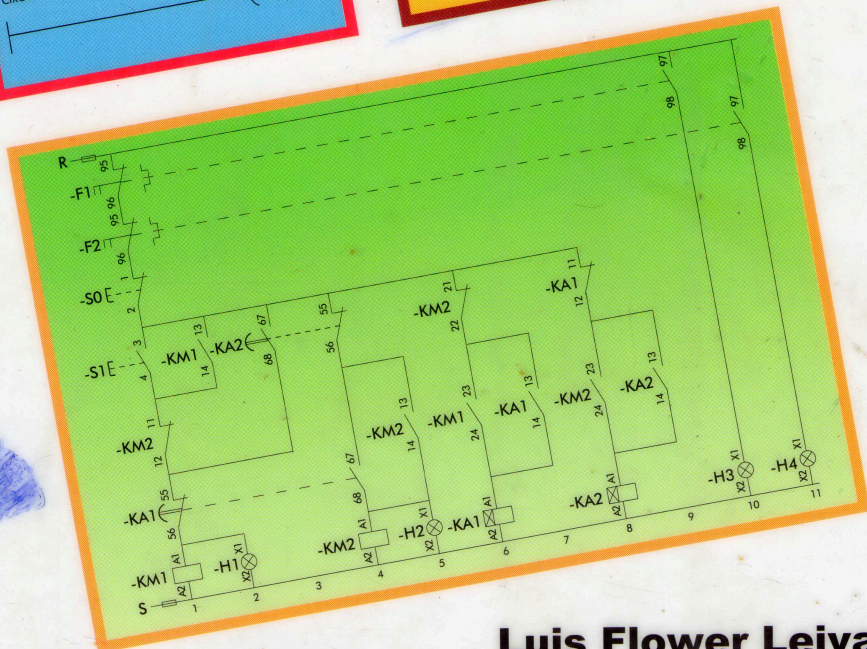
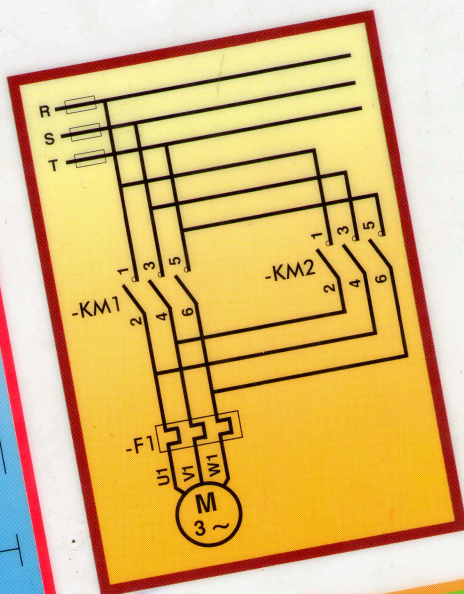
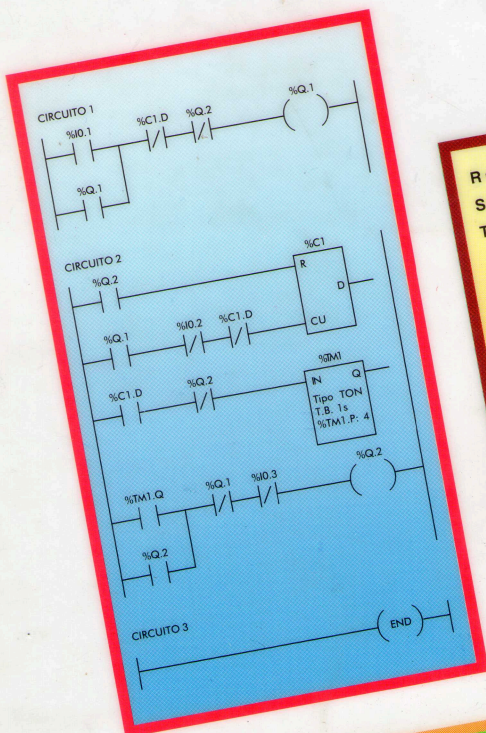


Controles y Automatismos Eléctricos

TEORÍA Y PRÁCTICA



Luis Flower Leiva

INDICE

Prólogo

1	Nociones fundamentales de electricidad	7
	Corriente eléctrica	7
	Corriente alterna	7
	Magnitudes eléctricas fundamentales	9
	Ley de ohm	11
	Potencia eléctrica	12
	Ley de watt	12
	Potencia en circuitos con A.C.	12
	Inductancia y capacitancia	14
	Circuitos eléctricos	16
2	Esquemas eléctricos	21
	Esquema eléctrico	21
	Clases de esquemas	21
	Símbolos más usados	25
	Algunos esquemas y símbolos usados para programar en un PLC	27
3	Tecnología de controles y automatismos eléctricos	29
	Aspectos generales	29
	Clases de automatismos	30
	Dispositivos que se usan	32
	El contactor	33
	Elementos de mando	47
	Pulsadores	47
	Selectores	50
	Elementos auxiliares de mando	50
	Interruptor de posición o final de carrera	50
	Temporizadores o relés de tiempo	52
	Presostatos	58
	Termostato	58
	Programadores	58
	Detectores	59
	Introducción a los PLC	73
	Variadores de velocidad	79
	Elementos de protección	80
	Elementos de señalización	86
4	Motores asíncronos trifásicos	87
	Clasificación de los motores eléctricos	87
	Partes del motor asíncrono	88
	Arranque de motores con rotor en cortocircuito	89
	Arranque directo con un solo sentido de giro	90
	Arranque directo con inversión de giro o marcha	90
	Arranque por conmutación estrella-triángulo	92
	Arranque por resistencias estatóricas	95

Arranque por acoplamiento estrella-resistencias-triángulo	96
Arranque por autotransformador	98
Arranque de motores con rotor bobinado por resistencias rotóricas	99
Motores asíncronos de varias velocidades fijas	100
Motores asíncronos monofásicos	102
5 Ejercicios prácticos	103
Aspectos generales	103
Arranque directo de un motor trifásico	105
Circuito de potencia	105
Circuito de mando	105
Mando por impulso permanente	106
Mando por impulso inicial	109
Mando por impulso inicial desde varias estaciones	113
Mando por impulso inicial y permanente	120
Mando por impulso inicial con un solo pulsador	126
Secuencia manual de dos etapas	128
Procesos secuenciales manuales y automáticos	132
Secuencia manual de tres etapas	133
Circuitos de mando con temporizadores	158
Secuencia automática de dos etapas	158
Secuencia automática cíclica de dos etapas	176
Secuencia manual-automática de dos etapas	186
Secuencia automática FIFO de 2 etapas	195
Secuencia automática LIFO de 2 etapas	199
Esquemas para analizar	203
Secuencias automáticas para diseñar con temporizadores	210
Circuitos de mando con detectores	240
Secuencias automáticas para diseñar con detectores	242
Secuencia automática con motores de reserva	247
Semaforización	251
Inversor de marcha de un motor trifásico	254
Circuito de potencia	254
Circuitos de mando	255
Circuitos de mando automáticos para analizar y diseñar	256
Circuitos de mando con contadores (PLC)	275
Circuitos de mando con programador cíclico(PLC)	282
Otros sistemas de arranque más usados	284
Circuitos de potencia	284
Arranque por conmutación estrella-triángulo	284
Arranque por conmutación de polos	286
Circuitos de mando	288
Anexo N° 1 Intensidad media a plena carga de motores trifásicos	291
Anexo N° 2 Capacidad de conducción de corriente en conductores de cobre	292
Anexo N° 3 Guía de soluciones	293
Anexo N° 4 Guía para la utilización del CD	348

CAPITULO 1

NOCIONES FUNDAMENTALES DE ELECTRICIDAD

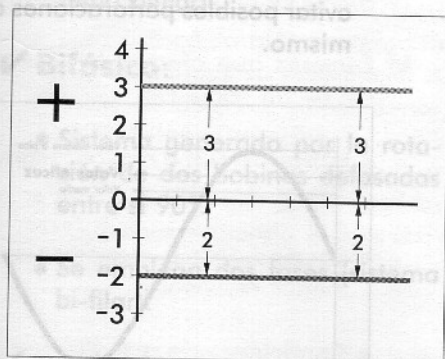
Algunos conceptos básicos que es necesario recordar antes de abordar el tema de los controles y automatismos.

CORRIENTE ELÉCTRICA

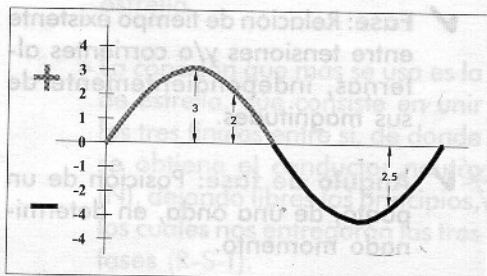
- Es el paso o flujo de electrones a través de un conductor.
- Los electrones se desplazan de un potencial negativo a un potencial positivo (teoría electrónica).

CLASES DE CORRIENTE ELÉCTRICA

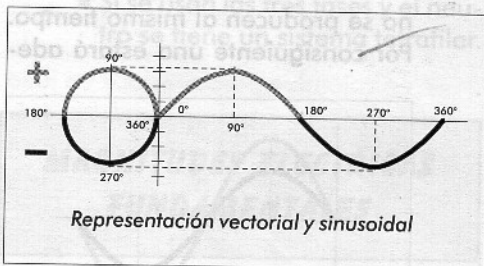
- **CORRIENTE CONTINUA (D.C, C.C. ó ---):** Corriente eléctrica que no presenta variación ni en magnitud ni en sentido.



- **CORRIENTE ALTERNA (A.C., C.A., ó \sim):** Corriente eléctrica que varía a intervalos periódicos, tanto en magnitud como en sentido.



CORRIENTE ALTERNA



⚡ CARACTERÍSTICAS SOBRESALIENTES:

- ✓ **Ciclo:** Variación completa de la tensión y/o corriente de 0 a un valor máximo positivo y luego a 0, de éste, a un valor máximo negativo y finalmente a 0.
- ✓ **Frecuencia (f):** Número de ciclos que se producen en un segundo. La unidad de medida es el Hertz (Hz), equivalente a un ciclo por segundo.

✓ **Período (T):** Tiempo necesario para que se efectúe un ciclo completo. Se mide en segundos.

✓ **Longitud de onda (λ):** Distancia que recorre la corriente durante un ciclo.

✓ **Amplitud de onda:** Distancia que hay entre 0 y un valor máximo (positivo o negativo).

✓ **Fase:** Relación de tiempo existente entre tensiones y/o corrientes alternas, independientemente de sus magnitudes.

✓ **Angulo de fase:** Posición de un punto, de una onda, en determinado momento.

✓ **Defasaje:** Dos ondas (que tienen la misma longitud, no necesariamente la misma amplitud) están defasadas si sus valores máximos no se producen al mismo tiempo. Por consiguiente una estará ade-

lantada o atrasada con relación a la otra. Se mide en grados.

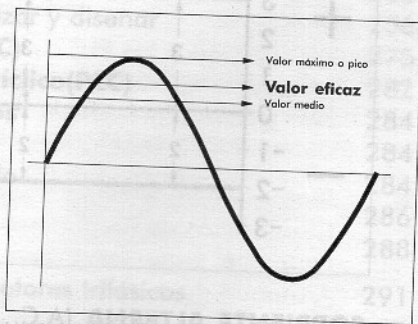
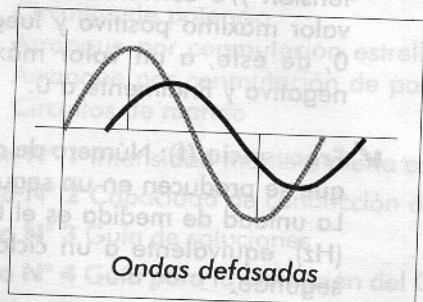
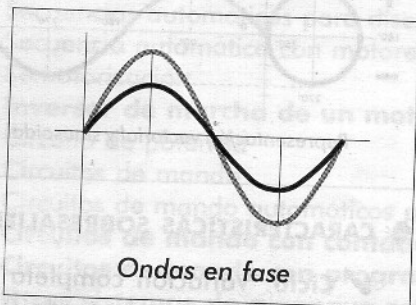
VALORES FUNDAMENTALES:

✓ **Valor instantáneo:** Valor que tiene la tensión o corriente en un instante determinado de un ciclo.

✓ **Valor máximo o pico:** Valor instantáneo máximo que puede alcanzar la tensión o corriente en un semiciclo. Lo determina la amplitud de la onda. Este valor igual a $\sqrt{2}$ ($\approx 1,41$) por el valor eficaz. Es importante tomarlo en cuenta por:

* **Seguridad:** Ya que el valor de la tensión o corriente máxima es bastante mayor que los valores que se toman en cuenta normalmente (valor eficaz). Por ejemplo el valor pico de 208 V es de 294 V, y por consiguiente presenta un mayor peligro.

* **Aislamiento:** El aislamiento de un conductor se fabrica tomando en cuenta el valor pico, para evitar posibles perforaciones del mismo.



✓ **Valor medio:** Es el promedio de todos los valores instantáneos de

medio ciclo. Es igual al valor máximo por 0,637.

- ✓ **VALOR EFICAZ:** Aquel que en un circuito puramente resistivo produce la misma cantidad de calor que la que puede producir una corriente continua del mismo valor.

El valor eficaz se obtiene multiplicando el valor pico por 0,707 o bien dividiéndolo por $\sqrt{2}$.

Es el valor que se usa normalmente cuando nos referimos a la magnitud de una tensión o corriente. Los mismos instrumentos de medición están diseñados para medir valores eficaces.

⚡ SISTEMAS MAS USADOS:

✓ Monofásico:

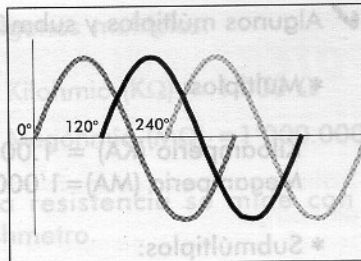
- * Sistema generado por la rotación de una sola bobina.
- * Se emplea una fase y neutro (sistema bifilar).

✓ Bifásico:

- * Sistema generado por la rotación de dos bobinas defasadas entre sí 90° .
- * Se emplean dos fases (sistema bi-filar).

✓ TRIFÁSICO:

- * Sistema generado por la rotación de tres bobinas defasadas entre sí 120° .



- * Las bobinas generadoras se pueden conectar en triángulo o estrella.
- * La conexión que más se usa es de estrella, que consiste en unir los tres finales entre sí, de donde se obtiene el conductor neutro (N), dejando libres los principios los cuales nos entregarán las tres fases (R-S-T).
- * Si se emplean solamente las tres se obtiene un sistema trifásico.
- * Si se usan las tres fases y el neutro se tiene un sistema tetrafásico.

MAGNITUDES ELECTRICAS FUNDAMENTALES

⚡ INTENSIDAD, amperaje o corriente (I):

- ✓ Cantidad de electrones que circulan por un conductor en unidad de tiempo.
- ✓ **AMPERIO (A):** (unidad básica para medir intensidades) es el paso de un coulombio ($=6,28 \times 10^{18}$ electrones) en un segundo a través de un conductor.

✓ Algunos múltiplos y submúltiplos:

* Múltiplos:

Kiloamperio (KA) = 1.000A
Megamperio (MA) = 1'000.000A

* Submúltiplos:

Miliamperio (mA) = 0,001 A
Microamperio (μ A) = 0,000001A

✓ La corriente se mide con el amperímetro, el cual se conecta en serie, o con la pinza amperométrica.

⚡ **TENSIÓN, voltaje o fuerza electro-motriz (E ó U):**

✓ Diferencia de potencial que hay entre dos cargas.

✓ **VOLTIO (V):** (unidad básica para medir tensiones) es la diferencia de potencial que causa el paso de un coulombio para producir un julio de trabajo. En otros términos, voltio es la diferencia de potencial eléctrico que existe entre dos puntos de un circuito, por el cual circula una corriente de un amperio y desarrolla una potencia de un vatio.

✓ Algunos múltiplos y submúltiplos:

* Múltiplos:

Kilovoltio (KV) = 1.000 V
Megavoltio (MV) = 1'000.000 V

* Submúltiplos:

Milivoltio (mV) = 0,001 V
Microvoltio (μ V) = 0,000001 V

✓ La tensión se mide con el voltímetro, que se conecta en paralelo.

En los sistemas trifásicos tetrafilares se tiene:

- **Tensión de fase (EF):** diferencia de potencial entre un conductor de línea (fase) y el conductor neutro (RN - SN - TN).
- **Tensión de línea (EL):** diferencia de potencial entre dos conductores de línea o fases (RS - RT - ST).

La expresión matemática de la relación existente entre estas dos tensiones es:

$$E_F = \frac{E_L}{\sqrt{3}} \quad \text{ó} \quad E_L = \sqrt{3} E_F$$

⚡ **RESISTENCIA (R):**

✓ Oposición o dificultad que ofrece un conductor al paso de la corriente.

✓ Factores que afectan la resistencia de un conductor:

- **Longitud (L):** a mayor longitud, mayor resistencia.
- **Sección (S):** a mayor sección, menor resistencia.
- **Coefficiente de resistividad (p):** resistencia específica de cada material.

$$\text{Cobre} = 0,0172 \frac{\Omega}{\text{m/mm}^2}$$

$$\text{Aluminio} = 0,028 \frac{\Omega}{\text{m/mm}^2}$$

Estos tres factores se expresan matemáticamente así:

$$E = \rho \frac{L}{S}$$

✓ Otros factores que afectan la resistencia:

- **Temperatura:** dependiendo de los materiales, la temperatura puede aumentar o disminuir la resistencia. Este comportamiento variable da origen a las termoresistencias o termistores.

★ Resistencias NTC (coeficiente negativo de temperatura): a mayor temperatura, menor resistencia.

★ Resistencias PTC (coeficiente positivo de temperatura): a mayor temperatura, mayor resistencia.

- **Luz:** a medida que aumenta la luz, disminuye su resistencia. A estos conductores se los denomina fotorresistencias.

- **Tensión:** a mayor tensión aplicada, menor resistencia. A estos conductores se los denomina VDR.

✓ **OHMIO (Ω):** (unidad básica para medir resistencias) es la resistencia que ofrece una columna de mercurio de 1.063 mm de longitud y 1 mm² de sección, al paso de la corriente.

✓ Algunos múltiplos:

★ Kiloohmio ($K\Omega$) = 1.000 Ω

★ Megohmio ($M\Omega$) = 1'000.000 Ω

✓ La resistencia se mide con el óhmetro.

✓ Para medición de grandes resistencias, aislamiento de los conductores y fugas a tierra se usa el megger.

✓ Estos instrumentos se conectan en paralelo, y el circuito en el cual se realiza la medición, debe estar completamente desenergizado.

LEY DE OHM

EST. Hace referencia a la relación existente entre las tres magnitudes fundamentales.



“La intensidad es directamente proporcional a la tensión e inversamente proporcional a la resistencia”.

EST. Su expresión matemática es:

$$I = \frac{E}{R}$$

EST. Cuando la ley de ohm debe aplicarse en circuitos con corriente alterna, que no son puramente resistivos, esta fórmula sufre alguna modificación.

POTENCIA ELÉCTRICA

Trabajo eléctrico realizado en unidad de tiempo.

VATIO o Watt (W): trabajo realizado cuando fluye un amperio, con una diferencia de potencial de un voltio.

✓ Algunos múltiplos:

* Kilovatio (KW) = 1.000 W

* Megavatio (MW) = 1'000.000W

LEY DE WATT

Hace referencia a la relación existente entre la potencia, la corriente y la tensión.



"La potencia es directamente proporcional a la tensión y a la intensidad".

Su expresión matemática es:

$$P = E I$$

En los circuitos con c.c., la potencia absorbida está dada por la ecuación anterior, sin tener en cuenta el tipo de carga.

Relación con la ley de ohm:

Dado que en ambas leyes se emplean, directa o indirectamente, las magnitudes fundamentales, obtendremos las siguientes relaciones:

$$P = \frac{E^2}{R}$$

y

$$P = I^2 R$$

Potencia disipada o pérdida de potencia: energía que no se emplea en algo útil, como por ejemplo el calor producido por bombillos y motores. Está dada por la expresión: $P = I^2 R$.

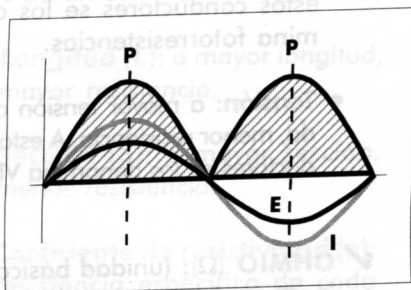
Esta pérdida de potencia se puede reducir:

- disminuyendo la intensidad
- disminuyendo la resistencia

POTENCIA EN CIRCUITOS CON A.C.

CIRCUITOS RESISTIVOS:

✓ Como la E y la I están en fase, la potencia será siempre positiva.



Por consiguiente el tratamiento que se le da a la potencia, en principio, es similar al que se le da en

c.c.. La diferencia surge si se toma en cuenta el sistema empleado:

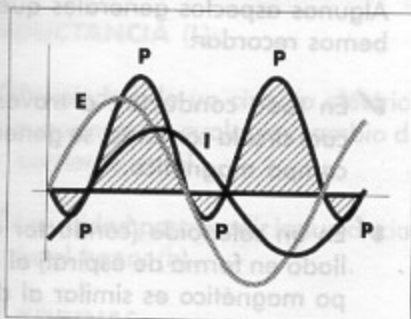
- Monofásico bifilar: $P = I E_f$
- Bifásico: $P = \sqrt{2} I E_l$
- Trifásico: $P = \sqrt{3} I E_l$

✓ La unidad para medir potencias en circuitos resistivos es el VATIO (W).

■ CIRCUITOS NO RESISTIVOS:

✓ Circuitos en los cuales encontramos inductancias (bobinas) y/o capacitancias (condensadores).

✓ La presencia de alguno de estos componentes produce un desfase entre la E y la I, de tal manera que la potencia no siempre es positiva.



✓ En estos casos, parte de la potencia suministrada por la fuente es tomada por las inductancias y/o capacitancias y, en lugar de ser consumida, es almacenada temporalmente, para luego regresar a la fuente, sea por el campo magnético (en las bobinas), o por el campo eléctrico (en los condensadores), por lo cual parte de la potencia suministrada por la fuente se perderá al no usarse.

✓ Este desfase da origen a diferentes tipos de potencias:

✎ **Potencia nominal o aparente (P_{ap}):**

★ Potencia suministrada por la fuente.

★ Unidad: el VOLTAMPERIO (VA).

★ Un múltiplo muy usado es el KVA, equivalente a 1.000 VA.

★ $P_{ap} = E I$

donde E e I son valores de fase

✎ **Potencia real o efectiva (P_{ef}):**

★ Potencia realmente consumida en el circuito.

★ Se toma en cuenta el factor de potencia o $\cos \varphi$ (= ángulo de desfase entre la E y la I, que nos indica qué parte de la potencia aparente es potencia efectiva).

★ Cuando la E y la I están en fase (ángulo de desfase 0°) el $\cos \varphi$ es 1.

★ Si la E y la I están desfasados 90° el $\cos \varphi$ es 0.

★ Cuando el $\cos \varphi$ es bajo, es necesario corregirlo o mejorarlo, tratando de obtener un $\cos \varphi$ lo más cercano posible a 1.

★ La mejora del factor de potencia se obtiene conectando unos condensadores (banco de condensadores) en

paralelo con las inductancias.

- ★ El factor de potencia se averigua dividiendo la potencia efectiva entre la potencia aparente:

$$\cos \varphi = \frac{P_{ef}}{P_{op}}$$

- ★ Unidades más usadas:

- ★ Vatio (W). Un múltiplo muy usado es el KW = 1.000 W

- ★ H.P. (Horse power) equivalente a 746 W

- ★ C.V. (caballo vapor) equivalente a 736 W

- ★ $P_{ef} = P_{ap} \cos \varphi$
o bien $P_{ef} = E I \cos \varphi$

⚡ Potencia reactiva (P_r):

- ★ Denominada también potencia desviada.

- ★ No produce potencia, por la presencia de inductancias o capacitancias (el $\cos \varphi$ tiende a 0).

- ★ Su función es proporcionar un campo magnético o cargar los condensadores.

- ★ Unidad: el voltamperio reactivo (Var)

- ★ $P_r = E I \sin \varphi$

✓ Potencia en sistemas bifásicos:

$$P_{ap} = \sqrt{2} E I$$

$$P_{ef} = \sqrt{2} E I \cos \varphi$$

donde E e I son valores de línea

✓ Potencia en sistemas trifásicos:

$$P_{ap} = \sqrt{3} E I$$

$$P_{ef} = \sqrt{3} E I \cos \varphi$$

donde E e I son valores de línea

✓ Rendimiento (η): es igual a la potencia utilizada entre la potencia suministrada. Su valor está dado en %.

✓ Cuando se conoce el rendimiento tendremos: $P_{ef} = \sqrt{3} E I \eta \cos \varphi$

INDUCTANCIA Y CAPACITANCIA

⚡ ELECTROMAGNETISMO:

Algunos aspectos generales que debemos recordar:

✓ En todo conductor, a través del cual circula corriente, se genera un campo magnético.

✓ En un solenoide (conductor arrollado en forma de espiral) el campo magnético es similar al de un imán.

✓ Si la corriente que circula por el solenoide es A.C., el campo magnético que se genera cambia constantemente, tanto en magnitud como en polaridad (sentido de las líneas de fuerza).

✓ Si un conductor se mueve dentro de un campo magnético, se genera o induce una fuerza electromotriz (FEM) en el conductor, que es directamente proporcional a la:

- intensidad del campo magnético
- longitud del conductor
- velocidad con que se mueve el conductor
- dirección (paralelo o perpendicular a la líneas de fuerza) en que se mueve.

- ✓ Por estar la FEM inducida defasada 180° de la E aplicada, se la llama también fuerza contraelectromotriz (f.c.e.m.).
- ✓ La variación constante que se produce en el campo magnético, al circular A.C. por el conductor, produce una autoinducción en éste, que es proporcional a la frecuencia y a la intensidad de la corriente.

INDUCTANCIA (L):

- ✓ Propiedad de un circuito eléctrico a oponerse a cualquier cambio de corriente en él.
- ✓ La unidad para medir inductancias es el henry (h).

✓ BOBINAS:

☞ Son conductores arrollados en forma de espiral, alrededor de un núcleo. Presentan las mayores inductancias.

☞ Se componen de:

- ★ **Conductor:** alambre sólido de cobre, generalmente de muy pequeño calibre y revestido con un aislamiento esmaltado.

★ **Núcleo:** elemento que se encuentra en la parte interior de la bobina. Puede ser de un material ferromagnético, aislante o simplemente aire. Cuando el núcleo puede moverse dentro de la bobina, se obtiene una inductancia variable.

☞ Factores que afectan la inductancia de la bobina:

★ El núcleo:

- El material del cual está hecho: si es ferromagnético, el campo magnético se intensifica, por el reforzamiento o suma de las líneas de fuerza producidas por la bobina.

- La sección transversal: cuanto mayor sea el área transversal del núcleo, se obtendrá un mayor número de líneas de fuerza, por consiguiente un mayor campo magnético.

- La longitud: a mayor longitud corresponde un flujo magnético menor.

★ **Las espiras:** la inductancia de una bobina es directamente proporcional al número de espiras, y a la cercanía existente entre ellas.

★ **Intensidad de la corriente:** la intensidad del campo magnético es directamente proporcional a la corriente que circula por la bobina.

Una bobina, considerada como inductancia pura, provoca un desfase, de atraso, de 90° de la corriente con respecto a la tensión.

A medida que aumenta la resistencia de la bobina, disminuye el ángulo de desfase.

✓ **REACTANCIA INDUCTIVA (X_L):** es la oposición que presenta una inductancia al paso de la corriente alterna.

• Se mide en ohmios

$$X_L = 2\pi fL$$

donde: $2\pi f$ indica la rapidez con que cambia la corriente

✓ Si se aplica la ley de ohm a circuitos inductivos con A.C. se tiene:

$$I = \frac{E}{X_L}$$

⚡ **CAPACITANCIA (C):**

✓ Propiedad de un circuito eléctrico que le permite almacenar energía eléctrica, por medio de un campo electrostático, para liberarlo posteriormente.

✓ La unidad de capacitancia es el faradio (= cuando al aplicar a dos placas 1 voltio, almacena 1 coulombio de carga en cada una de ellas).

✓ Una capacitancia pura provoca un desfase, de adelanto, de 90° de la corriente con respecto a la tensión.

✓ Los elementos que introducen capacitancia en un circuito se denominan condensadores.

✓ **REACTANCIA CAPACITIVA (X_C):** es la oposición que presentan las capacitancias al flujo de la corriente.

• Se mide en ohmios

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC}$$

donde $2\pi f$ indica la rapidez con que cambia la corriente.

✓ Aplicando la ley de ohm a circuitos capacitivos con A.C. tendremos:

$$I = \frac{E}{X_C}$$

⚡ **IMPEDANCIA (Z):**

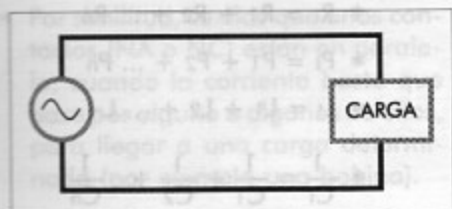
✓ Es el efecto combinado de resistencias y reactancias inductivas y/o capacitivas.

✓ Si se aplica la ley de ohm, en función de la impedancia, se tiene:

$$I = \frac{E}{Z}$$

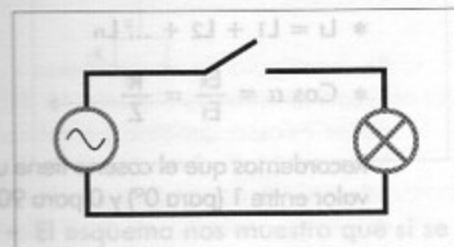
CIRCUITOS ELÉCTRICOS

⚡ Circuito eléctrico es el recorrido completo que realiza la corriente, desde que sale de la fuente hasta que retorna a ella, pasando por una o más cargas, a través de unos conductores.



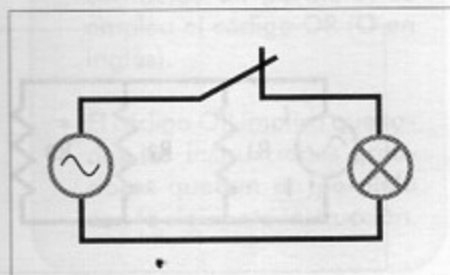
CIRCUITO ABIERTO:

- ★ Circuito que se encuentra interrumpido en algún punto del mismo.
- ★ Se tiene energía, pero no hay flujo de corriente eléctrica.



En controles y automatismos, todo circuito en reposo debe estar abierto, por lo menos en un punto, razón por la cual podemos decir que este tipo de circuitos es nuestro punto de partida.

CIRCUITO CERRADO:



- ★ Circuito sin ninguna interrupción.
- ★ Se tiene energía y flujo de electrones.

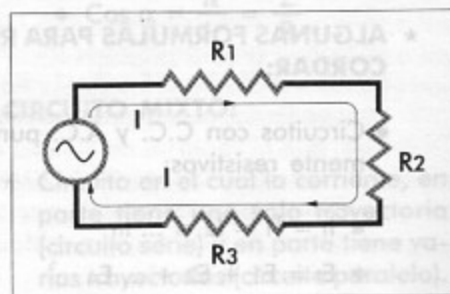
En controles y automatismos, todo circuito en funcionamiento debe estar cerrado, por lo cual nuestro objetivo siempre será obtener este tipo de circuito.

CIRCUITO SIMPLE:

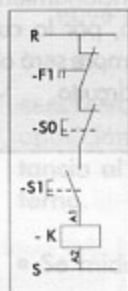
- ★ Circuito en el cual solamente tenemos una carga.
- ★ No se toma en cuenta el número de elementos que se tengan para controlar la carga.

CIRCUITO SERIE:

- ★ Circuito en el cual la corriente tiene una sola trayectoria o recorrido, a través de dos o más cargas.
- ★ El esquema nos muestra cómo la corriente I , para completar el circuito, debe pasar necesariamente por $R1$ Y por $R2$ Y por $R3$.



- ★ Por similitud, se dice que unos contactos (N.C. o N.A.) están en serie, cuando la corriente debe pasar necesariamente a través de cada uno de ellos, para llegar a una determinada carga (por ejemplo una bobina).



En el esquema podemos ver que, si queremos que la bobina K se energice, la corriente debe llegar hasta el punto A1, pasando necesariamente por el contacto de F1 Y el contacto de S0 Y el contacto de S1 (cuando éste se cierre).

S1 (cuando éste se cierre).



Al programar en un PLC:

- ★ Cuando se encuentran contactos en serie, se emplea el código AND (Y en inglés).
- ★ El código AND implica que todas las instrucciones anteriores quedan en serie con la siguiente instrucción.

★ ALGUNAS FORMULAS PARA RECORDAR:

- Circuitos con C.C. y A.C. puramente resistivos:

$$* I_t = I_1 = I_2 = \dots I_n$$

$$* E_t = E_1 + E_2 + \dots E_n$$

$$* R_t = R_1 + R_2 + \dots R_n$$

$$* P_t = P_1 + P_2 + \dots P_n$$

$$* L_t = L_1 + L_2 + \dots L_n$$

$$* \frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots \frac{1}{C_n}$$

- Circuitos con A.C. no puramente resistivos:

$$* E_t^2 = E_R^2 + E_L^2$$

$$* E_t^2 = E_R^2 + E_C^2$$

$$* Z^2 = R^2 + X_L^2$$

$$* Z^2 = R^2 + X_C^2$$

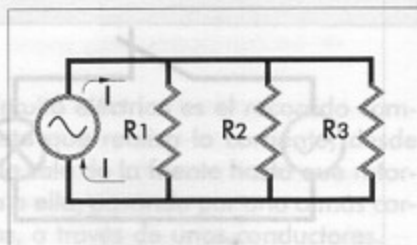
$$* L_t = L_1 + L_2 + \dots L_n$$

$$* \cos \alpha = \frac{E_R}{E_t} = \frac{R}{Z}$$

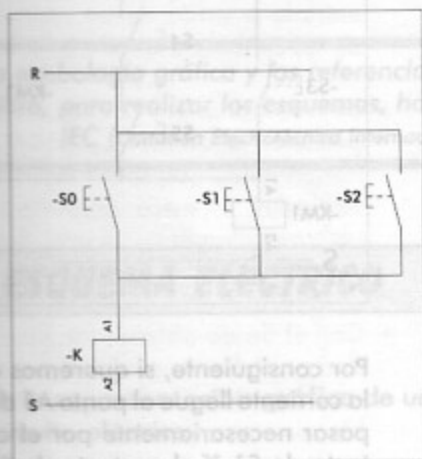
Recordemos que el coseno tiene un valor entre 1 (para 0°) y 0 para 90°.

453 CIRCUITO PARALELO:

- ★ Circuito en el cual la corriente tiene varias trayectorias o recorridos.
- ★ El esquema nos muestra cómo la corriente, para completar el circuito, es suficiente que pase por alguna o algunas de las resistencias que forman parte del circuito, y no necesariamente por todas las resistencias. La corriente I puede pasar por R1 ○ por R2 ○ por R3.



- ★ Por similitud, se dice que unos contactos (NA o NC) están en paralelo, cuando la corriente basta que pase por alguno o algunos de ellos, para llegar a una carga determinada (por ejemplo una bobina).



- ★ El esquema nos muestra que si se quiere energizar la bobina K, la corriente debe llegar hasta el punto A1, pasando por el contacto de S0 por el contacto de S1 por el contacto de S2, cuando alguno de ellos se cierre.



Al programar en un PLC:

- ★ Cuando se encuentran contactos en paralelo, se emplea el código OR (en inglés).
- ★ El código OR implica que todas las instrucciones anteriores quedan en paralelo con la siguiente instrucción.

★ ALGUNAS FORMULAS PARA RECORDAR:

- Circuitos con C.C. y A.C. puramente resistivos:

$$* E_t = E_1 = E_2 = \dots E_n$$

$$* I_t = I_1 + I_2 + \dots I_n$$

$$* \frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots \frac{1}{R_n}$$

$$* R_t = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$* P_t = P_1 + P_2 + \dots P_n$$

$$* \frac{1}{L_t} = \frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \dots \frac{1}{L_n}$$

$$* C_t = C_1 + C_2 + \dots C_n$$

- Circuitos con A.C. no puramente resistivos:

$$* I_t^2 = I_R^2 + I_L^2$$

$$* I_t^2 = I_R^2 + I_C^2$$

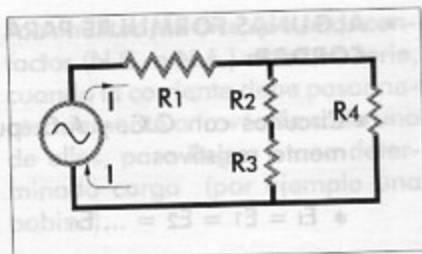
$$* Z = \frac{RX_L}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$$

$$* Z = \frac{RX_C}{\sqrt{R^2 + X_C^2}}$$

$$* \cos \alpha = \frac{I_R}{I_t} = \frac{Z}{R}$$

★ CIRCUITO MIXTO:

- ★ Circuito en el cual la corriente, en parte tiene una sola trayectoria (circuito serie) y en parte tiene varias trayectorias (circuito paralelo).

