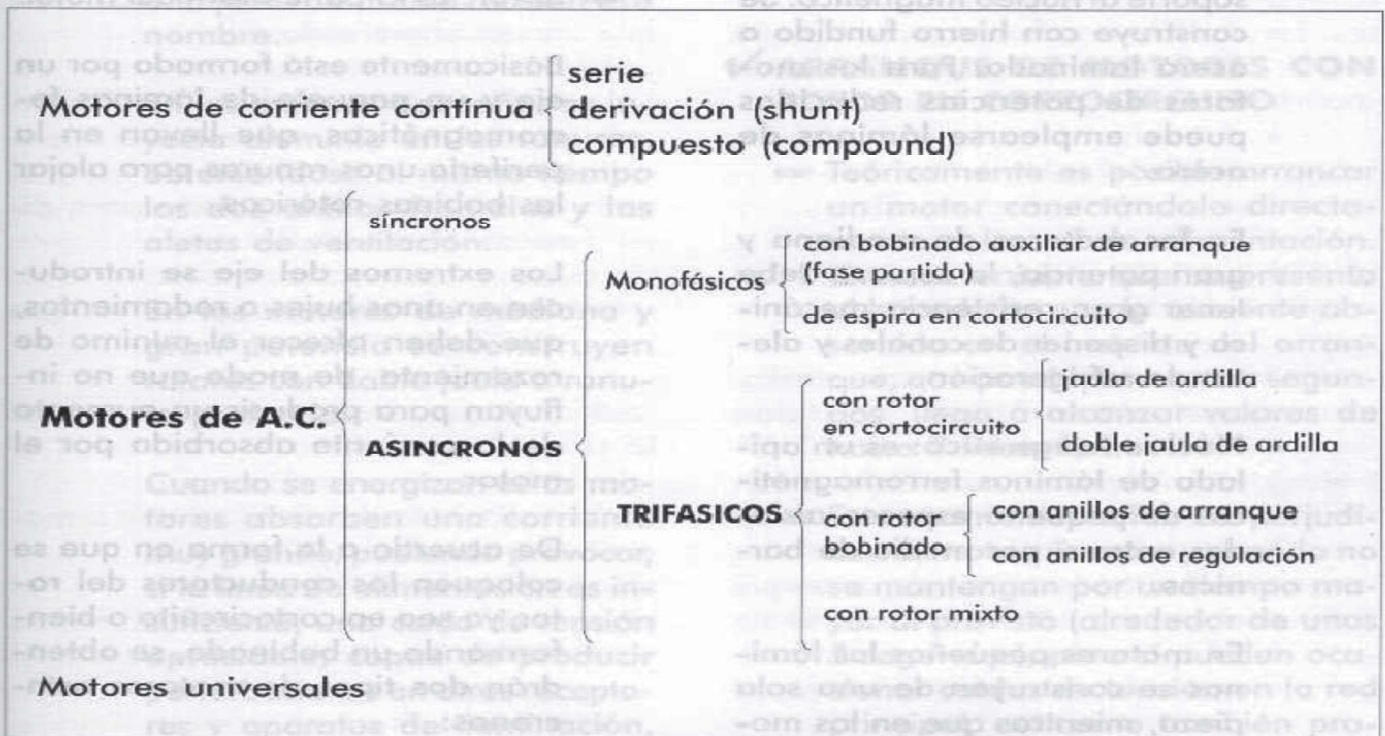


En esta parte se ven los diferentes sistemas de arranque (arrancadores) de un motor. No es, por consiguiente, un estudio de los motores en sí.

✓ CLASIFICACION DE LOS MOTORES ELECTRICOS

En forma esquemática veamos los tipos de motores más comunes:



✓ EL MOTOR ASINCRONO TRIFÁSICO

- El motor asíncrono se compone de un rotor y un estator. Ambas partes están formadas por un gran número de láminas ferromagnéticas, que

disponen de ranuras, en las cuales se alojan los devanados estatóricos y rotóricos respectivamente. En ellos tendrá lugar la transformación de la potencia eléctrica absorbida en energía mecánica cedida.

- Al alimentar el bobinado trifásico del estator, con un sistema de tensiones trifásicas, se crea un campo magnético giratorio, el cual induce en las espiras del rotor una f.e.m., y como todas las espiras forman un circuito cerrado, circulará por ellas una corriente, obligando al rotor a girar en el mismo sentido que el campo giratorio del estator.

✓ PARTES DEL MOTOR ASINCRONO

☞ **Estator:** es la parte fija del motor. Se compone de:

- ★ **Carcaza:** parte que sirve de soporte al núcleo magnético. Se construye con hierro fundido o acero laminado. Para los motores de potencias reducidas puede emplearse láminas de acero.

En los motores de mediana y gran potencia, la carcaza debe tener gran resistencia mecánica y disponer de canales y aletas de refrigeración.

- ★ **Núcleo magnético:** es un apilado de láminas ferromagnéticas de pequeño espesor, aisladas entre sí por medio de barnices.

En motores pequeños las láminas se construyen de una sola pieza, mientras que en los motores de gran potencia se hacen de varios segmentos.

- ★ **Bobinado estatórico:** las bobinas que la conforman tienen la función de producir el campo magnético. Están alojadas en las ranuras (las cuales pue-

den ser abiertas o semicerradas) que tiene el núcleo.

- ★ **Bornera:** conjunto de bornes situado en la parte frontal de la carcaza, que sirve para conectar la red a los terminales del bobinado estatórico.

Los bornes a los cuales se conectan los principios de las bobinas, se identifican en la actualidad normalmente con U1, V1 y W1 (anteriormente U, V y W), y los finales U2, V2 y W2 (anteriormente X, Y y Z).

☞ **Rotor:** es la parte móvil del motor.

Básicamente está formado por un eje y un paquete de láminas ferromagnéticas, que llevan en la periferia unas ranuras para alojar las bobinas rotóricas.

Los extremos del eje se introducen en unos bujes o rodamientos, que deben ofrecer el mínimo de rozamiento, de modo que no influyan para producir un aumento de la corriente absorbida por el motor.

De acuerdo a la forma en que se coloquen los conductores del rotor, ya sea en cortocircuito o bien formando un bobinado, se obtendrán dos tipos de motores asíncronos:

- **Motores con rotor en cortocircuito o jaula de ardilla:** son aquellos cuyo rotor está integrado por un paquete de láminas ferromagnéticas de espesores muy pequeños, aislados entre sí. Este conjunto se comprime y

se encaja en el eje, haciendo tope sobre unas hendiduras que lleva, de forma que no puedan salirse.

En motores de mayor potencia, se colocan unos pasadores aislados que atraviesan todo el paquete de láminas.

El bobinado del rotor está formado por un conjunto de conductores desnudos, de cobre o aluminio, y puestos en cortocircuito, al soldarlos a dos anillos frontales del mismo material. Por el parecido que tienen con una jaula de ardilla reciben ese nombre.

En los motores pequeños se inyecta aluminio en las ranuras, obteniéndose al mismo tiempo los dos anillos frontales y las aletas de ventilación.

En los motores de mediana y gran potencia se construyen rotores con doble jaula o ranura profunda.

Cuando se energizan estos motores absorben una corriente muy grande, pudiendo provocar, si la línea de alimentación es insuficiente, una caída de tensión apreciable, capaz de producir perturbaciones en otros receptores y aparatos de iluminación, por lo cual, cuando superen cierta potencia, el arranque ya no debe ser directo.

- **Motores con rotor bobinado:** en estos motores el rotor lleva un bobinado trifásico en estrella, que se aloja en las ranuras

que lleva el núcleo. Los extremos del bobinado se llevan al colector, sobre los cuales se apoyan las escobillas.

✎ **Entrehierro:** es la separación existente entre el estator y el rotor. Presenta un valor constante y debe ser lo más pequeño posible, suficiente para impedir el rozamiento entre ellos.

La medida del entrehierro se hace con unas hojas metálicas de espesores conocidos, colocándolas entre un diente del estator y el rotor.

✓ ARRANQUE DE MOTORES CON ROTOR EN CORTOCIRCUITO

✎ Teóricamente es posible arrancar un motor conectándolo directamente a la red de alimentación. El inconveniente que se presenta al hacerlo es que la corriente absorbida en el instante del arranque, que puede durar unos segundos, llega a alcanzar valores de hasta 7 veces la I_n .

✎ Estas corrientes altas no perjudican el motor, siempre y cuando no se mantengan por un tiempo mayor al previsto (alrededor de unos 5 segundos), pero sí pueden ocasionar caídas de tensión en la red principal, así como también producir un gran choque en la máquina accionada, en el momento del arranque. Por este motivo normalmente, cuando el motor supera los 5 HP, el arranque del motor se efectúa a tensión reducida, con el objeto de disminuir la intensidad absorbida durante el arran-

que, en la misma proporción en que se reduce la tensión (ley de Ohm).

Para evitar que la aceleración sea muy pequeña, es necesario que los dispositivos elegidos para el arranque, tengan en cuenta la carga y se eviten períodos muy largos de aceleración, que puede ocasionar calentamiento anormal del motor, especialmente cuando la maniobra de arranque debe repetirse con cierta frecuencia.

En general los diferentes sistemas de arranque tienden a:

- * Aplicar una tensión, menor que la nominal, al estator del motor.
- * Aumentar la resistencia del circuito del rotor.

✓ ARRANQUE DIRECTO CON UN SOLO SENTIDO DE GIRO

Es el procedimiento más sencillo, consistente en aplicar la tensión total de línea a los bornes (U1, V1 y W1) del motor, por medio de un interruptor o contactor, en un solo tiempo. La corriente que absorbe el motor con este tipo de arranque suele tomar, con carga, valores de 5 a 7 In, por lo que se emplea para motores de máquinas de pequeña y mediana potencia.

El motor que más se presta para ser conectado a la red con este sistema es el motor con rotor en cortocircuito.

En estos motores, la reducción de la intensidad de arranque está

acompañada por la disminución del par de arranque, no siendo prácticamente regulable.

En cambio, en los motores con rotor bobinado, la reducción de la intensidad permite un aumento del par, siendo regulable hasta el valor máximo de la intensidad nominal.

Cuando se realiza un arranque directo utilizando un contactor, debe tenerse en cuenta:

- El arrancador es simple, económico, de fácil instalación y mantenimiento, y fácil adquisición en el mercado.
- El contactor debe estar dimensionado para soportar la intensidad nominal del motor, y el relé térmico regulado para dicha intensidad.
- La corriente pico de arranque es alta.
- El par de arranque es superior al nominal.
- El sistema debe limitarse a motores de baja potencia.
- Se emplean tres conductores desde el arrancador hasta el motor.

✓ ARRANQUE DIRECTO CON INVERSIÓN DE GIRO O MARCHA

El sentido de giro del rotor de un motor es el mismo que el del flujo principal creado por el estator.

Cuando se necesita que el rotor

gire en sentido contrario, bastará hacer que el flujo principal lo haga. Como este flujo es el resultado de tres campos magnéticos creados por cada una de las fases que alimentan el estator, será suficiente **invertir o cambiar entre sí DOS fases cualesquiera**, obteniéndose el cambio de sentido en la rotación del motor.

Como este caso es similar al arranque directo de un motor, se debe tener presente lo dicho anteriormente, y tomar en cuenta lo siguiente:

- ★ En lugar de un solo contactor se usan dos contactores, uno para cada sentido de rotación.

- ★ Como la inversión de las dos fases se realiza a través de los contactores, de ninguna manera éstos deben actuar simultáneamente, porque de ser así se producirá indefectiblemente un cortocircuito.

- ★ Para garantizar que nunca funcionen los dos contactores al mismo tiempo, se emplean sistemas de seguridad, denominados **enclavamientos**, de manera que al funcionar alguno de ellos, quede completamente anulado o bloqueado el otro.

Sistemas de enclavamiento:

- **Mecánico**

consiste en impedir mecánicamente que las armaduras de los dos contactores bajen al mismo tiempo. Este sistema se emplea cuando los contactores del in-

versor están juntos (uno al lado del otro).

Para lograrlo se emplea un elemento llamado precisamente **enclavamiento mecánico** (o bloque de condenación mecánica), que se instala entre los dos contactores, el cual puede o no llevar incorporados unos contactos NC, que se usan para realizar el enclavamiento por contacto auxiliar.

Cuando se emplea el enclavamiento mecánico, no deben omitirse los enclavamientos eléctricos, para evitar que se quemem las bobinas, al ser energizadas estando las armaduras bloqueadas mecánicamente.

El enclavamiento mecánico es recomendable en instalaciones en las que los contactores se encuentran sometidos a exigencias extremadamente duras, por efecto especialmente de vibraciones. En estas condiciones existe el peligro de que, por acción de los golpes repentinos o repetidos, se cierren simultáneamente los circuitos electromagnéticos, produciéndose, por consiguiente, un cortocircuito.

- **Eléctrico**

- ★ **Por contacto auxiliar:** es un sistema simple y se realiza utilizando un contacto auxiliar NC, de manera que cuando se abre, no permite el paso de corriente a la bobina del contactor que se desea bloquear o enclavar.

En el caso de los inversores de marcha, en el circuito que alimenta la bobina del contactor que controla la marcha a la derecha, debe intercalarse un contacto auxiliar NC del contactor que controla la marcha a la izquierda, y viceversa.

Este enclavamiento es 100% efectivo solamente cuando alguna de las bobinas ya ha sido energizada, pero presenta deficiencias en el momento inicial de la maniobra, ya que en ese instante ambos contactos se encuentran cerrados y existe la posibilidad de enviar un impulso eléctrico a las dos bobinas, si se oprimen simultáneamente los pulsadores para marcha derecha y para marcha izquierda.

A pesar de este inconveniente, en los inversores de marcha, nunca debe omitirse este enclavamiento.

★ **Por pulsadores:** es un sistema complementario del anterior, pues sirve para eliminar la posibilidad de energizar simultáneamente las bobinas de los dos contactores, al iniciar la maniobra, si por alguna razón se oprimen al mismo tiempo los dos pulsadores de marcha.

Para poder realizar este enclavamiento es necesario emplear dos pulsadores de conexión-desconexión, como los estudiados en la página 49 (segundo caso).

Cuando se oprima cualquiera de los dos, bloqueará automáticamente al otro, ya que los contactos NC de los pulsadores se conectan en serie con los contactos auxiliares NC de enclavamiento, del contactor que se desea enlavar. En el caso de que se opriman simultáneamente los dos pulsadores, no se energizará ninguna bobina, al abrirse ambos circuitos.

Este sistema de enclavamiento solamente se usa, en un circuito de inversores, cuando es necesario emplear un pulsador para marcha derecha y otro pulsador para marcha izquierda.

