierto de M1 (1M1) del segundo segmento también está abierto; por otra parte, al estar cerrados el contacto de RC (3RC) en el penúltimo segmento, el contacto normalmente cerrado de M1 (3M1) y el contacto de presión hará que la bobina del arrancador del compresor 2 (M2) se active lo que hará que el contacto normalmente cerrado de M2 (contacto normalmente cerrado 1M2) que se encuentra en el primer segmento se abra, evitando así que se active la bobina del arrancador del compresor 1 M1, el contacto normalmente cerrado 2M2 que está en serie con la bobina del relevador RC se abra y desenergice a dicha bobina y a sus contactos de ésta, y por último también se activará el contacto normalmente abierto 1M2 que se encuentra en el último segmento y que servirá como contacto de enclave y se mantenga energizada la bobina del arrancador de M2.

Al llegar el nivel de presión al cual está calibrado el manómetro en el tanque de almacenamiento, se abre el contacto de presión lo que provocará que cada una de las bobinas de los arrancadores M1 y M2 se desactiven y por lo tanto sus respectivos contactos también se desactivarán quedando apagados ambos compresores en espera de que haya necesidad de aire en el tanque de almacenamiento para mandarlo al proceso o al sistema en donde se emplee dicho aire.

Al bajar nuevamente el nivel de presión en el tanque arrancará primero el compresor 1, cuando se alcance el nivel de presión se apagará éste compresor y al haber nuevamente una baja de presión funcionará el compresor 2, repitiéndose sucesivamente el ciclo.

En caso de sobrecarga en el motor M1, se apagará éste y entrará en acción M2 y en caso de sobrecarga en M2 entrará M1.

4.2 OTRA APLICACIÓN

Otra aplicación de arrancadores puede ser el sistema que se utiliza para controlar el nivel de fluido conducido hacia un tanque de suministro desde tres fuentes separadas. También controla la velocidad a la que se agita el fluido.

Una parte de la operación controla dos motores de bombas que extraen el fluido del tanque de suministro y lo envían hacia un proceso.

Los motores de las dos bombas del sistema, B1 y B2 se encienden y apagan automáticamente mediante dos interruptores de control del nivel de fluido, SNB y SNA. El SNB asegura que el fluido nunca quede por debajo del nivel de las tomas de las bombas. El SNA asegura que el fluido nunca suba demasiado.

Normalmente, solo una bomba opera el suministro de fluido al proceso. La bomba permanece encendida en tanto que el nivel del fluido se encuentre por encima del interruptor de nivel mínimo, SNB. La segunda bomba se enciende para evitar una condición de desborde, lo que ocurre cuando el flujo de entrada excede la capacidad de una bomba. Cuando esto sucede, se activa el interruptor de nivel máximo, SNA, y se enciende la segunda bomba.

Como siempre se activa primero el SNB, el sistema incluye un interruptor selector de dos posiciones. En una posición, siempre se enciende primero la bomba 1, luego la bomba 2; en la otra posición, la bomba 2 se enciende primero, luego la bomba 1. Esto proporciona una reserva de línea para asegurar un suministro continuo de fluido de proceso, y equilibra el desgaste de las dos bombas y sus motores.

Véase la siguiente figura en donde se muestran las condiciones del tanque y las dos bombas que alimenta al sistema en cuestión