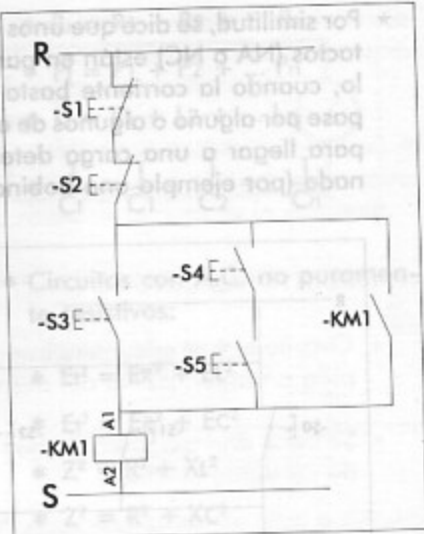


* Observando el gráfico vemos que R1 con relación a R2, R3 y R4 ó viceversa (R2, R3 y R4 con relación a R1) está en serie. R2 y R3 están entre sí en serie, pero ambas, con relación a R4 (o viceversa), están en paralelo. Por consiguiente, la corriente debe pasar necesariamente por R1 **Y** además, **O** por R2 **Y** R3 (por las dos, porque están en serie), **O** por R4 para que se complete el circuito.

* Las partes que están en serie, reciben un tratamiento igual al de los circuitos en serie, y las partes que están en paralelo, reciben un tratamiento igual al de los circuitos en paralelo.

* Por similitud con los circuitos mixtos, diremos que los diferentes contactos que se encuentran en el siguiente esquema conforman un circuito mixto, ya que algunos están en serie y otros están en paralelo.

En efecto, los contactos de S1 y S2 están en serie entre sí y con todo el bloque conformado por los contactos de S3, S4, S5 y KM1. Además podemos observar en este bloque, que el contacto de S3 está en paralelo con el contacto de KM1 y con otro bloque integrado por los contactos de S4 y S5, los cuales a su vez están en serie.



Por consiguiente, si queremos que la corriente llegue al punto A1 debe pasar necesariamente por el contacto de S1 **Y** el contacto de S2 **Y** además, **O** por el contacto de S3, **O** por los contactos de S4 **Y** S5, **O** por el contacto de KM1.



Al programar en un PLC:

- * Para los contactos que están exclusivamente en serie se emplea el código AND.
- * Para los contactos que están únicamente en paralelo, se emplea el código OR.
- * Para los contactos que están en serie y a su vez en paralelo, o viceversa, es necesario darles un tratamiento en bloques mediante el uso de memorias intermedias (IM o paréntesis).

La simbología gráfica y las referencias de identificación que se emplean en este libro, para realizar los esquemas, han sido tomadas de la norma internacional IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) 1082-1 de diciembre de 1992.

ESQUEMA ELÉCTRICO

- ✓ Es la representación gráfica de un circuito eléctrico.
- ✓ Para la elaboración de un esquema eléctrico se emplean símbolos, trazos, marcas e índices.
- **SÍMBOLO:** representación de una máquina o parte de ella, de un aparato (de maniobra, mando o señalización) o parte de él, o de un instrumento de medición.
- **TRAZO:** línea que representa un conductor o la unión mecánica de varios aparatos o elementos.
- **MARCA:** letra o letras que se usan para identificar aparatos, símbolos o trazos.
- **ÍNDICE:** número que se usa con la marca para la plena identificación de un aparato, símbolo o trazo. Además se emplea para identificar todo punto o borne de conexión de un aparato o contacto (entrada y salida).

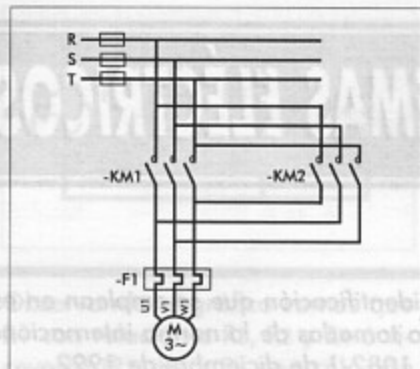
- ✓ Un esquema elaborado correctamente debe estar hecho de tal manera que pueda ser interpretado debidamente por cualquier técnico.
- ✓ Los esquemas siempre se diseñan en estado de reposo, es decir que las bobinas deben estar desenergizadas y los aparatos de mando sin accionar.

CLASES DE ESQUEMAS

A continuación veremos únicamente los esquemas que más se usan para el diseño de los esquemas de potencia y control.

ESQUEMA MULTIFILAR:

- ★ Esquema en el cual se representan todos los elementos, con sus correspondientes símbolos, y todos los conductores o conexiones entre los bornes de los mismos, mediante trazos o líneas independientes.
- ★ Actualmente sólo se emplea para los circuitos de potencia o fuerza (= conexión de la red a la carga).

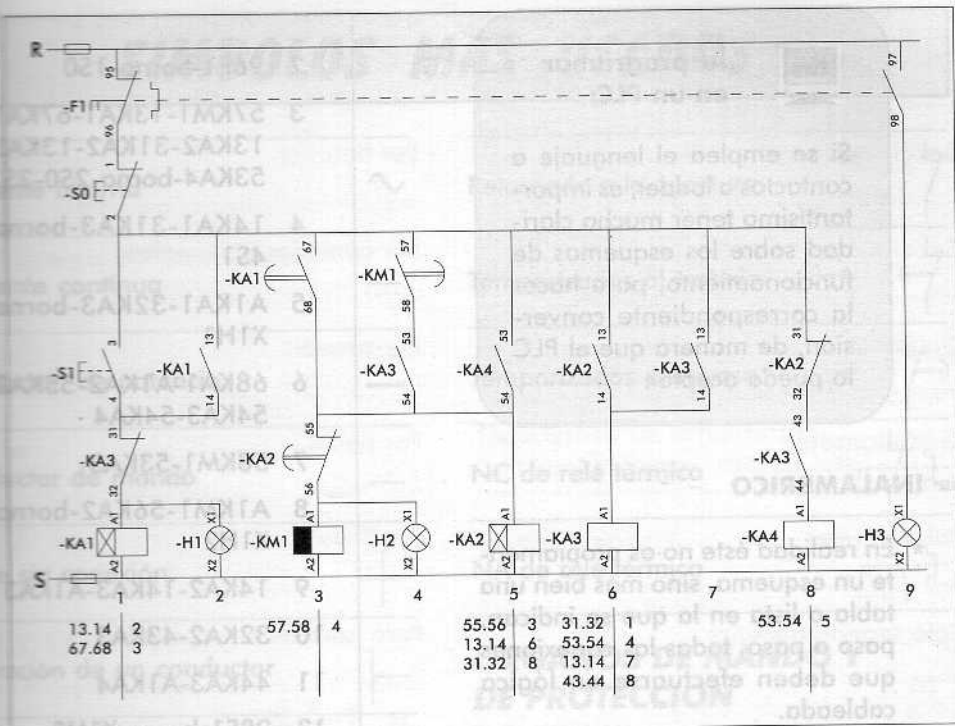


ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO:

- ★ Esquema que indica la forma cómo se conectan y controlan las bobinas de los contactores y los demás elementos de control y de señalización.
- ★ En la actualidad se usa específicamente para los circuitos de mando o control, en lógica cableada.
- ★ En estos esquemas se prescinde totalmente de la ubicación física de los distintos elementos de control, así como de la naturaleza de los mismos, considerando únicamente la función que van a realizar en su totalidad o en sus partes.
- ★ Presenta una notable simplificación en su ejecución gráfica.
- ★ El esquema está compuesto por dos líneas horizontales separadas, que representan las líneas de alimentación del circuito, y una serie de líneas verticales, entre las horizontales, que corresponden a los circuitos parciales, en los cuales se ubican los símbolos de los diferen-

tes elementos del circuito de control, de acuerdo con la función que van a realizar.

- ★ Los conductores representados por líneas verticales se trazan desde una de las líneas de alimentación a la entrada o salida de un símbolo, o de un símbolo a otro.
- ★ La interconexión de los circuitos parciales se realiza mediante líneas horizontales que unen dos trazos verticales. En estos trazos no debe ubicarse elemento alguno del circuito de control.
- ★ Con el fin de obtener mayor claridad en el diseño gráfico del esquema, éste debe hacerse, en lo posible, sin cruce de líneas, para facilitar la lectura, el análisis y la interpretación del plano.
- ★ Un conductor nunca se representa con una línea oblicua.
- ★ Un trazo (horizontal, vertical, oblicuo o quebrado) representa una unión mecánica si es una línea punteada. Va de la mitad de un símbolo a la mitad de otro símbolo. Pueden cruzarse entre sí o con trazos que representan conductores.
- ★ Los esquemas de control se diseñan en estado de reposo y, siempre que sea posible, en una sucesión lógica de maniobra.
- ★ Todos los elementos del esquema deben estar claramente identificados, así como sus respectivas entradas y salidas.
- ★ Si se encuentran varios símbolos con la misma marca, significa que



pertenecen a un mismo aparato.

En un mismo esquema podemos colocar varios símbolos con las mismas marcas, pero nunca debemos colocar dos o más símbolos que tengan las mismas marcas y además los mismos índices.

Por razones de seguridad, se recomienda que la línea de alimentación inferior del circuito de mando, se una exclusivamente a la salida de los elementos que constituyen cargas (borne A2 de bobinas, pilotos, temporizadores, etc.).

Todos los elementos de control y/o contactos se deben ubicar entre la línea de alimentación superior y la entrada de los elementos que constituyen carga, señalados an-

teriormente (bobinas y pilotos).

Debajo de los símbolos de bobinas y de la línea de alimentación se consignan, en dos columnas, todos los contactos, instantáneos y temporizados, pertenecientes al contactor cuya bobina está representada en la parte superior, indicando el número del circuito en el cual se encuentra, y si es necesario también la página. Esta información ayudará a localizar rápidamente un determinado contacto y a adquirir el contactor y/o los bloques de contactos más apropiados.

Los esquemas de potencia y mando son complementarios, por lo cual todo esquema de potencia debe tener necesariamente su correspondiente esquema de mando o control y viceversa.



Al programar en un PLC:

Si se emplea el lenguaje a contactos o ladder, es importantísimo tener mucha claridad sobre los esquemas de funcionamiento, para hacer la correspondiente conversión, de manera que el PLC lo pueda aceptar.

INALÁMBRICO

- ★ En realidad éste no es propiamente un esquema, sino más bien una tabla o lista en la que se indican, paso a paso, todas las conexiones que deben efectuarse en lógica cableada.
- ★ Para la elaboración de la lista es necesario tener previamente el esquema de funcionamiento y haberlo analizado e interpretado correctamente.
- ★ Esta lista es de gran ayuda para el personal que no tiene mayores conocimientos de electricidad, o para aquellas personas que no tienen una adecuada formación en la lectura e interpretación de planos eléctricos de control (específicamente ayudantes de tableristas).

Esquema inalámbrico correspondiente al esquema de la página 23

Cir.Nº Conexiones a realizar

1 R-borna-97F1-95F1

- 2 96F1-borna-1S0
- 3 57KM1-13KA1-67KA1-13KA2-31KA2-13KA3-53KA4-borna-2S0-3S1
- 4 14KA1-31KA3-borna-4S1
- 5 A1KA1-32KA3-borna-X1H1
- 6 68KA1-A1KA2-55KA2-54KA3-54KA4
- 7 58KM1-53KA3
- 8 A1KM1-56KA2-borna-X1H2
- 9 14KA2-14KA3-A1KA3
- 10 32KA2-43KA3
- 11 44KA3-A1KA4
- 12 98F1-borna-X1H3
- 13 S-borna-A2KM1-A2KA1-A2KA2-A2KA3-A2KA4-borna-X2H1-X2H2-X2H3



Al programar en un PLC:

Recordemos este tipo de esquema, ya que más adelante veremos la gran similitud que tiene con el lenguaje por lista de instrucciones.

A continuación presentamos los símbolos más comunes y que más usaremos en el presente libro.

SIMBOLOS MAS USADOS

Corriente alterna



Corriente continua



Conductor de potencia



Conductor de mando



Cruce sin conexión



Derivación de un conductor



Doble derivación



CONTACTOS

Instantáneo NA (NO)



Instantáneo NC



Principal



Adelantado al cierre



Adelantado a la apertura



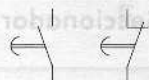
Retardado al cierre



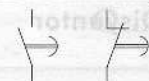
Retardado a la apertura



Temporizados al trabajo



Temporizados al reposo



NC de relé térmico



NA de relé térmico



ORGANOS DE MANDO Y DE PROTECCION

Bobina de contactor



Temporizador neumático al trabajo



Temporizador neumático al reposo



Temporizador electrónico



Detector inductivo



Detector capacitativo



Detector fotoeléctrico



Electroválvula



Fusible



Seccionador



Seccionador con fusible



Disyuntor



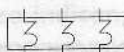
Guardamotor



Relé térmico



Relé termomagnético



MANDOS MECÁNICOS

Unión mecánica



Enclavamiento mecánico



Enganche mecánico retenido



Enganche mecánico liberado



Retorno automático



Retorno no automático



Botón pulsador



Selector rotativo



Por flotador



Por contador de eventos



Por presión



Por pedal



Por llave



Para paro de emergencia



ALGUNOS APARATOS DE MANDO

Pulsador NA



Pulsador NC



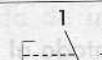
Interruptor de posición



Pulsador conexión-desconexión



Selector rotativo de 2 posiciones



Selector rotativo de 3 posiciones



Selector rotativo de 4 posiciones con retorno no automático



ELEMENTOS DE SEÑALIZACION

Piloto luminoso



Piloto luminoso e intermitente



Sirena



Timbre



Bocina



MARCAS

Fases

R, S, T 6

L1, L2, L3

Neutro

N

Contactor principal

-KM:...

Contactor auxiliar

-KA...

Aparatos de conexión mecánica para circuitos de mando (Pulsadores, selectores, interruptores de posición)

-S...

Elementos de protección (fusible, relé térmico, etc.)

-F...

Aparatos de conexión mecánica para circuitos de potencia (disyuntor, seccionador)

-Q...

Dispositivos de señalización (pilotos luminosos, sirenas, etc.)

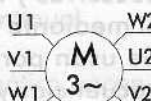
-H...

MOTORES

Trifásico



Estrella - triángulo

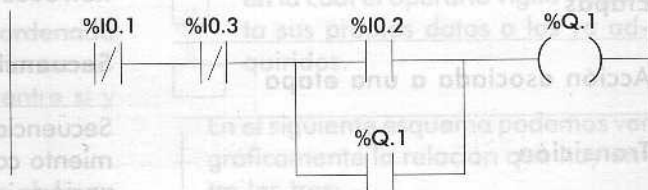


ALGUNOS ESQUEMAS Y SIMBOLOS USADOS PARA PROGRAMAR EN UN PLC

Lenguajes de programación: Según norma IEC 1131-3 (1993)

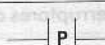


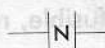
PARA ES-
QUEMAS A
CONTACTOS
o LADDER



Contacto NA 

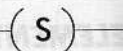
Contacto NC 

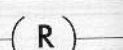
Contacto con flanco ascendente 

Contacto con flanco descendente 


Bobina 


Bobina negada 

Bobina activada (set) 

Bobina desactivada (reset) 

Fin de programa 

Enlace por acumulador 

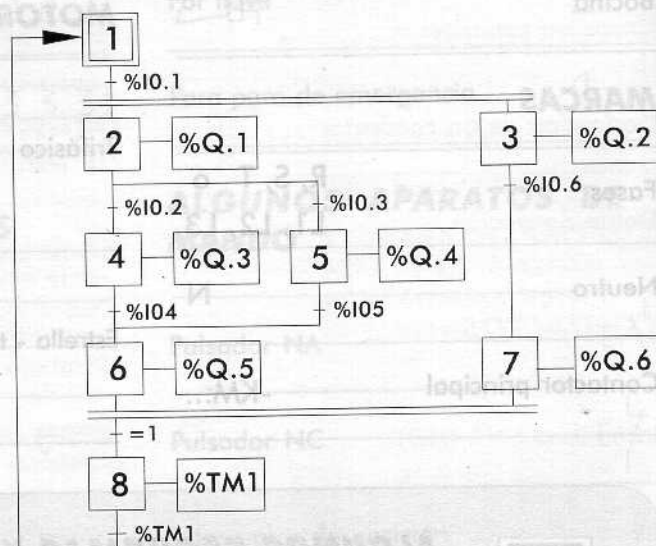
Bloque de función:
 Temporizador
 Contador
 Paso a paso
 Programador cíclico 



PARA ESQUEMAS GRAFCET

Esquema que descompone un proceso secuencial en una serie de etapas sucesivas y ligadas entre sí mediante transiciones. Se usan para programar secuencias y/o procesos.


Se tienen secuencias lineales, con direccionamiento condicional y secuencias simultáneas.



Algunos símbolos más usados:


Etapla inicial 


Etapas 


Acción asociada a una etapa 

Transición 

Salto de etapa 

Retroceso de etapa 

Secuencias simultáneas 

Secuencia con direccionamiento condicional o derivación 

En esta parte trataremos únicamente los elementos más usados en el control y la automatización de procesos industriales. No es posible abordarlos todos, por cuanto son muchísimos y cada día salen al mercado nuevos productos.

ASPECTOS GENERALES

Para mayor claridad definamos algunos conceptos que usaremos en este libro.

- ✓ **AUTOMATISMO:** dispositivo que sustituye las operaciones secuenciales realizadas manualmente por un operario, por otras acciones automáticas (no dependientes del operario), para garantizar el correcto funcionamiento de una máquina.

Puede realizarse mediante técnicas de lógica cableada y/o lógica programada.

- ✓ **PROCESO:** desarrollo de una serie de acciones encaminadas a obtener un determinado resultado o producto.
- ✓ **SECUENCIA:** sucesión ordenada de varias acciones que tienen relación de dependencia entre sí y constituyen un conjunto.
- ✓ **ETAPA:** desarrollo parcial de un

proceso o una secuencia.

- ✓ **CICLO:** ejecución de todas las etapas de una secuencia (ciclo único).

- ✓ **CICLO FORZADO:** desarrollo de un ciclo sin posibilidad de ser interrumpido en forma normal.

- ✓ **CICLICO:** repetición automática de un ciclo (ciclo continuo).

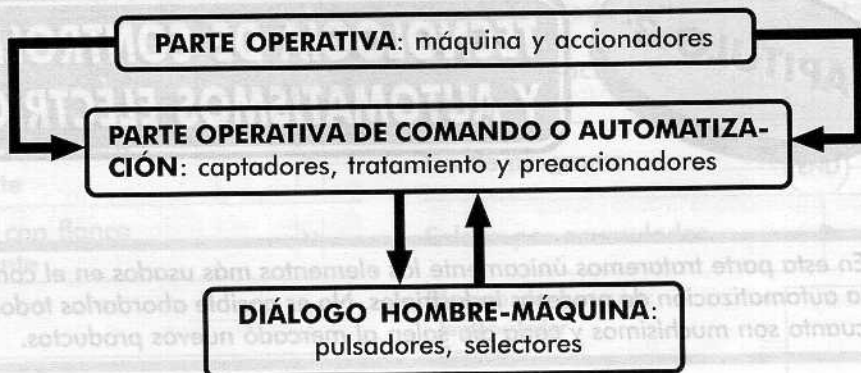
En todo proceso automático encontramos:

- ✎ **La parte operativa:** compuesta por la máquina en sí y los accionadores.

- ✎ **La parte de comando o automatización:** la adquisición y tratamiento de datos, y los preaccionadores.

- ✎ **El diálogo hombre-máquina:** en la cual el operario vigila y aporta sus propios datos a los ya adquiridos.

En el siguiente esquema podemos ver gráficamente la relación que hay entre las tres:

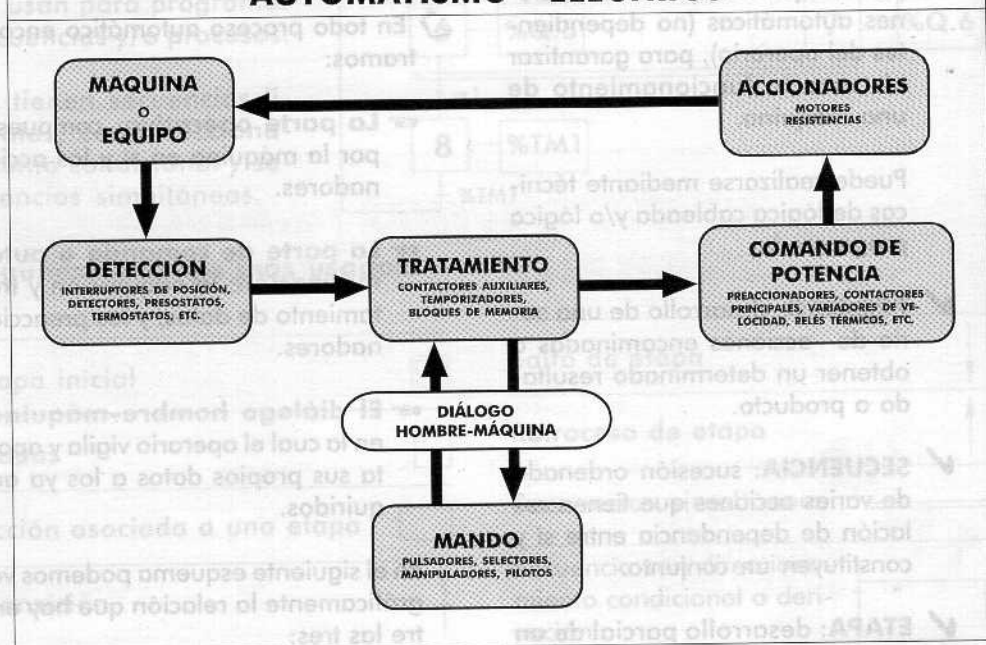


CLASES DE AUTOMATISMOS

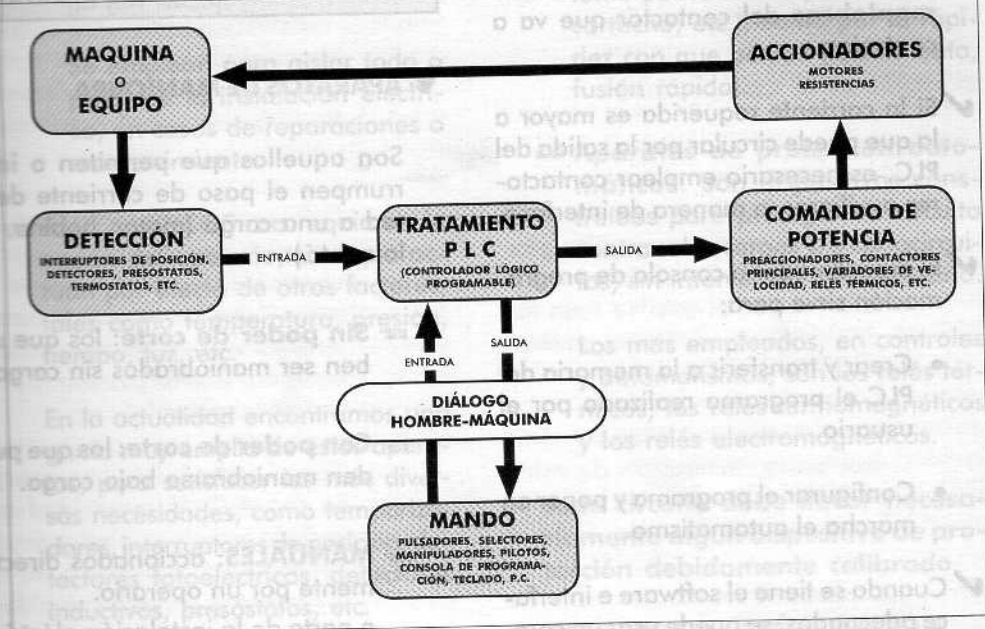
✓ Dependiendo de la diversidad que haya entre los elementos que se usen encontraremos diferentes tipos de automatismos.

✓ En forma gráfica veamos a continuación el ciclo de algunos automatismos, para establecer la semejanza que hay entre ellos.

AUTOMATISMO ELECTRICO



AUTOMATISMO ELECTRÓNICO



✓ En los dos gráficos anteriores vemos:

★ La diferencia fundamental entre estos dos automatismos está en la etapa de tratamiento.

★ No hay diferencia alguna en las etapas de detección o adquisición de datos, ni en la de comando de potencia, ni en la de los accionadores.

✓ El PLC o **autómata** no solamente sustituye todos los contactores auxiliares, temporizadores y bloques de memoria sino que además, por las características y funciones que posee, puede realizar procesos muchísimo más complejos.

✓ La capacidad de un PLC está dada entre otros factores por:

☞ **Número de entradas:** señales

que pueden llegar de la etapa de detección o de mando.

☞ **Número de salidas:** señales que se pueden enviar básicamente a las bobinas de los contactores principales.

☞ **Capacidad para procesar la información** adquirida y entregarla ya procesada.

☞ **Memoria para almacenar las instrucciones** del programa realizado.

✓ Las salidas del PLC pueden ser por relé o por transistores.

✓ Hay que tener mucho cuidado con las corrientes que pueden circular, tanto por las entradas como especialmente por las salidas, por cuanto éstas son muy pequeñas (normalmente mA).

✓ Además de la corriente es necesario fijarse en la **tensión** y el **número de maniobras** del contactor que va a controlar.

✓ Si la corriente requerida es mayor a la que puede circular por la salida del PLC, es necesario emplear **contactores auxiliares**, a manera de interface.

✓ El programador o consola de programación sirve para:

- Crear y transferir a la memoria del PLC el programa realizado por el usuario.

- Configurar el programa y poner en marcha el automatismo.

✓ Cuando se tiene el software e interface adecuados, se puede usar un computador en lugar de la consola de programación.

✓ En un proceso industrial, además de los automatismos vistos, encontramos los automatismos neumáticos, electro-neumáticos e hidráulicos.

✓ El ciclo de estos automatismos es prácticamente el mismo.

✓ La diferencia radica en el uso de componentes neumáticos, electroneumáticos o hidráulicos, como fines de carrera neumáticos, pulsadores neumáticos, válvulas distribuidoras, válvulas de bloqueo, de presión o de flujo, cilindros, electroválvulas, motores neumáticos, etc.

✓ En los procesos industriales actuales es difícil encontrar un solo tipo de automatismo. Por lo general se encuentran combinados, tratando de obtener más eficiencia y mayor rendimiento.

DISPOSITIVOS QUE SE USAN

APARATOS DE MANIOBRA

Son aquellos que permiten o interrumpen el paso de corriente de la red a una carga (motor, bobina, piloto, etc.):

✎ **Sin poder de corte:** los que deben ser maniobrados sin carga.

✎ **Con poder de corte:** los que pueden maniobrase bajo carga.

✎ **MANUALES:** accionados directamente por un operario.

o parte de la instalación eléctrica, en casos de reparaciones o mantenimiento.

★ **Interruptores:** son dispositivos, con poco poder de corte, empleados para abrir y/o cerrar circuitos, necesitándose en cada una de estas operaciones la acción directa del operario.

★ **Pulsadores:** aparatos, con poco poder de corte. Se diferencian de los interruptores porque cierran o abren circuitos solamente mientras actúa sobre él un operario, recuperando su posición inicial o de reposo tan pronto cesa la presión ejercida sobre él.

★ **Seccionadores:** aparatos de maniobra con o sin poder de corte. Los que son sin poder de corte deben ser accionados úni-

camente cuando están sin carga (en vacío).

Se emplean para aislar toda o parte de la instalación eléctrica, en casos de reparaciones o mantenimiento.

☛ **AUTOMÁTICOS:** no requieren la acción del operario, sino que actúan por efecto de otros factores, tales como temperatura, presión, tiempo, luz, etc.

En la actualidad encontramos una gama muy amplia de estos aparatos, para satisfacer las más diversas necesidades, como temporizadores, interruptores de posición, detectores fotoeléctricos, detectores inductivos, presostatos, etc.

En este grupo de aparatos de maniobra automáticos tienen particular importancia los **contactores**, usados en las etapas de tratamiento y comando de potencia.

☛ APARATOS DE PROTECCION

Son todos aquellos elementos destinados a proteger todo o parte del circuito, separándolo de las líneas de alimentación, cuando se presentan irregularidades en su funcionamiento, particularmente por sobrecargas o sobreintensidades y cortocircuitos.

☛ **Fusibles:** son conductores calibrados específicamente para el paso de determinadas cantidades de corriente, de manera que al producirse un corto circuito se fundirán rápidamente, interrumpiendo inmediatamente el circuito y evitando daños mayores en las cargas o en los conductores.

Existen muchos tipos de fusibles, tanto por la forma (de botella, de cartucho, etc.), como por la rapidez con que actúan (fusión lenta, fusión rápida).

☛ **Aparatos de protección automáticos:** Son dispositivos contruidos para proteger un circuito contra sobrecargas y/o cortocircuitos, sin intervención del operario.

Los más empleados, en controles y automatismos, son los relés térmicos, los relés termomagnéticos y los relés electromagnéticos.

Todo circuito debe llevar necesariamente algún dispositivo de protección debidamente calibrado.

☛ APARATOS DE SEÑALIZACION

Elementos destinados para indicar si el contactor está o no funcionando, y por consiguiente si la carga está o no en funcionamiento.

Los más empleados son los pilotos luminosos y las señalizaciones acústicas.

EL CONTACTOR

☛ Forma parte de los aparatos de maniobra automáticos con poder de corte.

"El contactor es un interruptor accionado a distancia por medio de un electroimán".

Como tal no tiene símbolo sino una marca, precedida por un guión, y luego un índice: -KM... ó -KA...

PARTES DEL CONTACTOR

✓ CARCAZA

- ★ Soporte fabricado en material no conductor, con un alto grado de rigidez y resistencia al calor, sobre el cual se fijan todos los componentes conductores del contactor.
- ★ Para obtener estas características, en la fabricación de estos materiales se emplea un alto porcentaje de fibra de vidrio.
- ★ Un inconveniente que presenta este componente es el hacerlo quebradizo (vidrioso), por lo cual es necesario tener mucho cuidado cuando se manipulan los contactores, especialmente en la zona de los contactos, para que no se quiebre parte alguna.
- ★ Cuando se ha roto alguna parte no es recomendable usar pegantes, de ningún tipo, para repararlo.

✓ ELECTROIMAN o circuito electromagnético:

- ★ Es el elemento motor del contactor. Está compuesto por una serie de partes cuya finalidad específica es transformar la energía eléctrica en magnetismo, generando un campo magnético muy intenso, el cual a su vez producirá un movimiento mecánico.

★ **BOBINA:** es un arrollamiento de alambre de cobre (con características muy especiales) muy delgado y un gran número de espiras, que al aplicársele tensión genera un campo magnético.

El flujo magnético produce un par electromagnético, superior al par resistente de los muelles (resortes) que separan la armadura del núcleo, de manera que estas dos partes pueden juntarse estrechamente.

Cuando una bobina se energiza con A.C. la intensidad absorbida por ésta, denominada **corriente de llamada**, es relativamente elevada, debido a que en el circuito prácticamente sólo se tiene la resistencia del conductor. En estas condiciones el $\cos \phi$ es alto (0,8 a 0,9) y la reactancia inductiva muy baja, por existir mucho entrehierro entre el núcleo y la armadura.

Esta corriente elevada genera un campo magnético intenso, de manera que el núcleo puede atraer a la armadura, a pesar del gran entrehierro y la resistencia mecánica del resorte o muelle que los mantiene separados en estado de reposo.

Una vez que se cierra el circuito magnético, al juntarse el núcleo con la armadura, aumenta la impedancia de la bobina, de tal manera que la corriente de llamada se reduce considerablemente, obteniéndose de esta manera una **corriente de mantenimiento** o trabajo mu-

cho más baja (unas 10 o más veces menor), con un cos ϕ más bajo pero capaz de mantener cerrado el circuito magnético.

Las bobinas están calculadas y dimensionadas para trabajar normalmente con las corrientes bajas de mantenimiento. Si el circuito magnético queda abierto, total o parcialmente, la corriente de llamada circulará más tiempo del previsto, que es sólo de algunos milisegundos, generando calor en la bobina, con el peligro de recalentarla e incluso dañarla por completo.

Para evitar estos inconvenientes, una bobina no debe energizarse si no tiene el núcleo y la armadura, o si éstos no pueden juntarse por alguna razón.

Cuando la bobina está construída para ser alimentada con C.C. no se presenta este fenómeno, porque la corriente de llamada es igual a la corriente de mantenimiento. Como no hay variación en la impedancia, el valor de la corriente que circula por la bobina depende únicamente de la resistencia de ésta, que siempre es la misma, motivo por el cual estas bobinas presentan características especiales, de tal manera que una bobina para A.C. no debe alimentarse con C.C. y una bobina para C.C. no debe alimentarse con A.C.

Otro factor importante que hay que tener presente antes de energizar una bobina es la tensión y la frecuencia de ali-

mentación. Puede ser la misma del circuito de potencia o inferior a ésta (reducida por un transformador o suministrada por otra fuente de alimentación). La información de estas características viene claramente registrada en la bobina o en el contactor.

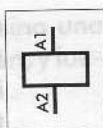
En la actualidad se consiguen bobinas para ser alimentadas con A.C. y tensiones de 24V, 48V, 100-120V, 208-220V y frecuencias de 50 y/o 60 Hz (monofrecuencia o bifrecuencia). También se encuentran bobinas para ser alimentadas con C.C. y tensiones desde 12V hasta 220V.

La tendencia actual, en nuestro medio, es la de usar bobinas para A.C., monofrecuencia y a 120V ó 208-220V., por cuanto estas bobinas absorben una corriente mucho menor que las alimentadas con tensiones bajas. Este factor será particularmente importante cuando se emplean los diferentes tipos de detectores y los PLC.

ASPECTOS PRACTICOS para el manejo de las bobinas de un contactor:

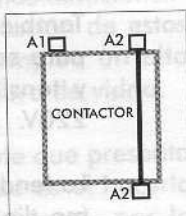
- Un circuito de control consiste, en último término, en energizar y desenergizar la bobina del contactor que deseamos que funcione.
- Los símbolos de las bobinas deben llevar, al lado izquierdo, las mismas marcas del contactor al cual pertenecen.

- La entrada y salida (principio y final) de la bobina vienen claramente indicadas y grabadas en ésta. Actualmente se usan las marcas A1 y A2.



- Las normas internacionales recomiendan que el punto A2, de todas las bobinas, se conecten única y exclusivamente a la línea inferior de alimentación del esquema de mando.

- Existen modelos recientes en los cuales el terminal A2 se encuentra ubicado



en dos puntos diferentes del contactor, debidamente interconectados, para mayor comodidad en el montaje.

- Después de diseñar un esquema debe revisarse muy bien, para que ninguna bobina quede alimentada directamente, sino que pueda energizarse y desenergizarse según las necesidades y requerimientos previstos.

- * **NUCLEO:** es una parte metálica, de material ferromagnético, generalmente en forma de E, que va fijo en la carcasa.

Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina (colocada en la columna central del núcleo),

para atraer con mayor eficiencia la armadura.

Se construye con láminas delgadas (chapas) de acero al silicio, aisladas entre sí pero formando un sólo bloque, fuertemente unido por remaches, con la finalidad de reducir al máximo las corrientes parásitas o corrientes de foucault (= corriente eléctrica que circula por el núcleo, cuando está sometida a una variación del flujo magnético, y que origina pérdidas de energía por efecto joule).

El pequeño entrehierro que se deja entre el núcleo y la armadura, bien sea por falta de metal o la inserción de un material paramagnético, sirve para eliminar el magnetismo remanente (= campo magnético que permanece cierto tiempo, una vez desenergizada la bobina).

En los contactores cuya bobina debe alimentarse con A.C. (no así si debe alimentarse con C.C.), el núcleo debe llevar, en los extremos de las columnas laterales, un elemento adicional denominado **espiras de sombra** o anillos de defasaje.

Al circular corriente alterna por la bobina, cada vez que la tensión es 0 la armadura debería separarse del núcleo, porque el flujo magnético producido por la bobina es también 0.

En realidad, como el tiempo de separación es muy pequeño cada vez (1/120 de segun-

do si la frecuencia es de 60 Hz), no es posible que la armadura se separe completamente del núcleo, pero si es suficiente para que se origine una vibración y un zumbido, y se eleve la corriente de mantenimiento, que de ser continuo y prolongado, terminará por estropear la bobina e incluso otros componentes del contactor.

Este problema se evita con las espiras de sombra, que suministran al circuito magnético un flujo adicional (flujo retrasado respecto al principal), en los momentos en que la bobina no lo produce, obteniéndose así un flujo magnético constante, semejante al generado con corriente continua.

- * **ARMADURA:** Elemento móvil, cuya construcción se parece a la del núcleo, pero sin espiras de sombra. Su función es cerrar el circuito magnético una vez energizada la bobina, ya que en estado de reposo debe estar separada del núcleo, por acción de un muelle. Este espacio de separación se denomina entrehierro o cota de llamada.

Las características del muelle permiten que, tanto el cierre como la apertura del circuito magnético, se realicen en forma muy rápida (sólo unos 10 milisegundos). Cuando el par resistente del muelle es mayor que el par electromagnético, el núcleo no logrará atraer la armadura o lo hará con mucha

dificultad. Por el contrario, si el par resistente del muelle es demasiado débil, la separación de la armadura no se producirá con la rapidez necesaria.

Robustez mecánica es el número de maniobras (apertura + cierre) que puede realizar el contactor en vacío y sin ningún inconveniente.

El movimiento que se obtiene en la armadura, cada vez que se energiza o desenergiza la bobina, a consecuencia de la generación o suspensión del campo magnético, se emplea para accionar los contactos que tiene el contactor, de modo que actúen como interruptores, permitiendo o interrumpiendo el paso de corriente. Para lograrlo se colocan sobre la armadura, debidamente aislada, una serie de contactos (específicamente el elemento móvil de los contactos) que abrirán y/o cerrarán simultáneamente varios circuitos, cada vez que la armadura se ponga en movimiento, porque los contactos están mecánicamente unidos (son solidarios) pero eléctricamente separados.

✓ CONTACTOS

Son elementos conductores que tienen por objeto establecer o interrumpir el paso de corriente, tanto en el circuito de potencia como en el circuito de mando, tan pronto se energice la bobina, por lo que se denominan **contactos instantáneos**.