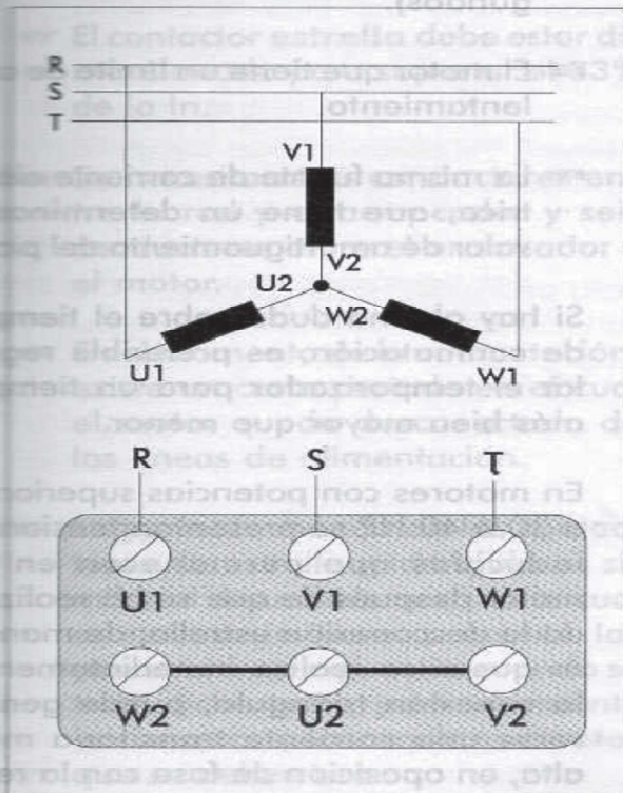
En circuitos automáticos que requieren de un solo pulsador, sólo para iniciar el proceso, éste será un NA, razón por la cual no es posible ni necesario realizar el enclavamiento por pulsadores.

✓ ARRANQUE POR CONMUTACION ESTRELLA-TRIANGULO

Se ha visto que en el arranque directo el motor absorbe una corriente muy alta, en el momento que se energiza, razón por la cual éste no es recomendable para el arranque de motores de mediana o gran potencia. En estos casos, especialmente tratándose de motores asíncronos trifásicos con rotor en cortocircuito, es muy común la utilización del sistema de arranque estrella-triángulo, para que la corriente inicial absorbida en el arranque esté solamente entre 1,3 y 2,6 de la I_n .

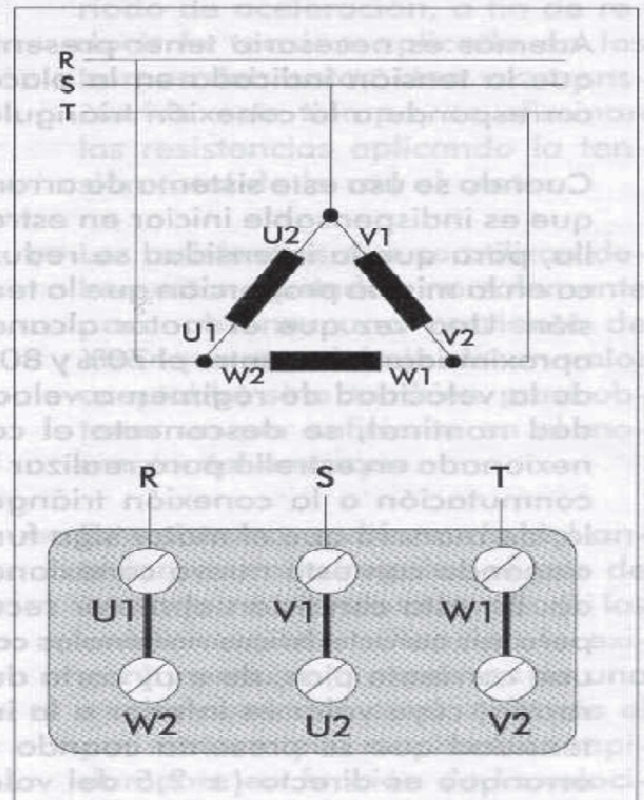
El sistema consiste en energizar el motor conectándolo inicialmente en estrella, mientras se pone en movimiento, y una vez haya alcanzado aproximadamente entre el 70% y 80% de su velocidad de régimen, en unos pocos segundos, se conecta en triángulo.

Conexión estrella: consiste en unir los finales (U2-V2-W2) de las tres bobinas del estator, alimentando solamente los principios (U1-V1-W1) con las tres fases (R-S-T), de manera que cada bobina recibirá una tensión equivalente a la tensión de fase.



Conexión triángulo: Consiste en unir el principio de una bobina con el final de la siguiente (U1-W2, V1-U2, W1-V2), energizando con las tres fases (R-S-T) los tres puntos de unión

que se obtienen, de tal manera que cada una de las tres bobinas o grupos de bobinas del motor recibirá permanentemente una tensión equivalente a la tensión de línea o tensión entre fases.



Si durante el proceso de arranque se conecta el motor en estrella, la tensión aplicada a cada bobina del estator se reducirá en $\sqrt{3}$, equivalente al 58% de la tensión de línea, por lo cual la intensidad que absorberá el motor será también $\sqrt{3}$ menor.

Al ser la reducción de $\sqrt{3}$ en la tensión y $\sqrt{3}$ en la corriente, tendremos como resultado una disminución total de $\sqrt{3}$ por $\sqrt{3}$ ó sea de tres veces el valor de la I_n , equivalente a un 33% del que tendría en un arranque directo.

Esta característica sirve de base al sistema de arranque estrella-triángulo, siendo necesario, para poder efectuar este tipo de conexionado, que las tres bobinas tengan sus extremos separados para que sean conectados en la bornera del motor.

Además es necesario tener presente que la tensión indicada en la placa, corresponde a la conexión triángulo.

Cuando se usa este sistema de arranque es indispensable iniciar en estrella, para que la intensidad se reduzca en la misma proporción que la tensión. Una vez que el motor alcance aproximadamente entre el 70% y 80% de la velocidad de régimen o velocidad nominal, se desconecta el conexionado en estrella para realizar la conmutación a la conexión triángulo, de manera que el motor siga funcionando con este nuevo conexionado. En esta condición el motor recupera sus características nominales con una corriente pico, de muy corta duración, cuyo valor es inferior a la intensidad que se presenta cuando el arranque es directo ($\pm 2,5$ del valor nominal).

Por otra parte, el par de arranque pasa de 1,5 veces el valor nominal que se tenía en el arranque directo a 0,5 veces el nominal, lo que aumenta la duración del período de arranque con respecto al que se obtiene en el arranque directo. Sin embargo este aspecto carece de importancia, en la mayoría de los casos, debido a que la velocidad nominal de régimen se alcanza en pocos segundos.

Es importante recalcar que la conmutación de estrella a triángulo debe realizarse tan pronto el motor llegue

al 70% u 80% de su velocidad de régimen, porque si ésta se produce demasiado pronto, la intensidad pico puede alcanzar valores muy altos, y en caso contrario es posible que se detenga el motor, produciéndose un daño en los devanados.

En la práctica, la duración del tiempo de conmutación estará supeditada al par de aceleración y a la inercia de las partes integrantes. De hecho el tiempo límite está dado por:

- El relé térmico que no tolerará tiempos muy prolongados (normalmente nunca más de 30 segundos).
- El motor que tiene un límite de calentamiento.
- La misma fuente de corriente eléctrica, que tiene un determinado valor de amortiguamiento del pico.

Si hay alguna duda sobre el tiempo de conmutación, es preferible regular el temporizador para un tiempo más bien mayor que menor.

En motores con potencias superiores a 30 ó 40 HP, se presentan tensiones inducidas que permanecen en el motor después de que se ha realizado la desconexión estrella, de manera que si se realiza inmediatamente la conexión triángulo, puede generarse una corriente transitoria muy alta, en oposición de fase con la red, capaz de dañar el motor.

Este inconveniente se elimina retardando un poco la conexión triángulo, pero cuidando que la pérdida de velocidad durante este tiempo no sea demasiado sensible.

✓ CONSTRUCCION DE ARRANCADORES ESTRELLA-TRIANGULO

Para la construcción de un arrancador por conmutación estrella-triángulo es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

⇒ El arrancador necesita tres contactores y un temporizador al trabajo.

⇒ Los contactores de red y triángulo deben estar dimensionado para soportar el 58% de la I_n , y el relé térmico regulado para esa misma intensidad.

⇒ El contactor estrella debe estar dimensionado para soportar el 33% de la I_n .

⇒ Se necesitan tres conductores entre la red y el arrancador y seis conductores entre el arrancador y el motor.

⇒ En el momento de la conmutación, existe un corto período en el cual el motor queda desconectado de las líneas de alimentación.

⇒ La parte de mando de los contactores de estrella y triángulo es similar al de un inversor, por lo cual es necesario tener presente las precauciones expuestas cuando se trató dicho tema, particularmente en cuanto a los enclavamientos que se deben usar.

⇒ El uso de estos arrancadores es muy común porque permite cubrir un gran porcentaje de las aplicaciones del motor en cortocircuito, presentando gran seguridad en la maniobra.

✓ ARRANQUE POR RESISTENCIAS ESTATORICAS

⇒ En este sistema se intercalan, en serie con el estator, un grupo de resistencias entre la red de alimentación y el motor, durante el período de aceleración, a fin de reducir la tensión aplicada en los bornes del motor. Una vez transcurrido este tiempo, se eliminan las resistencias aplicando la tensión total de la red al motor.

⇒ Las resistencias que se utilizan deben estar ajustadas, no solamente para obtener una corriente de arranque por debajo de un valor aceptable, sino también para obtener un par suficiente en el momento del arranque.

⇒ Este sistema, a diferencia del anterior, permite regular el par de arranque a un valor elevado (si las condiciones de utilización lo exigen) y preciso (a expensas de una mayor corriente pico). Además el par motor crece mucho más rápidamente en función de la velocidad, que en el arranque estrella-triángulo, permitiendo obtener, en el primer tiempo, una velocidad bastante elevada, aspecto que debe tomarse en cuenta especialmente al tratarse de máquinas donde el par resistente aumenta mucho con la velocidad.

⇒ En el momento en que se anulan las resistencias y se aplica la tensión total de red, para que el motor quede funcionando con sus características nominales, las corrientes pico que se producen también son menores que en la conmutación estrella-triángulo, por

cuanto el acoplamiento se produce a una mayor velocidad.

Este fenómeno se produce porque, a medida que el motor va acelerando, la corriente absorbida va disminuyendo y, por consiguiente, la caída de tensión en las resistencias se hace también menor, elevándose la tensión en los bornes del motor. Así mismo, el par cedido por el motor aumenta en la medida en que éste va adquiriendo velocidad. Tan pronto alcance su velocidad de régimen, o llegue muy cerca a ella, se cortocircuitan las resistencias, con lo que el motor queda trabajando en condiciones normales.

✓ CONSTRUCCION DE ARRANCADORES POR RESISTENCIAS ESTATORICAS

El arrancador está compuesto por las resistencias, un contactor que conecta la totalidad de ellas en serie con el motor, y tantos contactores y temporizadores como etapas de arranque se requieren, utilizándose el último de ellos para aplicar la tensión total al motor.

El contactor que aplica la tensión total al motor debe estar dimensionado para soportar la intensidad nominal del motor, mientras que los demás contactores se calculan de acuerdo a la reducción que se quiere obtener en la tensión que se va aplicando al motor.

El relé térmico debe estar regulado para la I_n del motor.

La intensidad pico de arranque se reduce en la misma proporción en que se reduce la tensión, y el par

de arranque se reduce con el cuadrado de la relación de tensiones.

Se necesitan tres conductores entre la red y el arrancador y tres conductores entre el arrancador y el motor.

El motor en ningún momento queda desconectado de la línea.

El par de arranque, a medida que aumenta la velocidad, crece más rápidamente que el arranque estrella-triángulo, presentándose una corriente pico de conmutación menor, al efectuarse el acoplamiento a mayor velocidad.

Es posible elegir la tensión de arranque y, por consiguiente, el par.

Es más costoso que el arrancador estrella-triángulo, pues al valor de las resistencias se debe añadir el del contactor general, que tiene mayor capacidad.

Se construyen exclusivamente bajo pedido.

✓ ARRANQUE POR ACOPLAMIENTO ESTRELLA-RESISTENCIAS-TRIANGULO

Es un procedimiento que se deriva del arranque por conmutación estrella-triángulo y del de resistencias estáticas, permitiendo obtener el beneficio del arranque estrella-triángulo en los motores de elevada potencia y tensión, en aquellos casos en que el par resistente que ofrece la máquina no permite obtener una velocidad elevada en el arranque estrella.

☛ Posición estrella (arranque)

En este primer momento se obtiene la misma reducción de tensión que en el arranque estrella-triángulo, lográndose las mismas características en cuanto a corriente y par que las logradas en éste, es decir un tercio de la corriente y par, que las que se obtendrían si el arranque fuera directo.

☛ Posición triángulo (con las resistencias intercaladas)

Al acoplar en triángulo, las resistencias quedan intercaladas en el circuito. En este tipo de arranque, las resistencias son mucho más reducidas que las empleadas en el arranque por resistencias estáticas, ya que la caída de tensión que deben originar es mucho menor.

El motor, con una intensidad pico aceptable, cumple las características como si fuese un arranque estático, de modo que el incremento del par hace aumentar la velocidad.

☛ Posición triángulo (marcha normal)

Se finaliza el arranque del motor, dejando fuera de servicio las resistencias que se encuentran en serie con el devanado del estator y conectando éste en triángulo. Con ello el motor adquiere sus características nominales con una corriente pico débil.

✓ CONSTRUCCION DE ARRANCADORES POR ACOPLAMIENTO ESTRELLA-RESISTENCIAS-TRIANGULO

☛ El arrancador está compuesto por las resistencias y cuatro contactores: los tres primeros tienen la misma función que en un arrancador estrella-triángulo y el cuarto sirve para conectar el grupo de resistencias en serie con las tres fases que alimentan el motor.

☛ El contactor de red y el de triángulo deben estar calculados para soportar el 58% de la I_n , al igual que el relé térmico, mientras que el contactor estrella se calcula para el 33% de la I_n .

☛ El contactor que conecta el grupo de resistencias, se calcula de acuerdo con la reducción que se desea obtener en la tensión aplicada al motor.

☛ La corriente pico, en la primera etapa del arranque, se reduce a un tercio del valor que se presenta en el arranque directo, mientras que en la segunda etapa del arranque, se reduce en la misma proporción que la relación de tensiones.