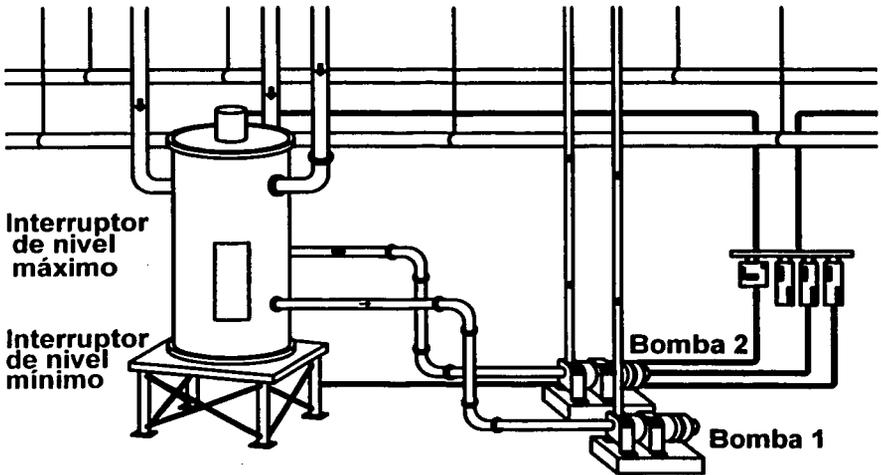


FIG. 4.2 SISTEMA EN EL CUAL DOS BOMBAS SUMINISTRAN UN FLUÍDO A UN TANQUE DE ALMACENAMIENTO

La segunda parte de la operación controla un motor de dos velocidades que agita el fluido en el tanque. El operador puede elegir agitación "lenta" o "rápida", pero se debe empezar con la agitación "lenta".

Los controles del motor son los siguientes:

- Un botón de parada de emergencia. Corta toda la energía del control al sistema.
- Una luz indicadora para energía del control al sistema.
- Un botón de arranque para el sistema. Este botón acciona un relé de control que cierra la energía eléctrica al circuito automático para los motores de las dos bombas. Lleva la etiqueta "Arranque".
- Un botón de parada para el relé de control. Lleva la etiqueta de "Paro".
- Un interruptor selector de dos posiciones. Selecciona qué bomba debe activarse primero, y lleva la etiqueta "B1" (la bomba 1 arranca primero) y B2 (la bomba 2 arranca primero).

- Luces indicadoras para los motores de las bombas 1 y 2. Llevan las etiquetas "B1" y "B2".
- Un botón de modo lento para el motor del agitador, con la etiqueta "lento".
- Una luz indicadora por encima del botón de modo lento para la operación lenta.
- Un botón de modo rápido para el motor del agitador, con la etiqueta "rápido".
- Una luz indicadora por encima del botón de modo rápido para la operación rápida.
- Un transformador de la energía eléctrica del control con 480 volts y dos fusibles en el lado de corriente arriba y 120 volts con un fusible y conexión a tierra en el lado de corriente abajo.
- Dos fusibles de 600 volts, 3 amperes y un fusible de 250 volts, 6 amperes.

Existe una caja que contiene un cortacircuito trifásico de 600 volts que suministra energía eléctrica a un contactor estrella de cinco polos (velocidad baja) y a unos contactores delta de tres polos (velocidad rápida) para el motor del agitador; y las sobrecargas para cada contactor. El cortacircuito es accionado mediante una desconexión bloqueable en el lado exterior de la caja.

El motor de 20 HP, 230/460 volts opera desde el lado de 480 volts y contiene 27 amperes a plena carga.

Hay otras dos cajas, las cuales son idénticas. Cada una tiene fusibles con retardo de tiempo de 600 volts y 60 amperes que alimentan a un contactor y a las sobrecargas. Cada una tiene una desconexión bloqueable en la parte exterior de la caja. Cada motor de 30 HP, 230/460 volts, opera desde el lado de 480 volts y consume 40 amperes a plena carga.