Todo contacto está compuesto por tres elementos: dos partes fijas (contactos fijos) ubicadas en la carcasa y una parte móvil (contacto móvil) colocada en la armadura, para establecer o interrumpir el paso de la corriente entre las partes fijas. El contacto móvil lleva un resorte que garantiza la presión y por consiguiente la unión de las tres partes.

Los contactos están hechos de bronce fosforado, material que es muy buen conductor, mecánicamente resistente y con un mayor grado de elasticidad que el cobre o el bronce.

En los puntos donde se establece el contacto (extremos de los contactos fijos y móvil) toda vez que se abre el circuito bajo carga, se produce una chispa eléctrica proporcional a la intensidad absorbida por la carga, por lo cual es necesario que estos puntos, al mismo tiempo que sigan siendo muy buenos conductores, tengan mayor dureza, resistencia mecánica y resistencia a las altas temperaturas. Para lograrlo se emplean, en dichos puntos, materiales aleados a base de platino, cadmio, óxido de cadmio, níquel, paladio, etc.

Estas aleaciones también ayudan a evitar la oxidación (que se convierte en material aislante), el desgaste, la erosión y además disminuyen la posibilidad de pegarse o soldarse.

A pesar de estas características, los contactos, especialmente los principales, requieren de un mantenimiento periódico, para que el con-

tacto se establezca siempre en forma óptima y tenga un adecuado y normal funcionamiento.

Este mantenimiento se hace empleando productos especialmente fabricados para ello, y no limándolos, lijándolos y engrasándolos.

Los contactos auxiliares también necesitan un mantenimiento periódico, a no ser que sean «auto-limpiantes» (= contactos en los cuales la parte móvil se desliza sobre la parte fija antes de que se establezca el contacto definitivo).

★ CONTACTOS PRINCIPALES

Su función específica es establecer o interrumpir el circuito principal, permitiendo o no que la corriente se transporte desde la red a la carga.

Deben estar debidamente calibrados y dimensionados para permitir el paso de las intensidades requeridas por la carga, sin peligro de deteriorarse.

Sin embargo, con el tiempo, los contactos van sufriendo desgaste, por lo cual es necesario verificar periódicamente la cota de presión (= distancia que permite que los contactos fijos y móviles se junten antes de que el circuito electromagnético se cierre completamente) en funcionamiento, pues es recomendable cambiarlos cuando ésta esté por debajo del 50% de la cota inicial.

Cuando se tengan que cambiar

los contactos, es recomendable:

- Cambiar todos los contactos y no solamente el dañado.
- Alinear los contactos, respetando la cota inicial de presión.
- Verificar la presión de cada contacto con el contactor en funcionamiento.
- Verificar que los tornillos y tuercas queden bien apretados.

Robustez eléctrica es el número de maniobras que puede realizar un contactor bajo carga (en función de la corriente máxima cortada).

Los contactos principales son generalmente NA, aunque se encuentran contactores con contactos NC, para usos muy específicos.

Se fabrican contactores con contactos principales capacitados para transportar corrientes desde unos cuantos amperios (9 A) hasta corrientes con intensidades muy elevadas (más de 2.000 A en AC1).

Cuando un contacto bajo carga interrumpe el circuito, se produce una chispa entre el contacto fijo y móvil, de tal manera que, a pesar de que estos contactos se hayan separado, el circuito no se interrumpe inmediatamente, sino que la corriente sigue pasando por unos milisegundos a través del aire io-

nizado (= aire que al calentarse se vuelve conductor).

Como la chispa se produce siempre, los contactos se ubican en una zona conocida comúnmente como «cámara apagachispas», construida con materiales muy resistentes al calor (poliésteres con un gran porcentaje de fibra de vidrio) y con características especiales, capaces de extinguir rápidamente esta chispa, de manera que no llegue a transformarse en un arco eléctrico, el cual al generar temperaturas muy elevadas (hasta unos 8.000°C), los desgastará por erosión, debilitará por el exceso de calor y finalmente acabará destruyéndolos completamente.

Por esta razón, en los contactos principales es imprescindible reducir y apagar la chispa que se forma en el tiempo más breve posible. Esto se logra mediante diferentes técnicas.

- **Soplado por autoventilación:** Sistema en el cual la cámara apagachispas o cámara de soplado, tiene una abertura amplia en la parte inferior y otra pequeña en la parte superior, de manera que el aire circula como por una chimenea: al producirse la chispa se calienta el aire de la cámara, que al salir por la abertura superior es sustituida por el aire frío que entra por la parte inferior. Este desplazamiento del aire hace que la chispa se alargue y enfíe al rozar con las diversas pie-

zas metálicas, extinguiéndolo se finalmente por completo.

Este sistema es adecuado y efectivo sólo cuando las intensidades no son muy elevadas.

- **Cámaras desionizadoras:** son cámaras cuyas paredes se recubren con láminas metálicas para que absorban el calor producido, actuando como disipadores. De esta manera el aire no alcanza las temperaturas de ionización. Normalmente este sistema está combinado con el de soplado por autoventilación.

- **Transferencia y fraccionamiento del arco:** consiste en dividir la chispa que se produce en muchas chispas más pequeñas, de manera que su extinción sea más rápida, fácil y sencilla.

Para lograr esta división es necesario que el arco inicial pase rápidamente a unas puntas ubicadas en los extremos del contacto móvil, y de éstas a unas guías de arco de los contactos fijos, para que finalmente se realice el fraccionamiento y la extinción total del arco, en una serie de aletas (algunas cámaras llevan hasta 32 aletas) que se encuentran en las paredes de la cámara apagachispas.

- **Soplo magnético:** Es una técnica que permite alargar el arco eléctrico para aumentar su resistencia eléctrica, impidiendo de esta manera que la

corriente siga circulando. Para conseguirlo se emplea un procedimiento electromagnético. Al formarse el campo eléctrico se crea un campo magnético circular, que es orientado y canalizado por dos placas de acero, que se encuentran a los lados de la cámara apagachispas, para ser aumentado a través de un núcleo de láminas, que por repulsión magnética, tiende a alejar el arco desplazándolo y alargándolo hasta su total extinción.

Ordinariamente este sistema, para mayor eficacia de la extinción del arco, en la etapa final, requiere de la autoventilación.

El campo magnético que provoca el alargamiento del arco y su proyección hacia la parte superior de la cámara debe ser tal, que la extinción total de la chispa se realice en un tiempo, ni muy prolongado, porque ocasionaría el desgaste y daño prematuro de los contactos, ni demasiado corto, por cuanto podría producir sobretensiones, capaces de producir perforaciones en los materiales aislantes, especialmente cuando los circuitos que se controlan son más inductivos que resistivos.

★ CONTACTOS AUXILIARES

Contactos cuya función específica es permitir o interrumpir el paso de corriente a las bobinas de los contactores o a los ele-

mentos de señalización, por lo cual están dimensionados únicamente para intensidades muy pequeñas (miliamperios o a lo más algún amperio).

Por la función que cumplen en el circuito de mando, es importante que su nivel de fiabilidad (= probabilidad estadística de asegurar un funcionamiento sin averías) sea muy grande, tanto más que muchas veces deben trabajar con los PLC.

Esto se asegura, en algunos casos, construyendo los platinos de los contactos con estrías cruzadas, entre los dos contactos (móvil y fijo), para que evaquen fácilmente cuerpos extraños y se dé además, en cada maniobra, un contacto multipunto.

Por otra parte, se refuerza aún más esta fiabilidad, haciendo que el contacto móvil se deslice lateralmente (autolimpiante), en cada cierre de maniobra, sobre el contacto fijo.

La versatilidad que tienen los contactores depende, en gran parte, del uso correcto que se le dé a los contactos auxiliares, por lo cual es muy importante conocer las funciones y operaciones que se pueden realizar con ellos, si se quiere optimizar la etapa de tratamiento.

Normalmente los contactos auxiliares son:

- **Instantáneos:** actúan tan pronto se energiza la bobina del contactor.

- **De apertura lenta:** la velocidad y el desplazamiento del contacto móvil es igual al de la armadura.

- **De apertura positiva:** los contactos abiertos y cerrados no pueden coincidir cerrados en ningún momento.

Sin embargo se encuentran contactos auxiliares con adelanto al cierre o a la apertura y con retraso al cierre o a la apertura. Estos contactos actúan algunos milisegundos antes o después que los contactos instantáneos.

Existen dos clases de contactos auxiliares:

- **Contacto normalmente abierto (NA ó NO),** llamado también contacto instantáneo de cierre: contacto cuya función es cerrar un circuito, tan pronto se energice la bobina del contactor al cual pertenece. En estado de reposo debe encontrarse abierto.
- **Contacto normalmente cerrado (NC),** llamado también contacto instantáneo de apertura: contacto cuya función es abrir un circuito, tan pronto se energice la bobina del contactor al cual pertenece. En estado de reposo debe encontrarse cerrado.

Los contactores principales tienen normalmente por lo menos un contacto auxiliar NA, pero se encuentran contactores con

varios contactos auxiliares abiertos y/o cerrados.

Uno de los contactos auxiliares NA debe cumplir la función de garantizar la alimentación de la bobina, cuando se suelte el pulsador de marcha, por lo cual recibe el nombre específico de **contacto auxiliar de sostenimiento o retención**.

A pesar de que todos los contactos auxiliares actúan solidariamente, si se tienen contactos auxiliares NA y NC se da un **tiempo de conmutación entre ambos**, por la forma constructiva y ubicación que tienen en la armadura (lo que se ha llamado anteriormente apertura POSITIVA).

Normalmente, al energizar la bobina, primero se abren los contactos cerrados y luego de unos milisegundos se cierran los abiertos.

Los contactores que tienen únicamente contactos auxiliares, con variedad de combinaciones (sólo abiertos, sólo cerrados, abiertos y cerrados), se denominan **CONTACTORES AUXILIARES**. Deben tener gran robustez mecánica y se usan específicamente en los circuitos de mando, pero también pueden usarse, a manera de interface, entre la salida de un PLC y la bobina de un contactor principal.

Cuando un contactor no tiene el número suficiente de contactos auxiliares que se requieren

en un determinado circuito, es necesario emplear:

Bloques aditivos de contactos auxiliares, que se accionan con la misma armadura del contactor al que se asocia mecánicamente. Los hay frontales y laterales.

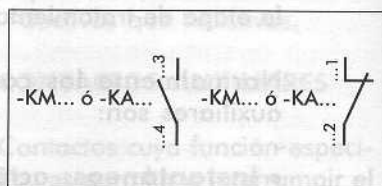
Solamente algunos modelos de contactores pueden llevar estos bloques.

- **Contactores auxiliares:** en este caso se conecta la bobina del contactor (o contactores) que se adiciona, en paralelo con la bobina del contactor que tiene insuficiencia de contactos auxiliares, de tal manera que los contactos de aquel actuarán como si fueran contactos auxiliares de éste.

Los símbolos de los contactos auxiliares se encuentran solamente en los esquemas de mando o control.

Para una adecuada interpretación y el correcto montaje de un circuito, debemos tener en cuenta lo siguiente:

- El símbolo correspondiente a los contactos NA y NC.



- Para identificar plenamente

un contacto auxiliar, se usa la misma marca del contactor al cual pertenece, colocada al lado izquierdo del símbolo, y unos índices, que corresponden a la entrada y salida del contacto.

En los planos actuales, y según las normas IEC 1082-1, las marcas y los índices se deben colocar en la parte izquierda del símbolo.

● FUNCIONAMIENTO DEL CONTACTOR

⇒ Cuando la bobina es energizada genera un campo magnético intenso, de manera que el núcleo atrae a la armadura, con un movimiento muy rápido.

⇒ Con este movimiento todos los contactos del contactor, principales y auxiliares, cambian inmediatamente y en forma solidaria de estado (los contactos cerrados se abren y los contactos abiertos se cierran).

- **Poder de cierre:** valor de la corriente, independientemente de la tensión, que un contactor puede establecer en forma satisfactoria y sin peligro de que sus contactos se suelden.

- **Poder de corte:** valor de la corriente que un contactor puede cortar, sin riesgo de daño de los contactos y de los aislantes de la cámara apagachispas. La corriente es más débil cuanto más alta es la tensión.

⇒ Para que los contactos vuelvan a la posición inicial o estado de reposo, es necesario desenergizar la bobina.

⇒ Durante esta desenergización o desconexión de la bobina (= carga inductiva) se producen sobretensiones de alta frecuencia, que pueden producir interferencias en los equipos electrónicos.

- Para evitar este inconveniente se recomienda el uso de bloques antiparasitarios o antiparásitos, que se conectan en paralelo con la bobina.

- Comúnmente se usan los antiparasitarios o limitadores RC, por diodo y por varistor o varistancias.

⇒ Desde el punto de vista de funcionamiento del contactor el elemento más importante es la bobina.

⇒ Desde el punto de vista de las aplicaciones que se le dé a un contactor, los elementos más importantes que tiene son los contactos.

● CLASIFICACION DE LOS CONTACTORES

✓ POR SU CONSTRUCCION

- ★ Contactores electromecánicos

- ★ Contactores estáticos o de estado sólido (tiristores).

Inconvenientes que presentan:

- Su dimensionamiento debe

ser muy superior al requerido (± 15 veces).

- La potencia disipada es muy grande (unas 30 veces superior).
- Son muy sensibles a los parásitos eléctricos y tienen una corriente de fuga importante.
- Su costo es mayor que el de un contactor electromecánico equivalente.

✓ **POR EL TIPO DE LA CORRIENTE ELÉCTRICA QUE ALIMENTA LA BOBINA**

- ★ Contactores para A.C.
- ★ Contactores para C.C.

✓ **POR LOS CONTACTOS QUE TIENE**

- ★ Contactores principales
- ★ Contactores auxiliares

✓ **POR LA CARGA QUE PUEDEN MANIOBRAR**

- ★ Es lo que se conoce como la categoría de empleo, que tiene en cuenta el valor de la corriente que el contactor debe establecer o cortar, durante una maniobra bajo carga.
- ★ Para establecer la categoría se toma en cuenta el tipo de carga controlada (inductiva, resistiva...) y las condiciones en las cuales se efectúan los cortes (motor lanzado, inversión, frenado por contracorriente...).

- ★ Las categorías más usadas en A.C. son:

AC1: Cargas no inductivas (resistencias, distribución) o débilmente inductivas, cuyo factor de potencia sea por lo menos de 0,95.

AC3: Para el control de motores jaula de ardilla (motores de rotor en cortocircuito) que se apagan a plena marcha.

- Al cierre se produce el paso de corrientes de arranque, con intensidades equivalentes a 5 ó más veces la I_n del motor.
- A la apertura corta el paso de corrientes equivalentes a la I_n absorbida por el motor. Es un corte relativamente fácil.

- ★ Además de estas dos se tienen:

AC2: Se refiere al arranque, al frenado en contracorriente, así como a la marcha por impulso permanente de los motores de anillos.

- Al cierre el contactor establece el paso de corrientes de arranque, equivalentes a más o menos 2,5 veces la I_n del motor.
- A la apertura el contactor debe cortar la intensidad de arranque, con una tensión inferior o igual a la tensión de la red.

AC4: Se refiere al arranque, al frenado en contracorriente y a la marcha por impulso permanente de los motores de jaula.

- Al cierre se produce el paso de corrientes de arranque, con intensidades equivalentes a 5 o más veces la I_n del motor.

- Su apertura provoca el corte de la I_n a una tensión, tanto mayor cuanto menor es la velocidad del motor. Esta tensión puede ser igual a la de la red. El corte es severo.

* En C.C. se encuentran cinco categorías de empleo: DC1, DC2, DC3, DC4 y DC5.

* Un mismo contactor, dependiendo de la categoría de empleo, puede usarse con diferentes intensidades. Por ejemplo un contactor que en categoría AC1 puede usarse para controlar hasta 80 A, en la categoría AC3 solamente podrá usarse para controlar hasta unos 63 A. Esta especificación la debe dar el fabricante.

VENTAJAS PARA SU USO

- ✓ Automatización en el arranque y paro de motores.
- ✓ Posibilidad de controlar completamente una máquina, desde varios puntos de maniobra o estaciones.

✓ Se pueden maniobrar circuitos sometidos a corrientes muy altas, mediante corrientes muy pequeñas.

✓ Seguridad del personal, dado que las maniobras se realizan desde lugares alejados del motor u otro tipo de carga, y las corrientes y tensiones que se manipulan con los aparatos de mando son o pueden ser pequeñas.

✓ Control y automatización de equipos y máquinas con procesos complejos, mediante la ayuda de los aparatos auxiliares de mando, como interruptores de posición, detectores inductivos, presostatos, temporizadores, etc.

✓ Ahorro de tiempo al realizar maniobras prolongadas.

CRITERIOS PARA SU ELECCION

Para elegir el contactor más conveniente y adecuado se debe tener presente:

1. Tipo de corriente, tensión de alimentación de la bobina y frecuencia.

2. Potencia nominal de la carga.

3. Condiciones de servicio: ligera, normal, dura, extrema. Existen maniobras (marcha por impulso permanente, inversión inmediata de un motor...) que modifican la intensidad de arranque y de corte.

4. Frecuencia de maniobras (cierre + apertura), robustez mecánica (maniobras en vacío) y robustez eléctrica (maniobras bajo carga).

☞ Si es para el circuito de potencia o de mando y el número de contactos auxiliares que necesita.

☞ Para trabajos silenciosos o con frecuencias de maniobra muy altas es recomendable el uso de contactores estáticos o de estado sólido.

☞ Por la categoría de empleo.

CAUSAS DE DETERIORO O DAÑO

✓ Cuando un contactor no funciona o lo hace en forma deficiente, lo primero que debe hacerse es revisar el circuito de mando y de potencia (esquemas y montaje), verificando el estado de los conductores y de las conexiones, porque se pueden presentar falsos contactos, tornillos flojos, etc.

✓ Además de lo anterior es conveniente tener presente los siguientes aspectos:

• En la bobina:

* La tensión permanente de alimentación debe ser la especificada por el fabricante, \pm un 10% de tolerancia.

* El cierre del contactor se puede producir \pm con el 85% de la En y la apertura se puede producir si ésta desciende \pm del 65%.

* Cuando se producen caídas de tensión frecuentes y de corta duración, se pueden emplear retardadores de apertura capacitivos.

* Si el núcleo y la armadura no se cierran por completo, la bobina se recalientará hasta deteriorarse por completo, por el aumento de la corriente de mantenimiento.

• En el núcleo y la armadura:

Cuando el núcleo y la armadura no se juntan bien y/o se separan, produciendo un campo electromagnético ruidoso, es necesario revisar:

* La tensión de alimentación de la bobina: si es inferior a la especificada, generará un campo magnético débil, sin la fuerza suficiente para atraer completamente la armadura.

* Los muelles: ya que pueden estar vencidos, por fatiga del material, o muy tensos.

* La presencia de cuerpos extraños en las superficies rectificadas del núcleo y/o la armadura. Estas superficies se limpian con productos adecuados (actualmente se fabrican productos en forma de aerosoles). Por ningún motivo se deben raspar, lijar y menos aún limar.

• En los contactos:

Cuando se produce un deterioro prematuro es necesario revisar:

* Si el contactor corresponde a la Pn del motor, y al número y frecuencia de maniobras requerido.

* Cuando la elección ha sido la adecuada y la intensidad de bloqueo del motor es inferior al poder de cierre del contactor, el daño puede tener origen en el circuito de mando, que no permite un correcto funcionamiento del circuito electromagnético.

* Caídas de tensión en la red, provocadas por la sobreintensidad producida en el arranque del motor, que origina pérdida de energía en el circuito magnético, de tal manera que los contactos, al no cerrarse completamente y carecer de la presión necesaria, acaban por soldarse.

* Cortes de tensión en la red: al reponerse la tensión, si todos los motores arrancan simultáneamente, la intensidad puede ser muy alta, provocando una caída de tensión, por lo cual es conveniente colocar un dispositivo, para espaciar los arranques por orden de prioridad.

* Microcortes en la red: cuando un contactor se cierra nuevamente después de algún microcorte (corte que dura algunos milisegundos), la fuerza contraelectromotriz produce un aumento de la corriente pico, que puede alcanzar hasta el doble de lo normal, provocando un arco eléctrico e incluso la soldadura de algunos contactos, entre otros problemas. Este inconveniente puede eliminarse usando un temporizador,

que retarde dos o tres segundos el nuevo cierre.

* Vibración de los contactos de enclavamiento, que repercute en el electroimán del contactor de potencia, provocando cierres incompletos y soldadura de los contactos.

ELEMENTOS DE MANDO

✓ Son todos aquellos aparatos que actúan accionados directamente por un operario, para establecer el diálogo hombre-máquina. En el diagrama de un automatismo se encuentran en la etapa de mando.

✓ La apertura y el cierre de sus contactos se realiza por **apertura o ruptura lenta**, porque la velocidad de desplazamiento del contacto móvil, de estos aparatos, es igual o directamente proporcional a la velocidad de desplazamiento del órgano de mando.

PULSADORES

Aparatos de maniobra cuyo contacto, o contactos, cambian de posición solamente mientras una fuerza externa actúa sobre ellos, volviendo a su posición original, o de reposo, tan pronto cese ésta.

✎ POR SU APARIENCIA Y FORMA EXTERIOR

● **Rasante:** el botón y la carcasa donde se encuentra alojado están al mismo nivel. Se emplea cuando es necesario evitar maniobras involuntarias.

- **Saliente:** El botón sobresale al nivel de la carcaza. Se usa cuando su accionamiento involuntario no presenta inconvenientes, o cuando el operario encuentra dificultad para utilizar un pulsador rasante (por ejemplo si debe usar guantes).

- **De llave:** para poder mover el contacto móvil es necesario usar una llave. Se usa para accionamientos delicados o de gran responsabilidad, donde la puesta en marcha o el paro no autorizados, pueden ocasionar serios inconvenientes, en el operario o en la máquina.

- **De seta:** pulsador cuyo botón, siempre rojo, es más grande de lo normal, de manera que en casos de emergencia pueda ser localizado y accionado de manera fácil y sobre todo rápida (accidentes, situaciones en que los sistemas automáticos de paro no han respondido, etc.).

- Existen modelos con enclavamiento o con llave, que para ser maniobrados nuevamente deben desenclavarse.

- **Con capuchón:** el botón y la carcaza están completamente cubiertos. Se emplea para ambientes polvorientos.

- **De pedal:** para maniobras en las que el operario tiene las manos ocupadas, debiendo accionar con el pie.

- **Luminoso:** con señalización incorporada. Se emplea cuando es necesario conocer si ha sido ac-

cionado, especialmente si se está alejado de él.

5.2.5 POR LA FUNCION QUE REALIZAN

- **Normalmente cerrado (NC):** tiene sólo un contacto, el cual se encuentra normalmente cerrado. Sirve para abrir un circuito.

- **De desconexión múltiple:** es el mismo NC pero con dos o más contactos cerrados, unidos mecánicamente. Sirve para abrir dos o más circuitos en forma simultánea.

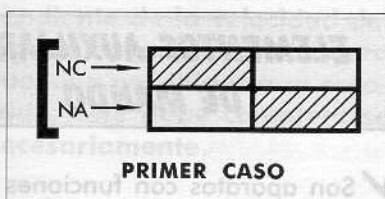
- **Normalmente abierto (NA o NO):** tiene sólo un contacto, el cual se encuentra normalmente abierto. Sirve para cerrar un circuito.

- **De conexión múltiple:** es el mismo NA pero con dos o más contactos abiertos, unidos mecánicamente. Sirve para cerrar dos o más circuitos.

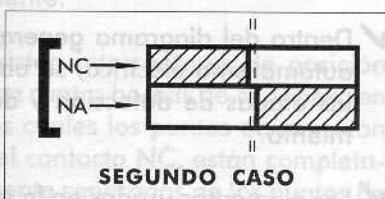
- **De conexión-desconexión:** es un solo pulsador pero con dos contactos, uno NC y otro NA unidos mecánicamente. Sirve para abrir un circuito y cerrar otro en forma simultánea (no confundir estos pulsadores con los pulsadores dobles).

A pesar de que todos estos pulsadores tienen un contacto NC y otro NA, no todos ellos actúan de la misma forma, sino que se presentan variantes en la forma de abrir y cerrar los diferentes circuitos.

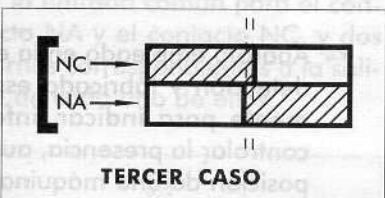
En forma gráfica veamos las diferentes modalidades.



Cuando se oprime el botón del pulsador, el contacto NC se abre en el mismo momento en que se cierra el contacto NA.



Cuando se oprime el botón del pulsador, el contacto NC se abre y el contacto NA se mantiene abierto un momento más antes de cerrarse, de manera que durante un tiempo y espacio determinados, ambos contactos estarán abiertos (el espacio que hay entre las dos líneas punteadas). Este es el que más se usa.

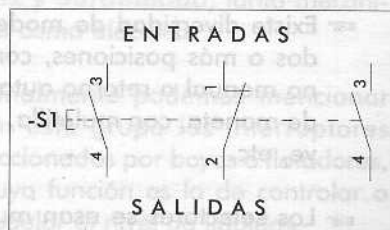


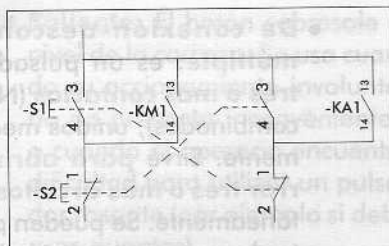
Cuando se oprime el pulsador, sucede todo lo contrario del caso anterior, ya que durante un tiempo y espacio ambos contactos estarán cerrados.

• **De conexión-desconexión múltiple:** es un pulsador con tres o más contactos (NA y NC combinados), unidos mecánicamente. Sirve para abrir y cerrar tres o más circuitos simultáneamente. Se pueden presentar los mismos casos de los pulsadores de conexión-desconexión.

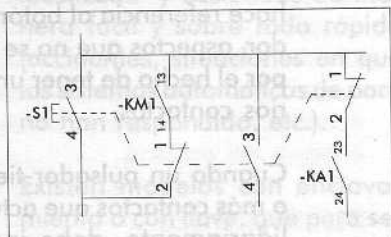
ASPECTOS PRACTICOS PARA LA CONEXIÓN DE PULSADORES

- ★ Ante todo tengamos presente que cuando se habla de un pulsador, se hace referencia a un botón que se debe accionar, y no al número de contactos que puede tener. Por eso, cuando en un esquema se quiere representar un pulsador, se emplea una sola marca (-S y un subíndice) y un solo símbolo (E--), que hace referencia al botón pulsador, aspectos que no se alteran por el hecho de tener uno o varios contactos.
- ★ Cuando un pulsador tiene dos o más contactos que actúan solidariamente, debe indicarse este aspecto mediante el símbolo de unión mecánica.
- ★ En los siguientes gráficos vemos, no solamente este aspecto, sino también los índices más usados actualmente.





Si para un montaje se debe usar un pulsador con dos o más contactos, al diseñar el esquema de mando, los símbolos de los diversos contactos se ubican en los circuitos donde realizan una determinada función, no olvidando que siempre deben unirse sus puntos medios con una línea punteada recta o quebrada (unión mecánica), buscando permanentemente que tenga una trayectoria continua y sin derivaciones.



SELECTORES

Conocidos también como interruptores giratorios, se emplean cuando es necesario elegir un determinado tipo de maniobra.

Existe diversidad de modelos: de dos o más posiciones, con retorno manual o retorno automático, de maneta, con muletilla, con llave, etc.

Los selectores se usan mucho en

los circuitos diseñados bajo la modalidad manual-automático.

ELEMENTOS AUXILIARES DE MANDO

- ✓ Son aparatos con funciones similares a la de los pulsadores, pero que a diferencia de éstos, no son accionados por el operario sino por otros factores, como presión, tiempo, luz, acción mecánica, campos magnéticos, temperatura, etc.
- ✓ Dentro del diagrama general de un automatismo eléctrico, se ubican en las etapas de detección y de tratamiento.
- ✓ Los elementos usados en la etapa de detección, tienen las mismas aplicaciones e importancia en los automatismos electrónicos.
- ✓ Como en el caso de los pulsadores, únicamente trataremos aquellos que tienen un uso más frecuente y generalizado en los procesos industriales actuales.

INTERRUPTOR DE POSICIÓN O FINAL DE CARRERA

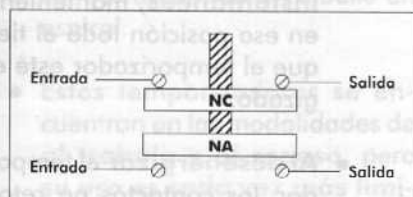
Aparato empleado en la etapa de detección y fabricado específicamente para indicar, informar y controlar la presencia, ausencia o posición de una máquina o parte de ella, siendo accionado por ellas mismas mediante contacto físico (ataque).

Regularmente tiene dos contactos (NA y NC) de **apertura o ruptura**.

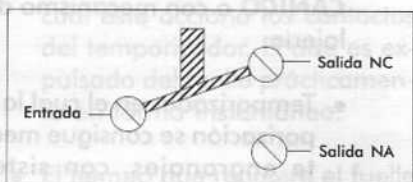
ra brusca, es decir que la velocidad de desplazamiento de los contactos móviles es independiente de la velocidad del órgano de mando, de manera que, una vez iniciado su recorrido, éste debe completarse necesariamente.

Los dos contactos están unidos mecánicamente y se comportan exactamente como los contactos de los pulsadores de conexión-desconexión (segundo caso), con las salvedades expuestas anteriormente.

Existen interruptores de posición con cuatro bornas de conexión, en los cuales los puntos de conexión del contacto NC, están completamente separados de los puntos de conexión del contacto NA.



Así mismo existen interruptores de posición solamente con tres bornas de conexión: una borna que es la entrada común para el contacto NA y el contacto NC, y dos bornas correspondientes a la salida de cada uno de ellos.



Como el ataque o accionamiento

to que se ejerce sobre ellos depende de la aplicación específica que se les dé, se encuentran diferentes tipos de interruptores de posición:

- De ataque frontal: con cabeza cilíndrica o vástago de acero.
- De ataque lateral unidireccional o bidireccional: con rodana, en variedad de formas.
- De ataque lateral multidireccional: con varilla flexible y resorte.

Cuando es necesario usar finales de carrera, en máquinas de dimensiones reducidas o con desplazamientos cortos, se emplean los **microinterruptores**, llamados así por ser muy pequeños. Se encuentran también en variedad de formas en su zona de ataque. Su funcionamiento es idéntico al de los finales de carrera normales.

Los interruptores de posición se emplean especialmente en operaciones automáticas, en las cuales es necesario **detener, alterar o invertir** el desplazamiento de una máquina (apertura y cierre de puertas, montacargas, rectificadoras, ascensores, prensas, etc.).

Por el trabajo que realizan estos aparatos deben tener **gran robustez y durabilidad**, tanto mecánica como eléctrica.

Finalmente podemos mencionar en este grupo los interruptores accionados por boyas o flotadores, cuya función es la de controlar o regular el nivel de líquidos.

Aspectos prácticos para la conexión de los finales de carrera:

★ En primer lugar téngase en cuenta todo lo dicho sobre el uso de los pulsadores, especialmente de conexión-desconexión.

★ Las marcas e índices son los mismos que se emplean para los pulsadores, porque, en último análisis, cumplen las mismas funciones.

TEMPORIZADORES O RELES DE TIEMPO

Son aparatos en los cuales se abren o cierran determinados contactos, llamados **contactos temporizados**, después de cierto tiempo, debidamente preestablecido, de haberse abierto o cerrado su circuito de alimentación.

Se emplean específicamente en la etapa de tratamiento.

Existe una gran variedad de tipos de temporizadores, tanto por la forma de temporizar, como por las técnicas constructivas, funcionamiento, precisión, etc.

✓ TEMPORIZADOR AL TRABAJO

- Aquel cuyos **contactos temporizados actúan después de cierto tiempo de que se ha energizado el elemento motor del temporizador.**
- En el momento de energizar el temporizador, los contactos

temporizados que tiene siguen en la misma posición de estado de reposo, y solamente cuando ha transcurrido el tiempo programado, cambian de estado, es decir que el contacto NA se cierra y el contacto NC se abre.

✓ TEMPORIZADOR AL REPOSO

- En este tipo de temporizador, los **contactos temporizados actúan como temporizados solamente después de cierto tiempo de haber sido desenergizado el elemento motor del temporizador.**
- Cuando se energiza el temporizador, sus contactos temporizados actúan inmediatamente, como si fueran contactos instantáneos, manteniéndose en esa posición todo el tiempo que el temporizador esté energizado.
- Al desenergizar el temporizador, los contactos no retornan inmediatamente a su estado de reposo, sino que lo hacen cuando haya transcurrido el tiempo preestablecido, actuando en ese momento como contactos temporizados.

✓ TEMPORIZADOR ELECTROMECÁNICO o con mecanismo de relojería

- Temporizador en el cual la temporización se consigue mediante engranajes, con sistemas comparables al de los relojes mecánicos. El conteo del tiem-

po programado se inicia al energizar un pequeño motor síncrono de velocidad constante, que mueve una serie de engranajes, para reducir la velocidad del motor. El último de los engranajes lleva un pin o tope para accionar unos contactos de apertura lenta o un microrruptor de apertura brusca, los cuales actúan como contactos temporizados.

- El tiempo se programa alejando o acercando manualmente el pin que acciona los contactos.
- Para que el temporizador esté en condiciones de temporizar nuevamente es necesario desenergizar su elemento motor y esperar que los engranajes vuelvan a su posición de reposo, por acción de un muelle en espiral.
- Estos temporizadores se encuentran en las modalidades de **al trabajo y al reposo**, pero su uso es cada vez más limitado.

✓ **TEMPORIZADORES NEUMATICOS**

- Temporizadores en los cuales la temporización se obtiene regulando la entrada de aire en un fuelle, hasta que se llene completamente, momento en el cual éste acciona los contactos del temporizador. El aire es expulsado del fuelle prácticamente en forma instantánea.
- El tiempo que requiere el fuelle para llenarse de aire nos da el tiempo de temporización.

- La regulación del tiempo se realiza por medio de un diafragma, compuesto por dos discos superpuestos que llevan sendas perforaciones y una ranura que los va interconectando, de manera que, de acuerdo a la distancia existente entre dichas perforaciones, se tendrá un mayor o menor paso de aire y por consiguiente un menor o mayor tiempo.

- La expulsión del aire, se produce por acción de la armadura, al ser energizada la bobina que lleva el temporizador, o la bobina del contactor sobre el cual se ha colocado el bloque temporizado.

- En los **temporizadores neumáticos al trabajo**, la armadura, cuando está separada del núcleo (temporizador o contactor en reposo), **mantiene el fuelle comprimido**. Al energizar la bobina, la armadura se separa del fuelle, permitiendo que éste comience a expandirse hasta llenarse completamente de aire, momento en el cual recién accionará los contactos, cambiándolos de estado: primero se abre el contacto NC y luego de unos milisegundos se cierra el contacto NA (conmutación de apertura positiva).

- En los **temporizadores neumáticos al reposo**, cuando la armadura está separada del núcleo (temporizador o contactor desenergizado), el fuelle se encuentra **expandido**, manteniendo los contactos en un determinado estado. Al ener-

gizar el temporizador o la bobina del contactor, en el cual se ha colocado el bloque temporizado, la armadura comprime el fuelle, por la cual los contactos actúan en ese momento como si fueran instantáneos (el contacto NC se abre y el contacto NA se cierra) y no como temporizados. En este nuevo estado permanecerán todo el tiempo que la bobina se mantenga energizada.

- Al desenergizar el temporizador la armadura deja de comprimir el fuelle, de manera que éste empieza a expandirse nuevamente, iniciándose la temporización. Cuando el fuelle se llena completamente de aire, vuelve a accionar los contactos, que esta vez sí actúan como contactos temporizados, retornando a la posición inicial de reposo, después del tiempo programado.
- Los contactos temporizados que accionan el fuelle pueden ser de apertura lenta o bien de apertura brusca.
- Si los contactos son de apertura brusca, el diseño del circuito no presenta ninguna dificultad adicional.
- Si los contactos son de apertura lenta, el circuito debe diseñarse de tal manera que se garantice la apertura y sobre todo el cierre del contacto NA, porque si la bobina se desenergiza demasiado rápido, es muy probable que actúe únicamente el contacto NC y no su

ceda lo mismo con el contacto NA, al no llegar a cerrarse completamente.

- Existen algunos temporizadores con bobina propia y otros en los cuales el elemento motor es la misma armadura del contactor, principal o auxiliar, al cual se le adiciona mecánicamente el bloque temporizado (como si fuera un bloque frontal de contactos auxiliares) compuesto únicamente por el fuelle, el diafragma y los contactos temporizados.
- Cuando el temporizador tiene su propia bobina, además de los contactos temporizados, debe llevar por lo menos un contacto instantáneo NA.
- Si el temporizador está compuesto por el contactor y el bloque temporizado, todos los contactos del contactor siguen siendo instantáneos y los del bloque temporizado son los contactos temporizados.
- El uso de los temporizadores neumáticos es bastante común, sobre todo si no se necesita mucha precisión, porque tienen la ventaja de ser insensibles a los parásitos de origen eléctrico.

✓ TEMPORIZADORES ELECTRONICOS

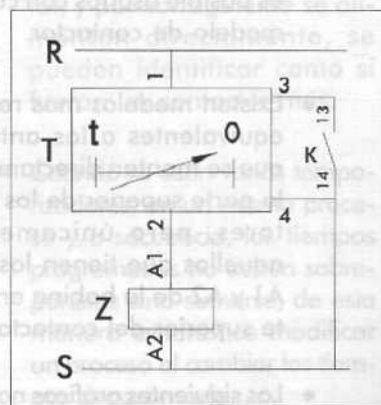
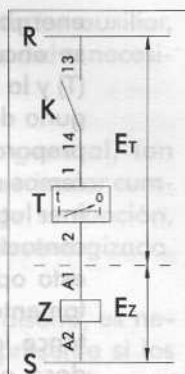
- Son aquellos cuyo sistema de temporización está conformado por circuitos electrónicos.
- Se encuentra una gran variedad de modelos, dependiendo de su

funcionamiento (al trabajo o al reposo), energización, tiempo de temporización, precisión, etc., por lo cual su uso se va extendiendo cada vez más, a pesar de ser más delicados que los neumáticos y electromecánicos.