☛ El par de arranque, en la primera etapa del arranque, se reduce a un tercio del valor que tiene en arranque directo, y en la segunda etapa queda reducido con el cuadrado de la relación de tensiones.

☛ Se necesitan seis conductores entre el arrancador y el motor.

☛ Las resistencias son más reducidas que las empleadas en un arrancador por resistencias estáticas.

☛ Puede elegirse la tensión de arranque de la segunda etapa,

y en consecuencia su correspondiente par.

Estos arrancadores se fabrican exclusivamente bajo pedido.

✓ ARRANQUE POR AUTOTRANSFORMADOR

Consiste en utilizar un autotransformador conectado en estrella con una serie de salidas con tensiones fijas, para ir aplicando al motor tensiones cada vez mayores, para conseguir su arranque.

A medida que el motor va acelerando se lo va conectando a las diversas tensiones que tiene el autotransformador, hasta llegar a aplicarle la tensión nominal plena, momento en el cual se pone fuera de servicio el autotransformador.

Normalmente se emplean autotransformadores con salidas que corresponden al 50%, 65% y 80% de la tensión de red, con las cuales se obtienen valores del 25%, 42% y 64%, respectivamente, de los pares que se obtienen en un arranque directo.

Por otra parte, la corriente en el primario se reduce aproximadamente con el cuadrado de la relación de tensión del secundario al primario, de tal manera que si se desprecia la corriente magnetizante del autotransformador, las salidas del mismo proporcionarán intensidades de arranque del 25%, 42% y 64% de las que se obtendrían con la tensión total.

Con este sistema se obtienen características más favorables que las que se obtienen con el arranque por resistencias estáticas, como un par de

arranque más elevado con una corriente pico menor, por lo cual este sistema se emplea para el arranque de motores de elevada potencia. Además tiene la ventaja de no ocasionar pérdidas de potencia exteriores durante el arranque. Sin embargo en este sistema se tiene que desconectar el motor de la red durante el tiempo de la conmutación, lo cual puede ocasionar una corriente transitoria elevada.

✓ CONSTRUCCION DE ARRANCADORES POR AUTOTRANSFORMADOR

El arrancador está compuesto por los siguientes elementos: el autotransformador, un contactor para alimentar éste a la red, dos o más contactores para aplicar las tensiones parciales de salida del autotransformador al motor, y un contactor para alimentar el motor a plena tensión. Los contactores se calculan para las siguientes intensidades de corriente:

- El contactor que alimenta el motor a plena tensión debe estar dimensionado para la I_n .
- La intensidad que debe soportar el contactor que alimenta el autotransformador se calcula de la siguiente manera:

$$\left(\frac{E \text{ de salida del autotransformador}}{E \text{ de línea}} \right)^2 \times I_n$$

- La intensidad que deben soportar los contactores que conectan las tensiones parciales de salida del autotransformador se calcula así:

$$\frac{E \text{ de salida del autotransformador}}{E \text{ de línea}} \times I_n$$

El relé térmico debe regularse para la intensidad nominal del motor.

La intensidad pico de arranque en la línea (primario del autotransformador) se reduce proporcionalmente al cuadrado de la reducción de tensión. Esta intensidad es menor en el arranque por autotransformador (para una misma reducción de tensión aplicada al motor), que en el arranque por resistencias estáticas, puesto que en éste, la intensidad que circula por la línea es la misma que pasa por el motor, mientras que en el arranque por autotransformador, la corriente es proporcional a la relación de transformación del mismo.

El par de arranque se reduce en un valor proporcional al cuadrado de la relación de tensiones de línea y del motor. En un motor jaula de ardilla es totalmente independiente del método empleado para reducir la tensión en sus bornas, dependiendo solamente de la tensión aplicada a los mismos y variando proporcionalmente al cuadrado de la tensión aplicada.

Para una corriente de línea determinada, el par obtenido en el motor es mayor en este sistema, porque las tensiones que se aplican son mayores que en el arranque por resistencias estáticas.

La potencia absorbida es menor que en el arranque por resistencias estáticas, por cuanto éstas consumen energía, mientras que el autotransformador varía la tensión con muy pocas pérdidas.

Una desventaja, con respecto al

arranque por resistencias estáticas, es la menor suavidad durante la aceleración, y al mismo tiempo es más lento.

Se necesitan tres conductores entre el arrancador y el motor.

Estos arrancadores se construyen para motores de elevada potencia y exclusivamente bajo pedido.

✓ ARRANQUE DE MOTORES CON ROTOR BOBINADO (o de anillos rozantes) POR RESISTENCIAS ROTÓRICAS

Con estos motores se limita la intensidad de arranque sin perjudicar el par, porque se puede disponer de una resistencia elevada en el momento del arranque, y de una resistencia mucho menor cuando el motor haya alcanzado su velocidad de régimen.

Para ello es necesario conectar, en serie con las bobinas del rotor, unas resistencias exteriores que se van eliminando a medida que el motor va acelerando, hasta llegar a cortocircuitar el circuito del rotor, en el momento en que el motor haya alcanzado su velocidad nominal.

Para eliminar los grupos de resistencias, se emplean contactores accionados por temporizadores, independientemente de la carga controlada por el motor.

También es posible accionar estos contactores mediante relés. En este caso, el cierre y la apertura de los mismos, está en función de la tensión o frecuencia rotóricas, factores que son proporcionales al desliza-

miento del rotor, y medibles entre los anillos colectores, a los cuales van conectadas las resistencias exteriores.

Es necesario tener presente que en este sistema de arranque, no hay una reducción de la tensión para limitar la corriente pico de arranque, porque el estator se alimenta siempre con la tensión total, y que las resistencias se intercalan en serie con el bobinado del rotor, las cuales se irán eliminando de manera progresiva en dos o más tiempos, de acuerdo con la necesidad.

Con este método, la corriente pico de arranque se reduce en función de las resistencias rotóricas, mientras que el par de arranque se incrementa.

A medida que la velocidad aumenta, el par decrece, tanto más rápidamente cuanto mayor sea la resistencia en el circuito del rotor.

Tras cada desconexión de un grupo de resistencias, el par y la intensidad toman los valores correspondientes a la nueva resistencia rotórica intercalada.

Este sistema permite adaptar el par durante el arranque, así como las corrientes pico, de acuerdo con las necesidades propias de la instalación.

Existen casos especiales, en los cuales las mismas resistencias se emplean para controlar la velocidad del motor. En estos casos, las resistencias deben dimensionarse para realizar este trabajo, por cuanto el paso de corriente por ellas es mucho más prolongado que en un simple arranque, reduciendo el rendimiento del sistema, por lo cual no resulta muy práctico regular la ve-

locidad del motor entre límites de tiempo muy largos.

✓ CONSTRUCCION DE ARRANCADORES POR RESISTENCIAS ROTORICAS (para motores con rotor bobinado)

El arrancador está conformado por las resistencias rotóricas, un contactor para conectar el estator a la línea de alimentación, dos o más contactores y temporizadores para ir eliminando progresivamente las resistencias.

El contactor que conecta el estator a la red debe estar calculado para la intensidad nominal, mientras que los contactores que cortocircuitan las resistencias se calculan en función de la intensidad rotórica y del sistema que se adopte para cortocircuitar cada grupo de resistencias.

Este sistema permite adaptar el par de arranque y las corrientes pico, a las necesidades propias de la instalación.

Las resistencias se van eliminando de acuerdo a un tiempo fijo, o en función de la carga que debe accionar el motor.

Se necesitan seis conductores entre el arrancador y el motor.

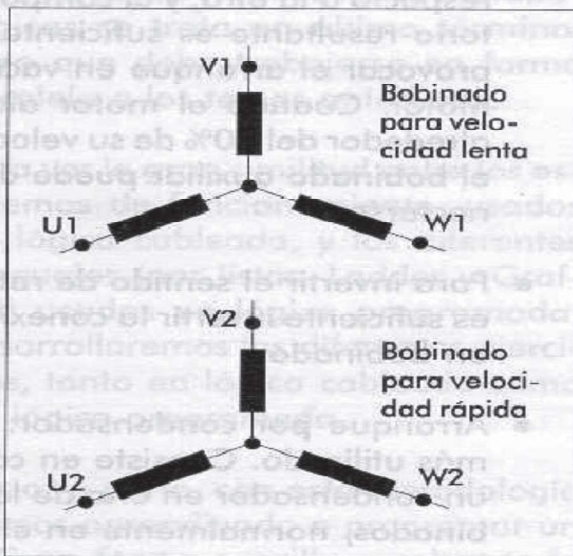
✓ MOTORES ASINCRONOS DE VARIAS VELOCIDADES FIJAS

Para evitar confusiones con los sistemas de arranque vistos anteriormente, veamos algunos aspectos sobre motores de dos o más velocidades.

La velocidad de un motor asíncrono no depende de la variación de la tensión, sino que es directamente proporcional a la frecuencia e inversamente proporcional al número de polos que tenga, por lo cual se pueden obtener motores con dos o más velocidades fijas, realizando en el estator variedad de combinaciones de bobinados, que corresponden a diferentes números de polos.

MOTORES CON DEVANADOS ESTATORICOS INDEPENDIENTES

Estos motores tienen dos arrollamientos estatoricos eléctricamente independientes, que permite obtener dos velocidades, lenta y rápida, en una relación cualquiera.

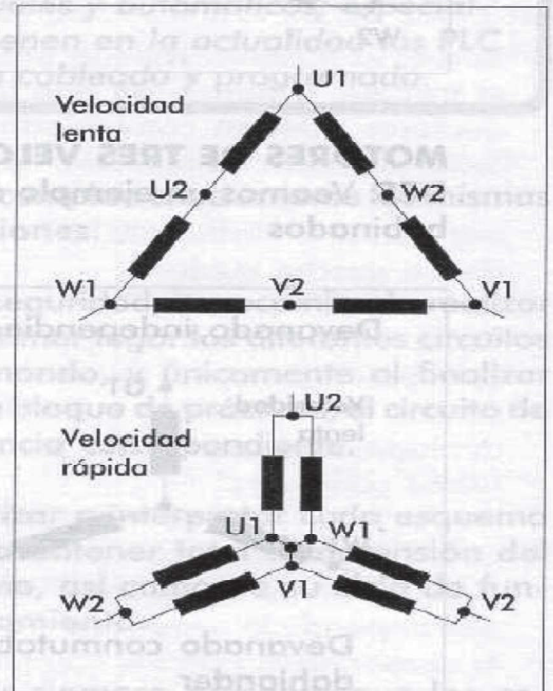


MOTORES DE POLOS CONMUTABLES

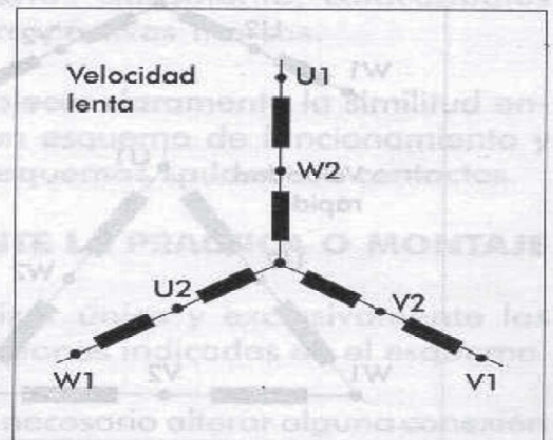
Son motores especialmente contruidos para dos o más velocidades, que se obtienen conmutando el conexionado de los devanados del motor.

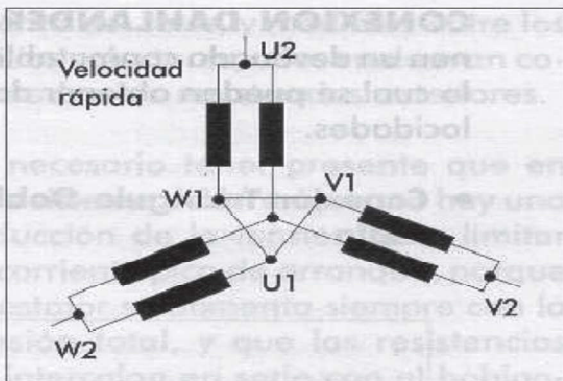
CONEXION DAHLANDER: tienen un devanado conmutable, por lo cual se pueden obtener dos velocidades.

- **Conexión Triángulo-Doble estrella**

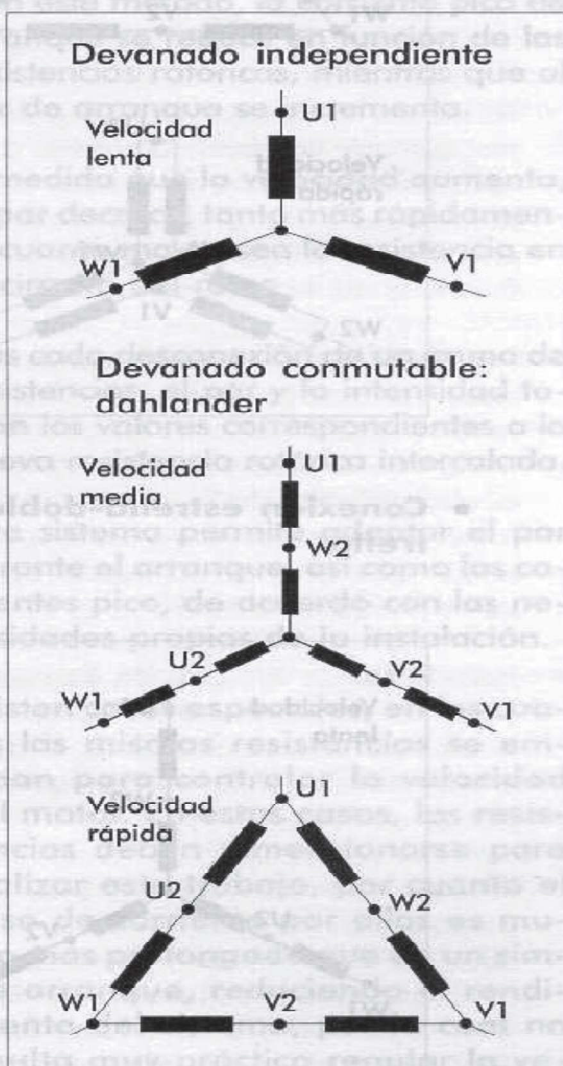


- **Conexión estrella-doble estrella**





MOTORES DE TRES VELOCIDADES: Veamos un ejemplo con dos bobinados



✓ **MOTORES ASINCRONOS MONOFASICOS**

- Cada día son menos utilizados industrialmente, porque son más voluminosos y de menor rendimiento que los motores trifásicos de igual potencia.
- Arranque por bobina auxiliar o de fase partida: en este tipo de motor, el estator lo forman dos devanados defasados 90°.
- Al energizar el motor circula por el bobinado principal una corriente mayor que la que circula por el bobinado auxiliar.
- El campo generado es producido por dos corrientes defasadas una respecto a la otra, y el campo giratorio resultante es suficiente para provocar el arranque en vacío del motor. Cuando el motor alcanza alrededor del 80% de su velocidad, el bobinado auxiliar puede desconectarse.
- Para invertir el sentido de rotación es suficiente invertir la conexión de un bobinado.
- Arranque por condensador: es el más utilizado. Consiste en colocar un condensador en uno de los bobinados, normalmente en el auxiliar. La presencia de la capacidad provoca un defasaje inverso al de la inductancia, provocando el arranque del motor.
- Una vez efectuado el arranque, es importante mantener el defasaje entre las dos corrientes, pero el condensador ya puede ser eliminado.