Las siguientes figuras muestran los diagramas de control y de fuerza

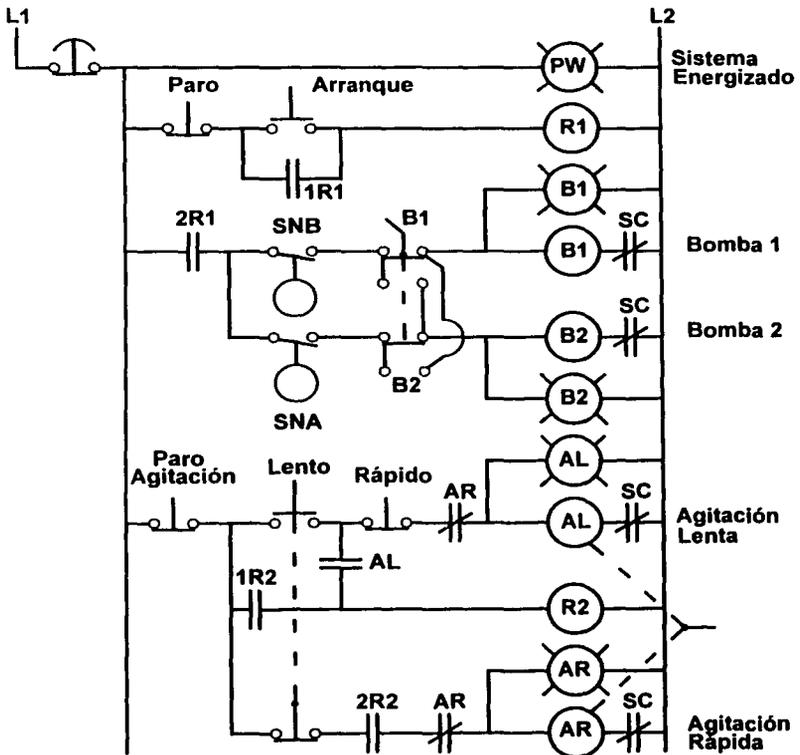


FIG. 4.3 DIAGRAMA DE CONTROL DE DOS BOMBAS QUE ALIMENTAN A UN SISTEMA, ASÍ COMO DE UN MOTOR AGITADOR DE UN FLUÍDO EN UN TANQUE A VELOCIDADES BAJA Y ALTA

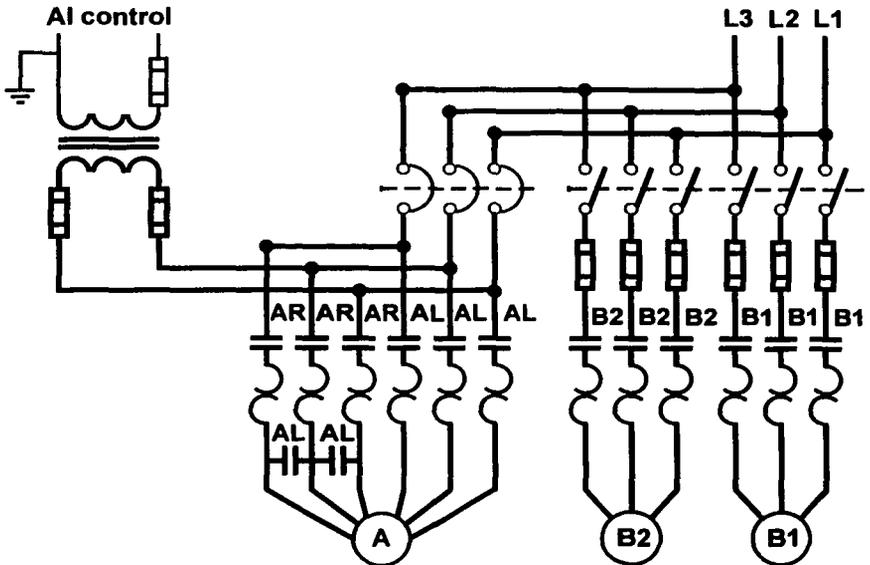


FIG. 4.4 DIAGRAMA DE FUERZA DE DOS BOMBAS QUE SUMINISTRAN A UN SISTEMA, ASÍ COMO DE UN MOTOR AGITADOR DE UN FLUIDO EN UN TANQUE A VELOCIDADES BAJA Y ALTA

El circuito que controla al motor agitador se puede modificar (o se puede ver) de la siguiente manera: consta de un botón de paro, un botón de arranque que hará que el motor arranque a baja velocidad, otro botón de arranque que hará que el motor se mueva a una velocidad mayor, un relevador de control, tres arrancadores, los cuales según se accionen harán que el motor agitador se mueva en forma lenta o en forma rápida, y unas luces indicadoras de velocidad baja y velocidad alta.