- Existen temporizadores cuyo sistema de temporización se conecta directamente a las líneas de alimentación. Este tipo de temporizador debe tener sus propios contactos temporizados y además puede tener uno o más contactos instantáneos.
- También encontramos los denominados temporizadores electrónicos serie, los cuales no pueden energizarse directamente, sino que deben energizarse necesariamente conectados en serie con la bobina de un contactor, razón por la cual presentan algunas particularidades que es necesario tener en cuenta en el momento de usarlos.
- Veamos en primer lugar cómo funciona el temporizador electrónico serie al trabajo.
- Al cerrarse el circuito en el que se encuentran el temporizador (T) y la bobina (Z), ambos elementos quedan energizados, pero por ser un circuito serie, la tensión de alimentación (R-S) se divide entre las dos cargas (T y Z). Por la naturaleza de los componentes, en el momento de la energización E_r es mayor y permite que el temporizador T pue-

da comenzar a temporizar, mientras que E_z es tan pequeña que el contactor, cuya bobina es Z, no puede actuar.

- Transcurrido el tiempo de temporización, el proceso se invierte, es decir que Z recibirá la tensión mayor, de manera que el contactor puede actuar, como si recién hubiera sido energizado, mientras que el temporizador al recibir ahora una tensión muy pequeña, es como si hubiera sido desenergizado.
- Este tipo de temporizadores no tiene contactos temporizados, por cuanto todos los contactos del contactor, con cuya bobina está en serie, se comportan como si fueran los contactos temporizados del temporizador.
- Temporizador electrónico serie al reposo: cuando se



energiza el circuito en el cual se encuentran el temporizador (T) y la bobina (Z) no actúa ninguno de los dos, pero ya están preparados para actuar. Si queremos que T temporice, en primer lugar es necesario cerrar el contacto K. Como resultado de esta operación actúa inmediatamente el contactor al cual pertenece la bobina Z, manteniéndose en esa posición todo el tiempo que el contacto K esté cerrado.

- El temporizador T empezará a temporizar solamente cuando el contacto K se vuelva a abrir. Durante la temporización el contactor sigue actuando y al finalizar la temporización volverá al estado de reposo.
- Como en el caso del temporizador electrónico serie al trabajo, todos los contactos del contactor, cuya bobina está en serie con el temporizador, actúan como contactos temporizados.
- Los temporizadores electrónicos serie expuestos se montan sobre perfiles omega, por lo cual es posible usarlos con cualquier modelo de contactor.
- Existen modelos más recientes, equivalentes a los anteriores, que se montan directamente en la parte superior de los contactores, pero únicamente de aquellos que tienen los puntos A1 y A2 de la bobina en la parte superior del contactor.
- Los siguientes gráficos nos mues-

tran cómo se montan y cómo se conectan.

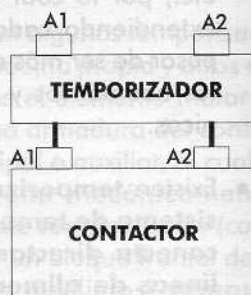
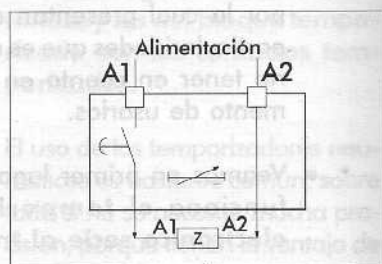


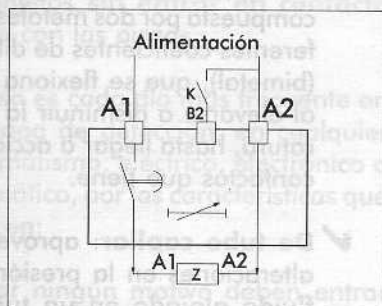
Diagrama que nos muestra como se monta un temporizador electrónico serie sobre un contactor.

- **Temporizador electrónico serie al trabajo:** basta alimentar los puntos A1 y A2 del temporizador para que automáticamente se establezca el circuito serie.



- **Temporizador electrónico serie al reposo:** al alimentar los puntos A1 y A2 del temporizador, éste queda preparado para temporizar. Si se cierra el contacto K, inmediatamente actúa el contactor cuya bobina Z está en serie con el temporizador electrónico. En el momento en que el contacto K se vuelve

a abrir, el temporizador comienza a temporizar. Durante este tiempo de temporización, el contactor sigue actuando y solamente cuando concluya dicho tiempo volverá al estado de reposo.



• ASPECTOS PRACTICOS PARA EL MANEJO DE LOS TEMPORIZADORES

- * Antes de conectar un temporizador es necesario conocer el tipo de temporizador, la clase de corriente eléctrica, la tensión y la corriente.
- * Observe bien si tiene solamente contactos temporizados, o si por el contrario posee contactos instantáneos y temporizados. Así mismo debe tratar de averiguar si estos contactos son de apertura lenta o de apertura brusca, para realizar un diseño correcto y darles un uso adecuado a los diferentes contactos.
- * Si un temporizador requiere de un contacto auxiliar de sostenimiento, pero no tiene contactos instantáneos, se debe conectar en paralelo

con él un contactor auxiliar, para que cubra dicha necesidad.

- * Como norma general, tan pronto un temporizador cumpla plenamente su función, éste debe ser desenergizado.
- * Al realizar un diseño, es necesario tener presente si los contactos temporizados son de apertura lenta o de apertura brusca (cuando no hay certeza es mejor considerarlos como si fueran de apertura lenta), y si sus bornas de conexión están completamente separadas o tienen un punto común.
- * Por lo general, los bloques temporizados se asocian a contactores auxiliares (excepcionalmente a contactores principales), razón por la cual, los contactos temporizados se identifican con la misma marca del contactor con el cual se ha juntado.
- * Los temporizadores que tienen su propio elemento motor, y por consiguiente se alimentan directamente, se pueden identificar como si fueran un contactor más.
- * Cuando se usan varios temporizadores, en un mismo proceso y/o secuencia, los tiempos programados no deben superponerse sino sumarse, de esta manera evitaremos modificar un proceso al cambiar los tiempos programados.

- * En un proceso es conveniente emplear un mismo tipo de temporizador. En el presente libro no se sigue este criterio con el fin de aprender a usar diferentes temporizadores.

❁ PRESOSTATOS

Son aparatos que abren o cierran un circuito eléctrico al detectar cambios de presión en sistemas neumáticos o hidráulicos.

✓ **De membrana:** la variación de presión, en un sistema neumático o hidráulico, produce la deformación de una membrana. Esta deformación se trasmite a un pistón, el cual a su vez, desplaza los contactos eléctricos que tiene el presostato.

✓ **Sistema tubular:** funciona gracias a un tubo ondulado (a manera de fuelle metálico), el cual maniobra los contactos eléctricos del presostato, de acuerdo con las variaciones de presión.

Los presostatos se instalan en las tuberías de conducción de gases o líquidos, o bien en los tanques de almacenamiento de dichos elementos.

Pueden emplearse como reguladores de presión entre dos valores preestablecidos, uno superior o alto y otro inferior o bajo. La regulación de cada uno de ellos se hace por separado, y la zona entre el punto alto y el bajo se conoce como zona de intervalo.

❁ TERMOSTATO

Aparatos que abren o cierran circui-

tos eléctricos, en función de la temperatura que los rodea. Los termostatos no deben confundirse con los relés térmicos.

✓ **De láminas metálicas:** se fundamenta en la acción que ejerce la temperatura en una lámina, compuesta por dos metales con diferentes coeficientes de dilatación (bimetal), que se flexiona (dobla) al elevarse o disminuir la temperatura, hasta llegar a accionar los contactos que tiene.

✓ **De tubo capilar:** aprovecha las alteraciones en la presión de un fluido alojado en un tubo muy delgado, al variar la temperatura. Esta variación de presión produce a su vez una modificación en la forma del tubo, hasta accionar los contactos eléctricos que posee, a medida que sube o baja la temperatura.

De acuerdo con la temperatura que se tiene que controlar, se encuentran modelos con tubo capilar o bulbo especial.

❁ PROGRAMADORES

Son aparatos que accionan un gran número de contactos, en forma independiente, simultánea, secuencial o periódicamente (cíclica). Están conformados por un motor, transmisión y contactos (microruptores).

Actualmente casi todos los sistemas mecánicos se sustituyen por procedimientos electrónicos. En efecto, entre los bloques de función con que cuentan los PLC están precisamente los programadores cíclicos.

DETECTORES

Conocidos también como **captadores** o **sensores**, son dispositivos electrónicos que transmiten información sobre presencia, ausencia, paso, fin de recorrido, rotación, conteo, etc., de objetos sin entrar en contacto físico con las piezas.

Su uso es cada día más frecuente en la etapa de detección, en cualquier automatismo, eléctrico, electrónico o neumático, por las características que ofrecen:

- ✓ Por ningún motivo deben entrar en contacto físico con los objetos que detectan.
- ✓ Generalmente no tienen piezas en movimiento, por lo cual no hay desgaste mecánico, siendo su vida útil independiente del número de maniobras.
- ✓ Pueden detectarse objetos muy frágiles y delicados.
- ✓ Se pueden obtener cadencias (frecuencias) elevadas de funcionamiento y grandes velocidades de ataque.
- ✓ Tienen gran compatibilidad con los automatismos electrónicos, particularmente con los PLCs.

TERMINOLOGIA EMPLEADA:

- ✓ **Alcance nominal (S_n):** espacio de influencia convencional que le asigna el fabricante, sin tener en cuenta ningún otro factor (temperatura ambiente, tensión de alimentación, etc.).

- ✓ **Alcance real (S_r):** espacio que puede cubrir la influencia del detector, teniendo en cuenta la tensión nominal asignada (E_n) y la temperatura ambiente asignada (T_n). Este alcance está comprendido entre el 90% y 110% del alcance nominal.

- ✓ **Alcance útil (S_u):** espacio que cubre la influencia del detector, en condiciones específicas de tensión de alimentación (E_b) y temperatura. Este alcance está comprendido entre el 90% y 110% del alcance real.

- ✓ **Alcance de trabajo (S_a):** espacio en el que la detección de la placa de medida (= placa cuadrada, de lado igual al diámetro de la cara sensible o igual a $3 S_n$, de acero dulce A37 de 1mm de espesor) es segura, cualesquiera que sean las dispersiones de tensión y temperatura. Es el dominio o campo de funcionamiento del detector.

- ✓ **Carrera diferencial o histéresis (H):** es la distancia entre el punto de accionamiento, cuando el objeto se acerca al detector, y el punto de desaccionamiento cuando el objeto se aleja del detector. Se expresa en porcentaje del alcance real.

Es necesario tomar en cuenta este factor, porque el recorrido de una pieza a detectar nunca es totalmente uniforme, a causa de la vibración o juego mecánico de una máquina.

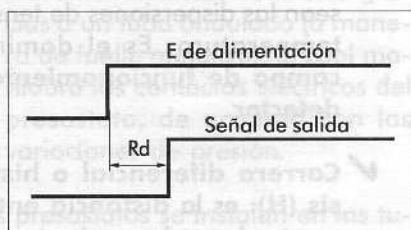
Para evitar este inconveniente, algunos detectores poseen una ban-

da diferencial o histéresis que permite obtener una conmutación segura de la salida.

✓ **Reproducibilidad o fidelidad (R):** es la precisión que tiene un sensor, en su alcance útil, al repetir varias detecciones en intervalos de tiempo, temperatura y tensión especificados. Se expresa en porcentaje del alcance real.

✓ **Frecuencia de conmutación:** hace referencia a la posibilidad de ser detectado un objeto, en función de la velocidad con que se mueve y sus dimensiones.

✓ **Retraso a la disponibilidad (R_d):** tiempo necesario para garantizar la utilización de la señal de salida de un detector, después de haber sido energizado.



✓ **Retraso al accionamiento (R_a):** Tiempo que transcurre desde que el objeto entra en la zona activa de detección y el cambio de la señal de salida del detector.

Este tiempo limita la velocidad con que debe moverse el objeto, en función de su tamaño, para poder ser detectado.

✓ **Retraso al desaccionamiento (R_r):** tiempo que transcurre desde que el objeto sale de la zona acti-

va de detección y el cambio de la señal de salida del detector.

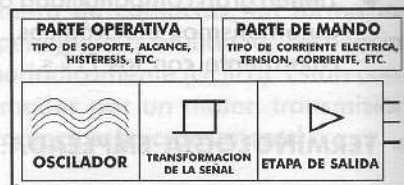


Este tiempo limita el espacio que debe existir entre dos objetos para poder ser detectados individualmente.

✓ **Intensidad residual:** corriente que circula por un detector cuando no está sensando. Es una característica específica de los detectores del tipo 2 hilos.

✓ **Tensión residual:** diferencia de potencial que hay entre las bornas de un detector cuando está sensando. Es una característica específica de los detectores del tipo 2 hilos.

✓ En forma gráfica veamos cuales son las partes de que se componen los detectores inductivos y capacitivos:

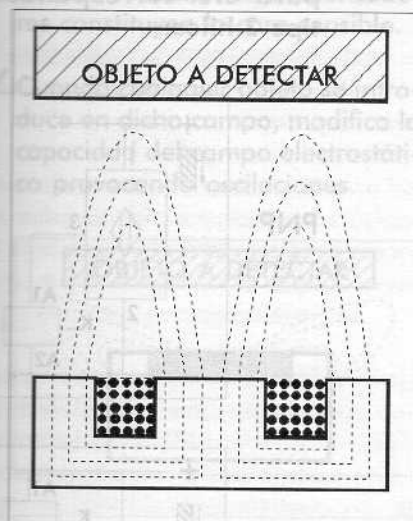


DETECTORES INDUCTIVOS

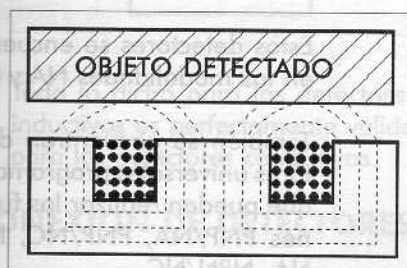
✓ Elemento cuyo principio de funcionamiento se sustenta en la varia-

ción de un campo electromagnético, cuando se acerca un objeto metálico a su cara sensible.

- ✓ Está compuesto esencialmente por un oscilador, en el cual un bobinado, que constituye la cara sensible del detector, crea un campo magnético alterno.



- ✓ Cuando un objeto metálico se coloca dentro de este campo, las corrientes inducidas constituyen una carga adicional que ocasiona la interrupción de las oscilaciones.



- ✓ En esas condiciones, un circuito de conmutación genera una señal de salida, equivalente a un contacto abierto o a un contacto ce-

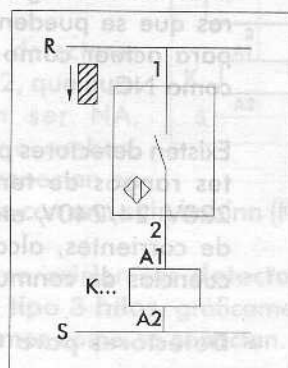
rrado, que se usa para controlar la bobina del contactor con el cual está en serie, como si fuera un pulsador o un interruptor de posición.

- ✓ Existen detectores en variedad de tipos, formas y diversidad de alcances.

★ Detectores para A.C. o A.C./C.C.

Son detectores del tipo 2 hilos y se conectan en serie con la bobina de un contactor. Los más usados son:

● Detectores NA:

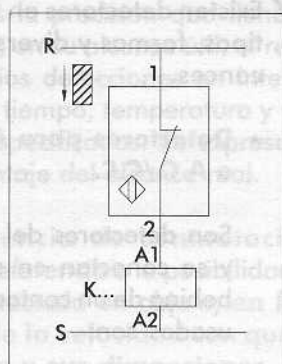


Al momento de energizar el circuito el contactor no actúa, porque el detector se comporta como si fuera un contacto NA. Al ser detectado el objeto, el sensor se vuelve pasante, actuando en ese momento el contactor.

● Detectores NC:

Al momento de energizar el circuito el contactor actúa de una vez, porque el detector se comporta como si fuera un

contacto NC. Al ser detectado el objeto, como el detector deja de ser pasante, el contactor deja de actuar.



Encontramos algunos detectores que se pueden programar para actuar como NA o bien como NC.

Existen detectores para diferentes rangos de tensión (110/220V, 24/240V, etc), variedad de corrientes, alcances y frecuencias de conmutación.

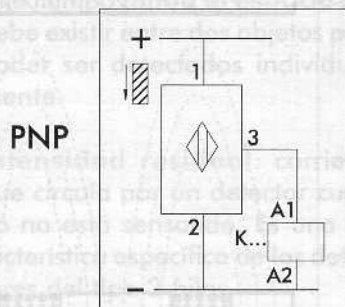
* Detectores para C.C.

Son más delicados que los de A.C. (cualquier tensión de cresta por encima del permitido, deteriorará inmediatamente el detector), por lo cual hay que cerciorarse de que la fuente de alimentación elegida incluya transformador, rectificador y filtrado.

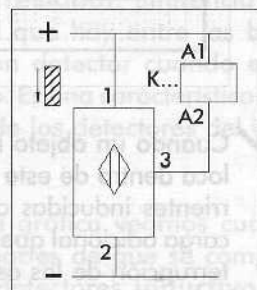
Por lo general el transformador debe entregar, en el secundario, una tensión más baja que la tensión continua requerida (por ejemplo 18 V en A.C. para obtener 24 V en C.C.).

Así mismo el filtrado debe ser correcto: mínimo 400 μF por detector o bien 2000 μF mínimo, por amperio consumido.

Aunque encontramos detectores del tipo 2 hilos, polarizado y no polarizado y 4 hilos, normalmente los detectores para C.C. corresponden al tipo 3 hilos:



PNP



NPN

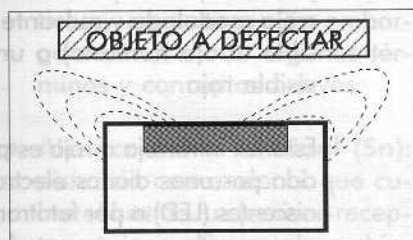
Estos detectores se encuentran en las modalidades NA y NC.

También se encuentran detectores universales programables, que pueden realizar las funciones PNP/NA, PNP/NC, NPN/NA, NPN/NC.

Los detectores para C.C. tienen la ventaja de ofrecer modelos con frecuencias muy altas de conmutación.

DETECTORES CAPACITIVOS

- ✓ Elemento cuyo principio de funcionamiento se sustenta en la variación de un campo electrostático, al acercarse cualquier objeto a su cara sensible.
- ✓ Consta básicamente de un oscilador, en el cual unos condensadores constituyen la cara sensible.
- ✓ Cuando cualquier objeto se introduce en dicho campo, modifica la capacidad del campo electrostático provocando oscilaciones.



- ✓ Todo lo dicho para los detectores inductivos es perfectamente válido para los detectores capacitivos.

CONEXIÓN DE DETECTORES

- ✓ Conexión de un solo detector

Se conectan como se ha indicado en las páginas 61 y 62, dependiendo del tipo de detector.

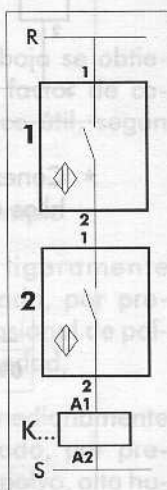
✓ Conexión de varios detectores

En los siguientes gráficos vemos las diferentes formas de conectar dos o más detectores.

★ Conexión en serie

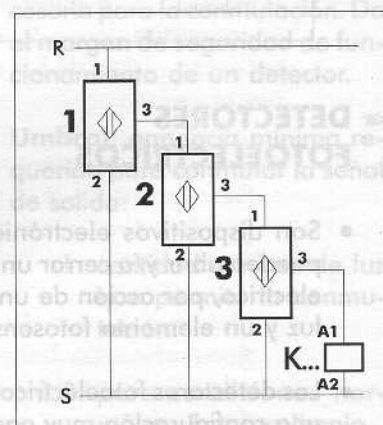
Para detectores del tipo 2 hilos es necesario que estos sean multitensión, pues la tensión se reparte (de acuerdo a lo dicho anteriormente) entre los detectores.

Los detectores 1 y 2, que pueden ser NA, NC o ambos, se conectan en serie con una sola bobina (K...).

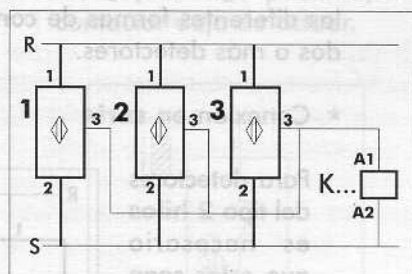


Como existen los **detectores del tipo 3 hilos**, gráficamente veamos como se conectan.

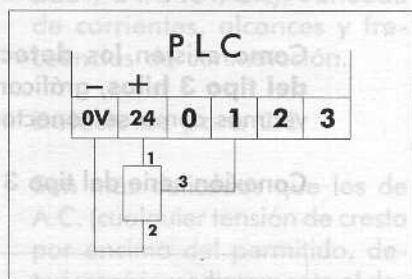
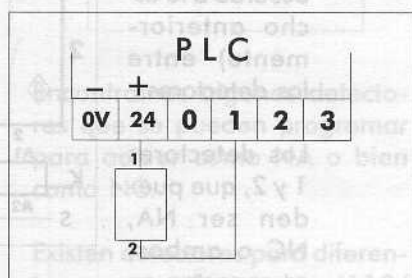
Conexión serie del tipo 3 hilos



- ★ Conexión en paralelo de detectores tipo 3 hilos



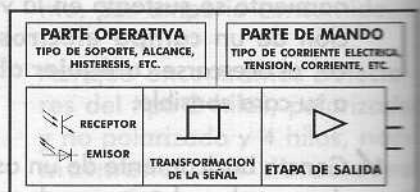
- ★ Conexión de detectores de 2 y 3 hilos a un PLC.



DETECTORES FOTOELECTRICOS

- Son dispositivos electrónicos que pueden abrir y/o cerrar un circuito eléctrico, por acción de un haz de luz y un elemento fotosensible.
- Los detectores fotoeléctricos tienen una configuración muy parecida a

la de los detectores inductivos y capacitivos.



- Todo detector fotoeléctrico está compuesto por un emisor y un receptor.
- ★ El emisor: su única función es producir y emitir una luz infrarroja modulada y pulsante (invisible al ojo humano) o una luz visible roja.

Esta luz infrarroja o roja es producida por unos diodos electroluminiscentes (LED) o por fototransistores, cuando son atravesados por una corriente eléctrica.

Se usa la luz infrarroja modulada porque garantiza una gran inmunidad a otras formas de luz ambientales (luces parásitas), así como por su alto rendimiento luminoso, gran velocidad de respuesta, insensibilidad a choques y vibraciones y porque su vida útil es prácticamente ilimitada.

La luz roja se utiliza para transmisión por fibra óptica plástica y en detectores reflex polarizados.

- ★ El receptor: compuesto por un fototransistor, sensible únicamente a la luz infrarroja modulada y pulsante del LED, cuya función es captar la luz produci-

da por el emisor, y tratarla para luego controlar una carga.

Cada vez que recibe dicho haz, entrega una señal de salida equivalente a un contacto abierto y/o cerrado, o bien acciona un pequeño relé con un contacto abierto y/o cerrado, que controla la bobina de un contactor.

✓ TERMINOLOGÍA EMPLEADA

- En general los términos relativos a tensión, corriente, retrasos, etc., es la misma que se ha usado para los detectores inductivos y capacitivos. Sin embargo se encuentran algunos términos y conceptos nuevos.
- **Alcance útil o nominal (S_n):** distancia convencional que cubre el haz de luz (emisor-receptor, emisor-reflex, emisor-objeto a detectar), asignada por el fabricante y que sirve para designar y escoger un detector.
- **Alcance de trabajo o campo de funcionamiento (S_a):** distancia de trabajo real del haz de luz, teniendo en cuenta los diversos factores del entorno, reflector, margen de seguridad en la detección del objeto, etc.

Normalmente es menor que el alcance útil.

A mayor contaminación del entorno, menor alcance de trabajo.

- **Entorno:** ambiente que rodea al detector. Puede ser limpio o contaminado por polución, polvo, humo, vapor, lluvia, niebla,

humedad, frío, vibraciones, choques, etc.

A mayor contaminación ambiental, se requiere una limpieza más frecuente y periódica de los lentes del emisor y receptor y los reflectores.

El alcance de trabajo se obtiene aplicando un factor de corrección al alcance útil, según el entorno:

1 : entorno limpio

0.5 : entorno ligeramente contaminado, por presencia ocasional de polvo o humedad.

0.25 : entorno medianamente contaminado, por presencia de polvo, alta humedad, vapores...

0.10 : entorno muy contaminado, por partículas en el aire, operaciones de lavado con detergente...

- **Ganancia:** es el cociente que hay entre la señal recibida por el fototransistor y la señal necesaria para la conmutación. Da el margen de seguridad de funcionamiento de un detector.

- **Umbral:** ganancia mínima requerida para conmutar la señal de salida:

1: cantidad mínima de luz que permite la conmutación.

≥ 3 : para condiciones normales. Entorno limpio.

≥ 5: para entorno ligeramente polvoriento.

≥ 10 para ambiente polucionado, muy polvoriento, neblina ligera...

≥ 50 para entorno muy polucionado, humo, neblina, vapores...

- **Sensibilidad:** tamaño mínimo del objeto para poder ser detectado, o capacidad de reflejar la luz del emisor para que pueda retornar al receptor.

- **Reglaje:** valor previamente determinado, para poder regular la sensibilidad del detector.

- **Frecuencia de conmutación:** duración de la señal de salida, en función de la velocidad de paso y de las dimensiones del objeto.

Los detectores para C.C. presentan frecuencias de conmutación muy superiores a la de los detectores para A.C. ó A.C./C.C.

- **Función luz:** la señal de salida es conmutada cuando el receptor capta el haz de luz enviado por el emisor.

- * **Sistema de barrera y reflex:** la bobina o el relé dejan de actuar al ser detectado un objeto.

- * **Sistema de proximidad o autoreflex:** la bobina o el relé se activan al ser detectado un objeto.

- **Función sombra:** la señal de salida es conmutada si el receptor no recibe la luz del emisor.

- * **Sistema de barrera o reflex:** la bobina o el relé se activan al ser detectado un objeto.

- * **Sistema de proximidad o autoreflex:** la bobina o el relé dejan de actuar al ser detectado un objeto.

- **Detección por bloqueo:** el objeto es sentido cuando interrumpe el haz de luz que va del emisor al receptor.

- **Detección por reflejo:** el objeto es sentido cuando el haz de luz, emitida por el emisor, incide sobre el objeto y éste lo refleja hacia el receptor.

- **Salida por relé:** la conmutación de la señal de salida, se realiza por medio de un relé incorporado en el detector. Se controlan cargas con mayores intensidades, pero con frecuencias bajas.

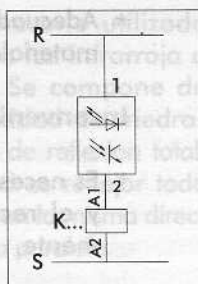
- **Salida estática:** la conmutación de la señal de salida se realiza por medio de un semiconductor. Se obtienen mayores cadencias de conmutación y tienen una vida útil mayor.

✓ **SENSORES para A.C. ó A.C./C.C.**

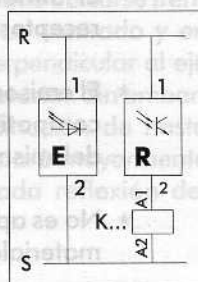
- * **Tipo 2 hilos:** se usan en serie con la bobina de un contactor.

Si el detector es del sistema de barrera, solamente el receptor se coloca en serie con la bobina K...

DETECTOR FOTOELÉCTRICO REFLEX

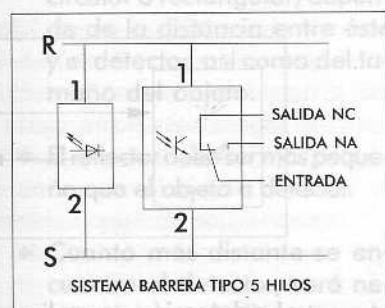


DETECTOR FOTOELÉCTRICO DE BARRERA



★ Tipo 5 hilos:

Se usan 2 conductores para la alimentación del emisor y receptor y 3 conductores para la señal de salida, que se realiza mediante un relé inversor, que tiene un contacto NA y un contacto NC, con un punto común.



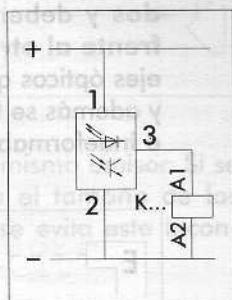
✓ DETECTORES PARA C.C.

★ Tipo 3 hilos:

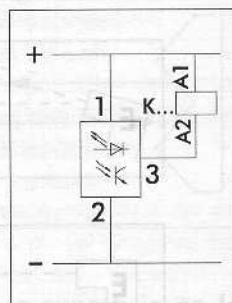
Deben conectarse en serie con la bobina de un contactor.

Al igual que los detectores inductivos se tienen dos tipos: PNP y NPN.

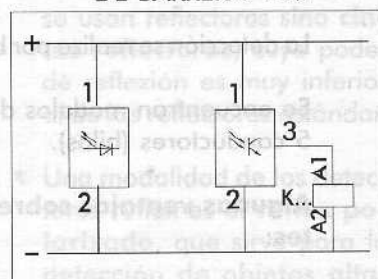
REFLEX PNP



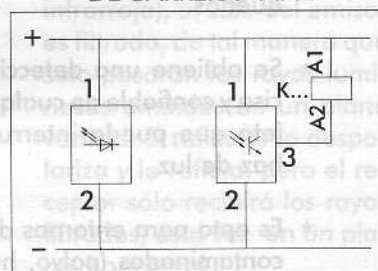
REFLEX NPN



DE BARRERA PNP

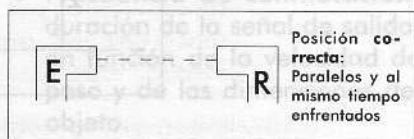
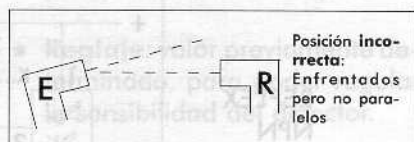
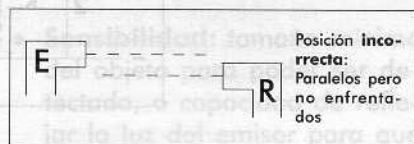


DE BARRERA NPN



✓ SISTEMA DE BARRERA

En estos detectores el emisor y el receptor se encuentran **separados** y deben colocarse el **uno frente al otro**, cuidando que sus ejes ópticos queden **superpuestos** y además se fijan en forma rígida e indeformable.



La detección se realiza por bloqueo.

Se encuentran modelos de 2, 3 y 5 conductores (hilos).

Algunas ventajas sobresalientes:

- ★ El más apto para grandes alcances y la detección de objetos pequeños.
- ★ Se obtiene una detección precisa y confiable de cualquier objeto que pueda interrumpir el haz de luz.
- ★ Es apto para entornos difíciles y contaminados (polvo, humo...).

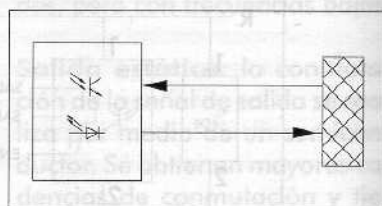
- ★ Adecuado para la detección de materiales opacos y reflectantes.

Inconvenientes:

- ★ Es necesario conectar el emisor y el receptor independientemente.
- ★ El alineamiento del emisor y receptor debe ser muy preciso.
- ★ El emisor y el receptor deben ser compatibles (preferiblemente del mismo modelo).
- ★ No es apto para la detección de materiales transparentes.

✓ SISTEMA REFLEX:

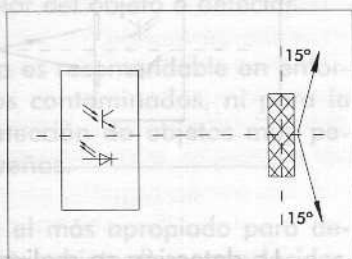
- ★ Sistema en el cual el emisor y el receptor se encuentran en la misma caja o cofre, por lo cual, para que el receptor capte la luz emitida por el emisor, es necesario colocar un **reflector** frente al detector.



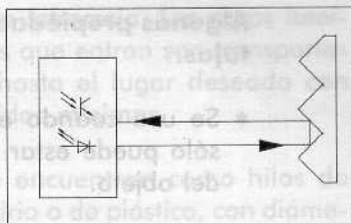
- ★ La detección se realiza por bloqueo.
- ★ Existen detectores reflex para A.C., C.C. y A.C./C.C., como también para 2, 3 y 5 hilos, con características similares a la de los detectores de barrera.

- * **Reflector:** accesorio utilizado para reflejar la luz infrarroja o roja emitida. Se compone de una gran cantidad de triedros trirectángulos, de reflexión total, cuya propiedad es reflejar todo rayo incidente, en la misma dirección y en forma paralela.

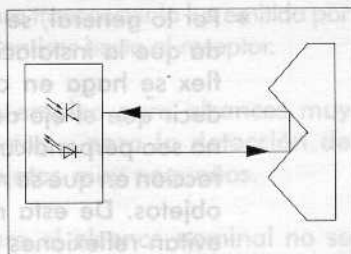
- * El reflector debe ubicarse frente al detector, centrado y en un plano perpendicular al eje óptico del detector. Sin embargo una inclinación de hasta 15° no afectará mayormente una adecuada reflexión del haz de luz.



- * El tamaño de reflector (sea circular o rectangular) depende de la distancia entre éste y el detector, así como del tamaño del objeto.
- * El reflector debe ser más pequeño que el objeto a detectar.
- * Cuanto más distante se encuentre el detector, será necesario usar reflectores de mayores dimensiones.
- * Para distancias pequeñas no deben usarse reflectores con los triedros estándar (pequeños), porque el haz de luz no incidirá sobre el receptor sino



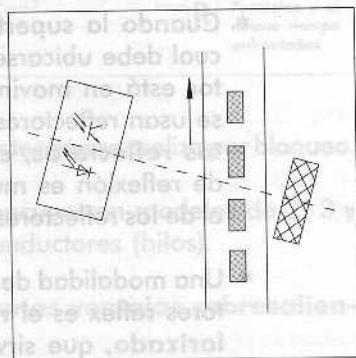
sobre el mismo emisor. Si se aumenta el tamaño de los prismas se evita este inconveniente.



- * Cuando la superficie en la cual debe ubicarse el reflector está en movimiento, no se usan reflectores sino **cintas reflectoras**, cuyo poder de reflexión es muy inferior al de los reflectores estándar.
- * Una modalidad de los detectores reflex es el **reflex polarizado**, que sirve para la detección de objetos altamente reflectantes o muy brillantes. El haz de luz roja (no infrarroja), al salir del emisor es filtrado, de tal manera que sólo pasarán los rayos luminosos emitidos en un plano vertical. El reflector lo despolariza y lo refleja, pero el receptor sólo recibirá los rayos filtrados, esta vez en un plano horizontal.

Algunas propiedades y ventajas:

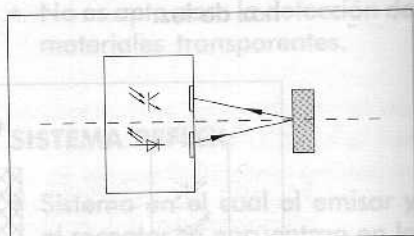
- * Se usa cuando el detector sólo puede estar a un lado del objeto.
- * Su instalación es más rápida y sencilla, por estar emisor y receptor en la misma caja, así como por el margen de inclinación que puede tener el reflector.
- * Por lo general, se recomienda que la instalación del reflector se haga en oblicuo, es decir que el eje del detector no sea perpendicular a la dirección en que se mueven los objetos. De esta manera se evitan reflexiones parásitas.



- * Es apto para alcances medianos y cortos.
- * No es recomendable para ser usado en ambientes o entornos contaminados.
- * No es conveniente para la detección de objetos lisos, reflectantes y pequeños.

✓ SISTEMA DE PROXIMIDAD O AUTORREFLEX

Al igual que en los detectores reflex, el emisor y el receptor se encuentran en la misma caja o cofre, pero no necesitan del reflector, ya que es el mismo objeto detectado, quien reflejará el haz de luz emitido, razón por la cual el objeto debe encontrarse en un plano perpendicular al eje óptico, para poder conseguir un alcance óptimo.



La detección se realiza desde un solo lado y por reflexión en el mismo objeto a detectar.

Una modalidad es el detector de proximidad con borrado del plano posterior: este detector capta el objeto sólo hasta cierta distancia, de manera que ignora cualquier objeto (aunque sea más reflectivo que el objeto a detectar) que se encuentre más alejado.

Existen algunos modelos en los cuales es posible ajustar la sensibilidad.

Algunas ventajas y propiedades:

- * La detección es por reflejo. Este factor hace que la conmutación de la señal de salida, difiera

mucho de los detectores de barrera y reflex.