En esta parte se proponen unos ejercicios manuales y automáticos, especialmente sobre procesos, y por la importancia que tienen en la actualidad los PLC se tratan paralelamente las técnicas de lógica cableada y programada.

ASPECTOS GENERALES

- ☆ Esta última parte es una aplicación práctica y complementaria de todos los temas expuestos en los capítulos anteriores, que por razones metodológicas se trata en último término, pero que debe trabajarse en forma paralela a los temas anteriores.
- ☆ Para ver la gran similitud entre los esquemas de funcionamiento, usados en lógica cableada, y los diferentes lenguajes (por listas, Ladder y Grafcet) usados en lógica programada, desarrollaremos los diferentes ejercicios, tanto en lógica cableada como en lógica programada.
- ☆ Por otra parte, con esta metodología iremos aprendiendo a programar un PLC en forma sencilla y sobre todo práctica.

ANTES DE REALIZAR CADA UNA DE LAS PRACTICAS DE MONTAJE

- ☆ Todos los esquemas que se presentan son simplemente sugerencias. Es conveniente tratar de diseñar esquemas diferentes a los propuestos, pero

que cumplan exactamente las mismas funciones.

- ☆ Por seguridad, se recomienda realizar en primer lugar los diferentes circuitos de mando, y únicamente al finalizar cada bloque de prácticas, el circuito de potencia correspondiente.
- ☆ Analizar e interpretar cada esquema hasta obtener total comprensión del mismo, así como de su ciclo de funcionamiento.
- ☆ Tener siempre presente que los esquemas de funcionamiento no indican la posición física de los diversos elementos o componentes, por lo cual, antes de iniciar el cableado, hay que ubicarlos, identificarlos y determinarlos claramente, colocándoles sus respectivas marcas.
- ☆ Establecer claramente la similitud entre un esquema de funcionamiento y los esquemas Ladder o a contactos.

DURANTE LA PRACTICA O MONTAJE

- ☆ Realizar única y exclusivamente las conexiones indicadas en el esquema.
- ☆ Si es necesario alterar alguna conexión

o realizar una modificación, debe consignarse dicho cambio en el esquema, antes de llevarlo a la práctica.

- ☆ Tratar de simplificar al máximo las conexiones, sin cambiar o alterar el esquema con el cual se está trabajando, evitando la congestión de conductores en los bornes.
- ☆ Buscar la máxima calidad posible en el trabajo, tratando de que los conductores queden convenientemente ordenados. Un trabajo bien hecho tiene mayores posibilidades de funcionar correctamente que uno realizado sin mucho cuidado.
- ☆ Cuidar que los conductores queden convenientemente pelados en los puntos de conexión, y los tornillos debidamente ajustados, para evitar falsos contactos.
- ☆ Usar solamente las herramientas adecuadas y en perfectas condiciones. De ello depende la seguridad personal y la conservación de los elementos de trabajo.

AL FINALIZAR EL TRABAJO

- ☆ Tener la precaución de revisar detenidamente el trabajo, para constatar de que ha sido realizado de acuerdo con los planos o esquemas.
- ☆ Revisar todos los puntos de conexión. Es posible que alguno de ellos no haya quedado convenientemente ajustado.
- ☆ Nunca energizar un circuito si no se tiene absoluta seguridad de que ha sido realizado correctamente.
- ☆ Si al realizar una prueba se observan deficiencias, revisar en primer lugar

el esquema, para poder detectar las causas de la falla, y luego realizar una minuciosa revisión del montaje.

ENSAYO DEL MONTAJE

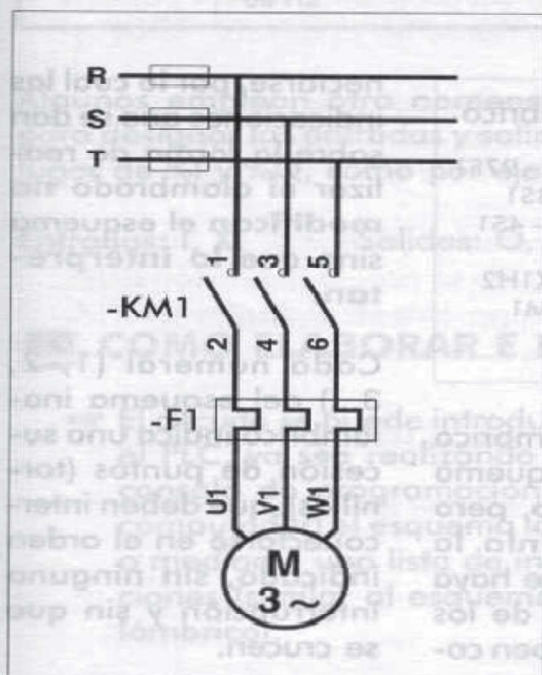
- ☆ Para poder realizar el ensayo en vacío con toda seguridad, es indispensable separar completamente, durante el mismo, el circuito de potencia del circuito de mando.
- ☆ Esto se obtiene retirando los fusibles del circuito de potencia y conectando únicamente el circuito de mando a las líneas de alimentación.
- ☆ Una vez energizado el montaje, se prueba circuito por circuito, para verificar su funcionamiento de acuerdo a lo previsto en el esquema.
- ☆ Después de haber probado el circuito de mando, se prueba también, en vacío, el circuito de potencia.
- ☆ Una vez realizadas las pruebas, si no se han encontrado fallas o éstas ya han sido corregidas, se podrá realizar la prueba completa del montaje bajo carga.

ELEMENTOS NECESARIOS PARA REALIZAR EL TRABAJO

- ☆ Destornilladores adecuados para el tipo de tornillos que tienen los componentes que se utilizan en los montajes, alicates de electricista o alicates de puntas redondas, alicates de corte diagonal o cortafíos, pelacables. Alambre o cable N° 16 y cinta de enmascarar para colocar las marcas necesarias.
- ☆ No es recomendable usar el multímetro para poder aprender a leer, analizar e interpretar correctamente los planos.

ARRANQUE DIRECTO DE UN MOTOR TRIFASICO

CIRCUITO DE POTENCIA



RECORDEMOS...

- ✓ El circuito de potencia nos indica cómo se conectan las líneas de alimentación a la carga.
- ✓ Al cerrarse los contactos principales que tiene KM1, el motor recibirá toda la tensión de las líneas de alimentación.
- ✓ Los conductores, fusibles, contactor y relé térmico se dimensionan o calculan tomando en cuenta el 100% de la intensidad nominal del motor.
- ✓ Este circuito de potencia nos servirá para todos los esquemas de mando que se usen con un arranque directo, tanto en lógica cableada como en lógica programada.

CIRCUITOS DE MANDO

El circuito de mando nos indica cómo se controla el cierre o la apertura de los contactos principales del contactor principal para que pueda o no funcionar el motor.

LOGICA CABLEADA

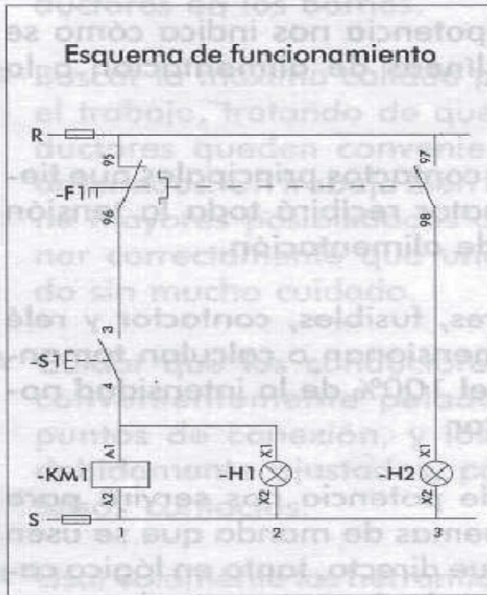
- ☞ Se trabaja con los esquemas o planos de funcionamiento o desarrollados.
- ☞ El cableado se realiza interpretando adecuadamente el esquema, por lo cual será de gran ayuda tener perfectamente identificados los elementos, así como sus puntos de conexión (entradas y salidas) con las correspondientes marcas e índices.

LOGICA PROGRAMADA

- ☞ En este libro trabajaremos con esquemas ladder (a contactos o escalera), graficet y por lista de instrucciones.
- ☞ Gran parte del cableado se sustituye por un programa que se introduce en el PLC, por medio de una consola de programación o un computador, si se cuenta con el software e interface adecuados.

Se dice que el circuito es por impulso permanente, si el operario debe mantener oprimido el pulsador NA todo el tiempo que desea que la bobina se mantenga energizada.

LOGICA CABLEADA



Esquema inalámbrico

- 1 R - bornera - 95F1 - 97F1
- 2 96F1 - bornera - 3S1
- 3 A1KM1 - bornera - 4S1 y X1H1
- 4 98F1 - bornera - X1H2
- 5 S - bornera - A2KM1 y X2H1 - X2H2

El esquema inalámbrico se obtiene del esquema de funcionamiento, pero teniendo en cuenta la ubicación que se le haya dado a cada uno de los elementos que deben co-

nectarse, por lo cual las indicaciones que se dan sobre la forma de realizar el alambrado no modifican el esquema sino que lo interpretan.

Cada numeral (1, 2, 3...) del esquema inalámbrico indica una sucesión de puntos (tornillos), que deben interconectarse en el orden indicado, sin ninguna interrupción y sin que se crucen.

CICLO DE FUNCIONAMIENTO

Al pulsar S1 se cierra el circuito 1: la bobina de KM1 se energiza y el piloto de marcha H1 se enciende. Al energizarse la bobina de KM1 se cierran los contactos principales de KM1, poniéndose inmediatamente en marcha el motor. Si se deja de pulsar S1 se abre nuevamente el circuito, desenergizándose la bobina de KM1 y apagándose el piloto de marcha, por lo cual se abren nuevamente los contactos principales deteniéndose el motor. Si cuando está funcionando el motor se produce una sobrecarga en él, se disparará el relé térmico F1 cambiando de estado sus dos contactos: se abre el contacto 95-96 desenergizando la bobina de KM1 y el piloto H1, y se cierra el contacto 97-98 encendiéndose el piloto H2, para señalar el paro de emergencia producido por el disparo del relé térmico.

LOGICA PROGRAMADA

Para introducir el circuito de mando por impulso permanente en un PLC, primero se cambia el esquema de funcionamiento por un esquema ladder. En él sólo encontramos contactos y bobinas, correspondientes a las entradas y salidas del PLC.

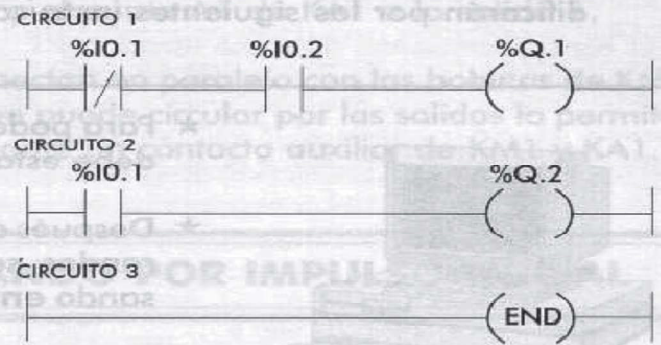
ENTRADAS	Equivalentes en el esquema de funcionamiento
%I0.1	contactos NC y NA del térmico F1
%I0.2	contacto NA del pulsador S1

SALIDAS	Equivalentes en el esquema de funcionamiento
%Q.1	bobina del contactor KM1
%Q.2	bobina de KA1 para control de H2

Algunos emplean otra nomenclatura para designar las entradas y salidas en lugar de %I y %Q, como por ejemplo:

Entradas: I, X Salidas: O, Y

Esquema ladder o a contactos



COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC

El circuito se puede introducir en el PLC, ya sea realizando en la consola de programación (o el computador) el esquema ladder, o mediante una lista de instrucciones (similar al esquema inalámbrico).

La lista se elabora interpretando el esquema ladder: para introducir %I0.1 e %I0.2, lo importante es que son contactos en serie y no cual se debe introducir primero. Naturalmente que este aspecto puede cambiar la instrucción que se emplee.

La lista de instrucciones, considerando el esquema tal como está, quedará así:

DIRECCION	INSTRUCCION	OPERANDO
001	LDN	%I0.1
002	AND	%I0.2
003	ST	%Q.1
004	LD	%I0.1
005	ST	%Q.2
006	END	

INSTRUCCIONES EMPLEADAS

LD (ó L): load

Para comenzar a cargar un circuito con un contacto abierto (NA).

LDN (ó LN ó LDI): load negado o inverso

Para comenzar a cargar un circuito con un contacto cerrado (NC).

AND (ó A): Y

Para que un contacto abierto quede en serie con los contactos que figuran en las instrucciones anteriores.

ANDN (ó AN ó ANI): Y negado o inverso

Para que un contacto cerrado quede en serie con los contactos que figuran en las instrucciones anteriores.

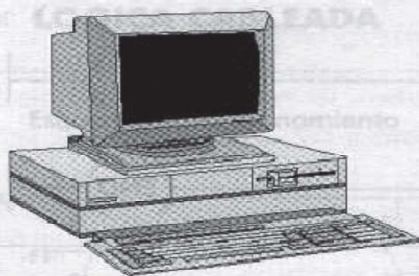
ST (ó OUT ó =): salida, resultado

Para indicar el resultado de todas las acciones anteriores que operan en la bobina.

END (ó EP): fin del programa

Si introducimos primero %I0.2 y luego %I0.1, las dos primeras direcciones se modificarán por las siguientes instrucciones:

001	LD	%I0.2
002	ANDN	%I0.1



- ★ Para poder introducir un programa en el PLC, éste debe estar necesariamente en la función **STOP**.
- ★ Después de haber introducido cada uno de los operandos, se debe validar la instrucción anterior, pulsando **enter**, para que pase a la memoria del PLC.
- ★ Para correr el programa y probar si se introdujo correctamente el circuito se pasa a la función **RUN**. Se puede visualizar la prueba en el display del PLC.