Al presionar el botón etiquetado como "lento", se energiza la bobina del relevador de control R1, lo que hará que los contactos de R1 se activen y se cierren energizando a la bobina del arrancador 1 (M1) y la bobina del arrancador 3 (M3), haciendo que el motor arranque en forma lenta.

Después de haber pasado un tiempo, se puede presionar el botón etiquetado como "rápido", lo cual hará que la bobina del arrancador 2 (M2) se energice y la bobina del arrancador 3 se desenergice, lo cual hará que el motor aumente su velocidad.

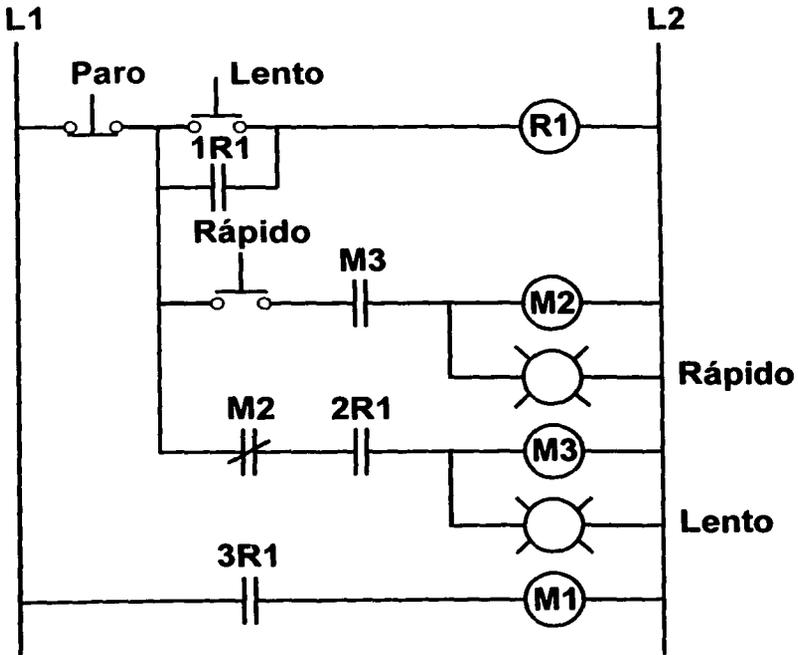


FIG. 4.5 DIAGRAMA DE CONTROL PARA ARRANCAR UN MOTOR A BAJA VELOCIDAD (CONEXIÓN ESTRELLA) Y AUMENTÁRSELA REALIZANDO CONEXIÓN DELTA OPRIMIENDO SUS RESPECTIVOS BOTONES

El motor es trifásico con seis puntas, las cuales se pueden conmutar en su conexión haciendo posible su cambio de velocidad. Al unirse las puntas 4, 5 y 6, y llegando la energía por las puntas 1, 2 y 3 se hará que el motor arranque en estrella (Y). (véanse las siguientes figuras)