- * Existen detectores de proximidad para A.C., C.C. y A.C./C.C., como también para 2, 3 y 5 conductores, con características similares a la de los detectores de barrera y reflex.
- * Se usa cuando la detección puede hacerse sólo desde un lado del objeto.
- * Sirve sólo para alcances cortos.
- * El alcance y la reflexión dependen del poder reflectante y el color del objeto a detectar.
- * No es recomendable en entornos contaminados, ni para la detección de objetos muy pequeños.
- * Es el más apropiado para detectar objetos lisos, translúcidos, transparentes y altamente reflectantes.
- * Si el detector no es con borrado del plano posterior, se debe dejar un espacio libre detrás del objeto a detectar, para evitar detecciones indebidas (detección permanente al sensar el objeto y el plano posterior).
- * En los detectores que tienen ajuste de la sensibilidad: cuando los objetos son menos reflectantes se le debe dar una mayor sensibilidad.

✓ **FIBRA OPTICA:** elemento que actúa como un conductor de luz

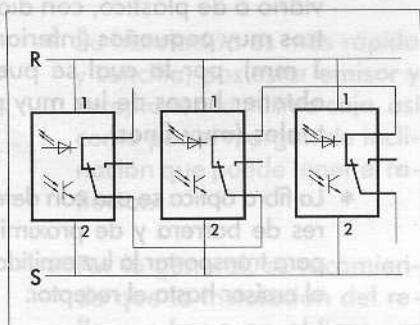
roja o infrarroja. Los rayos luminosos que entran son transportados hasta el lugar deseado con pérdidas mínimas.

- * Se encuentran como hilos de vidrio o de plástico, con diámetros muy pequeños (inferiores a 1 mm), por lo cual se pueden obtener haces de luz muy puntuales (muy finos).
- * La fibra óptica se usa con detectores de barrera y de proximidad, para transportar la luz emitida por el emisor hasta el receptor.
- * Se emplea para alcances muy cortos y para la detección de objetos muy pequeños.
- * Para el alcance nominal no se toma en cuenta la longitud de la fibra óptica, sino únicamente la distancia que hay entre la fibra óptica que va al emisor y la que va al receptor.

123 CONEXION DE DETECTORES FOTOELECTRICOS

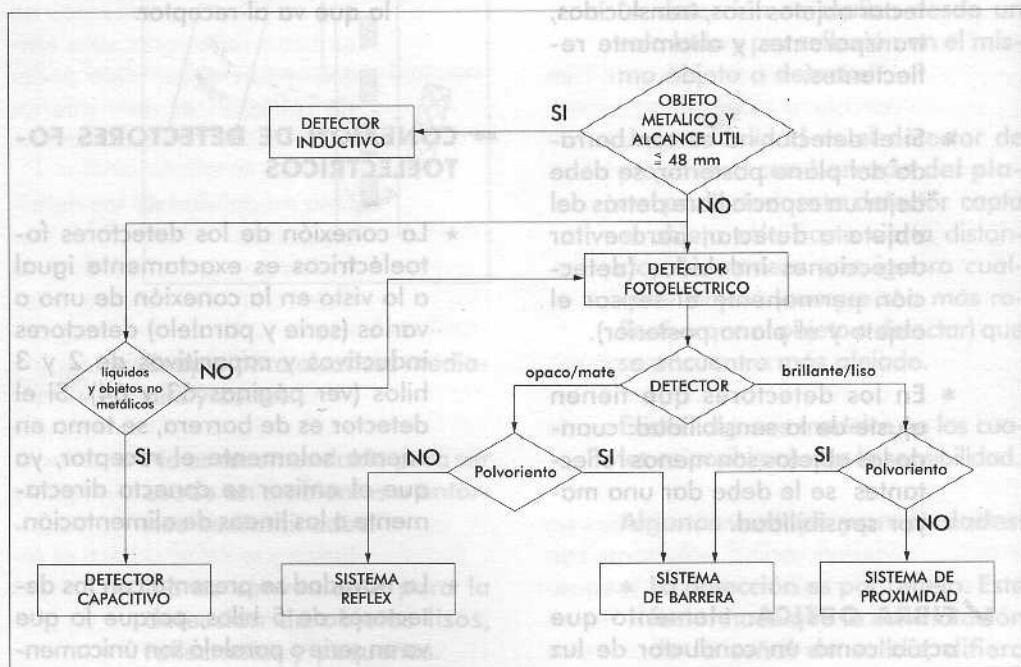
- * La conexión de los detectores fotoeléctricos es exactamente igual a lo visto en la conexión de uno o varios (serie y paralelo) detectores inductivos y capacitivos de 2 y 3 hilos (ver páginas 63 y 64). Si el detector es de barrera, se toma en cuenta solamente el receptor, ya que el emisor se conecta directamente a las líneas de alimentación.
- * La novedad se presenta con los detectores de 5 hilos, porque lo que va en serie o paralelo son únicamen-

te los contactos NA o NC, y no el detector como tal. Además, al poner en serie o en paralelo, no se toman en cuenta los dos contactos sino sólo uno por detector.



- ★ Los contactos NC de los tres detectores están en serie.

El siguiente diagrama de flujo nos presenta algunos criterios, que pueden ser muy útiles para seleccionar el detector o sensor más adecuado, para la operación o acción que se desea realizar.



GUIA PARA LA ELECCION DE UN DETECTOR

- Determinar la naturaleza, velocidad y frecuencia de paso, tamaño, forma y distancia del objeto al detector o sensor.
- Elegir el tipo de detección que mejor se acomode a la necesidad.
- Verificar la influencia del entorno y determinar el tipo de montaje.
- Elegir la forma, dimensiones, el cuerpo, grado de protección correspondiente al alcance útil deseado.
- Elegir el tipo y las características del circuito de mando.

USOS MÁS COMUNES DE LOS SENSORES O DETECTORES

- ★ Detección de piezas delicadas y frágiles, por lo cual es necesario evitar el contacto físico.
- ★ Selección de paquetes, máquinas de ensamblaje, puertas, ascensores, escaleras...

- ★ Para cadencias o frecuencias de funcionamiento elevadas.
- ★ Detección de piezas muy pequeñas o ligeras...
- ★ Detección de paso, conteo de piezas
- ★ Control de presencia, ausencia, fin de carrera.

INTRODUCCIÓN A LOS PLC

El avance tecnológico en la automatización nos obliga a tratar, aunque sea en forma muy general, lo relativo a los PLC, y más adelante aspectos muy prácticos para programar e introducirlo en el PLC. Este tema se trata más ampliamente en el libro «Diseño y Programación con Automata Programable o PLC».

El desarrollo de los PLC y la analogía con el cuerpo humano, han permitido el nacimiento de la **ROBOTICA**, al producir máquinas capaces de efectuar trabajos que antes sólo podían ser realizados por el ser humano.

El **PLC** (Controlador Lógico Programable) o Automata Programable, es un dispositivo electrónico capaz de estructurar y procesar la información que recibe de los elementos conectados a las entradas o en forma de programa, para entregar una nueva información en las salidas, que permite el funcionamiento automático de una secuencia o de un proceso, así como su optimización.

El PLC sustituye los elementos electromecánicos o electrónicos empleados en

la etapa de tratamiento, en un automatismo eléctrico, y además es posible programarlo o modificarlo, sin alterar el cableado existente, de acuerdo con las necesidades y procesos requeridos, mediante un programador o bien un computador, si se tiene el software e interfase adecuados.

ESTRUCTURA DEL PLC:

- ✎ **Procesador o unidad central de proceso:** microprocesador que se usa para el tratamiento de la información o de las instrucciones que contiene el programa, relativos al funcionamiento de la aplicación deseada.
- ✎ **Entradas (E):** sirven para recibir las señales eléctricas procedentes de los elementos empleados en la etapa de detección (sensores, interruptores de posición, presostatos, etc.) y mando (pulsadores, selectores) y convertirlas en señales comprensibles para el PLC.

- Para las entradas es muy común el uso de C.C. (24 V), pero también se encuentran PLC en los cuales se

usa A.C. (110-120 V), pero en cualquier caso las corrientes son muy pequeñas (mA).

- El número de entradas es importante para conocer la capacidad del PLC, en cuanto al número de señales externas que puede recibir.
- Los elementos de mando (pulsadores y selectores) deben ser únicamente NA.

Salidas (S): elementos a través de los cuales se transmiten las órdenes de mando y de señalización, provenientes del tratamiento y la ejecución del programa, a los preaccionadores (normalmente a las bobinas de los contactores principales, electroválvulas o pilotos).

- Las salidas se pueden realizar a través de relés, transistores o triacs.
- El número de salidas de un PLC nos da la capacidad del número de preaccionadores que se pueden controlar.
- Las corrientes que pueden circular por los elementos de salida son normalmente muy pequeñas (mA o a lo más 1 ó 2 A), por lo cual es necesario observar muy bien las especificaciones dadas por el fabricante.

Memoria: capacidad para almacenar un determinado programa o una cantidad de instrucciones. Se tiene la memoria RAM y la memoria EEPROM y EPROM.

Bits internos o marcadores: equivalente a los contactores auxiliares. Memorizan los estados intermedios y

se utilizan únicamente para la ejecución interna de un programa.

Bits sistema: controlan el correcto funcionamiento del PLC, y el desarrollo del programa de aplicación.

Algunos son controlados exclusivamente por el sistema, otros por el usuario y otros tanto por el sistema como por el usuario.

Existe un buen número de bits sistema. A continuación vemos solamente algunos de los más usados, especialmente en el lenguaje grafcet, o para señalizaciones intermitentes:

★ %S6: Bits cuyo cambio de estado temporiza un reloj interno que suministra un pulso cada segundo.

★ %S21: inicialización del Grafcet.

Normalmente está en estado 0, y se pone en estado 1 únicamente en el tratamiento preliminar, mediante la instrucción S ó la bobina Set, inicializando el Grafcet: las etapas activas se desactivan y las iniciales se activan. Vuelve nuevamente a 0 por acción del sistema, una vez inicializado el Grafcet.

★ %S22: Puesta a 0 del Grafcet.

Normalmente está en estado 0. Sólo puede ponerse en estado 1 por medio del programa, en el tratamiento preliminar, provocando la desactivación de todas las etapas activas del Grafcet. Es puesto nuevamente a 0 por el sistema, una vez iniciada la ejecución del tratamiento secuencial.

★ %S23: preposicionamiento e inmovilización del Grafcet. Normalmen-

te está en estado 0. Únicamente puede pasar al estado 1 mediante el programa del usuario, en el tratamiento preliminar, permitiendo validar el preposicionamiento del Grafcet. Si se mantiene en el estado 1 provoca la inmovilización del Grafcet. Vuelve a 0 por acción del sistema, al comenzar la ejecución del tratamiento secuencial, para asegurar la evolución del Grafcet, a partir de la situación fijada.

☞ **Bits etapa:** permiten indicar el estado de activación o desactivación de las diferentes etapas en lenguaje Grafcet.

☞ **Funciones o bloques de función:** en los PLC encontramos además temporizadores, contadores/descontadores, programadores cíclicos, paso a paso, registros de palabras, etc. Su uso y configuración se verá en forma práctica más adelante.

☞ **Los PLC sólo pueden realizar funciones para las que fueron programadas,** de manera que una aplicación es posible, únicamente si los términos del problema están clara y exactamente definidos en el programa.

☞ **PROGRAMAR:** es introducir una serie o conjunto de instrucciones literales o gráficas para que el PLC los ejecute. Está conformado por unas funciones «lógicas» que tratan la información recibida en las entradas, para elaborar una nueva información en las salidas. La programación en sistema booleano sólo reconoce dos estados o situaciones: **nivel lógico 1** (activado, presencia o cerrado) y **nivel lógico 0** (de reposo, ausencia o abierto).

LENGUAJES DE PROGRAMACION:

De los diferentes lenguajes que se emplean para programar un PLC, veamos algunos que se usan actualmente.

✓ Por Lista de instrucciones:

- Es un lenguaje de texto de tipo booleano.
- Cada renglón o label está compuesto por dirección, instrucción y operando.

DIRECCION	INSTRUCCION	OPERANDO
-----------	-------------	----------

000	LD	%I0.1
001	OR	%Q.1
002	ANDN	%I0.2
003	AND	%S6
004	ST	%Q.1
...
...

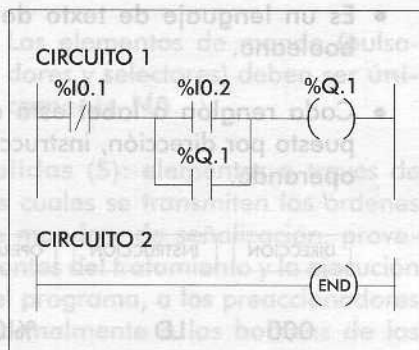
- Los esquemas a contactos y Grafcet se pueden introducir en el PLC mediante el lenguaje por Lista de instrucciones.
- Las instrucciones que se usan y cómo se usan, se verán posteriormente en forma práctica.

✓ Lenguaje Ladder, a contactos o escalera.

- Lenguaje booleano basado en circuitos gráficos.
- El esquema gráfico es similar al esquema de funcionamiento.
- Son esquemas horizontales, en los cuales las líneas de alimentación se representan verticalmente y las lí-

neas en que se ubican los diferentes contactos, horizontalmente.

- Solamente se usan contactos NA (NO) y NC, debidamente identificados en la parte superior del símbolo.



- Todo circuito parcial debe concluir necesariamente en un operando (bobina) o en un bloque de función.
- Para introducir el programa en el PLC se puede usar el esquema gráfico o por Lista de instrucciones:

000	LDN	%I0.1
001	AND(	%I0.2
002	OR	%Q.1
003)	
004	ST	%Q.1
005	END	

✓ Programación en Grafset

- El Grafset es un método gráfico muy funcional que facilita las descripciones y la automatización de los procesos secuenciales.
- El esquema se realiza en función de un proceso automático secuencial, descomponiéndolo en una

serie de etapas sucesivas y asociadas o ligadas entre sí mediante transiciones y condiciones, para formar un proceso cerrado y/o cíclico, de manera que la última etapa debe volver siempre a la primera o a una anterior (aspecto que se indica con una flecha).

- Las transiciones son contactos NA ó NC que enlazan una etapa con otra, pertenecientes a los elementos conectados a las entradas del PLC (pulsadores, selectores, interruptores de posición, detectores, etc.) o bloques de función (temporizadores, contadores, etc.).

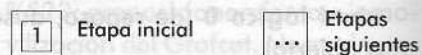
Se representan mediante unos pequeños trazos que cortan perpendicularmente la línea que une dos etapas.

Si en una transición se encuentra = 1, significa que no hay condición.

- **Etapas:** parte de un proceso secuencial, que realiza una o más acciones específicas asociadas a ella, en el momento de ser activada.

Las etapas no pueden activarse simultáneamente, sino que lo hacen en forma progresiva (una después de otra), de manera que para que se active una etapa es necesario que se desactive previamente la anterior.

Las etapas se representan con un cuadrado y deben llevar un número, en el interior, en forma progresiva.

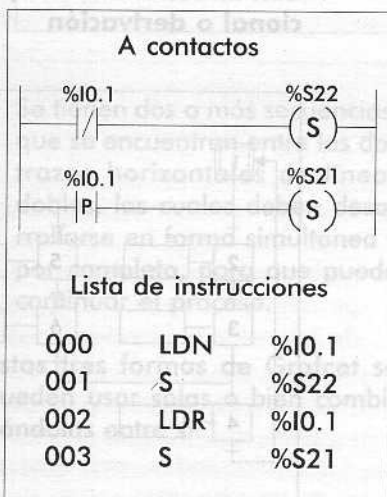


Una acción asociada a una etapa se representa con un rectángulo.

● **UN PROGRAMA GRAFCET CONSTA DE:**

Tratamiento preliminar:

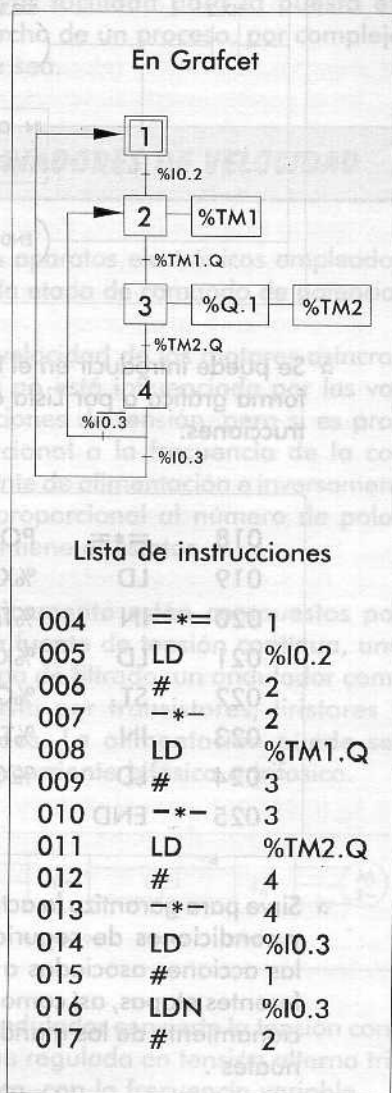
- ☆ Está ubicada al comienzo del programa.
- ☆ Se grafica en lenguaje a contactos.
- ☆ Consta de instrucciones que no son Grafcet y no dependen de las etapas Grafcet, como son los aspectos relativos a las seguridades, funcionamiento automático, funcionamiento manual, paro de emergencia, etc.



Tratamiento secuencial:

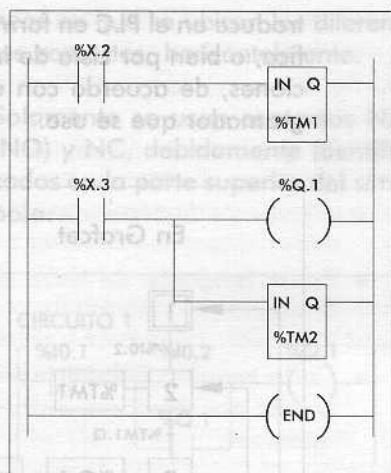
- ☆ Se grafica en Grafcet.
- ☆ Está conformado por todas las etapas, transiciones y acciones asociadas con las etapas.
- ☆ El tratamiento secuencial se in-

trduce en el PLC en forma gráfica, o bien por Lista de instrucciones, de acuerdo con el programador que se use.



Tratamiento posterior:

- ☆ Ubicado al final del programa.
- ☆ Se grafica en lenguaje a contactos.



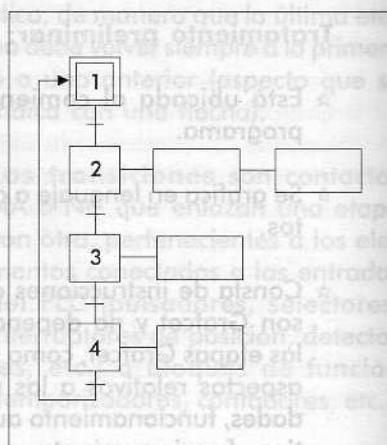
- ☆ Se puede introducir en el PLC en forma gráfica o por Lista de instrucciones.

018	==	POST
019	LD	%X2
020	IN	%TM1
021	LD	%X3
022	ST	%Q.1
023	IN	%TM2
024	LD	%X4
025	END	

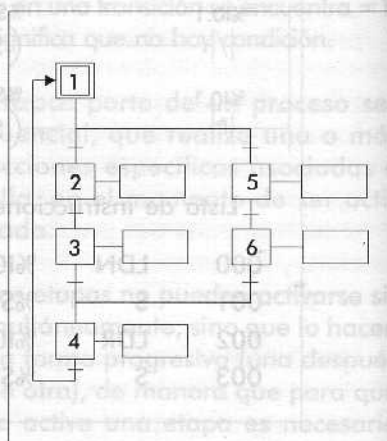
- ☆ Sirve para garantizar la activación y condiciones de seguridad de las acciones asociadas a las diferentes etapas, así como el funcionamiento de los mandos manuales.
- ☆ Existen varias formas de diseñar un grafcet, de acuerdo a la complejidad que tenga el proceso.
- ☆ A continuación veremos gráficamente los tres tipos de grafcet que se usan actualmente.

• CLASES DE GRAFCET:

* Secuencia lineal



* Con direccionamiento, condicional o derivación

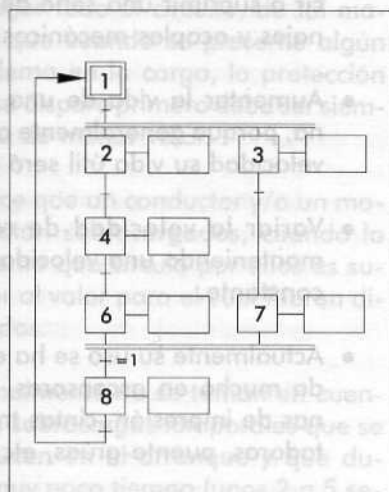


En los Grafcet con direccionamiento se tienen dos o más secuencias lineales en un mismo proceso, pero no pueden trabajar simultáneamente.

En el momento de poner en funcionamiento el proceso es ne-

cesario elegir una de las secuencias, ya que ambas no pueden funcionar simultáneamente.

* Secuencias simultáneas



Se tienen dos o más secuencias, que se encuentran entre los dos trazos horizontales de líneas dobles, las cuales deben desarrollarse en forma simultánea y por completo, para que pueda continuar el proceso.

Estas tres formas de Grafcet se pueden usar solas o bien combi-nándolas entre sí.

ALGUNAS VENTAJAS DE LOS PLC:

- ▀ **Cableado más simple:** solamente los elementos de detección, mando, bobinas de los contactores principales y a veces contactores auxiliares, conectados como interfases entre el PLC y los contactores principales. A pesar de ello se obtiene la automatización de procesos muy complejos.

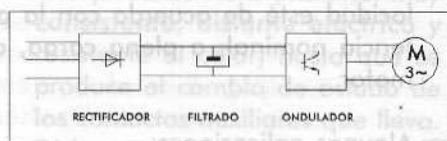
- ▀ **Gran facilidad para la modificación o cambio de procesos:** basta modificar o cambiar el programa sin alterar el cableado.

- ▀ **Mayor facilidad para la puesta en marcha de un proceso, por complejo que sea.**

VARIADORES DE VELOCIDAD

- ▀ Son aparatos electrónicos empleados en la etapa de comando de potencia.
- ▀ La velocidad de los motores asíncronos no está influenciada por las variaciones de tensión, pero si es proporcional a la frecuencia de la corriente de alimentación e inversamente proporcional al número de polos que tiene el estator.

- ▀ Básicamente están compuestos por una fuente de tensión continua, una etapa de filtrado, un ondulator compuesto por transistores, tiristores y diodos. La alimentación puede ser con corriente bifásica o trifásica.



- ▀ El ondulator convierte la tensión continua regulada en tensión alterna trifásica, con la frecuencia variable.

- ▀ El variador modifica automáticamente tensión y frecuencia, teniendo en cuenta la carga del motor, con lo cual la velocidad es prácticamente constante y además se disminuye el calentamiento del motor en vacío y a

velocidades bajas, asegurando al mismo tiempo un sobrepase importante, si es necesario.

La regulación de la velocidad se obtiene con solo girar un potenciómetro.

Además de variar la velocidad del motor es posible invertir su sentido de giro, mediante el uso de un selector.

Pueden recibir información de elementos externos (potenciómetros, detectores, etc.) o de un PLC, que permite un completo diálogo con un automatismo programado, como el poder programar, entre otros factores, el tiempo y el control de la aceleración y desaceleración, etc.

Se encuentran variadores de velocidad para las más variadas necesidades:

- Para motores monofásicos y trifásicos, para A.C y C.C.
- Para arranque y parada progresivos, de par constante, de par variable, etc.

Es importante que el variador de velocidad esté de acuerdo con la potencia nominal, a plena carga, del motor.

Algunas aplicaciones:

- Mantener una velocidad constante, independientemente de la carga, fluctuaciones de la red y temperatura.
- Puesta en marcha o aceleración progresiva, siguiendo una exigencia predeterminada, para asegurar el manejo de productos frágiles y el posesionamiento de un móvil.

- Sincronizar, enclavar o combinar entre sí, las velocidades empleadas en diferentes máquinas o secciones de una misma máquina.

- Simplificar las máquinas, al reducir o suprimir una serie de engranajes y acoples mecánicos.

- Aumentar la vida de una máquina, porque generalmente a menor velocidad su vida útil será mayor.

- Variar la velocidad de rotación manteniendo una velocidad lineal constante.

- Actualmente su uso se ha extendido mucho en ascensores, máquinas de impresión, cintas transportadoras, puente-grúas, etc, etc.

ELEMENTOS DE PROTECCIÓN

✓ Son dispositivos cuya finalidad es proteger una carga, los aparatos de maniobra y la instalación en sí, contra posibles daños producidos por el paso de intensidades inadecuadas:

- De origen mecánico, como bloqueo, sobrecargas momentáneas o prolongadas, excesivas puestas en marcha, etc.

- De origen eléctrico, como sobretensiones, caídas de tensión, desequilibrio de fases, falta de alguna fase, cortocircuitos, etc.

✓ En general todo circuito debe llevar varias protecciones en forma escalonada, las cuales deben estar debidamente dimensionadas.

La más débil es la que se encuentra más próxima a la carga y a medida que se alejen de ella se irán incrementando su dimensionamiento, y las últimas en colocarse son las que van en las líneas de alimentación para proteger todo el circuito, de tal manera que cuando se presente algún problema en la carga, la protección que se dispare primero debe ser siempre la de menor valor.

✓ Se dice que un conductor y/o un motor están sobrecargados, cuando la corriente que circula por ellos es superior al valor para el cual fueron diseñados.

✓ Normalmente no se toman en cuenta las sobrecargas temporales que se producen en el arranque y que duran muy poco tiempo (unos 2 a 5 segundos).

✓ Cada conductor de fase debe ir debidamente protegido. En cambio el conductor neutro no debe llevar protección alguna.

✓ FUSIBLES

Son elementos destinados específicamente para proteger contra cortocircuitos (ver pág. 33), al fundirse rápidamente el material con el cual se fabrican, cuando pasan corrientes muy intensas.

✓ RELES TERMICOS

✓ Son elementos de protección únicamente contra sobrecargas, cuyo principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos elementos (bimetales) bajo el

efecto del calor, para accionar, cuando éste alcanza ciertos valores, unos contactos auxiliares que desenergicen todo el circuito y energicen al mismo tiempo un elemento de señalización.

✓ El bimetálico está formado por dos metales de diferente coeficiente de dilatación y unidos firmemente entre sí, regularmente mediante soldadura de punto. Es muy común el uso de hierro y níquel en composiciones de 20% y 80% ó 75% y 25% respectivamente.

✓ El calor necesario para curvar o flexionar la lámina bimetalica es producida por una resistencia, arrollada alrededor del bimetálico, que está cubierto con un material de asbesto, a través de la cual circula la corriente que va de la red al motor. Se ubica en el circuito de potencia.

✓ Los bimetales comienzan a curvarse cuando la corriente sobrepasa el valor nominal para el cual han sido dimensionados, empujando una placa de fibra (material muy consistente, aislante eléctrico y resistente al calor) hasta que se produce el cambio de estado de los contactos auxiliares que lleva. Dichos contactos se ubican en el circuito de mando: el NC desenergiza la bobina del contactor y el NA energiza el elemento de señalización.

✓ El tiempo de desconexión del relé térmico depende de la intensidad de la corriente que circule por las resistencias. Naturalmente que este tiempo debe ser tal, que no ponga en peligro el aislamiento de

las bobinas del motor, ni se produzcan desconexiones innecesarias, por lo cual deben estar normalmente dimensionadas para la In de la carga.

Una vez que los relés térmicos hayan actuado, acción que se conoce como **disparo**, se rearmen o retornan al estado de reposo, mediante dos sistemas:

- ★ **Rearme manual:** es el operario quien debe presionar un botón que lleva el térmico para esta operación. Es el sistema más recomendable, especialmente en los sistemas automáticos, en los cuales el circuito puede reenergizarse al bajar nuevamente la temperatura del bimetálico.

- ★ **Rearme automático:** cuando el relé térmico tiene un sistema por el cual se rearma el mismo, una vez que el bimetálico vuelve a su temperatura normal. No es muy recomendable, pero se puede usar exclusivamente para los casos en los cuales se emplean pulsadores, de manera que la reconexión del contactor sólo podrá realizarse accionando nuevamente el pulsador.

Existen relés térmicos para rearme manual, para rearme automático y para rearme manual o automático.

En casos especiales en que la corriente pico es muy alta, se pueden usar relés térmicos de acción retardada, cortocircuitar el relé durante un tiempo, o bien usar transformadores de intensidad.

La solución para el caso en que la frecuencia de maniobras de arranque sea elevada, es calibrar el relé por encima de la In, pero únicamente hasta ciertos valores, ya que de lo contrario la garantía de protección y eficiencia del relé será muy pequeña, o bien disminuyendo la carga inicial del motor.

La verificación del relé térmico en el lugar de utilización es a menudo necesario, sin embargo ésta es discutible en vista de la precisión de estos aparatos y los medios de verificación insuficientes con que generalmente se cuentan.

El método, bastante extendido, de hacer funcionar el motor en vacío o en dos fases es erróneo, si se quiere juzgar la precisión de un relé térmico en función del tiempo que emplea para realizar la desconexión, ya que bajo estos regímenes el motor no absorbe la corriente requerida. Por otra parte la desconexión es inútil en el primer caso, al no estar en peligro el motor, y en el segundo caso se pone en peligro el motor.

Se puede verificar (tomando ciertas precauciones) el funcionamiento del relé haciendo girar el motor a plena carga y bloqueándolo. La desconexión debe realizarse en pocos segundos.

La regulación de un relé térmico es correcta si corresponde exactamente a la In del motor, salvo las excepciones expuestas anteriormente. Una regulación demasiado baja impide desarrollar la potencia total del motor, y una regulación alta no ofrecerá la protec-

ción adecuada, si se producen las sobrecargas.

☞ Cuando un relé, correctamente regulado, se dispara con mucha frecuencia, será necesario disminuir la carga del motor o reemplazarlo por otro de mayor rango o potencia.

☞ El relé actuará correctamente y en el tiempo esperado, solamente en aquellos casos en que la absorción de corriente, por parte de la carga, sea muy alta o esté causada por una sobrecarga mecánica, caída apreciable de tensión a plena carga, un arranque seguido por un bloqueo de la máquina o una tensión insuficiente.

☞ Por el contrario el relé no actuará, aún estando el motor en peligro, si esta situación no implica aumento en la In, como puede ser: penetración de humedad, reducción del enfriamiento motivado por disminución de la velocidad o taponamiento del sistema de refrigeración, calentamiento pasajero proveniente del exterior, desgaste de los ejes, bujes o rodamientos, etc.

☞ Finalmente, un cortocircuito después de los relés, si los elementos de protección están mal calibrados o sobredimensionados, puede provocar el daño de los relés. En este caso, tanto el motor como el contactor corren el peligro de deteriorarse.

✓ RELES TÉRMICOS DIFERENCIALES

☞ En un sistema trifásico, cuando

falta una fase o hay desequilibrio apreciable en la red, el motor puede seguir funcionando, pero con el peligro de que las bobinas se quemen rápidamente, por circular corrientes superiores a la In, por las otras dos fases. En estos casos la protección del relé térmico, aunque esté bien elegido y regulado, no es suficiente, por lo cual es necesario recurrir a los relés térmicos diferenciales.

☞ Su funcionamiento se fundamenta en la diferencia de curvatura de los tres bimetálicos que tiene todo relé térmico normal (un bimetálico por cada una de las tres fases), al fallar una fase, para lo cual se emplean dos regletas que detectan esa diferencia de curvatura de los bimetálicos, de manera que una falla, en cualesquiera de las tres fases, será detectada inmediatamente, se accionarán los contactos auxiliares del relé térmico, y por consiguiente se interrumpirá inmediatamente el circuito de mando. La desconexión será tanto más rápida cuanto mayor diferencia de curvatura exista entre los bimetálicos.

☞ En la actualidad prácticamente todos los relés térmicos son diferenciales.

☞ Cuando el circuito de potencia es monofásico o bifásico, es indispensable que se usen los tres bimetálicos del relé térmico diferencial, para que el motor quede correctamente protegido.

☞ Los relés térmicos diferenciales se fabrican para un rango determinado, por ejemplo de 17 a 25 A.

Al elegir un relé es recomendable hacerlo de acuerdo con un valor intermedio al rango elegido (para el ejemplo anterior sería ± 21 A), de manera que pueda realizarse un ajuste correcto de acuerdo a la intensidad que realmente consume el motor.

✓ RELES TERMOMAGNETICOS

☞ Al igual que los relés térmicos, son aparatos destinados a proteger los motores contra posibles sobrecargas, pero adicionalmente protegen el circuito contra cortocircuitos.

☞ Está compuesto básicamente por un bimetálico, una bobina y unos contactos auxiliares.

☞ La protección contra sobrecargas, se realiza por medio de un sistema exactamente igual al de los relés térmicos diferenciales (bimetálico + resistencia).

☞ Para la protección contra cortocircuitos cuenta con una bobina (por la cual circula la corriente del circuito de potencia) y un núcleo móvil, que accionará los contactos auxiliares del relé termomagnético, como lo haría el bimetálico.

- **Protección contra sobrecargas o disparo diferido:** se produce por acción del térmico.

Si la corriente sobrepasa el valor ajustado, el bimetálico se calienta y se deforma, dejando libre, después de cierto tiempo, un tope que está unido a la lámina que bloquea el bimetálico. La unión tope-lámina se flexio-

na, y una palanca actúa sobre el eje de transmisión, provocando el cambio de estado de los contactos auxiliares que tiene. El rearme se puede realizar solamente cuando el bimetálico se haya enfriado suficientemente.

- **Protección contra cortocircuitos o disparo instantáneo:** se produce por acción del campo magnético, producido por la bobina que tiene el relé termomagnético.

Cuando se produce un cortocircuito, la corriente que circula por el circuito es muy grande. Como la bobina se encuentra en el circuito, el campo magnético será también muy intenso, por ser proporcional a la corriente, de manera que antes de que el bimetálico se deforme lo necesario para liberar el tope, la atracción magnética sobre el núcleo será tan fuerte, que al ser atraído en forma casi instantánea por la bobina, realizará exactamente la misma función del bimetálico, provocando el cambio de estado de los contactos auxiliares del relé termomagnético.

☞ Estos relés pueden tener dos calibraciones independientes: una para la protección contra sobrecargas y otra para la protección contra cortocircuitos.

✓ RELES ELECTROMAGNETICOS

☞ Estos relés sirven para proteger los circuitos contra fuertes sobrecargas, desconectando en forma casi

instantánea el correspondiente circuito de mando.

☞ Su funcionamiento se fundamenta en la fuerza producida por un electroimán sobre una armadura, muy parecida a la de un contactor.

☞ Cuando la corriente que absorbe el motor es muy superior a la I_n , la bobina del electroimán crea un campo magnético fuerte, suficiente para ejercer una fuerza de atracción capaz de vencer el par resistente contrario.

☞ Unidos a la armadura se encuentran los contactos del circuito de mando, de manera que el circuito se interrumpirá cuando la armadura se mueva. Al interrumpirse el circuito de alimentación, el relé vuelve a su posición de reposo por acción de un muelle.

☞ **Relé electromagnético diferencial:** Se llama así porque actúa en función de la diferencia de corrientes entre fases, la cual se presentará siempre que existan fugas a tierra, en cualesquiera de las fases.

☞ Este tipo de relés dispone de un circuito magnético, en forma toroidal, sobre el que se embobinan, en el mismo sentido, los conductores de las tres fases. En condiciones normales, la suma geométrica de las corrientes de las tres fases es nula y por consiguiente no hay un flujo resultante. Solamente cuando se presenta una corriente de fuga a tierra, y ésta alcanza un determinado valor de sensibilidad (entre 30 y 500 mA según el grado de protección que se requiera), se producirá un flujo resultante, el cual in-

duce en la bobina una corriente que anula el efecto del imán, abriendo un contacto que desenergiza el circuito de mando, y por consiguiente todo el circuito.

✓ RELES DE PROTECCION ELECTRONICOS

☞ Además de los anteriores actualmente se tienen relés de protección electrónicos que protegen contra sobrecargas, desequilibrio y ausencia de fases, así como para determinados sistemas de arranques.

☞ Están provistos de contactos y además señalizan el tipo de disparo que se ha producido.

✓ DAÑOS EN LOS RELES DE PROTECCION:

☞ El relé no dispara a la intensidad ajustada, por una falla en el mecanismo del relé o por estar defectuoso el bimetálico.

☞ Los contactos auxiliares del relé o contactos de disparo, pueden estar defectuosos e incluso soldados.

☞ Deficiencias en el sistema de rearme del relé.

✓ SONDAS DE TERMISTANCIAS

☞ Sistema electrónico empleado para proteger los motores, cuando se eleva la temperatura real de los devanados por encima de valores permisibles, desconectando el circuito de control.

Para que el sistema actúe, se instalan en los devanados del motor unas termorresistencias PTC, las cuales captan el calentamiento que se produce en ellos, ya sea por sobrecarga, falta de ventilación o bloqueos.

Se obtiene una protección eficaz si las sondas han sido elegidas y montadas correctamente.

Estos dispositivos se usan también para proteger cualquier aparato que corra peligro a causa de calentamientos indeseados, siempre y cuando puedan instalarse adecuadamente los termistores PTC.

✓ GUARDAMOTORES

Aparatos de maniobra y protección cuyo accionamiento es manual y su desconexión puede ser manual o automática.

La desconexión automática se produce por acción de un relé termomagnético que lleva incorporado.

Existen guardamotores a los cuales se les puede adicionar una bobina de mínima tensión o a emisión de tensión.

ELEMENTOS DE SEÑALIZACIÓN

Son todos aquellos dispositivos cuya función es indicar o llamar la atención sobre el correcto funcionamiento o paros anormales, aumentando así la seguridad del personal y faci-

tando el control y mantenimiento de las máquinas y equipos.

✓ ACUSTICAS

Son todas aquellas señales que pueden ser percibidas por el oído. Entre las más usadas industrialmente figuran las sirenas y los sonidos electrónicos musicales.

✓ OPTICAS

Son aquellas señales que pueden ser percibidas mediante los ojos. Existen dos clases:

- **Visuales:** si se emplean determinados símbolos que indican la operación que se está realizando.
- **Luminosos:** cuando se emplean únicamente lámparas, llamados pilotos, de diferentes colores, para señalar las diversas operaciones.