COMO CONECTAR LAS ENTRADAS Y SALIDAS EN LOS PLC

En este primer ejercicio se conectan las entradas y salidas de la siguiente manera:

✓ ENTRADAS

- Todos los elementos conectados a las entradas deben ser siempre NA.
- Los puntos 4 del selector S0 (para correr o detener el programa), 98 del relé térmico F1 y 4 del pulsador S1, se conectan al punto señalado con 24V +.
- El punto 3 de S0 a la entrada 0
- El punto 97 de F1 a la entrada 1
- El punto 3 de S1 a la entrada 2

✓ SALIDAS

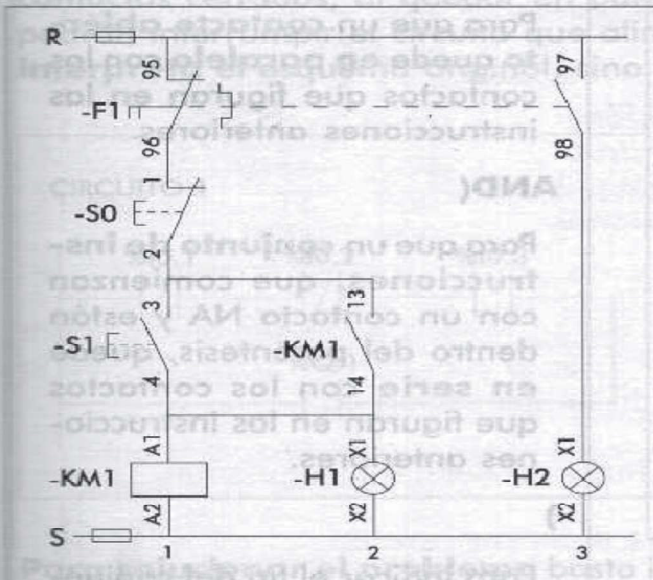
- La fase R se conecta a A2 de KM1 y KA1 (se usa un contactor auxiliar, y no un principal, porque se lo usará solamente para el control del piloto H2).



- La fase S se conecta al punto común para las salidas (C).
- El punto A1 de KM1 a la salida 0, y el punto A1 de KA1 a la salida 1.
- Los pilotos de marcha y paro se conectan en paralelo con las bobinas de KM1 y KA1 únicamente si la corriente que puede circular por las salidas lo permite, de lo contrario se conectarán mediante un contacto auxiliar de KM1 y KA1.

PRACTICA 2

MANDO POR IMPULSO INICIAL



Se dice que el circuito es por impulso inicial cuando el operario debe oprimir el pulsador S1, que es NA, únicamente hasta que se energice la bobina (acción que dura unos milisegundos). Una vez energizada ésta, cuando el operario deja de oprimir el pulsador, la bobina se mantendrá energizada.

- 1 R - bornera - 95F1 - 97F1
- 2 96F1 - bornera - 1S0
- 3 13KM1 - bornera - 2S0 - 3S1
- 4 A1KM1 - 14KM1 - bornera - 4S1 y X1H1
- 5 98F1 - bornera - X1H2
- 6 S - bornera - A2KM1 y X2H1 - X2H2

CICLO DE FUNCIONAMIENTO

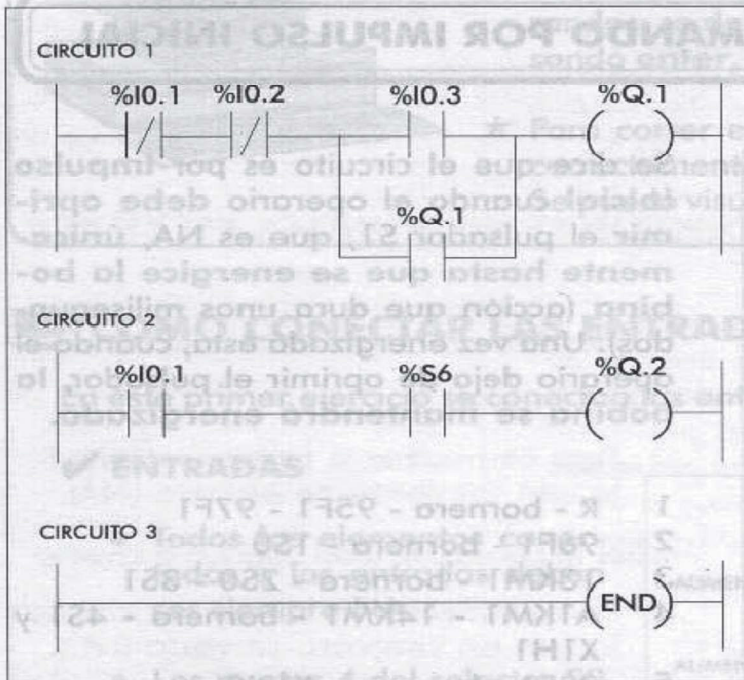
- Al pulsar S1 se cierra el circuito 1 energizándose la bobina de KM1 y encendiéndose el piloto de marcha H1, por lo cual casi al mismo tiempo se cierra el contacto auxiliar de KM1, de manera que la corriente llega ahora a la bobina a través del pulsador y del contacto auxiliar (por los puntos 13-14).
- Cuando se deja de oprimir S1, éste vuelve a su posición de reposo abriéndose, pero la bobina seguirá energizada (autosostenida o autoalimentada) por los puntos 13-14 del contacto auxiliar. Por este motivo el contacto auxiliar que realiza esta función se denomina **contacto auxiliar de sostenimiento o retención**.
- Para desenergizar la bobina hay que interrumpir el circuito 1 oprimiendo el pulsador S0, con lo cual también se abre el contacto auxiliar. Al soltar el pulsador S0, a pesar de que se vuelve a cerrar, la bobina quedará desenergizada, por haber

quedado abierto el circuito que la alimenta (tanto en 3-4 del pulsador, como en 13-14 del contacto auxiliar).

- El funcionamiento del relé térmico F1, así como de las señalizaciones, es exactamente igual que en la práctica 1.



COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC



Entradas: %I0.1 contactos del térmico
 %I0.2 pulsador de paro (S0)
 %I0.3 pulsador de marcha (S1)

Salidas: %Q.1 bobina de KM1
 %Q.2 bobina de KA1

El contacto NA del bit sistema %S6, que no figura en el esquema de funcionamiento, sirve únicamente para que la señalización de paro de emergencia prenda con una luz intermitente, haciéndose así mucho más notoria.

Para introducir en el PLC este esquema, por lista de instrucciones, se nos presentan una serie de posibilidades, de acuerdo a cómo interpretemos el esquema, por el hecho de encontrarnos con un circuito serie-paralelo. Por este motivo, para ver en forma práctica, consignamos diferentes listas de instrucciones que se pueden elaborar, sin alterar el funcionamiento del circuito.

NUEVAS INSTRUCCIONES

OR (ú O): O

Para que un contacto abierto quede en paralelo con los contactos que figuran en las instrucciones anteriores.

AND(

Para que un conjunto de instrucciones, que comienzan con un contacto NA y están dentro del paréntesis, quede en serie con los contactos que figuran en las instrucciones anteriores.

)

Para indicar el fin del conjunto de las instrucciones que se han tomado en bloque.

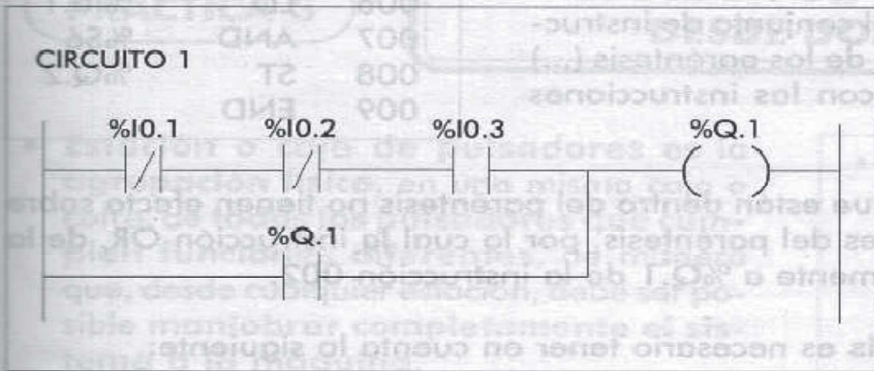
IM: memoria intermedia

Equivalente a los paréntesis.

000	LDN	%I0.1
001	ANDN	%I0.2
002	AND	%I0.3
003	OR	%Q.1
004	ST	%Q.1
005	LD	%I0.1
006	AND	%S6
007	ST	%Q.2
008	END	

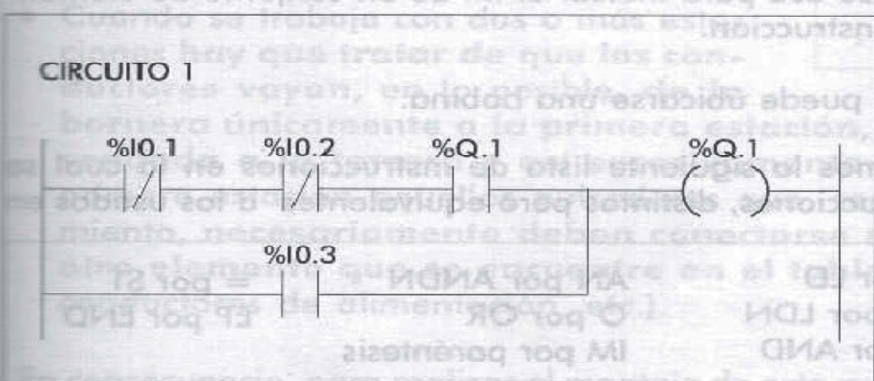
Primero se introducen los dos contactos que están únicamente en serie. Para introducir %I0.3 y %Q.1 se debe tener en cuenta que, entre sí están en paralelo, pero con relación a %I0.1 y %I0.2 están en serie, por lo cual para introducir %I0.3, la instrucción de enlace será AND y para introducir %Q.1 la instrucción de enlace, por estar en paralelo con %I0.3, será OR. **Al probar el programa introducido de esta manera veremos que no es posible desenergizar la bobina %Q.1**, porque para el PLC la instrucción OR significa que el contacto %Q.1

debe quedar en paralelo con todas las instrucciones anteriores, de manera que los contactos cerrados, al quedar en paralelo con el contacto de sostenimiento, ya no podrán interrumpir el circuito que alimenta la bobina %Q.1. Por tanto esta lista **no interpreta** el esquema original, sino que corresponde al siguiente esquema:



000	LDN	%I0.1
001	ANDN	%I0.2
002	AND	%Q.1
003	OR	%I0.3
004	ST	%Q.1
005	LD	%I0.1
006	AND	%S6
007	ST	%Q.2
008	END	

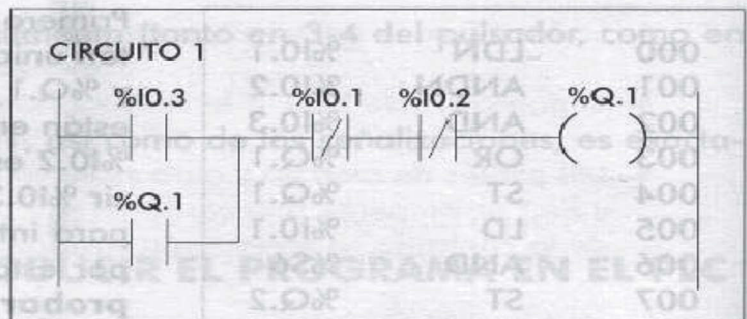
Para solucionar el problema basta introducir primero %Q.1 con la instrucción AND y luego %I0.3 con la instrucción OR, porque al dejar de pulsador %I0.3, que quedó en paralelo con %I0.1 y %I0.2, la corriente llega a la bobina solamente a través de los pulsadores cerrados y del contacto de sostenimiento, todos ellos en serie. Esta nueva lista **interpreta correctamente** el esquema original, y corresponde al siguiente esquema:



Lista de instrucciones 2

000	LD	%I0.3
001	OR	%Q.1
002	ANDN	%I0.1
003	ANDN	%I0.2
004	ST	%Q.1
005	LD	%I0.1
006	AND	%S6
007	ST	%Q.2
008	END	

Al examinar la lista de instrucciones 2, vemos que primero se ha introducido la parte del circuito que está en paralelo, y luego la parte que está en serie. De esta manera se evita el problema que se presentó con la instrucción OR en la lista anterior. En el esquema ladder adjunto vemos esta nueva interpretación.



Las dificultades que se presentaron al hacer la lista de instrucciones (interpretando un esquema), se pueden reducir bastante si éstas se elaboran usando lo que se conoce como **MEMORIA INTERMEDIA** (paréntesis o IM).

La instrucción **AND(** que encontramos en la dirección 002, nos indica que todo el conjunto de instrucciones que se encuentra dentro de los paréntesis (...) está en serie, como bloque, con las instrucciones anteriores.

000	LDN	%I0.1
001	ANDN	%I0.2
002	AND(%Q.1
003	OR	%I0.3
004)	
005	ST	%Q.1
006	LD	%I0.1
007	AND	%S6
008	ST	%Q.2
009	END	

Sin embargo, la instrucciones que están dentro del paréntesis no tienen efecto sobre las instrucciones que estén antes del paréntesis, por lo cual la instrucción OR, de la dirección 003, afecta exclusivamente a %Q.1 de la instrucción 002.

Sobre el uso de los paréntesis es necesario tener en cuenta lo siguiente:

- ★ Todo paréntesis que se abre necesariamente debe ser cerrado.
- ★ Se pueden abrir uno o más niveles de paréntesis, como en matemáticas (...(...)).
- ★ El enlace entre un contacto y un conjunto de contactos, se realiza de acuerdo a la instrucción que está antes del paréntesis.
- ★ El paréntesis de cierre, que se usa para indicar el fin de un conjunto de elementos, constituye él solo una instrucción.
- ★ Dentro de los paréntesis no puede ubicarse una bobina.