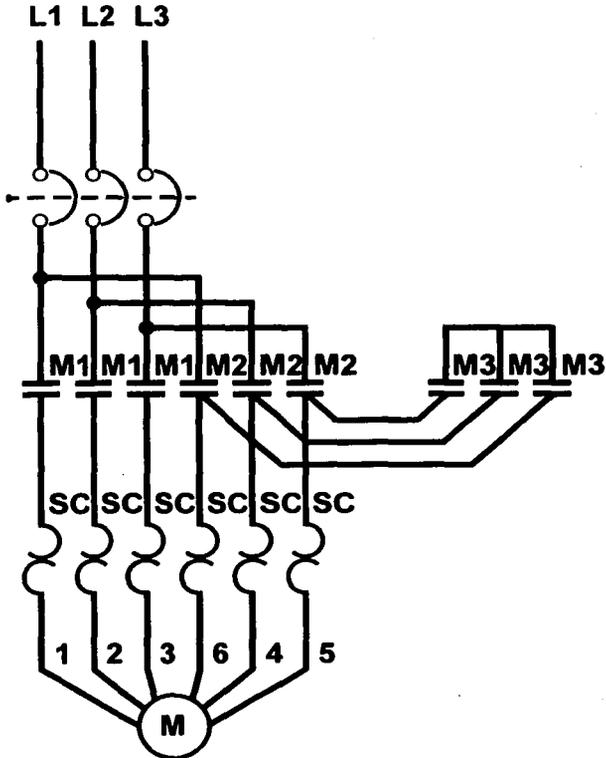


FIG. 4.6 DIAGRAMA DE FUERZA DE ARRANQUE DE UN MOTOR CON SEIS PUNTAS CONECTADO EN ESTRELLA-DELTA

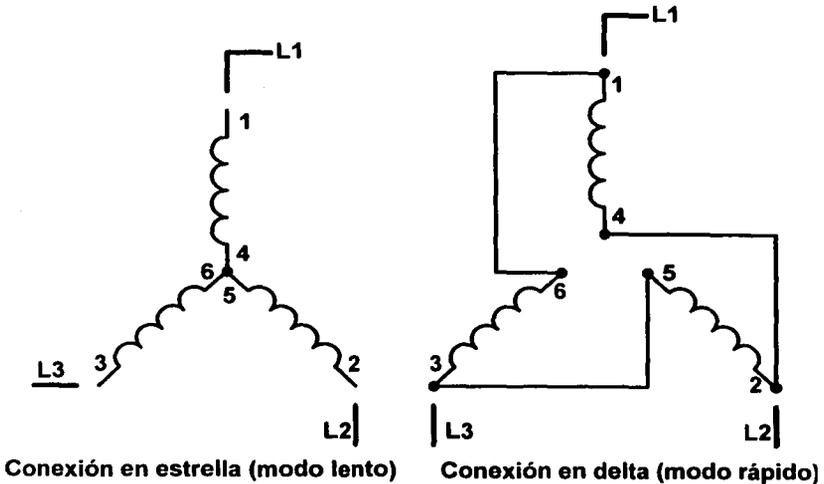


FIG. 4.7 CONEXIÓN ESTRELLA Y DELTA PARA UN MOTOR AL CUAL SE LE PUEDE AUMENTAR SU VELOCIDAD

Del diagrama de fuerza se observa que al energizarse M1 y M3, sus respectivos contactos de fuerza se cierran, haciendo que a la punta 1 le llegue la línea 1, a la punta 2 le llegue la línea 2, a la punta 3 le llegue la línea 3, y las puntas 4, 5 y 6 se unan, haciendo que la corriente que circula por las bobinas del motor sea relativamente poca, haciendo que el motor se mueva lentamente.

Al presionar el botón de velocidad rápida, los contactos de M3 se abren y los contactos de M2 se cierran, lo cual hará que las puntas 4, 5 y 6 se desconecten y quedando ahora conectada la punta 4 con la 2, la punta 5 con la 3 y la punta 1 con la 6, es decir en conexión delta, aumentando de esta manera la velocidad del motor.

Este cambio de velocidad la puede hacer el operador oprimiendo el botón de "velocidad alta", pero debe dejar pasar un poco de tiempo para poder hacer el cambio de velocidad y no arrancar el motor en forma repentina a velocidad rápida y no perjudicar la instalación eléctrica.

CONCLUSIONES

Se comprobaron las hipótesis de que los arrancadores y el PLC son de gran importancia en el control de motores.

Se cumplieron los objetivos al mostrarse los principales circuitos de arranque y control para motores trifásicos de corriente alterna, al darse a conocer la importancia del centro de control de motores, así como se tuvo conocimiento de la importancia del PLC como herramienta en el control de motores, además de que se dieron algunas aplicaciones reales de los arrancadores en la industria.

El control de motores en la industria es de vital importancia ya que ayuda a agilizar los procesos que hay en ella. Hoy en día se cuenta con una gran cantidad de dispositivos para llevarlo a cabo, estando entre dichos dispositivos los arrancadores.

Asimismo, dependiendo del tipo de carga que se tenga se tendrá el tamaño del motor para mover dicha carga, y esto a su vez determinará el tipo de arranque que tendrá dicho motor, es decir, para motores relativamente pequeños en potencia se tendrá un arranque a tensión nominal, mientras que para motores de mayor capacidad se tendrá un arranque a tensión reducida, ya sea por resistencias, reactancias o por medio de autotransformadores.