✓ De acuerdo con la complejidad y riesgo en el manejo de los equipos, se pueden emplear simultáneamente señalizaciones ópticas y acústicas.

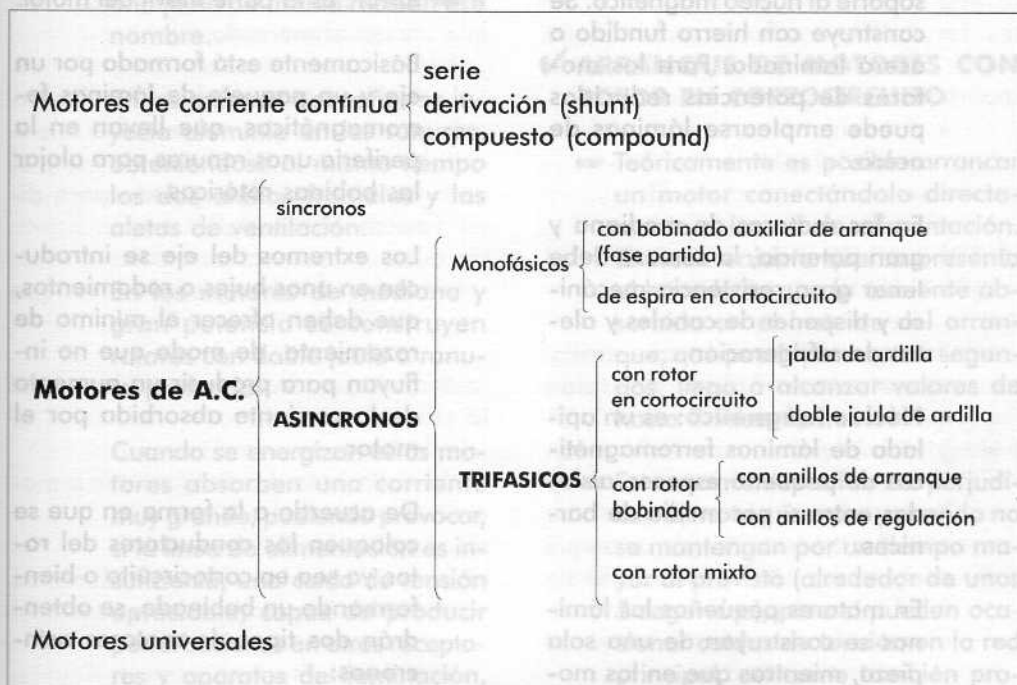
✓ CONEXIONADO

- **Señalización de marcha:** se usa para indicar que una máquina o equipo se ha puesto en funcionamiento. Se conecta en paralelo con la bobina del contactor o mediante contactos auxiliares.
- **Señalización de paro de emergencia originado por sobrecarga:** para estos casos se usa el contacto NA del relé térmico.

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 ASÍNCRONO 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 carcasa 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 pueden

ser abiertas o semicerradas) que tiene el núcleo.

- ★ **Bornera:** conjunto de bornes situado en la parte frontal de la carcasa, 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 In.

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.

Quando se emplea el enclavamiento mecánico, no deben omitirse los enclavamientos eléctricos, para evitar que se quemen 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 enclavar. 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.

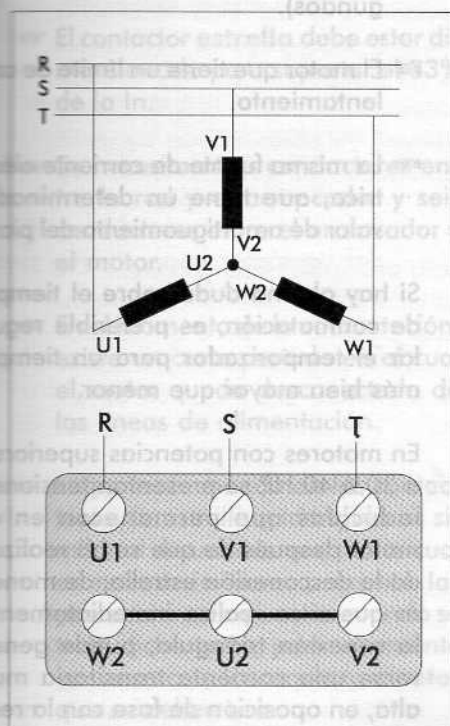
En circuitos automáticos que requieren de un solo pulsador, sólo para iniciar el proceso, éste será un NA, razón por la cual no es posible ni necesario realizar el enclavamiento por pulsadores.

✓ 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 .

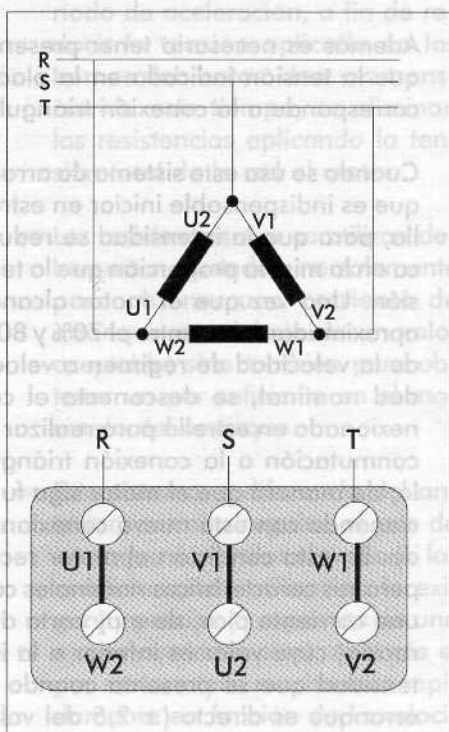
El sistema consiste en energizar el motor conectándolo inicialmente en **estrella**, mientras se pone en movimiento, y una vez haya alcanzado aproximadamente entre el 70% y 80% de su velocidad de régimen, en unos pocos segundos, se conecta en **triángulo**.

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 conexiónado, 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 conexiónado en estrella para realizar la conmutación a la conexión triángulo, de manera que el motor siga funcionando con este nuevo conexiónado. 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 ARRANCADO- RES 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 In 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 ROTÓRICAS (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.

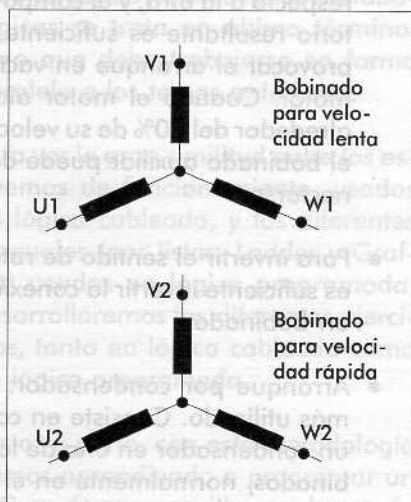
✓ MOTORES ASINCRONOS DE VARIAS VELOCIDADES FIJAS

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 estatóricos eléctricamente independientes, que permite obtener dos velocidades, lenta y rápida, en una relación cualquiera.

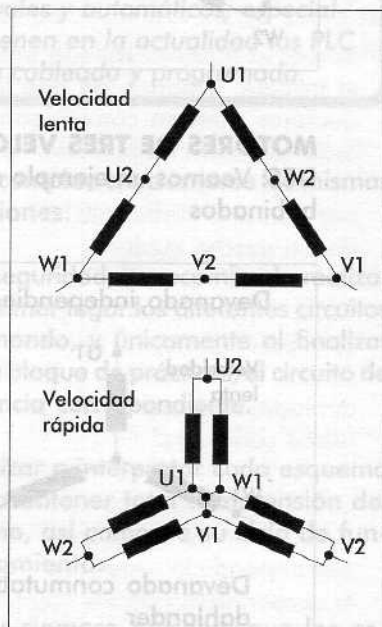


MOTORES DE POLOS CONMUTABLES

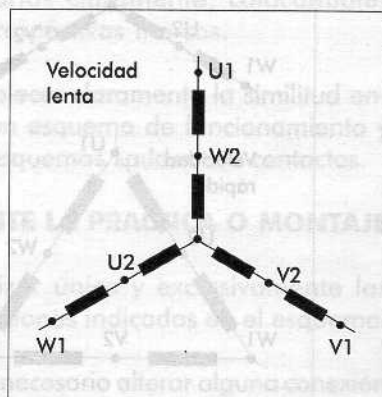
Son motores especialmente contruidos para dos o más velocidades, que se obtienen conmutando el conexionado de los devanados del motor.

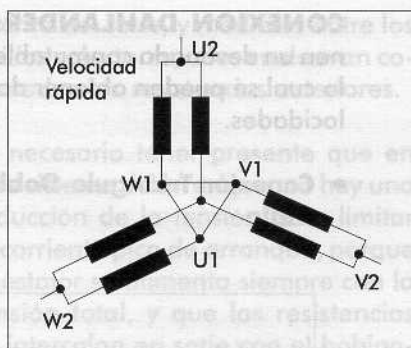
CONEXION DAHLANDER: tienen un devanado conmutable, por lo cual se pueden obtener dos velocidades.

• Conexión Triángulo-Doble estrella

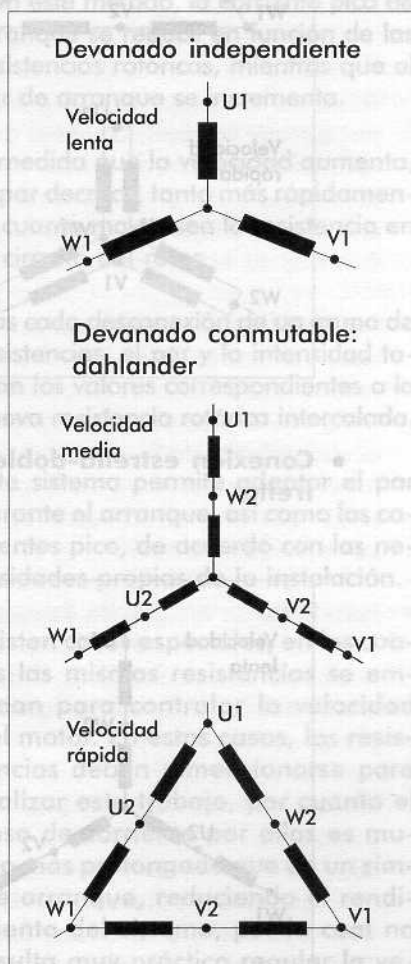


• Conexión estrella-doble estrella





MOTORES DE TRES VELOCIDADES: Veamos un ejemplo con dos bobinados



✓ MOTORES ASINCRONOS MONOFÁSICOS

- 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 desfase inverso al de la inductancia, provocando el arranque del motor.
- Una vez efectuado el arranque, es importante mantener el desfase 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 presenten 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

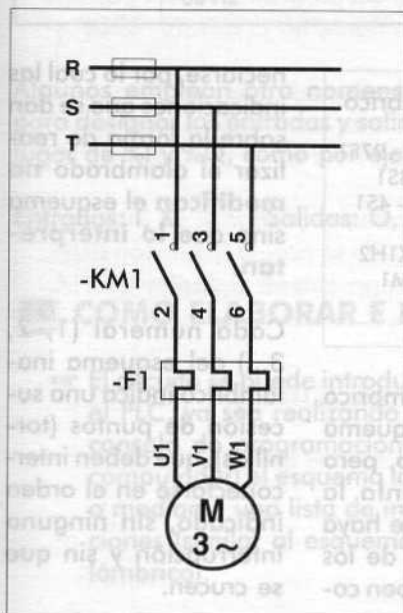
- ☆ Para poder realizar el ensayo en vacío con toda seguridad, es indispensable separar completamente, durante el mismo, el circuito de potencia del circuito de mando.
- ☆ Esto se obtiene retirando los fusibles del circuito de potencia y conectando únicamente el circuito de mando a las líneas de alimentación.
- ☆ 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

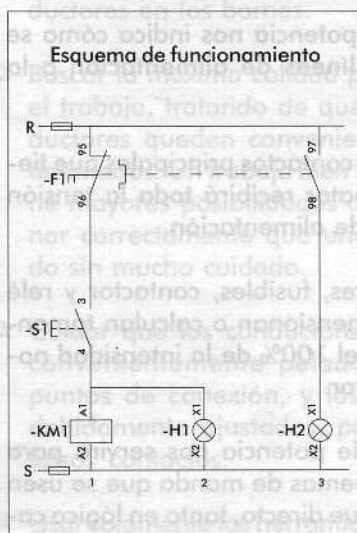
- Se trabaja con los esquemas o planos de funcionamiento o desarrollados.
- El cableado se realiza interpretando adecuadamente el esquema, por lo cual será de gran ayuda tener perfectamente identificados los elementos, así como sus puntos de conexión (entradas y salidas) con las correspondientes marcas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

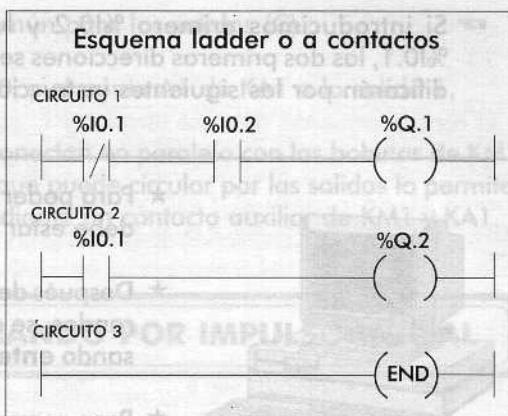
Para introducir el circuito de mando por impulso permanente en un PLC, primero se cambia el esquema de funcionamiento por un esquema ladder. En él sólo encontramos contactos y bobinas, correspondientes a las entradas y salidas del PLC.

ENTRADAS	Equivalentes en el esquema de funcionamiento
%IO.1	contactos NC y NA del térmico F1
%IO.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



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 y %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

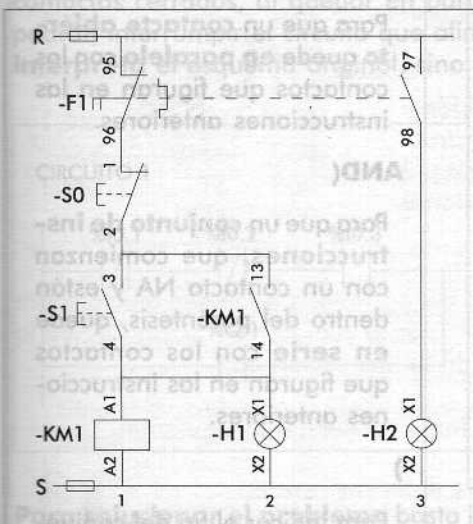
✓ SALIDAS

- 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).



- ## 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

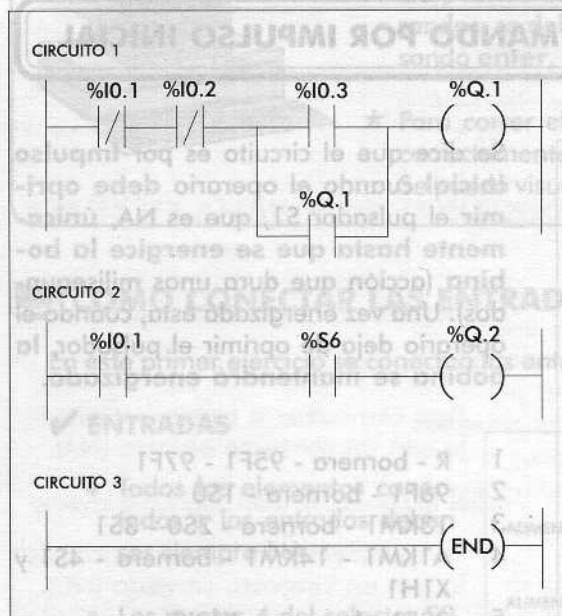
- Al pulsar S1 se cierra el circuito 1 energizándose la bobina de KM1 y encendiéndose el piloto de marcha H1, por lo cual casi al mismo tiempo se cierra el contacto auxiliar de KM1, de manera que la corriente llega ahora a la bobina a través del pulsador y del contacto auxiliar (por los puntos 13-14).
- 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

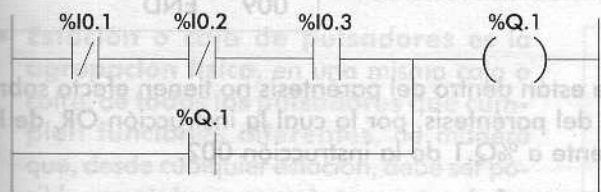
Equivalente a los paréntesis.

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 energizar 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:

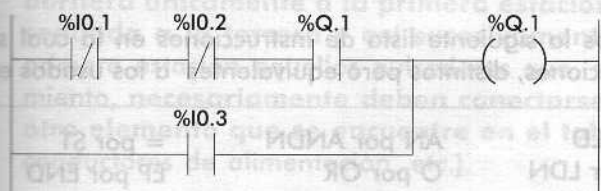
CIRCUITO 1



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:

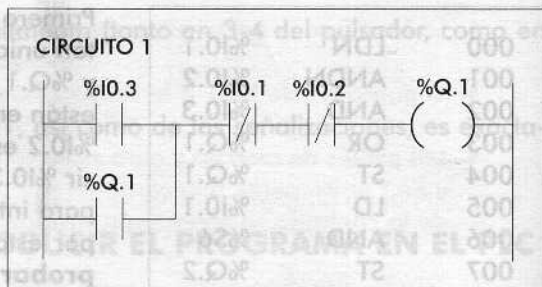
CIRCUITO 1



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, las 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	

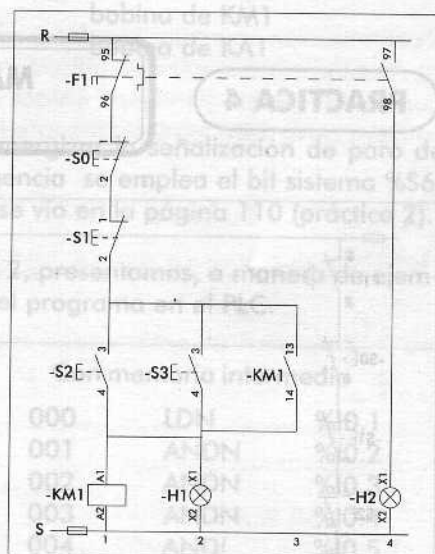
Después de introducir los dos contactos cerrados, volvemos a usar la instrucción **L** (como si se comenzara un nuevo programa), para indicar que los siguientes contactos se van a introducir como un bloque o conjunto.

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

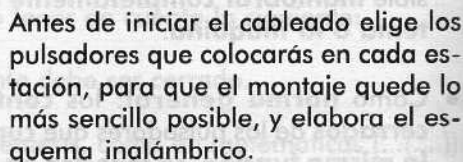
segunda estación.

2º ESTACION

- 1 R - bornera - 97F1 - 95F1
- 2 96F1 - bornera - 1S0
- 3 2S0 - 1S1
- 4 13KM1 - bornera - 3S2 - 2S1 - 3S3
- 5 A1KM1 - 14KM1 - bornera - 4S2 - 4S3
y X1H1
- 6 98F1 - bornera - X1H2
- 7 S - bornera - A2KM1 y X2H1 - X2H2

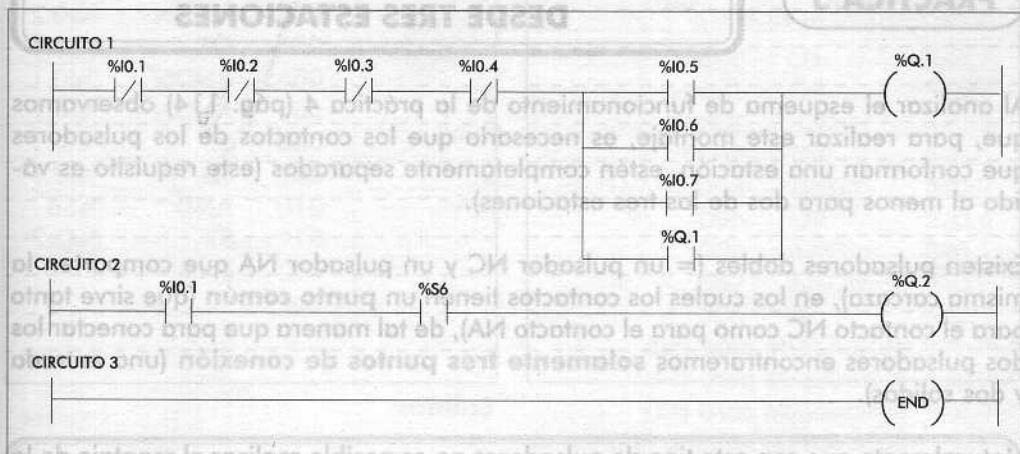
Extracción a colda de pulseradores en la

MANDO POR IMPULSO INICIAL DESDE TRES ESTACIONES





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 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

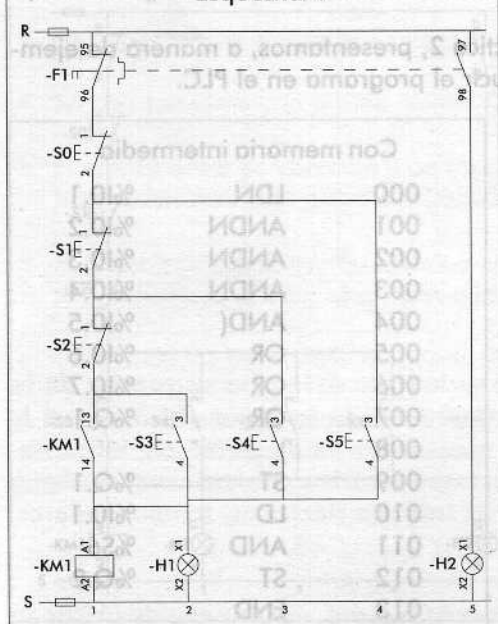
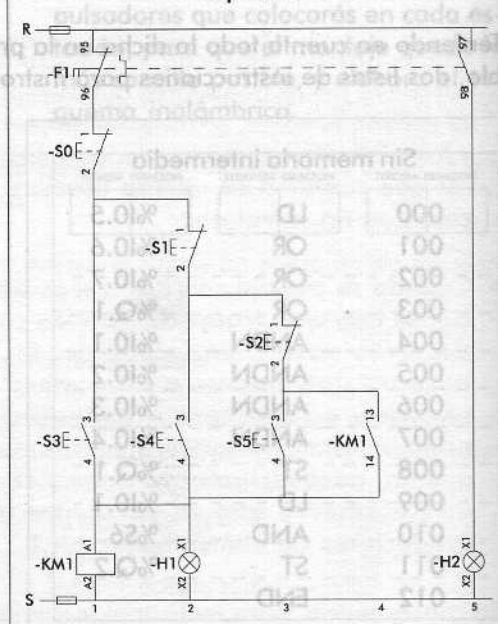
000	LDN	%I0.1
001	ANDN	%I0.2
002	ANDN	%I0.3
003	ANDN	%I0.4
004	AND(	%I0.5
005	OR	%I0.6
006	OR	%I0.7
007	OR	%Q.1
008)	
009	ST	%Q.1
010	LD	%I0.1
011	AND	%S6
012	ST	%Q.2
013	END	

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).

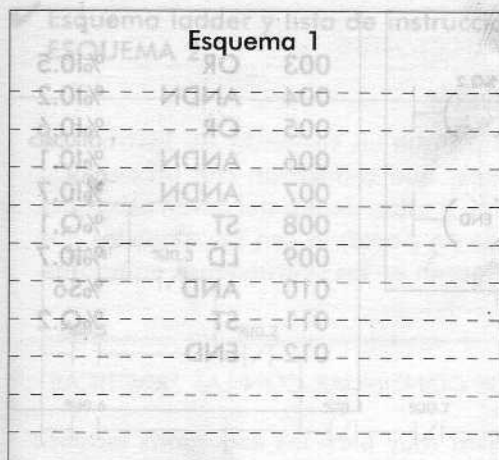
Existen pulsadores dobles (= un pulsador NC y un pulsador NA que comparten la misma carcasa), en los cuales los contactos tienen un **punto común** (que sirve tanto para el contacto NC como para el contacto NA), de tal manera que para conectar los dos pulsadores encontraremos **solamente tres puntos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

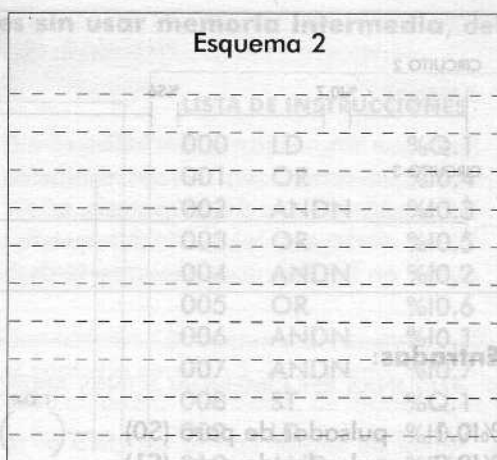
A continuación se presentan dos posibles esquemas de funcionamiento, en los cuales no es posible elegir qué pulsadores van a formar parte de cada una de las estaciones (por cuanto ya vienen unidos de fábrica), **pero**, antes de iniciar el cableado, es necesario que **elabores sus correspondientes esquemas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

Esquema 1

Esquema 2


Esquema 1



Esquema 2

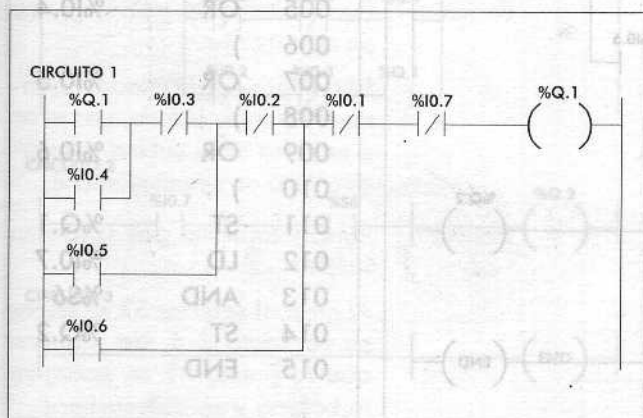


Se ha visto cómo puede pasarse, de distintas formas, un esquema de funcionamiento a lenguaje ladder. Lo importante es que interprete, de alguna manera, el esquema original y sobre todo que se pueda programar, en cuyo caso se debe hacer en forma clara y sencilla.

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

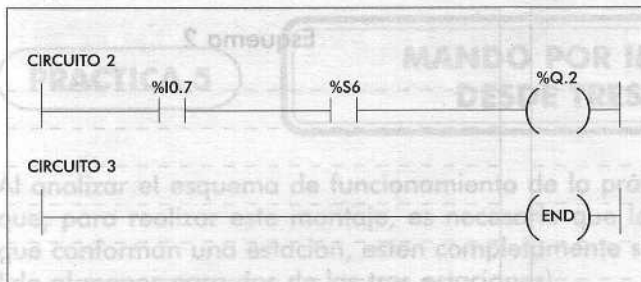


NUEVAS INSTRUCCIONES

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	

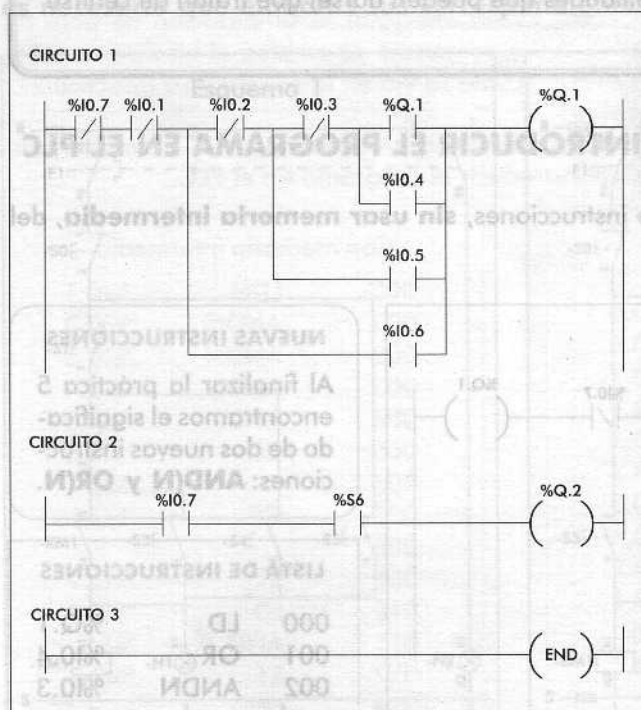
Entradas:

%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**

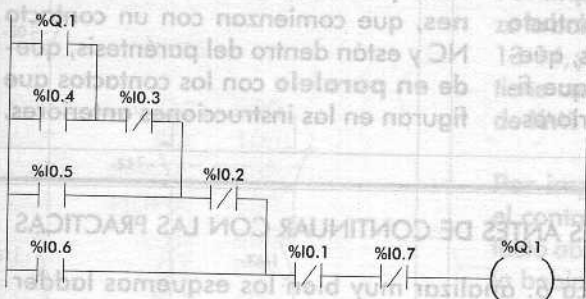


LISTA DE INSTRUCCIONES

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

CIRCUITO 1



CIRCUITO 2



CIRCUITO 3



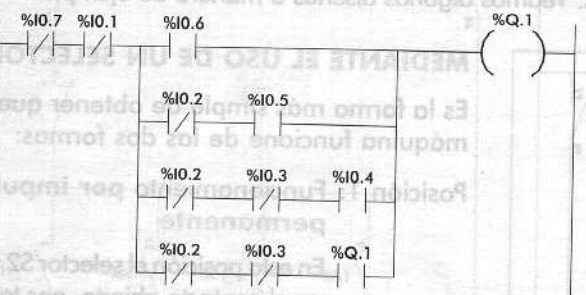
LISTA DE INSTRUCCIONES

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

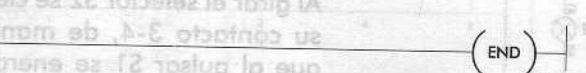
CIRCUITO 1



CIRCUITO 2



CIRCUITO 3



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

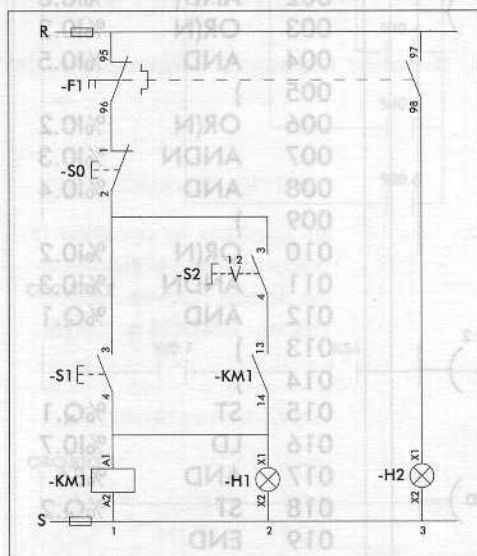
Es la forma más simple de obtener que la máquina funcione de las dos formas:

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.

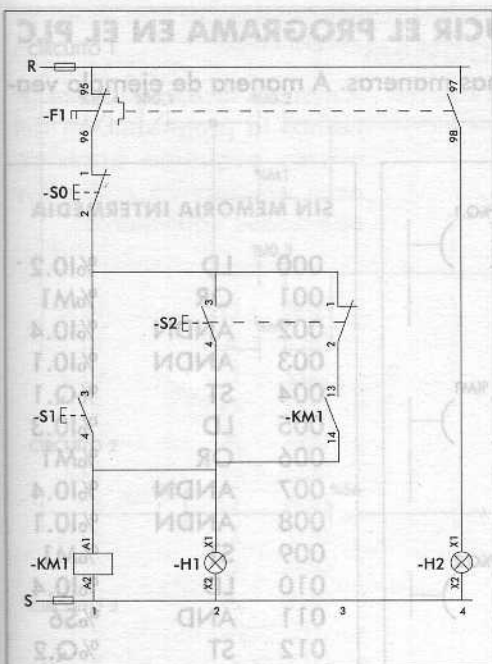


MEDIANTE EL USO DE UN PULSADOR DE CONEXION-DESCONEXION

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.

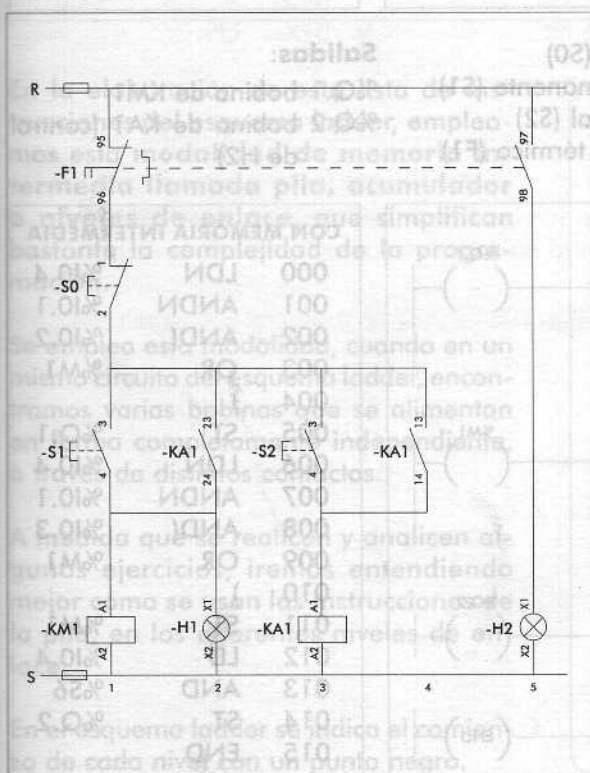
Este circuito no es posible programarlo.



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.

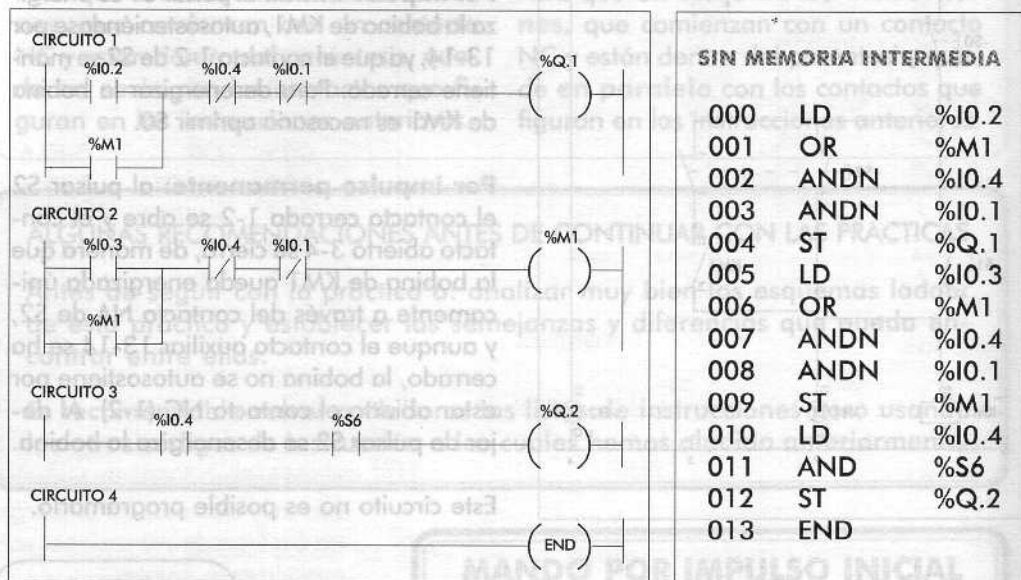
El problema queda totalmente solucionado si se emplea un contactor auxiliar y dos pulsadores NA.





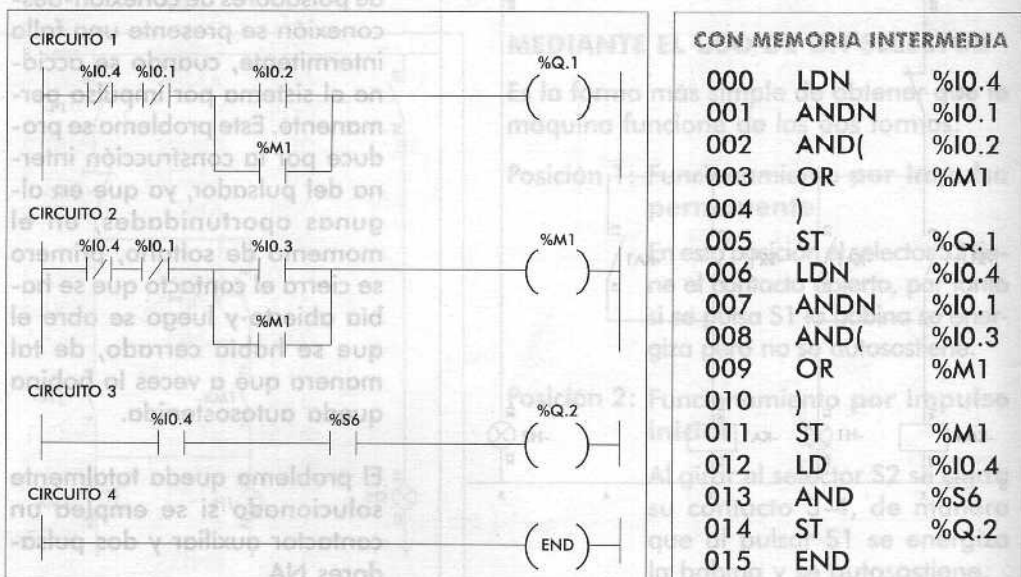
COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC

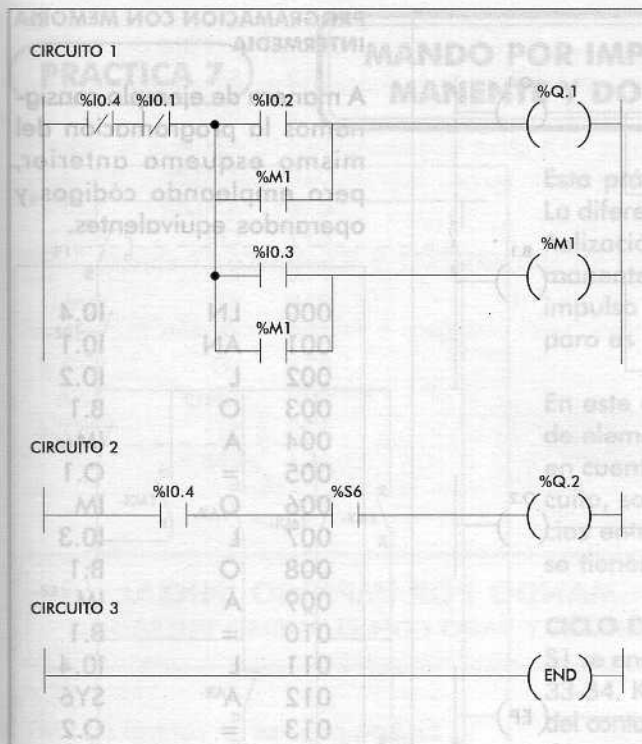
El ejercicio se puede programar de muchas maneras. A manera de ejemplo veamos algunas.