A manera de ejemplo colocamos la siguiente lista de instrucciones en la cual se emplean unos códigos de instrucciones, distintos pero equivalentes a los usados en las listas anteriores:

L por LD	AN por ANDN	= por ST
LN por LDN	O por OR	EP por END
A por AND	IM por paréntesis	

000	LN	IO.1
001	AN	IO.2
002	L	IO.3
003	O	O.1
004	A	IM
005	=	O.1
006	L	IO.1
007	A	SY6
008	=	O.2
009	EP	

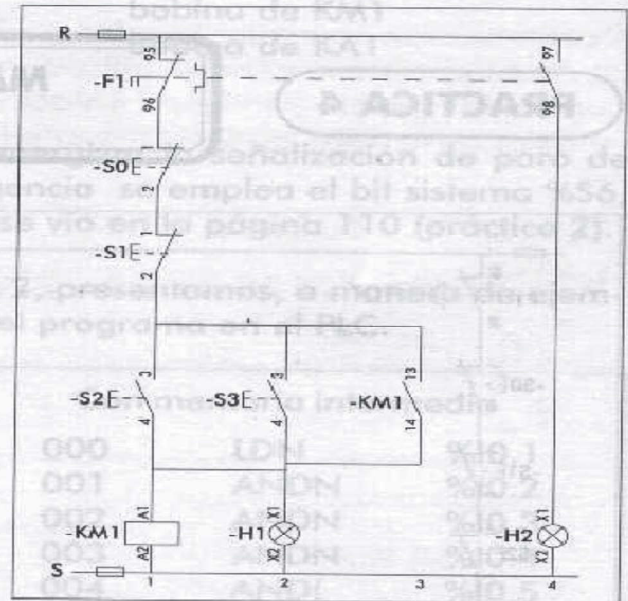
Después de introducir los dos contactos cerrados, volvemos a usar la instrucción **L** (como si se comenzara un nuevo programa), para indicar que los siguientes contactos se van a introducir como un bloque o conjunto.

Introducido el último contacto del conjunto, en la siguiente instrucción que se da se indica el tipo de enlace que existe entre éste y los contactos anteriores al bloque, tal cual nos indica el esquema, razón por la cual en la dirección 004 encontramos la instrucción **A** y como operando **IM**, con lo cual se está indicando que el conjunto de las dos últimas instrucciones deben quedar en serie con las dos primeras instrucciones del programa.

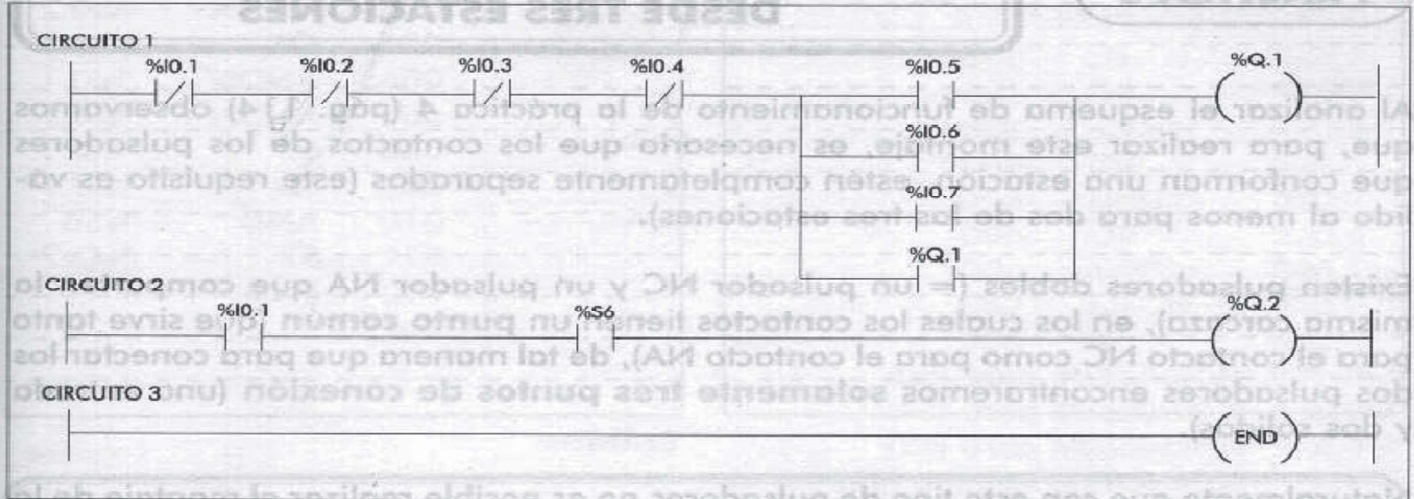
PRACTICA 3

MANDO POR IMPULSO INICIAL DESDE DOS ESTACIONES

- Estación o caja de pulsadores es la agrupación física, en una misma caja o cofre, de todos los pulsadores que cumplen funciones diferentes, de manera que, desde cualquier estación, debe ser posible maniobrar completamente el sistema o la máquina.
- Como norma general: los contactos cerrados de los pulsadores que cumplen la misma función, se conectan en serie, y los contactos abiertos, de los pulsadores que cumplen la misma función, se conectan en paralelo.
- Cuando se trabaje con dos o más estaciones hay que tratar de que los conductores vayan, en lo posible, de la bornera únicamente a la primera estación, de ésta a la segunda, de la segunda a la tercera y así sucesivamente. Esto se logra ubicando en la primera estación aquellos pulsadores que, según el esquema de funcionamiento, necesariamente deben conectarse con los contactores, o algún otro elemento que se encuentre en el tablero (térmicos, temporizadores, conductores de alimentación, etc.).



En consecuencia, para realizar el montaje de esta práctica, es conveniente ubicar en



Entradas:

- %I0.1 contactos del térmico
- %I0.2 pulsador de paro (S0)
- %I0.3 pulsador de paro (S1)
- %I0.4 pulsador de paro (S2)
- %I0.5 pulsador de marcha (S3)
- %I0.6 pulsador de marcha (S4)
- %I0.7 pulsador de marcha (S5)

Salidas:

- %Q.1 bobina de KM1
- %Q.2 bobina de KA1

Para energizar la señalización de paro de emergencia se emplea el bit sistema %S6, como se vio en la página 110 (práctica 2).

Teniendo en cuenta todo lo dicho en la práctica 2, presentamos, a manera de ejemplo, dos listas de instrucciones para introducir el programa en el PLC.

Sin memoria intermedia

```

000 LD %I0.5
001 OR %I0.6
002 OR %I0.7
003 OR %Q.1
004 ANDN %I0.1
005 ANDN %I0.2
006 ANDN %I0.3
007 ANDN %I0.4
008 ST %Q.1
009 LD %I0.1
010 AND %S6
011 ST %Q.2
012 END
    
```

Con memoria intermedia

```

000 LDN %I0.1
001 ANDN %I0.2
002 ANDN %I0.3
003 ANDN %I0.4
004 AND( %I0.5
005 OR %I0.6
006 OR %I0.7
007 OR %Q.1
008 )
009 ST %Q.1
010 LD %I0.1
011 AND %S6
012 ST %Q.2
013 END
    
```

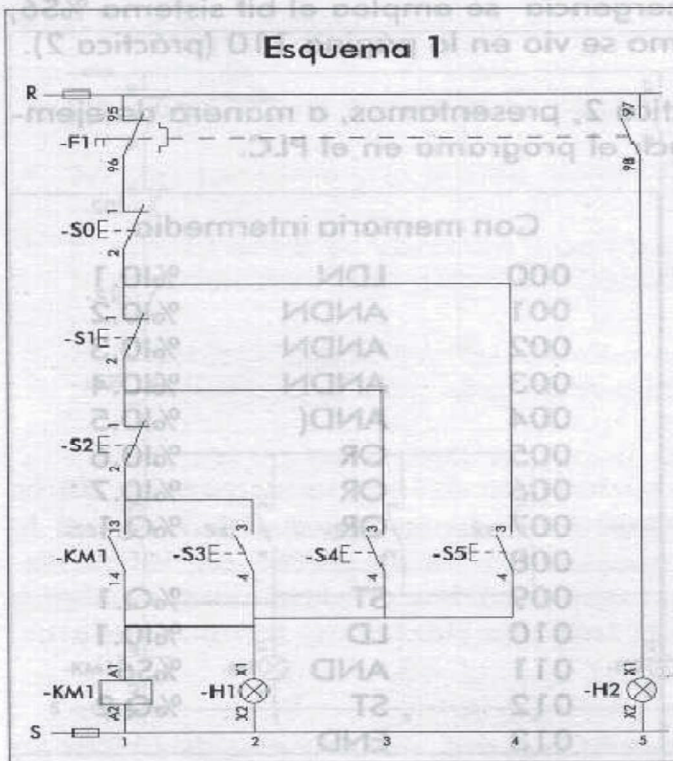

Al analizar el esquema de funcionamiento de la práctica 4 (pág. 114) observamos que, para realizar este montaje, es necesario que los contactos de los pulsadores que conforman una estación, estén completamente separados (este requisito es válido al menos para dos de las tres estaciones).

Existen pulsadores dobles (= un pulsador NC y un pulsador NA que comparten la misma carcasa), en los cuales los contactos tienen un punto común (que sirve tanto para el contacto NC como para el contacto NA), de tal manera que para conectar los dos pulsadores encontraremos solamente tres puntos de conexión (una entrada y dos salidas).

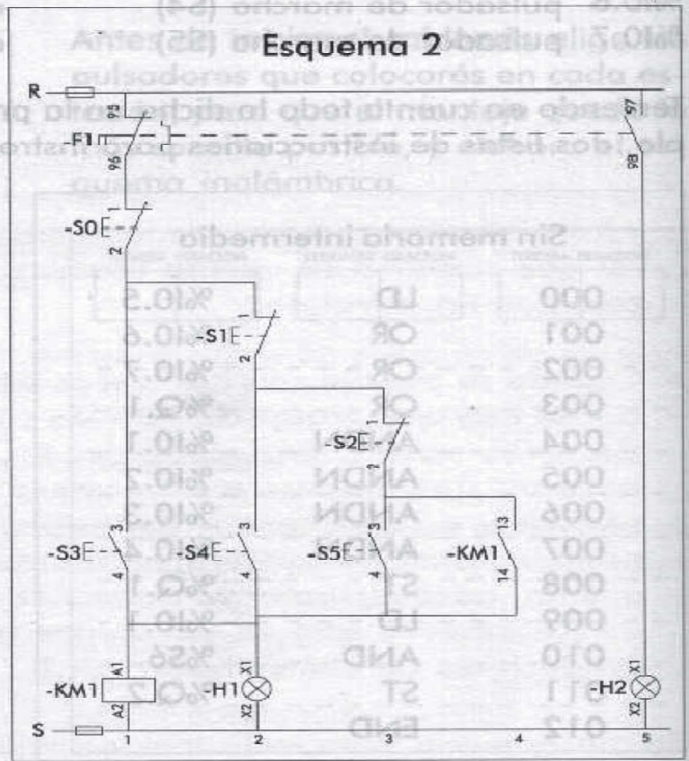
Naturalmente que con este tipo de pulsadores no es posible realizar el montaje de la práctica anterior. Si se pretendiera hacerlo, dos de los pulsadores NC quedarían puenteados (anulados), por lo cual es absolutamente necesario rediseñar el esquema de funcionamiento, en función de los elementos que se van a utilizar.

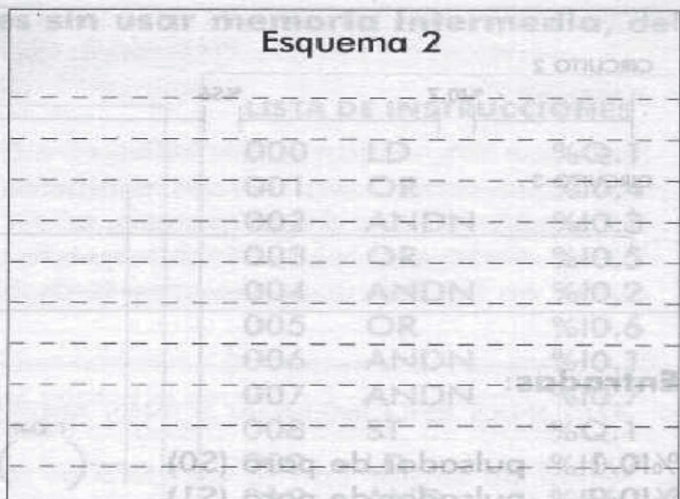
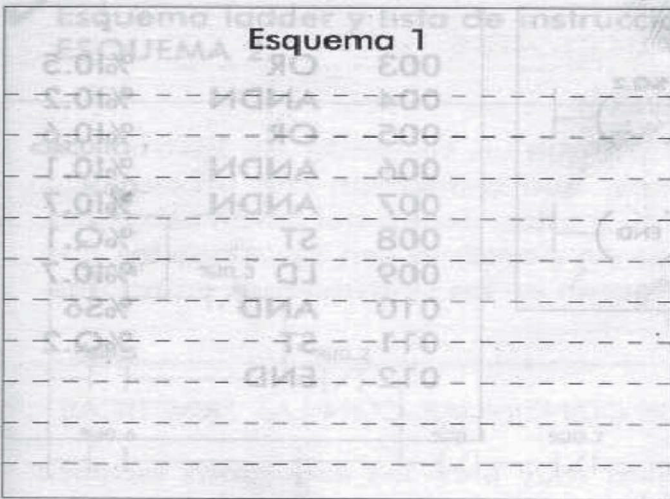
A continuación se presentan dos posibles esquemas de funcionamiento, en los cuales no es posible elegir qué pulsadores van a formar parte de cada una de las estaciones (por cuanto ya vienen unidos de fábrica), pero, antes de iniciar el cableado, es necesario que elabores sus correspondientes esquemas inalámbricos.

Esquema 1



Esquema 2



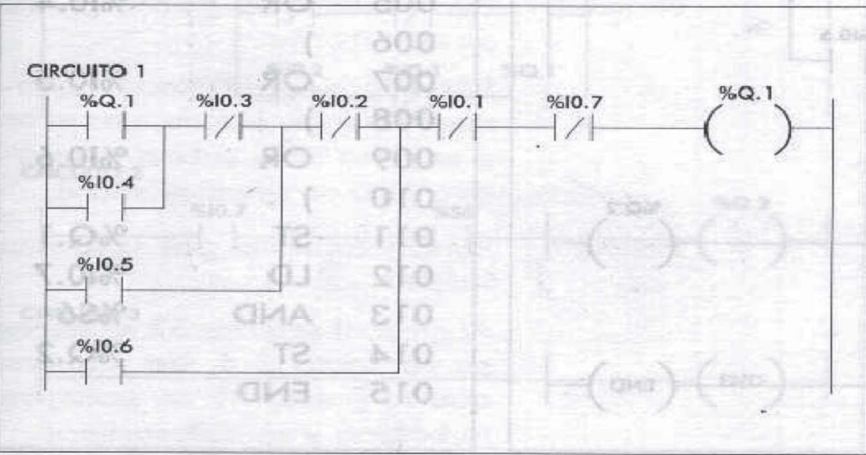


Se ha visto cómo puede pasarse, de distintas formas, un esquema de funcionamiento a lenguaje ladder. Lo importante es que interprete, de alguna manera, el esquema original y sobre todo que se pueda programar, en cuyo caso se debe hacer en forma clara y sencilla.