En la industria se debe tener conocimiento del lenguaje eléctrico porque nos ayudará a interpretar los diagramas eléctricos que hay en ella y así, poder determinar con qué equipo se cuenta así como determinar las posibles causas de los problemas, en caso de que existan, de una manera más fácil. El lenguaje eléctrico se forma por medio de símbolos, los cuales van a representar a los dispositivos, los cuales al unirse formarán los diagramas eléctricos que pueden llegar a ser muy sencillos o muy complejos.

Por otra parte, un centro de control de motores es de suma importancia en cualquier industria. El centro de control de motores (CCM) es esencialmente un tablero que se usa en primer término para montar las componentes del alimentador de los motores y de sus circuitos derivados, desde luego que no necesariamente todas las componentes se deben incluir en el centro de control; por ejemplo, la protección del alimentador se puede instalar

en el tablero principal o bien otro ejemplo, la estación de botones se puede localizar en algún lugar más conveniente.

El uso del centro de control de motores es recomendable para que los motores de una instalación o de una zona se alimenten en forma centralizada, de esta manera un solo operador puede controlar fácilmente todo un complejo en los cuales se contienen los órganos de mando, de protección e instrumentos de medición.

Los centros de control para motores pueden instalarse dentro de una subestación o bien pueden ser parte de servicios derivados del interruptor principal de alta tensión.

El centro de control de motores ofrece las siguientes ventajas:

- Permite que los aparatos de control se alejen de lugares peligrosos
- Permite centralizar al equipo en el lugar más apropiado
- Facilita el mantenimiento y el costo de la instalación es menor.

El control de motores puede ser a través del medio convencional o también llamado control por cableado, es decir, a través de dispositivos como contactores o relevadores de control, o por medio de los llamados controladores lógicos programables (PLC).

En la técnica de control por cableado es indispensable la interconexión física de todos los elementos involucrados para resolver la tarea de control. Si existiera un error cometido durante el proceso de cableado, será necesario reconectar correctamente, y si hay un cambio en las condiciones del control, se requerirán cambios en los componentes de control y en el cableado.

En el sistema de control mediante un PLC, los diferentes elementos que forman al sistema de control ya no se interconectan físicamente, sino que se conectan a los bornes de entrada y salida del PLC. Cualquier modificación de la tarea de control se realiza corrigiendo el programa de control sin mover el correspondiente cableado.

Los PLC's nos dan una ventaja para corregir fallas sin cambiar cableado, permite monitorear entradas, tomar decisiones basadas en su programa, y controlar salidas para automatizar un proceso o máquina. Los PLC's consisten de módulos de entradas, una unidad central de proceso, memoria en donde reside el programa, módulos de salidas y una fuente de alimentación.

BIBLIOGRAFÍA

Camarena M. Pedro
INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES
México, Ed. CECSA

Enriquez Harper Gilberto
EL ABC DE LAS MÁQUINAS ELÉCTRICAS III. INSTALACIÓN Y CONTROL DE
MOTORES DE CORRIENTE ALTERNA
México, Ed. Limusa

L. Kosow Irving
CONTROL DE MÁQUINAS ELÉCTRICAS
Barcelona, Ed. Reverté S.A.

Herman Stephen
INDUSTRIAL CONTROL MOTOR
Nva. York, Ed. Delmar

Lladonosa Vincent
PROGRAMACIÓN DE AUTÓMATAS PROGRAMABLES
España, Ed. Alfaomega

Michel Gilles
AUTÓMATAS PROGRAMABLES INDUSTRIALES
Barcelona, Ed. Marcombo

P. Anderson Edwin
ELECTRIC MOTORS
Nva. York, Ed. Macmillan

Roldán Viloría José
MOTORES ELÉCTRICOS AUTOMATISMOS DE CONTROL
Madrid, Ed. Paraninfo

Siemens
MANUAL PLC SIMATIC S5-100 Y S7-200