Entradas: %I0.1 pulsador de paro (S0)
 %I0.2 para impulso permanente (S1)
 %I0.3 para impulso inicial (S2)
 %I0.4 contactos del relé térmico (F1)

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





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

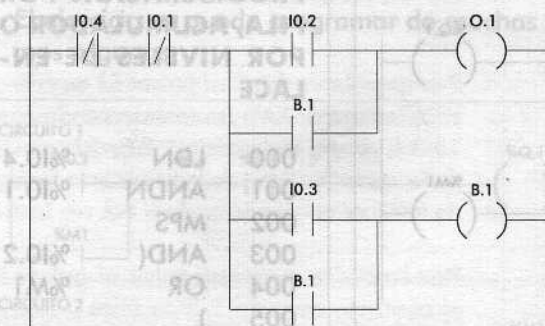
Instrucción que se emplea para indicar el comienzo de cada uno de los niveles intermedios de la pila.

Cuando se tienen solamente dos niveles no se emplea esta instrucción.

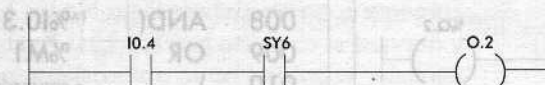
MPP

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

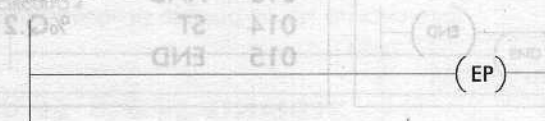
CIRCUITO 1



CIRCUITO 2



CIRCUITO 3



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	

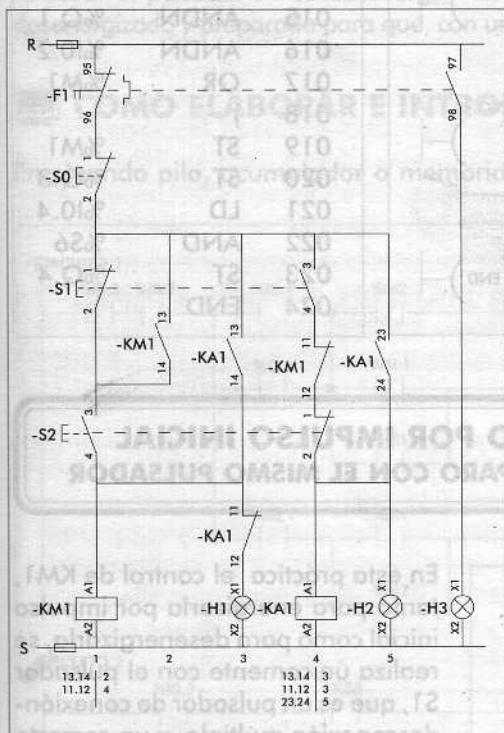
Equivalencias en las instrucciones y en los operandos:

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

PRACTICA 7

MANDO POR IMPULSO INICIAL Y PERMANENTE Y DOBLE SEÑALIZACIÓN



Esta práctica es parecida a la anterior. La diferencia radica en el uso de una señalización para marcha por impulso permanente (H1) y otra, para marcha por impulso inicial (H2). La señalización de paro es la misma.

En este ejercicio se presentan una serie de elementos nuevos que hay que tener en cuenta al realizar el diseño de un circuito, sobre todo para evitar interferencias entre las diferentes maniobras que se tienen que ejecutar.

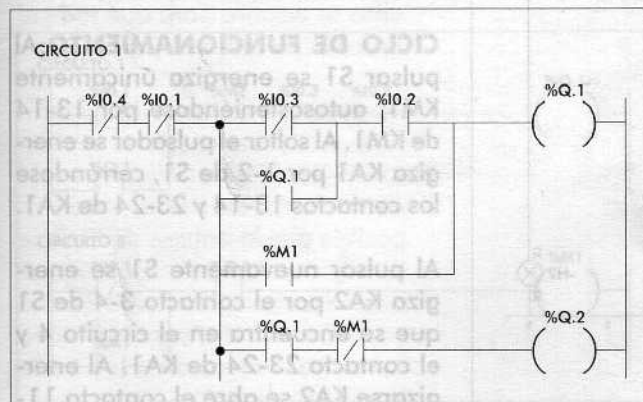
CICLO DE FUNCIONAMIENTO: Al pulsar S1 se energiza KA1, autososteniéndose por 33-34. KM1 también se energiza a través del contacto 13-14 de KA1. La señalización de marcha por impulso inicial la hará H2.

Al pulsar S2 se energiza KM1. Si se deja de pulsar, KM1 se desenergiza por no tener sostenimiento. La señalización la hará H1.

No es posible realizar simultáneamente las dos maniobras, ni interferir la que esté en funcionamiento. Analiza muy bien la función que cumple cada elemento del circuito.



COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC



000	LDN	%I0.4
001	ANDN	%I0.1
002	MPS	
003	AND(N	%I0.3
004	OR	%Q.1
005	AND	%I0.2
006	OR	%M1
007)	
008	ST	%Q.1
009	MRD	
010	AND	%Q.1

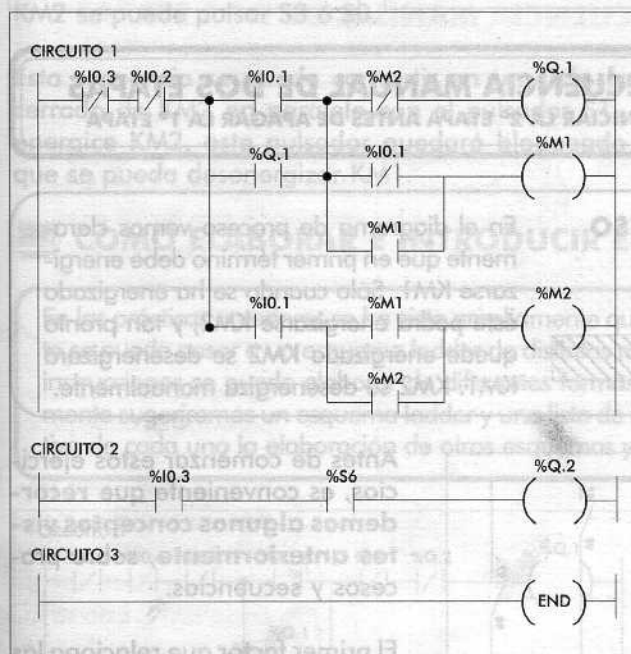
12 de KA2 desenergizándose solamente KM1, manteniéndose energizados KA1 y KA2. El contacto auxiliar 13-14 de KA2, no es necesario con lógica cableada. En lógica programada es necesario solamente si no se usa memoria intermedia.

Al soltar el pulsador S1 se desenergiza tanto KA1 como KA2, quedando todo el circuito desenergizado y preparado para que, con un nuevo pulso de S1, vuelva a energizarse KM1.



COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC

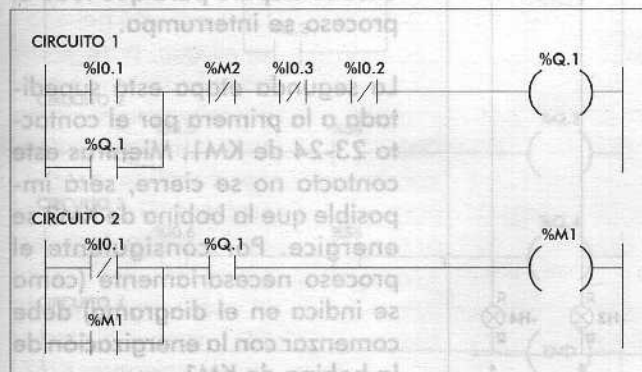
Empleando pila, acumulador o memoria intermedia



```

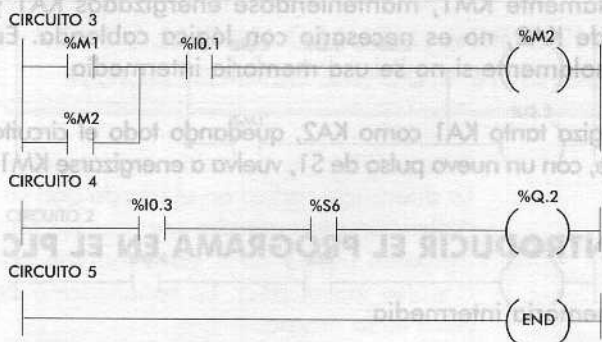
000 LDN      %I0.3
001 ANDN     %I0.2
002 MPS
003 AND(     %I0.1
004 OR       %Q.1
005 )
006 MPS
007 ANDN     %M2
008 ST       %Q.1
009 MPP
010 AND(N    %I0.1
011 OR       %M1
012 )
013 ST       %M1
014 MPP
015 AND      %I0.1
016 AND(     %M1
017 OR       %M2
018 )
019 ST       %M2
020 LD       %I0.3
021 AND      %S6
022 ST       %Q.2
023 END
  
```

Sin emplear pila, acumulador o memoria intermedia



```

000 LD       %I0.1
001 OR       %Q.1
002 ANDN     %M2
003 ANDN     %I0.3
004 ANDN     %I0.2
005 ST       %Q.1
006 LDN     %I0.1
007 OR       %M1
  
```

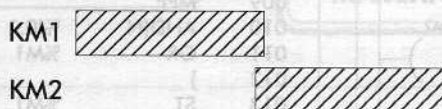


008	AND	%Q.1
009	ST	%M1
010	LD	%M1
011	OR	%M2
012	AND	%IO.1
013	ST	%M2
014	LD	%IO.3
015	AND	%S6
016	ST	%Q.2
017	END	

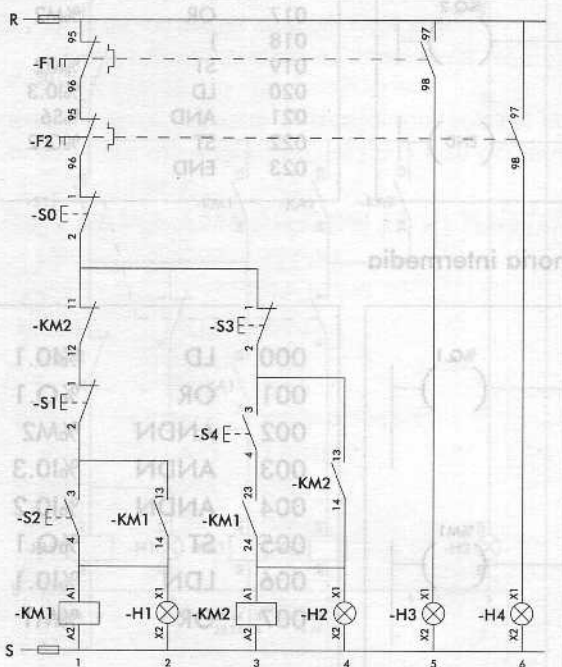
PRACTICA 9

SECUENCIA MANUAL DE DOS ETAPAS INICIAR LA 2ª ETAPA ANTES DE APAGAR LA 1ª ETAPA

DIAGRAMA DEL PROCESO



En el diagrama de proceso vemos claramente que en primer término debe energizarse KM1. Sólo cuando se ha energizado éste podrá energizarse KM2, y tan pronto quede energizado KM2 se desenergizará KM1. KM2 se desenergiza manualmente.



Antes de comenzar estos ejercicios, es conveniente que **recordemos algunos conceptos vistos anteriormente, sobre procesos y secuencias.**

El primer factor que relaciona las dos etapas de esta secuencia son los térmicos: basta que uno de ellos se dispare para que todo el proceso se interrumpa.

La segunda etapa está supeditada a la primera por el contacto 23-24 de KM1. Mientras este contacto no se cierre, será imposible que la bobina de KM2 se energice. Por consiguiente el proceso necesariamente (como se indica en el diagrama) debe comenzar con la energización de la bobina de KM1.

Cuando se pulse S2 se energiza la bobina de KM1, autososteniéndose por 13-14, que se encuentra en el circuito 2. Simultáneamente se cierra el contacto 23-24, preparando de esta manera la siguiente maniobra, o sea la energización de la segunda etapa, cuando se pulse S4, energizando la bobina de KM2.

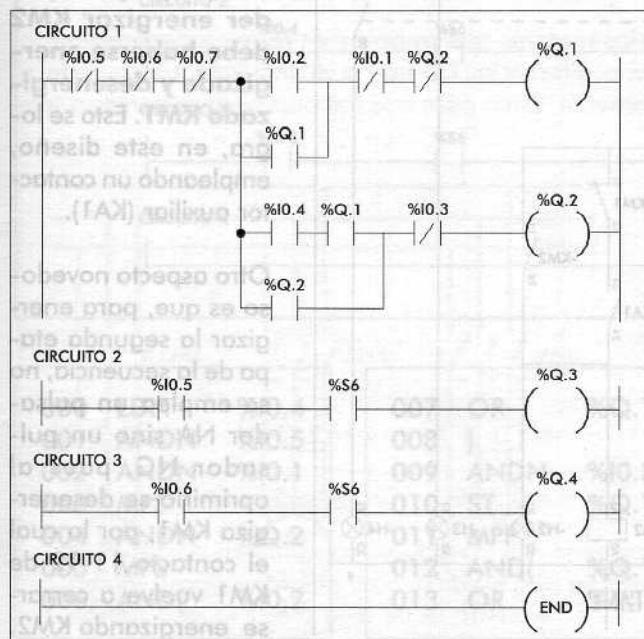
En ese momento se puede pulsar S1 para interrumpir la secuencia, desenergizando la bobina de KM1, o bien se puede pulsar S4 para energizar la bobina de KM2, que se autosostendrá por 13-14 de KM2. Una vez que se energiza la bobina de KM2 se abre el contacto 11-12 de KM2, que se encuentra en el circuito 1. El tiempo entre la energización de KM2 y la desenergización de KM1 es de algunos milisegundos, que depende exclusivamente de la construcción de dichos contactos. Para desenergizar KM2 se puede pulsar S3 ó S0.

Esta secuencia se puede convertir en un **ciclo forzado**, conectando un contacto cerrado de KM2 en paralelo con el pulsador S1, de manera que, mientras no se energice KM2, este pulsador quedará bloqueado (puenteado temporalmente) sin que se pueda desenergizar KM1.



COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC

En las prácticas anteriores se ha visto ampliamente que un esquema de funcionamiento se puede pasar a un esquema ladder de distintas maneras, y además que la lista de instrucciones se puede elaborar de diferentes formas, por lo cual en adelante únicamente sugeriremos un esquema ladder y una lista de instrucciones, dejando a la iniciativa de cada uno la elaboración de otros esquemas y listas de instrucciones.



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

Entradas:

- %I0.1 paro primera etapa (S1)
- %I0.2 marcha primera etapa (S2)
- %I0.3 paro segunda etapa (S3)
- %I0.4 marcha segunda etapa (S4)
- %I0.5 contactos del relé térmico (F1)
- %I0.6 contactos del relé térmico (F2)
- %I0.7 pulsador paro de emergencia (S0)

Salidas:

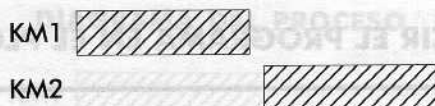
- %Q.1 bobina del contactor KM1
- %Q.2 bobina del contactor KM2
- %Q.3 bobina de KA1 para control de H3
- %Q.4 bobina de KA2 para control de H4

Si queremos que las señalizaciones de paro de emergencia no sean intermitentes, se elimina el bit sistema %S6.

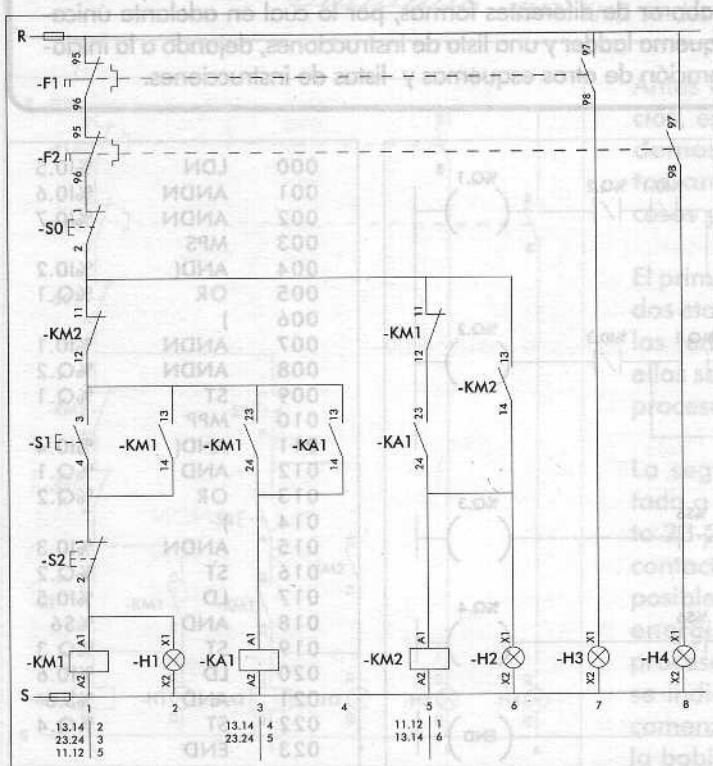
PRACTICA 10

SECUENCIA MANUAL DE DOS ETAPAS INICIAR LA 2ª ETAPA DESPUÉS DE APAGAR LA 1ª ETAPA

DIAGRAMA DEL PROCESO



En el diagrama de proceso se ve que en primer término debe energizarse KM1. Sólo cuando se ha energizado éste podrá energizarse KM2, pero siempre y cuando KM1 haya sido desenergizado previamente. KM2 se desenergiza manualmente.



La secuencia es muy parecida al de la práctica 9. La diferencia radica en que para poder energizar KM2 debe haberse energizado y desenergizado KM1. Esto se logra, en este diseño, empleando un contactor auxiliar (KA1).

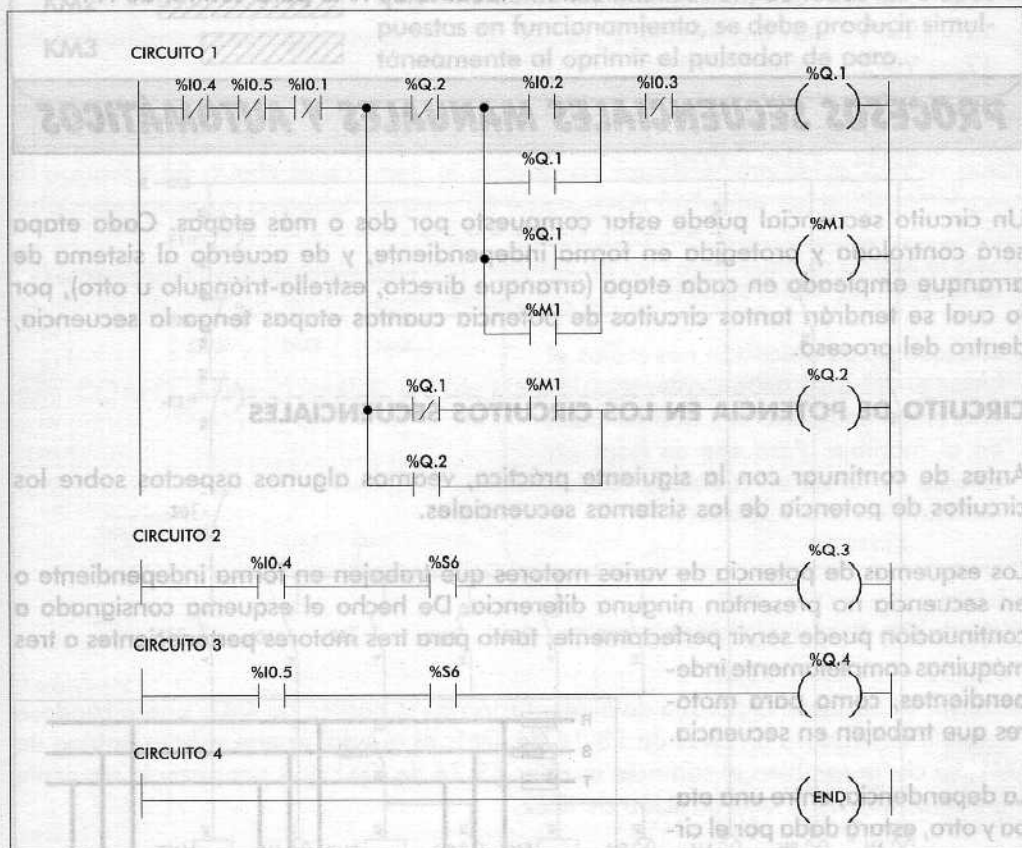
Otro aspecto novedoso es que, para energizar la segunda etapa de la secuencia, no se emplea un pulsador NA sino un pulsador NC, pues al oprimirlo se desenergiza KM1, por lo cual el contacto 11-12 de KM1 vuelve a cerrarse energizando KM2.

El pulsador S0 se usa para desenergizar la secuencia en cualquier momento a manera de pulsador de seta o paro de emergencia.

Con base en esta práctica diseña a continuación un circuito en el cual cada etapa tenga su propio pulsador de paro, y otro en el cual el circuito sea una secuencia forzada.



COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC



000	LDN	%I0.4
001	ANDN	%I0.5
002	ANDN	%I0.1
003	MPS	
004	ANDN	%Q.2
005	MPS	
006	AND(	%I0.2

007	OR	%Q.1
008)	
009	ANDN	%I0.3
010	ST	%Q.1
011	MPP	
012	AND(	%Q.1
013	OR	%M1

014)	
015	ST	%M1
016	MPP	
017	AND(N	%Q.1
018	AND	%M1
019	OR	%Q.2
020)	

Entradas y salidas:

021	ST	%Q.2
022	LD	%I0.4
023	AND	%S6
024	ST	%Q.3
025	LD	%I0.5
026	AND	%S6
027	ST	%Q.4
028	END	

%I0.1	paro emergencia (S0)
%I0.2	marcha primera etapa (S1)
%I0.3	paro 1ª etapa-marcha 2ª etapa (S2)
%I0.4	contactos relé térmico (F1)
%I0.5	contactos relé térmico (F2)
%Q.1	bobina del contactor KM1
%Q.2	bobina del contactor KM2
%Q.3	bobina de KA1 para control de H3
%Q.4	bobina de KA2 para control de H4

PROCESOS SECUENCIALES MANUALES Y AUTOMÁTICOS

Un circuito secuencial puede estar compuesto por dos o más etapas. Cada etapa será controlada y protegida en forma independiente, y de acuerdo al sistema de arranque empleado en cada etapa (arranque directo, estrella-triángulo u otro), por lo cual se tendrán tantos circuitos de potencia cuantas etapas tenga la secuencia, dentro del proceso.

CIRCUITO DE POTENCIA EN LOS CIRCUITOS SECUENCIALES

Antes de continuar con la siguiente práctica, veamos algunos aspectos sobre los circuitos de potencia de los sistemas secuenciales.

Los esquemas de potencia de varios motores que trabajen en forma independiente o en secuencia no presentan ninguna diferencia. De hecho el esquema consignado a continuación puede servir perfectamente, tanto para tres motores pertenecientes a tres máquinas completamente independientes, como para motores que trabajen en secuencia.

La dependencia, entre una etapa y otra, estará dada por el circuito de mando, es decir por la forma cómo se controlen las bobinas de los contactores de cada etapa, con lo cual se estará controlando la apertura o cierre de los contactos principales, que son los que en último término permiten o interrumpen el paso de corriente a los motores o cargas en general.

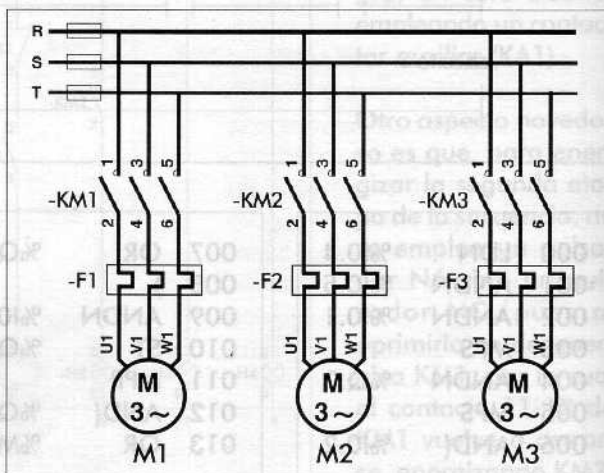
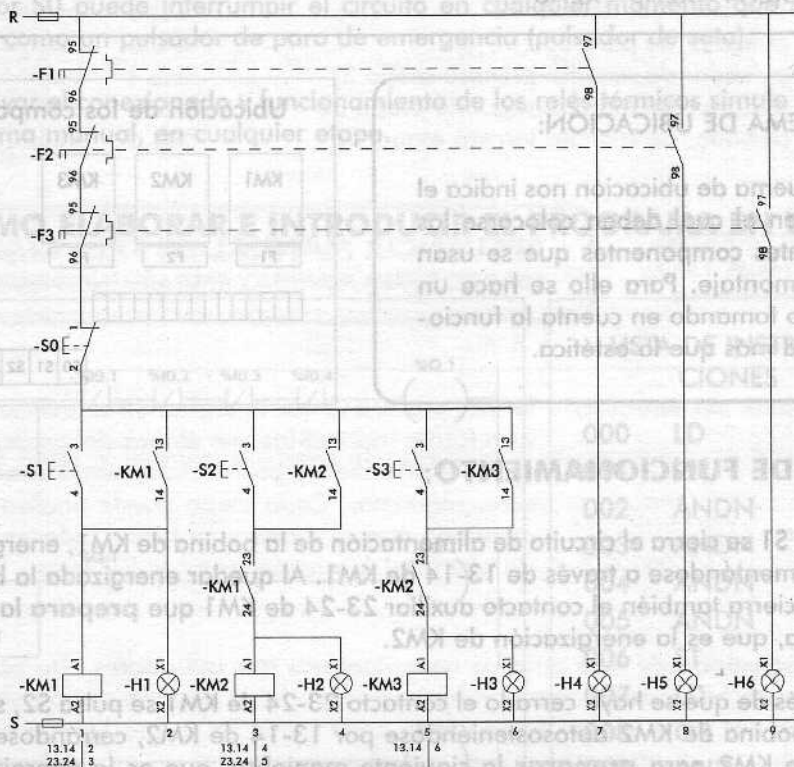


DIAGRAMA DEL PROCESO


En esta práctica se irán energizando secuencialmente y en forma manual las tres etapas de un proceso. Iniciado el proceso es posible interrumpirlo en cualquier momento. La finalización, de todas las etapas puestas en funcionamiento, se debe producir simultáneamente al oprimir el pulsador de paro.


ESQUEMA INALÁMBRICO:

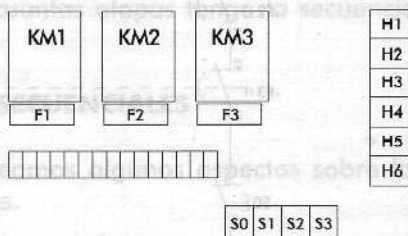
El esquema inalámbrico se obtiene con base en la interpretación del esquema de funcionamiento y de acuerdo a la ubicación de los diferentes componentes que se van a usar en el montaje

- 1 R - bornera - 97F1 - 95F1 - 97F2 - 97F3
- 2 96F1 - 95F2
- 3 96F2 - 95F3
- 4 96F3 - bornera - 1S0
- 5 13KM3 - 13KM2 - 13KM1 - bornera - 2S0 - 3S1 - 3S2 - 3S3
- 6 A1KM1 - 14KM1 - bornera - 4S1 y X1H1
- 7 14KM2 - 23KM1 - bornera - 4S2
- 8 24KM1 - A1KM2 - bornera - X1H2
- 9 14KM3 - 23KM2 - bornera - 4S3
- 10 24KM2 - A1KM3 - bornera - X1H3
- 11 98F1 - bornera - X1H4
- 12 98F2 - bornera - X1H5
- 13 98F3 - bornera - X1H6
- 14 S - bornera - A2KM1 - A2KM2 - A2KM3 y bornera - X2H1 - X2H2 - X2H3 - X2H4 - X2H5 - X2H6

ESQUEMA DE UBICACIÓN:

El esquema de ubicación nos indica el lugar en el cual deben colocarse los diferentes componentes que se usan en el montaje. Para ello se hace un estudio tomando en cuenta la funcionalidad más que la estética.

Ubicación de los componentes



CICLO DE FUNCIONAMIENTO:

Al pulsar S1 se cierra el circuito de alimentación de la bobina de KM1, energizándose y autoalimentándose a través de 13-14 de KM1. Al quedar energizada la bobina de KM1, se cierra también el contacto auxiliar 23-24 de KM1 que prepara la siguiente maniobra, que es la energización de KM2.

Si después de que se haya cerrado el contacto 23-24 de KM1 se pulsa S2, se energizará la bobina de KM2 autososteniéndose por 13-14 de KM2, cerrándose también 23-24 de KM2 para preparar la siguiente maniobra, que es la energización de KM3.

Si se pulsa S3 estando cerrado el contacto 23-24 de KM2 se energizará la bobina de KM3, autososteniéndose por 13-14 de KM3.

En cualquier momento de la secuencia que se pulse S0, se interrumpirá el proceso, desenergizándose las etapas que habían sido energizadas hasta ese momento.

Por otra parte, el circuito permite que, al producirse una sobrecarga en cualesquiera de los motores, se interrumpa todo el sistema, ya que los contactos cerrados de los tres relés térmicos se encuentran conectados en serie, de tal manera que al abrirse uno solo de ellos, se desenergizará la secuencia completa. Sin embargo, se cerrará solamente el contacto abierto de aquel relé térmico que se disparó, señalizando el motor en el cual se produjo la sobrecarga.

ENSAYO DEL MONTAJE REALIZADO:

Para comprobar si el circuito ha quedado correctamente montado, se deben oprimir los pulsadores en el siguiente orden: **S3, S2, S1, S3, S2, S3**.

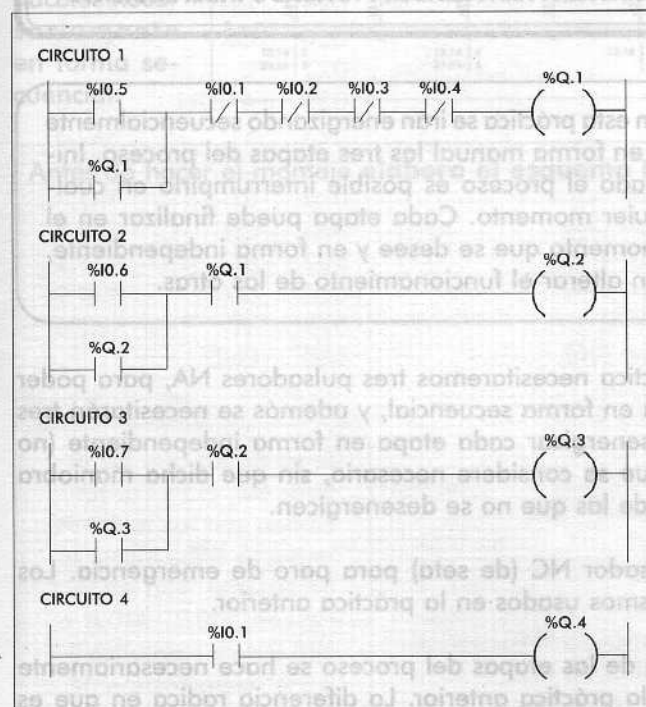
En esta sucesión de maniobras actuará solamente el pulsador que esté en negrilla.

El pulsador S0 puede interrumpir el circuito en cualquier momento que se pulse, actuando como un pulsador de paro de emergencia (pulsador de seta).

Para ensayar el conexionado y funcionamiento de los relés térmicos simule el disparo, en forma manual, en cualquier etapa.



COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC

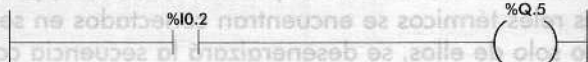


LISTA DE INSTRUCCIONES

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

015	LD	%I0.1
016	ST	%Q.4
017	LD	%I0.2
018	ST	%Q.5
019	LD	%I0.3
020	ST	%Q.6
021	END	

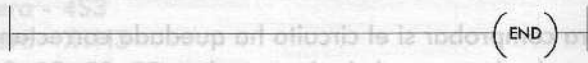
CIRCUITO 5



CIRCUITO 6



CIRCUITO 7



Entradas:

%I0.1	contactos del térmico F1
%I0.2	contactos del térmico F2
%I0.3	contactos del térmico F3
%I0.4	pulsador de paro S0
%I0.5	pulsador de marcha primera etapa S1
%I0.6	pulsador de marcha segunda etapa S2
%I0.7	pulsador de marcha tercera etapa S3

Salidas:

%Q.1	bobina de KM1
%Q.2	bobina de KM2
%Q.3	bobina de KM3
%Q.4	bobina de KA1
%Q.5	bobina de KA2
%Q.6	bobina de KA3

PRACTICA 12

SECUENCIA MANUAL DE TRES ETAPAS SECUENCIA PARA PRENDER Y APAGADO INDEPENDIENTE

DIAGRAMA DEL PROCESO



En esta práctica se irán energizando secuencialmente y en forma manual las tres etapas del proceso. Iniciado el proceso es posible interrumpirlo en cualquier momento. Cada etapa puede finalizar en el momento que se desee y en forma independiente, sin alterar el funcionamiento de las otras.

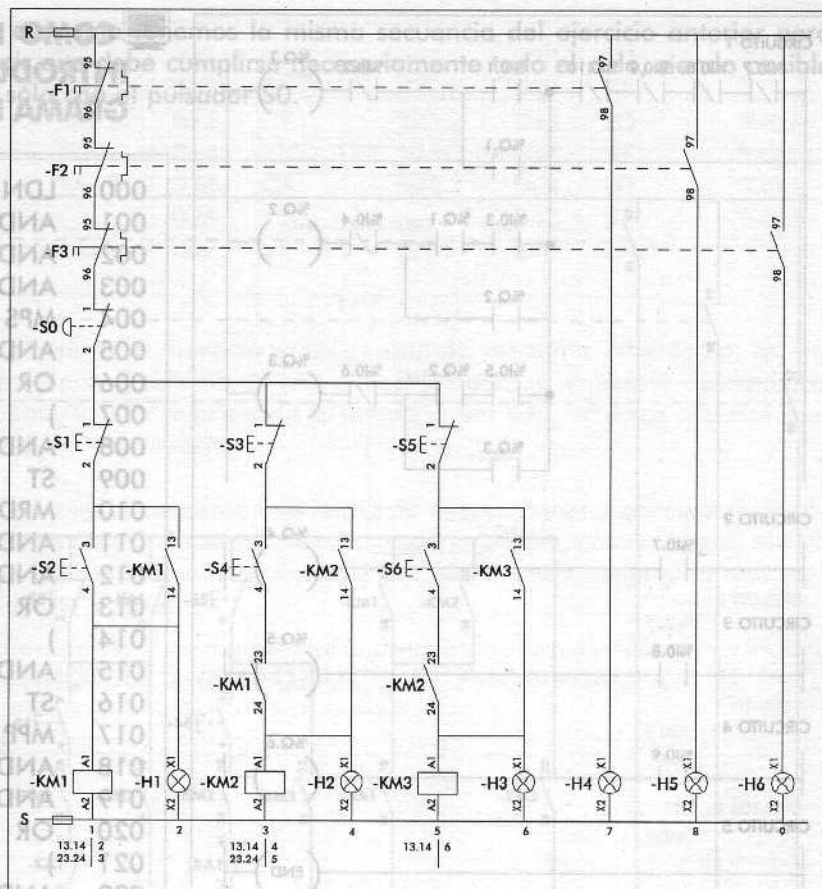
Para la realización de esta práctica necesitaremos tres pulsadores NA, para poder iniciar la marcha de cada etapa en forma secuencial, y además se necesitarán tres pulsadores NC, para poder desenergizar cada etapa en forma independiente (no secuencial) y en el momento que se considere necesario, sin que dicha maniobra interfiera en el funcionamiento de las que no se desenergicen.

Además se necesitará otro pulsador NC (de seta) para paro de emergencia. Los demás componentes son los mismos usados en la práctica anterior.