En adelante, los esquemas y listas de instrucciones que se consignan en los diferentes ejercicios, son sólo algunas sugerencias (a manera de ejemplos y dentro de las múltiples posibilidades que pueden darse) que tratan de ceñirse a lo dicho anteriormente.

COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC

✓ Esquema ladder y lista de instrucciones, **sin usar memoria intermedia**, del ESQUEMA 1

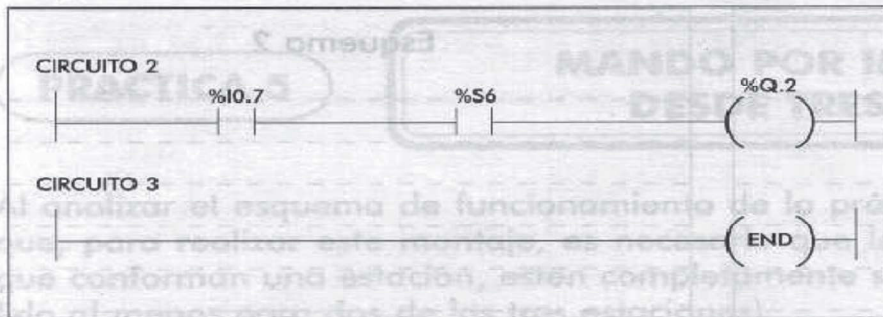


NUEVAS INSTRUCCIONES

Al finalizar la práctica 5 encontramos el significado de dos nuevas instrucciones: **AND(N)** y **OR(N)**.

LISTA DE INSTRUCCIONES

000	LD	%Q.1
001	OR	%I0.4
002	ANDN	%I0.3



003	OR	%I0.5
004	ANDN	%I0.2
005	OR	%I0.6
006	ANDN	%I0.1
007	ANDN	%I0.7
008	ST	%Q.1
009	LD	%I0.7
010	AND	%S6
011	ST	%Q.2
012	END	

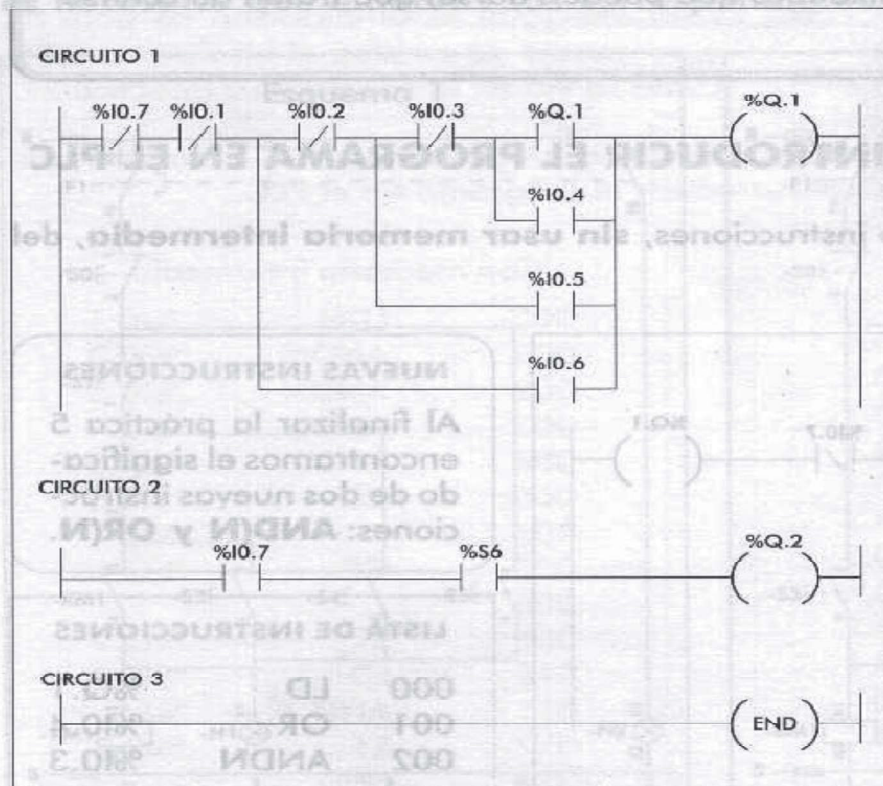
Entradas:

- %I0.1 pulsador de paro (S0)
- %I0.2 pulsador de paro (S1)
- %I0.3 pulsador de paro (S2)
- %I0.4 pulsador de marcha (S3)
- %I0.5 pulsador de marcha (S4)
- %I0.6 pulsador de marcha (S5)
- %I0.7 contactos del térmico (F1)

Salidas:

- %Q.1 bobina de KM1
- %Q.2 bobina de KA1, para control de H2

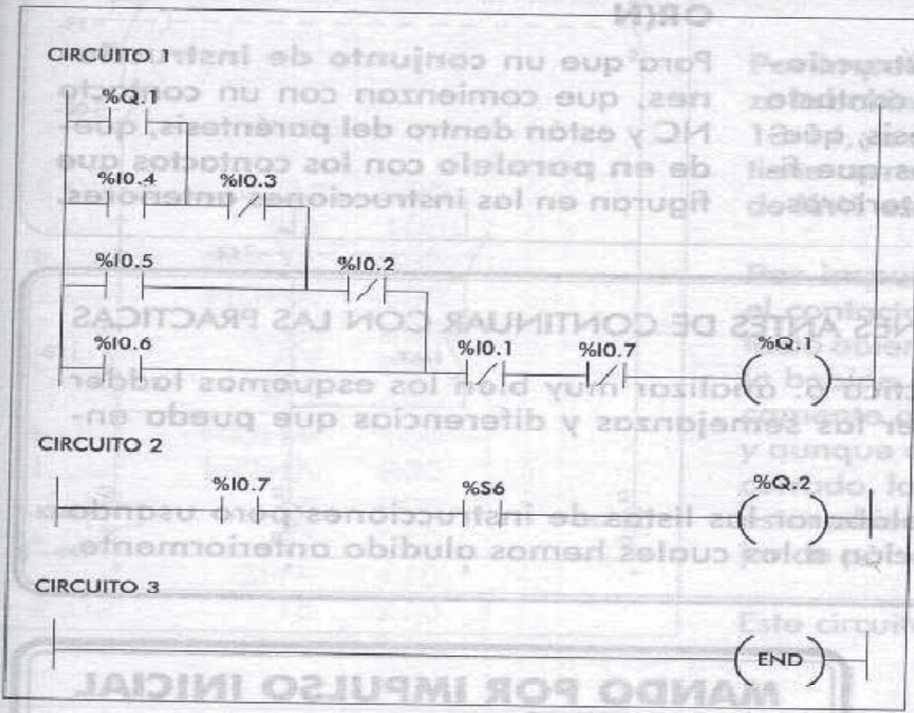
✓ Esquema ladder y lista de instrucciones, usando memoria intermedia, del ESQUEMA 1



LISTA DE INSTRUCCIONES

000	LDN	%I0.7
001	ANDN	%I0.1
002	AND(N	%I0.2
003	AND(N	%I0.3
004	AND(%Q.1
005	OR	%I0.4
006)	
007	OR	%I0.5
008)	
009	OR	%I0.6
010)	
011	ST	%Q.1
012	LD	%I0.7
013	AND	%S6
014	ST	%Q.2
015	END	

✓ Esquema ladder y lista de instrucciones **sin usar memoria intermedia**, del ESQUEMA 2

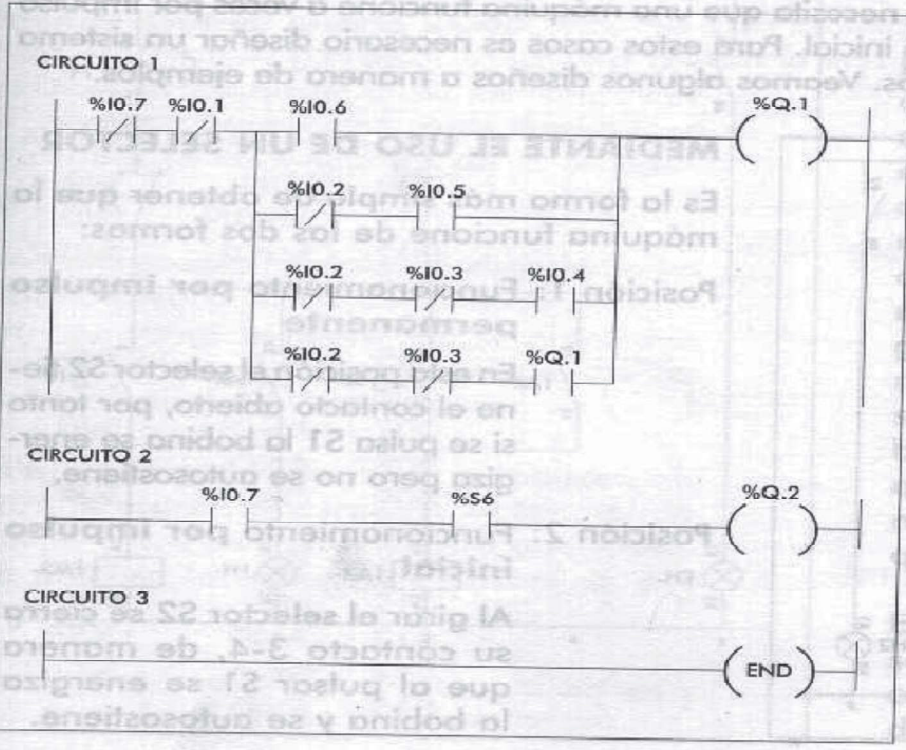


LISTA DE INSTRUCCIONES

000	LD	%Q.1
001	OR	%I0.4
002	ANDN	%I0.3
003	OR	%I0.5
004	ANDN	%I0.2
005	OR	%I0.6
006	ANDN	%I0.1
007	ANDN	%I0.7
008	ST	%Q.1
009	LD	%I0.7
010	AND	%S6
011	ST	%Q.2
012	END	

Si comparamos este esquema y el esquema 1 aparentemente son muy distintos, sin embargo las dos listas de instrucciones son exactamente iguales.

✓ Esquema ladder y lista de instrucciones **con memoria intermedia**, del ESQUEMA 2



000	LDN	%I0.7
001	ANDN	%I0.1
002	AND(%I0.6
003	OR(N	%I0.2
004	AND	%I0.5
005)	
006	OR(N	%I0.2
007	ANDN	%I0.3
008	AND	%I0.4
009)	
010	OR(N	%I0.2
011	ANDN	%I0.3
012	AND	%Q.1
013)	
014)	
015	ST	%Q.1
016	LD	%I0.7
017	AND	%S6
018	ST	%Q.2
019	END	

NUEVAS INSTRUCCIONES

AND(N)

Para que un conjunto de instrucciones, que comienzan con un contacto NC y están dentro del paréntesis, quede en serie con los contactos que figuran en las instrucciones anteriores.

OR(N)

Para que un conjunto de instrucciones, que comienzan con un contacto NC y están dentro del paréntesis, quede en paralelo con los contactos que figuran en las instrucciones anteriores.

ALGUNAS RECOMENDACIONES ANTES DE CONTINUAR CON LAS PRACTICAS

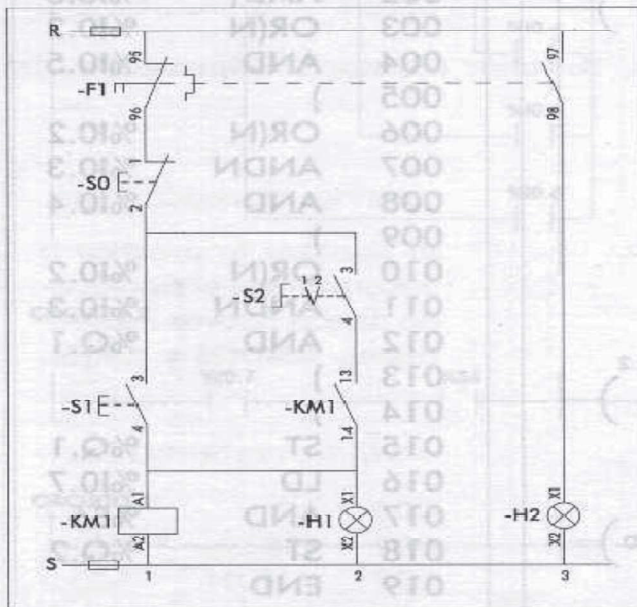
Antes de seguir con la práctica 6: analizar muy bien los esquemas ladder de esta práctica y establecer las semejanzas y diferencias que pueda encontrar entre ellas.

Es recomendable volver a elaborar las listas de instrucciones pero usando los otros códigos de instrucción a los cuales hemos aludido anteriormente.

PRACTICA 6

MANDO POR IMPULSO INICIAL Y PERMANENTE

Existen situaciones en las cuales se necesita que una máquina funcione a veces por impulso permanente y a veces por impulso inicial. Para estos casos es necesario diseñar un sistema que permita ambos accionamientos. Veamos algunos diseños a manera de ejemplos.



MEDIANTE EL USO DE UN SELECTOR

Es la forma más simple de obtener que la máquina funcione de las dos formas:

Posición 1: Funcionamiento por impulso permanente

En esta posición el selector S2 tiene el contacto abierto, por tanto si se pulsa S1 la bobina se energiza pero no se autosostiene.

Posición 2: Funcionamiento por impulso inicial

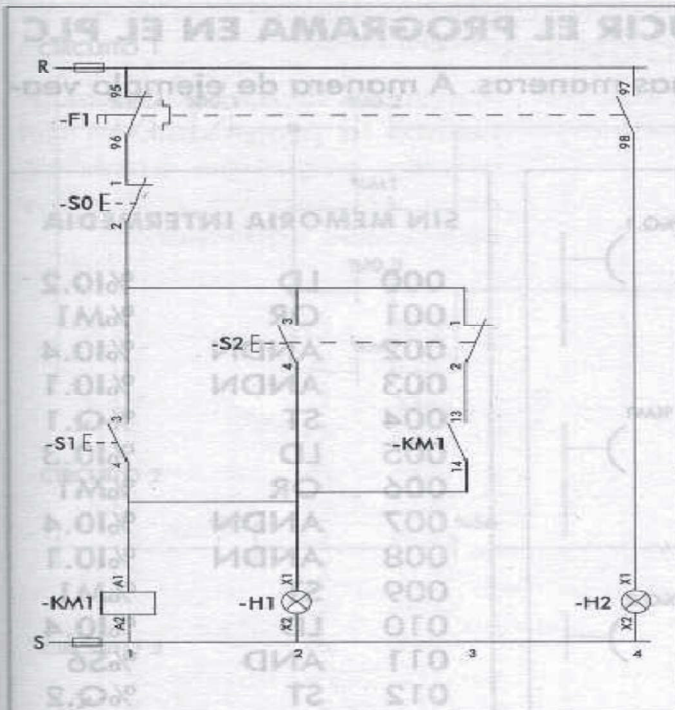
Al girar el selector S2 se cierra su contacto 3-4, de manera que al pulsar S1 se energiza la bobina y se autosostiene.

MEDIANTE EL USO DE UN PULSADOR DE CONEXION-DESCONEXION

Por impulso inicial: al pulsar S1 se energiza la bobina de KM1, autososteniéndose por 13-14, ya que el contacto 1-2 de S2 se mantiene cerrado. Para desenergizar la bobina de KM1 es necesario oprimir S0.

Por impulso permanente: al pulsar S2 el contacto cerrado 1-2 se abre y el contacto abierto 3-4 se cierra, de manera que la bobina de KM1 queda energizada únicamente a través del contacto NA de S2, y aunque el contacto auxiliar 13-14 se ha cerrado, la bobina no se autosostiene por estar abierto el contacto NC (1-2). Al dejar de pulsar S2 se desenergiza la bobina.

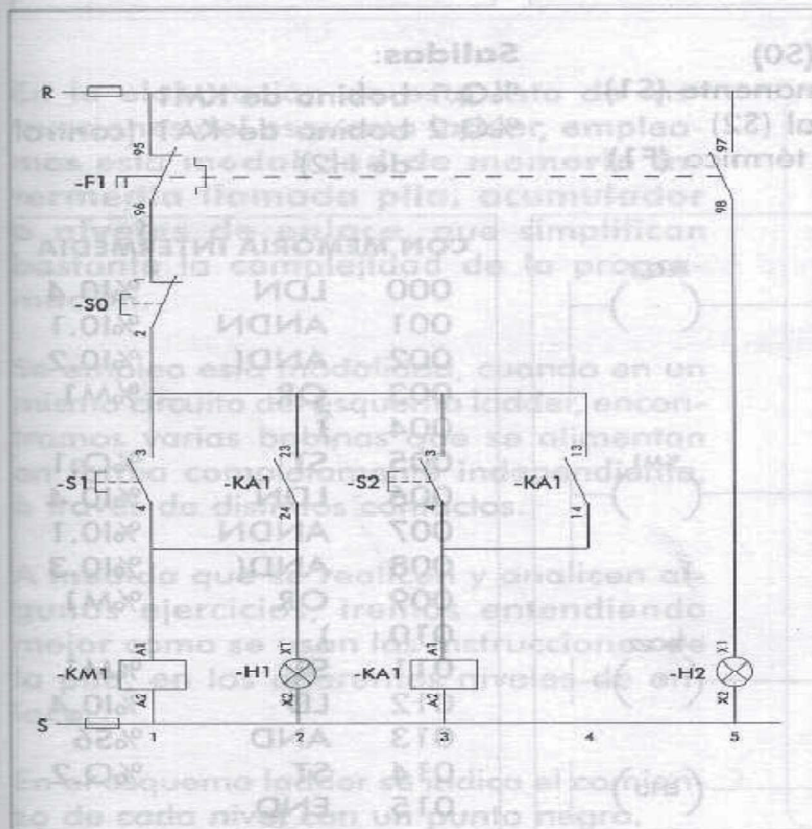
Este circuito no es posible programarlo.



MEDIANTE EL USO DE UN CONTACTOR AUXILIAR

Es posible que con cierto tipo de pulsadores de conexión-desconexión se presente una falla intermitente, cuando se accione el sistema por impulso permanente. Este problema se produce por la construcción interna del pulsador, ya que en algunas oportunidades, en el momento de soltarlo, primero se cierra el contacto que se había abierto y luego se abre el que se había cerrado, de tal manera que a veces la bobina queda autosostenida.

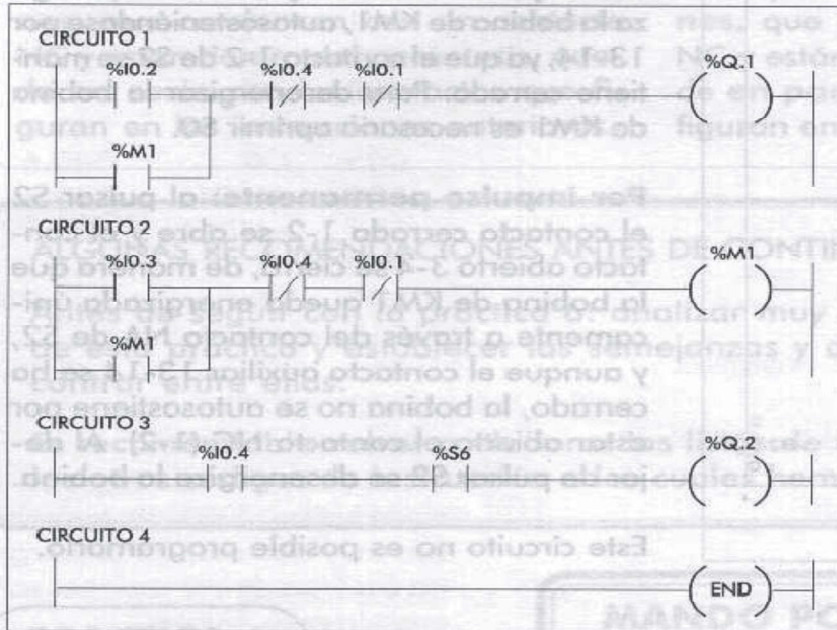
El problema queda totalmente solucionado si se emplea un contactor auxiliar y dos pulsadores NA.





COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC

El ejercicio se puede programar de muchas maneras. A manera de ejemplo veamos algunas.

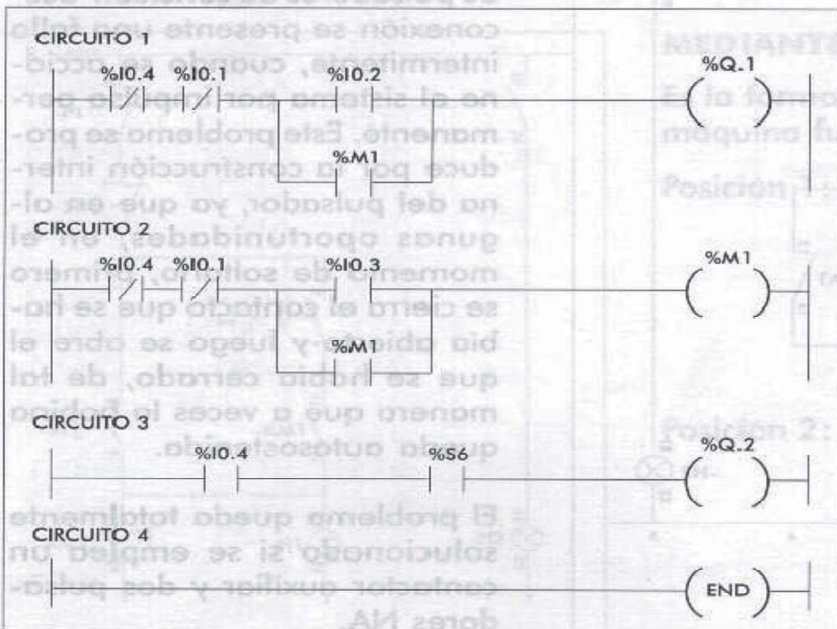


SIN MEMORIA INTERMEDIA

000	LD	%IO.2
001	OR	%M1
002	ANDN	%IO.4
003	ANDN	%IO.1
004	ST	%Q.1
005	LD	%IO.3
006	OR	%M1
007	ANDN	%IO.4
008	ANDN	%IO.1
009	ST	%M1
010	LD	%IO.4
011	AND	%S6
012	ST	%Q.2
013	END	

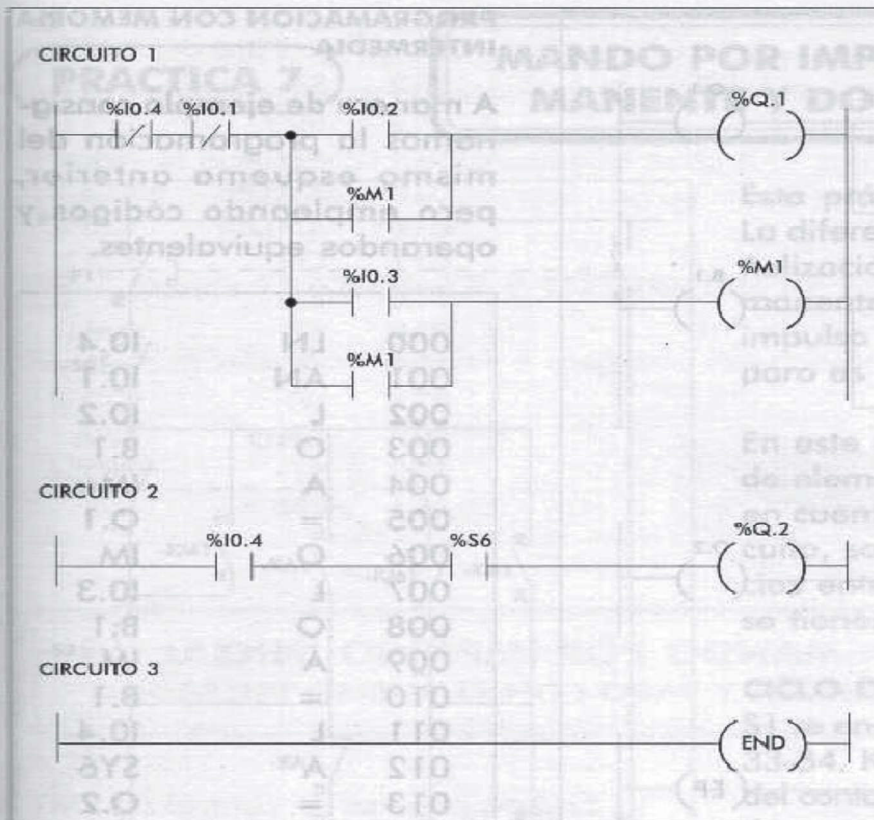
Entradas: %IO.1 pulsador de paro (S0)
 %IO.2 para impulso permanente (S1)
 %IO.3 para impulso inicial (S2)
 %IO.4 contactos del relé térmico (F1)

Salidas:
 %Q.1 bobina de KM1
 %Q.2 bobina de KA1 (control de H2)



CON MEMORIA INTERMEDIA

000	LDN	%IO.4
001	ANDN	%IO.1
002	AND(%IO.2
003	OR	%M1
004)	
005	ST	%Q.1
006	LDN	%IO.4
007	ANDN	%IO.1
008	AND(%IO.3
009	OR	%M1
010)	
011	ST	%M1
012	LD	%IO.4
013	AND	%S6
014	ST	%Q.2
015	END	



PROGRAMACION POR PILA, ACUMULADOR O POR NIVELES DE ENLACE

000	LDN	%I0.4
001	ANDN	%I0.1
002	MPS	
003	AND(%I0.2
004	OR	%M1
005)	
006	ST	%Q.1
007	MPP	
008	AND(%I0.3
009	OR	%M1
010)	
011	ST	%M1
012	LD	%I0.4
013	AND	%S6
014	ST	%Q.2
015	END	

En la elaboración de esta lista de instrucciones del esquema ladder, empleamos esta modalidad de memoria intermedia llamada pila, acumulador o niveles de enlace, que simplifican bastante la complejidad de la programación.

Se emplea esta modalidad, cuando en un mismo circuito del esquema ladder, encontramos varias bobinas que se alimentan en forma completamente independiente, a través de distintos contactos.

A medida que se realicen y analicen algunos ejercicios, iremos entendiendo mejor cómo se usan las instrucciones de la pila, en los diferentes niveles de enlace.

En el esquema ladder se indica el comienzo de cada nivel con un punto negro.

NUEVAS INSTRUCCIONES

MPS

Instrucción que se emplea para indicar el comienzo del primer nivel de la pila.

MRD

Instrucción que se emplea para indicar el comienzo de cada uno de los niveles intermedios de la pila. Cuando se tienen solamente dos niveles no se emplea esta instrucción.

MPP

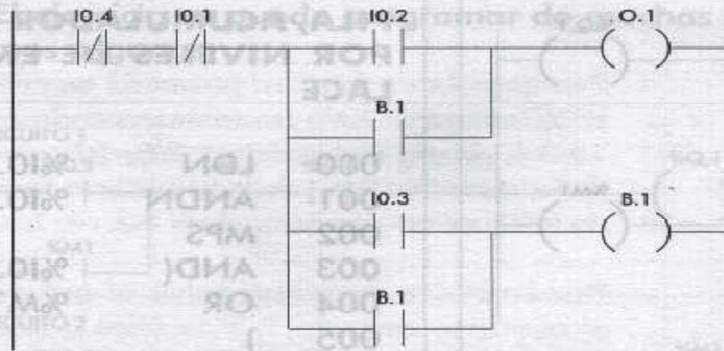
Instrucción que se emplea para indicar el comienzo del último nivel de la pila.

PROGRAMACION CON MEMORIA INTERMEDIA

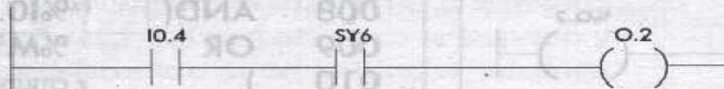
A manera de ejemplo consignamos la programación del mismo esquema anterior, pero empleando códigos y operandos equivalentes.

000	LN	IO.4
001	AN	IO.1
002	L	IO.2
003	O	B.1
004	A	IM
005	=	O.1
006	O	IM
007	L	IO.3
008	O	B.1
009	A	IM
010	=	B.1
011	L	IO.4
012	A	SY6
013	=	O.2
014	EP	

CIRCUITO 1



CIRCUITO 2



CIRCUITO 3



Equivalencias en las instrucciones y en los operandos:

L	por	LD
AN	por	ANDN
LN	por	LDN
O	por	OR
A	por	AND
=	por	ST
IM	por	paréntesis
EP	por	END
O.1	por	%Q.1
IO...	por	%IO...
B.1	por	%M1
SY6	por	%S6

Anota otras instrucciones equivalentes que hayas visto o conoces

A large grid area for handwritten notes, intended for recording equivalent instructions and operands.