En esta práctica la energización de las etapas del proceso se hace necesariamente en forma secuencial, como en la práctica anterior. La diferencia radica en que es

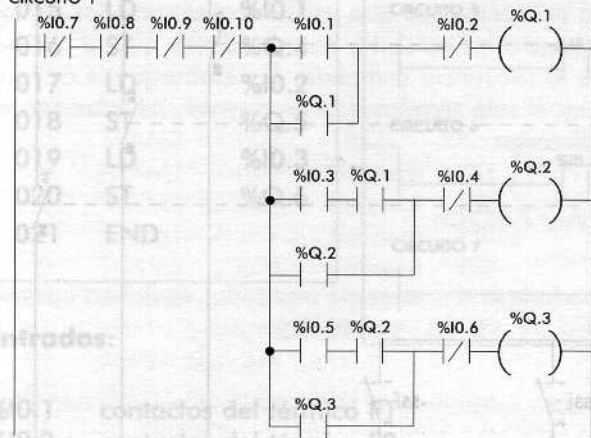
posible interrumpir etapa por etapa, sin seguir ninguna secuencia, gracias a la inclusión de un pulsador de paro por etapa y a la forma como se han colocado los contactos de sostenimiento.

Si se han desenergizado dos etapas consecutivas y es necesario volverlas a energizar, tendrá que hacerse necesariamente en forma secuencial.

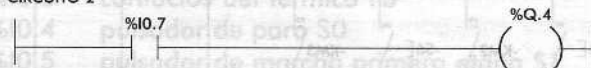


Antes de hacer el montaje **elabora el esquema inalámbrico:**

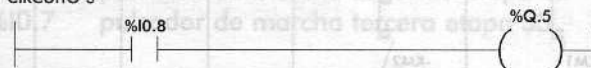
CIRCUITO 1



CIRCUITO 2



CIRCUITO 3



CIRCUITO 4



CIRCUITO 5



Entradas y salidas:

%I0.1	pulsador marcha 1ª etapa (S2)
%I0.2	pulsador paro 1ª etapa (S1)
%I0.3	pulsador marcha 2ª etapa (S4)
%I0.4	pulsador paro 2ª etapa (S3)
%I0.5	pulsador marcha 3ª etapa (S6)
%I0.6	pulsador paro 3ª etapa (S5)
%I0.7	contactos relé térmico (F1)
%I0.8	contactos relé térmico (F2)
%I0.9	contactos relé térmico (F3)
%I0.10	pulsador paro de emergencia (S0)
%Q.1	bobina del contactor KM1
%Q.2	bobina del contactor KM2
%Q.3	bobina del contactor KM3
%Q.4	bobina de KA1 para control de H4
%Q.5	bobina de KA2 para control de H5
%Q.6	bobina de KA3 para control de H6

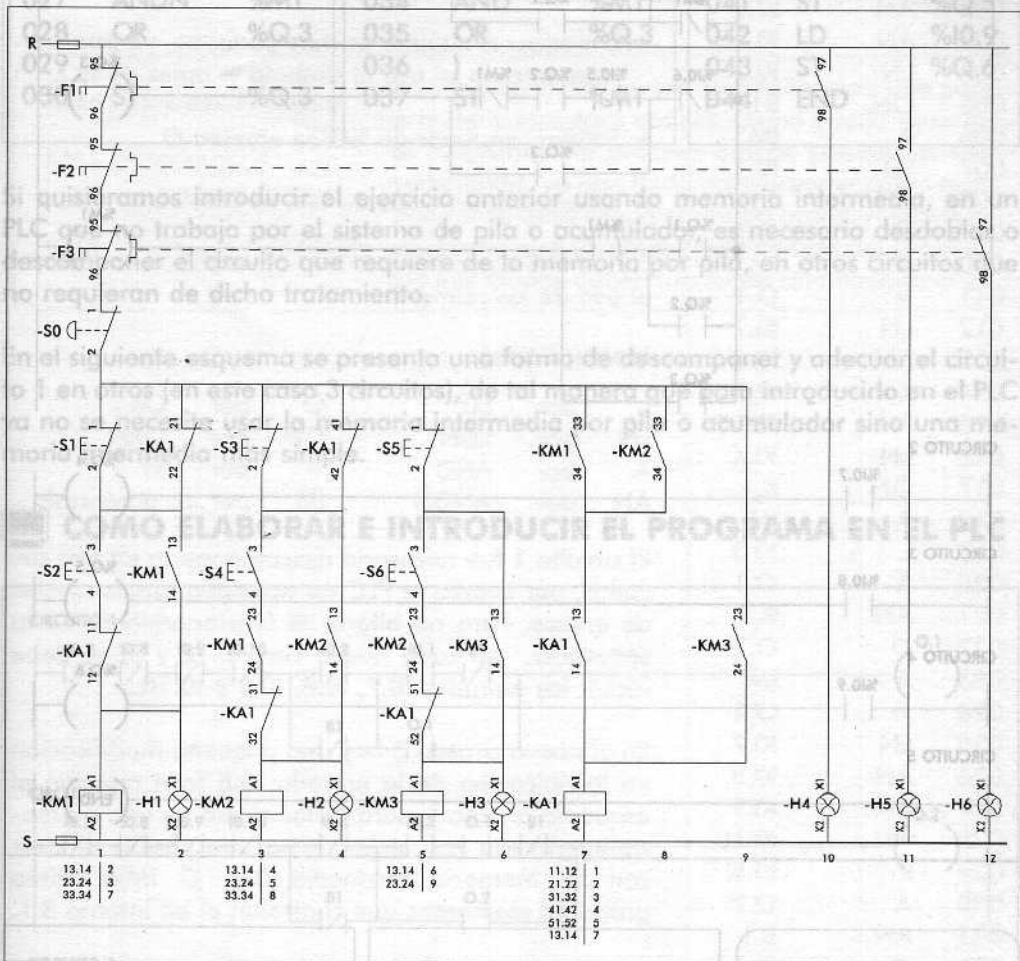


COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PRO- GRAMA EN EL PLC

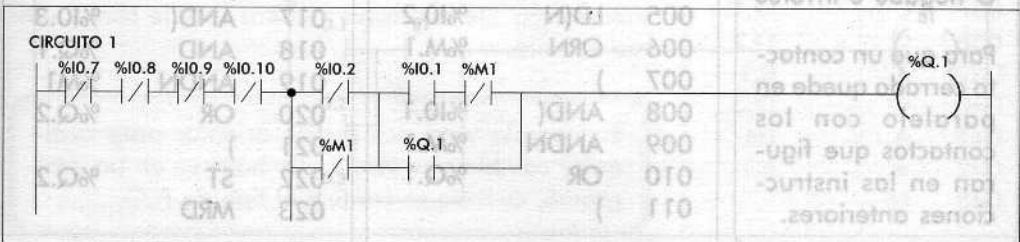
000	LDN	%I0.7
001	ANDN	%I0.8
002	ANDN	%I0.9
003	ANDN	%I0.10
004	MPS	
005	AND(	%I0.1
006	OR	%Q.1
007)	
008	ANDN	%I0.2
009	ST	%Q.1
010	MRD	
011	AND(	%I0.3
012	AND	%Q.1
013	OR	%Q.2
014)	
015	ANDN	%I0.4
016	ST	%Q.2
017	MPP	
018	AND(	%I0.5
019	AND	%Q.2
020	OR	%Q.3
021)	
022	ANDN	%I0.6
023	ST	%Q.3
024	LD	%I0.7
025	ST	%Q.4
026	LD	%I0.8
027	ST	%Q.5
028	LD	%I0.9
029	ST	%Q.6
030	END	

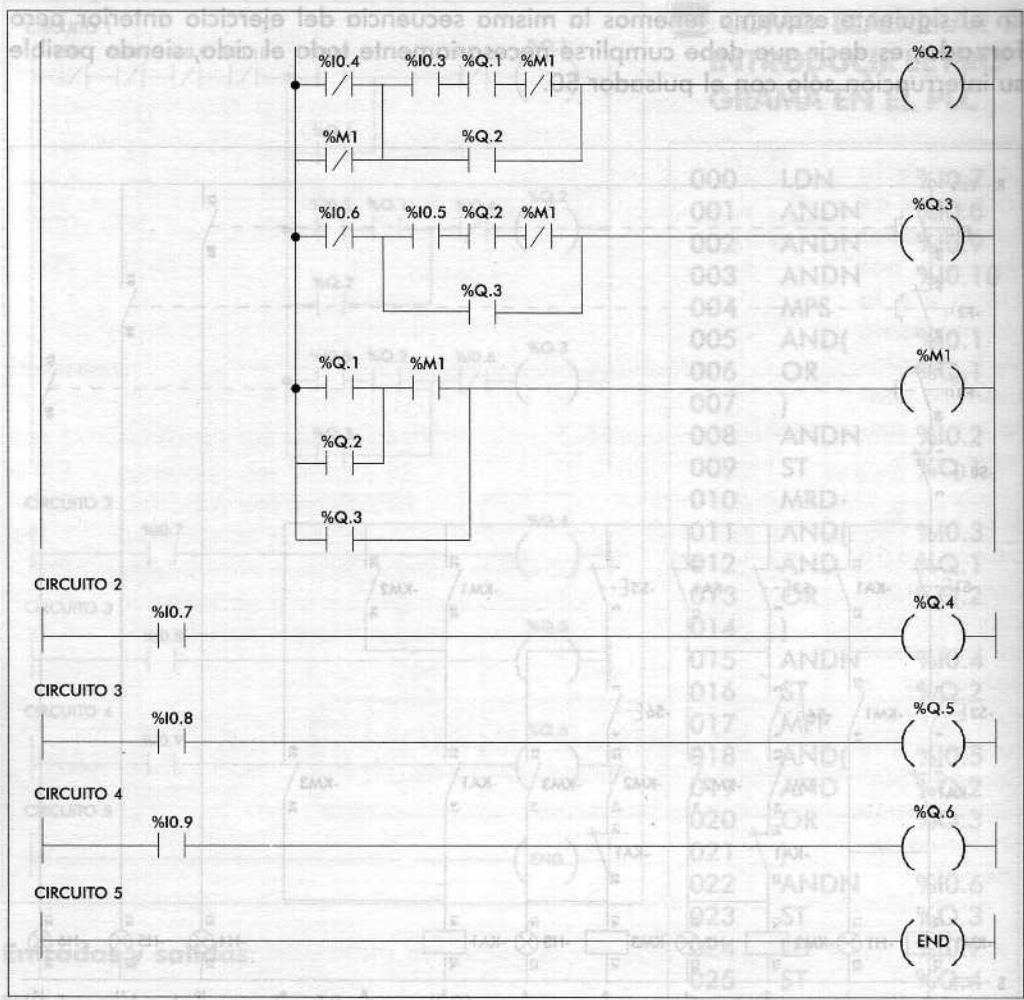
Si se desea que los pilotos H4, H5 y H6 funcionen con luz intermitente, se debe incluir el bit sistema %S6 en serie con %I0.7, %I0.8 e %I0.9 de los circuitos 2, 3 y 4 respectivamente.

su interrupción sólo con el pulsador S0.



COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC





NUEVA INSTRUCCION

ORN (ú ON ú ORI):
O negado o inverso

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

000	LDN	%I0.7
001	ANDN	%I0.8
002	ANDN	%I0.9
003	ANDN	%I0.10
004	MPS	
005	LD(N	%I0.2
006	ORN	%M.1
007)	
008	AND(	%I0.1
009	ANDN	%M.1
010	OR	%Q.1
011)	

012	ST	%Q.1
013	MRD	
014	AND(N	%I0.4
015	ORN	%M1
016)	
017	AND(	%I0.3
018	AND	%Q.1
019	ANDN	%M1
020	OR	%Q.2
021)	
022	ST	%Q.2
023	MRD	

024	ANDN	%I0.6
025	AND(	%I0.5
026	AND	%Q.2
027	ANDN	%M1
028	OR	%Q.3
029)	
030	ST	%Q.3

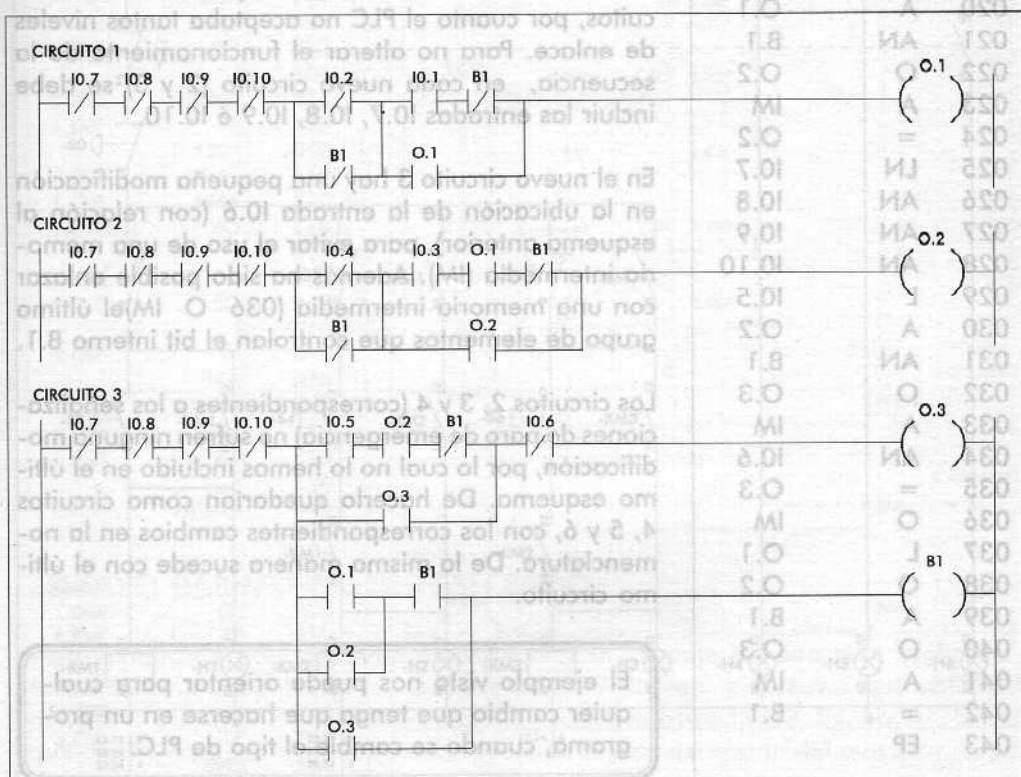
031	MPP	
032	AND(	%Q.1
033	OR	%Q.2
034	AND	%M1
035	OR	%Q.3
036)	
037	ST	%M1

038	LD	%I0.7
039	ST	%Q.4
040	LD	%I0.8
041	ST	%Q.5
042	LD	%I0.9
043	ST	%Q.6
044	END	

Si quisiéramos introducir el ejercicio anterior usando memoria intermedia, en un PLC que no trabaja por el sistema de pila o acumulador, es necesario desdoblar o descomponer el circuito que requiere de la memoria por pila, en otros circuitos que no requieran de dicho tratamiento.

En el siguiente esquema se presenta una forma de descomponer y adecuar el circuito 1 en otros (en este caso 3 circuitos), de tal manera que para introducirlo en el PLC ya no se necesite usar la memoria intermedia por pila o acumulador sino una memoria intermedia más simple.

COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC



Lista de instrucciones

000	LN	I0.7
001	AN	I0.8
002	AN	I0.9
003	AN	I0.10
004	LN	I0.2
005	ON	B1
006	A	IM
007	LD	I0.1
008	AN	B1
009	O	O.1
010	A	IM
011	=	O.1
012	LN	I0.7
013	AN	I0.8
014	AN	I0.9
015	AN	I0.10
016	LN	I0.4
017	ON	B.1
018	A	IM
019	L	I0.3
020	A	O.1
021	AN	B.1
022	O	O.2
023	A	IM
024	=	O.2
025	LN	I0.7
026	AN	I0.8
027	AN	I0.9
028	AN	I0.10
029	L	I0.5
030	A	O.2
031	AN	B.1
032	O	O.3
033	A	IM
034	AN	I0.6
035	=	O.3
036	O	IM
037	L	O.1
038	O	O.2
039	A	B.1
040	O	O.3
041	A	IM
042	=	B.1
043	EP	

Antes de analizar el nuevo esquema, veamos los cambios que se hicieron en la nomenclatura de los operandos (entradas y salidas) e instrucciones.

Operandos:

★ Entradas: el cambio es muy pequeño, ya que simplemente no se usa el símbolo % antes de la I.

★ Salidas: en lugar de %Q se emplea O.

★ Bit interno: en lugar de %M se emplea B.

En los tres componentes no hay variación en cuanto al uso de los numerales.

Instrucciones:

L	por	LD	O	por	OR
LN	por	LDN	ON	por	ORN
A	por	AND	=	por	ST
AN	por	ANDN	IM	por los	paréntesis

El circuito 1 fue necesario descomponerlo en tres circuitos, por cuanto el PLC no aceptaba tantos niveles de enlace. Para no alterar el funcionamiento de la secuencia, en cada nuevo circuito (2 y 3) se debe incluir las entradas I0.7, I0.8, I0.9 é I0.10.

En el nuevo circuito 3 hay una pequeña modificación en la ubicación de la entrada I0.6 (con relación al esquema anterior), para evitar el uso de una memoria intermedia (IM). Además ha sido posible enlazar con una memoria intermedia (036 O IM) el último grupo de elementos que controlan el bit interno B.1.

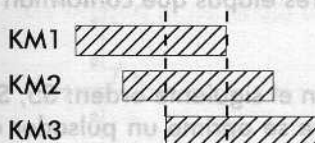
Los circuitos 2, 3 y 4 (correspondientes a las señalizaciones de paro de emergencia) no sufren ninguna modificación, por lo cual no lo hemos incluido en el último esquema. De hacerlo quedarían como circuitos 4, 5 y 6, con los correspondientes cambios en la nomenclatura. De la misma manera sucede con el último circuito.

El ejemplo visto nos puede orientar para cualquier cambio que tenga que hacerse en un programa, cuando se cambie el tipo de PLC.

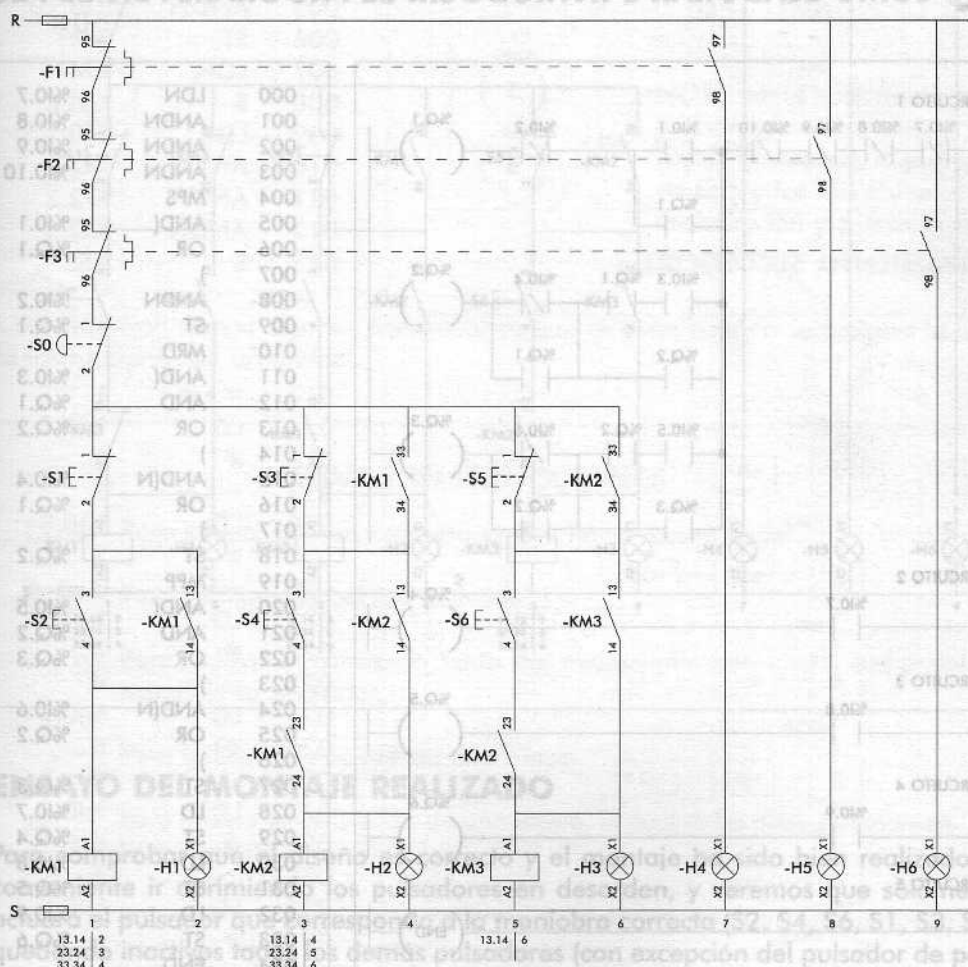
PRACTICA 13

SECUENCIA MANUAL DE TRES ETAPAS SISTEMA FIFO - PRIMEROS EN ENTRAR, PRIMEROS EN SALIR

DIAGRAMA DEL PROCESO



En este proceso se tienen dos secuencias: una para prender y otra para apagar. Como puede verse en el diagrama del proceso ambas secuencias son semejantes, ya que tanto para prender como para apagar se debe seguir el mismo orden. Además es necesario que, durante cierto tiempo del proceso, las tres etapas deben funcionar simultáneamente.



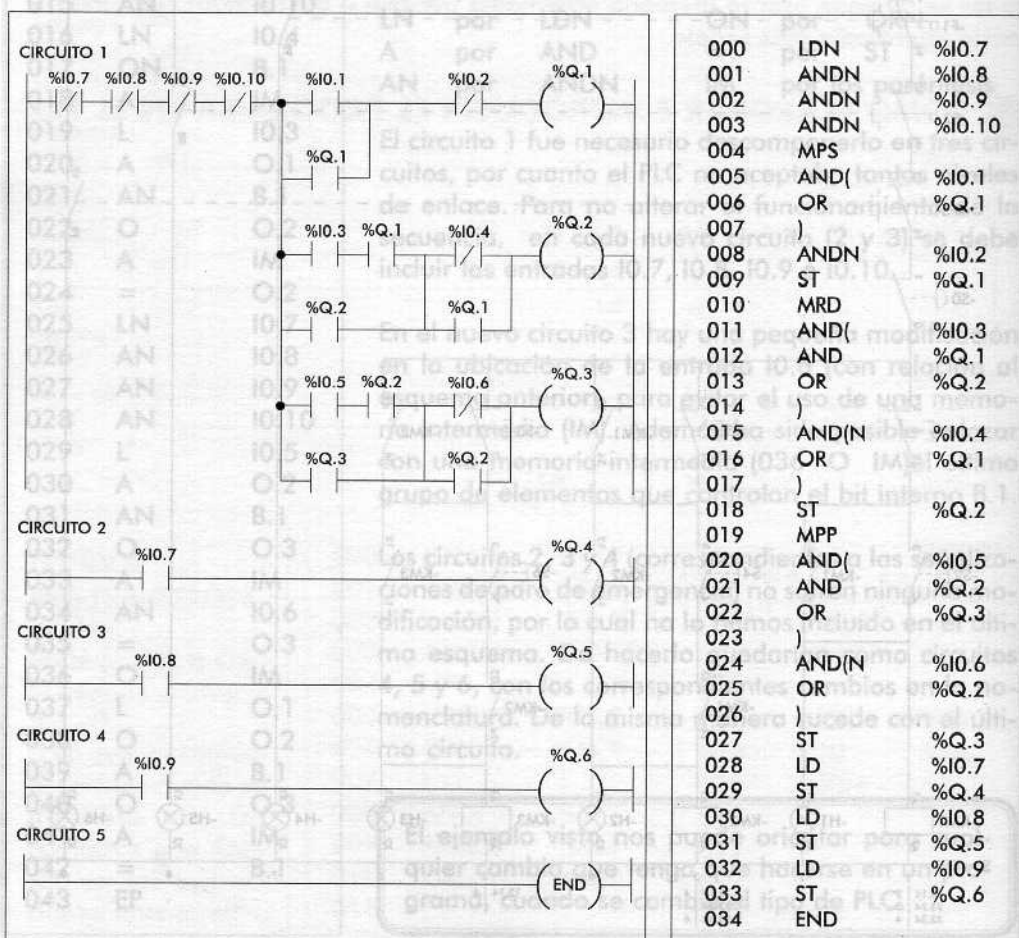
Antes de realizar el montaje correspondiente, analiza muy bien el circuito y establece las semejanzas y diferencias con las últimas prácticas realizadas, y si es necesario elabora una vez más el esquema inalámbrico.

ENSAYO DEL MONTAJE REALIZADO:

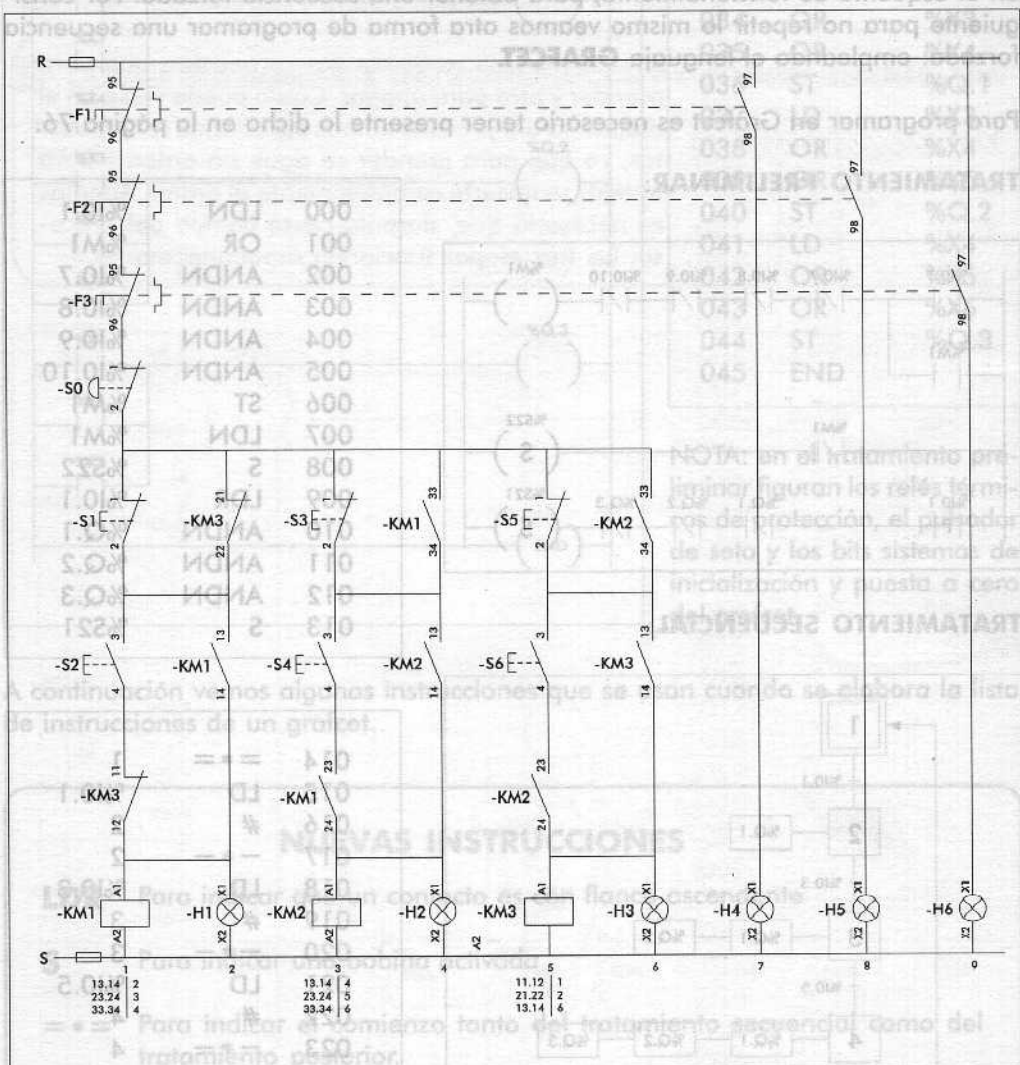
Para energizar las tres etapas oprime los pulsadores en el siguiente orden: S6, S4, S2, S6, S4, S6. Si el circuito fue correctamente realizado, cada vez que se oprime un pulsador que está en negrilla, se irán energizando las tres etapas que conforman la secuencia, en forma sucesiva.

Para desenergizar la secuencia oprime los pulsadores en el siguiente orden: S5, S3, S1, S5, S3, S5. Si el circuito está correcto, cada vez que se oprime un pulsador en negrilla, se irán desenergizando las etapas del proceso en forma sucesiva.

COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC



La secuencia anterior, mediante dos pequeñas modificaciones se convierte en una **SECUENCIA FORZADA FIFO**, de manera que debe cumplirse todo el ciclo sin que pueda interrumpirse.



ENSAYO DEL MONTAJE REALIZADO

Para comprobar que el diseño es correcto y el montaje ha sido bien realizado es conveniente ir oprimiendo los pulsadores en desorden, y veremos que solamente actuará el pulsador que corresponda a la maniobra correcta (S2, S4, S6, S1, S3, S5), quedando inactivos todos los demás pulsadores (con excepción del pulsador de paro de emergencia).

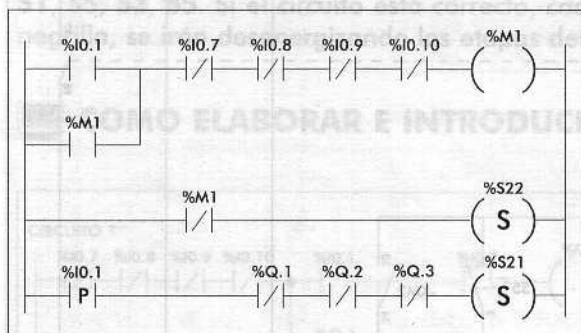


COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC

Para programar este circuito se puede emplear el esquema ladder, que será prácticamente igual al de la página 140, con las correspondientes modificaciones realizadas en el esquema de funcionamiento, para obtener una secuencia forzada. Por consiguiente para no repetir lo mismo veamos otra forma de programar una secuencia forzada: empleando el lenguaje **GRAFSET**.

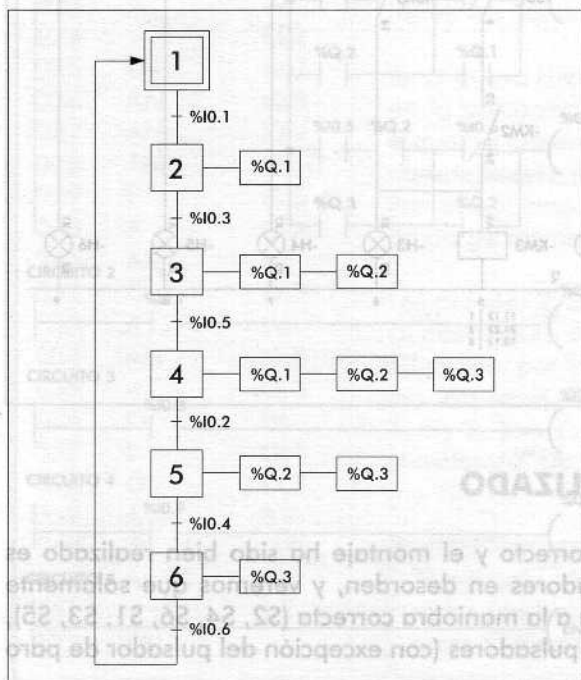
Para programar en Grafset es necesario tener presente lo dicho en la página 76.

TRATAMIENTO PRELIMINAR:



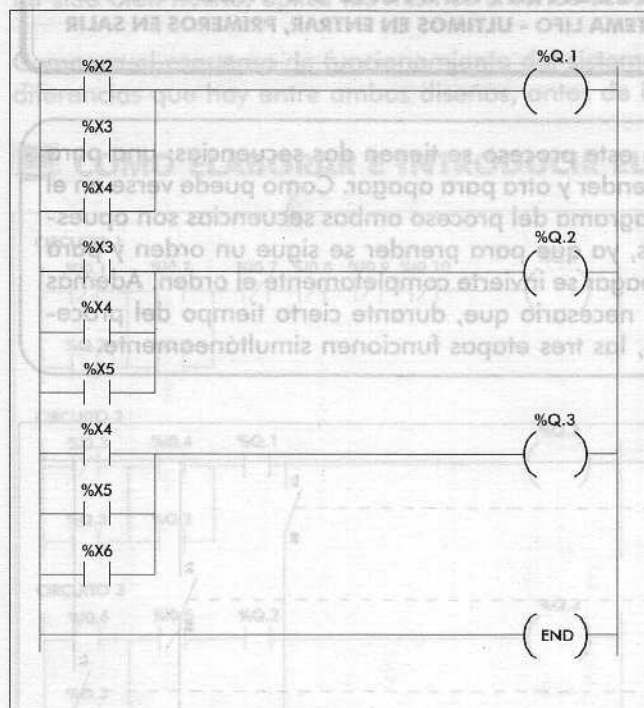
000	LDN	%I0.1
001	OR	%M1
002	ANDN	%I0.7
003	ANDN	%I0.8
004	ANDN	%I0.9
005	ANDN	%I0.10
006	ST	%M1
007	LDN	%M1
008	S	%S22
009	LDR	%I0.1
010	ANDN	%Q.1
011	ANDN	%Q.2
012	ANDN	%Q.3
013	S	%S21

TRATAMIENTO SECUENCIAL:



014	= * =	1
015	LD	%I0.1
016	#	2
017	- * -	2
018	LD	%I0.3
019	#	3
020	- * -	3
021	LD	%I0.5
022	#	4
023	- * -	4
024	LD	%I0.2
025	#	5
026	- * -	5
027	LD	%I0.4
028	#	6
029	- * -	6
030	LD	%I0.6
031	#	1

TRATAMIENTO POSTERIOR:



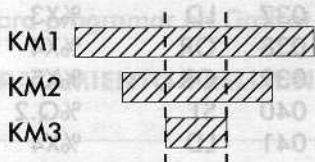
032	= * =	POST
033	LD	%X2
034	OR	%X3
035	OR	%X4
036	ST	%Q.1
037	LD	%X3
038	OR	%X4
039	OR	%X5
040	ST	%Q.2
041	LD	%X4
042	OR	%X5
043	OR	%X6
044	ST	%Q.3
045	END	

NOTA: en el tratamiento preliminar figuran los relés términos de protección, el pulsador de seta y los bits sistemas de inicialización y puesta a cero del grafcet.

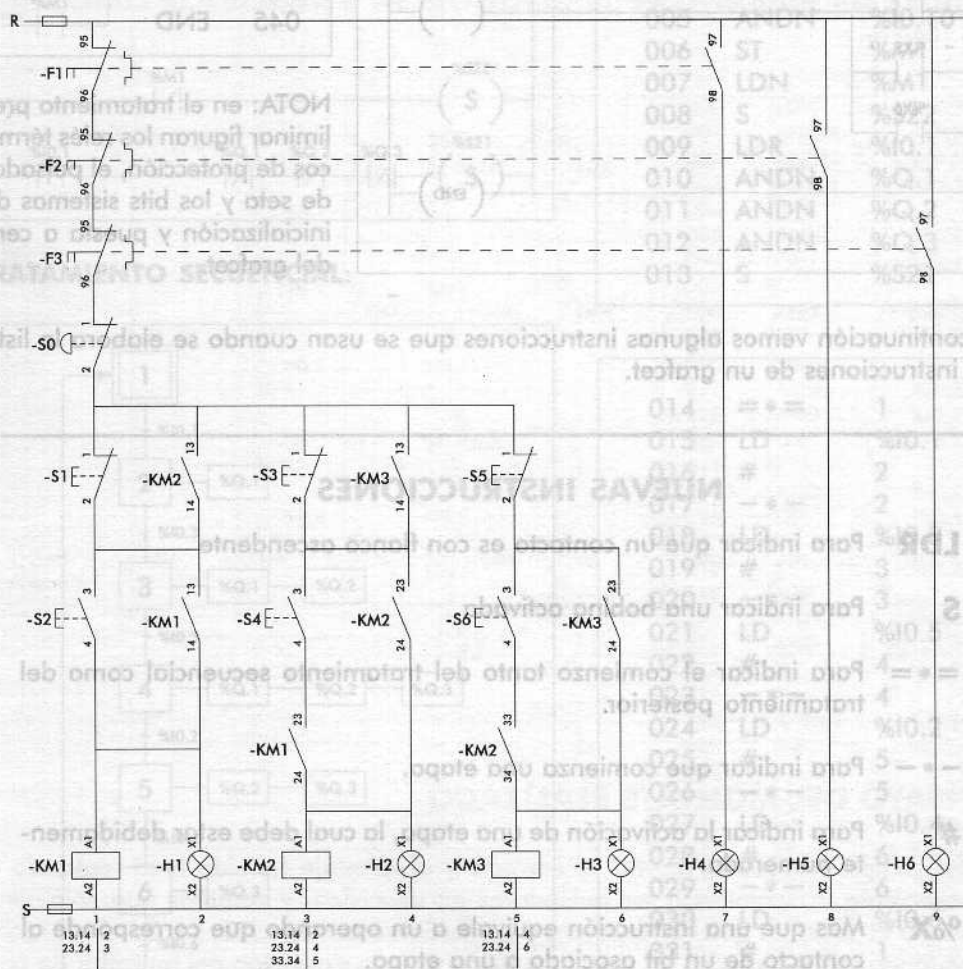
A continuación vemos algunas instrucciones que se usan cuando se elabora la lista de instrucciones de un grafcet.

NUEVAS INSTRUCCIONES

- LDR** Para indicar que un contacto es con flanco ascendente
- S** Para indicar una bobina activada
- = * =** Para indicar el comienzo tanto del tratamiento secuencial como del tratamiento posterior.
- * -** Para indicar que comienza una etapa.
- #** Para indicar la activación de una etapa, la cual debe estar debidamente numerada.
- %X** Más que una instrucción equivale a un operando que corresponde al contacto de un bit asociado a una etapa.

DIAGRAMA DEL PROCESO


En este proceso se tienen dos secuencias: una para prender y otra para apagar. Como puede verse en el diagrama del proceso ambas secuencias son opuestas, ya que para prender se sigue un orden y para apagar se invierte completamente el orden. Además es necesario que, durante cierto tiempo del proceso, las tres etapas funcionen simultáneamente.

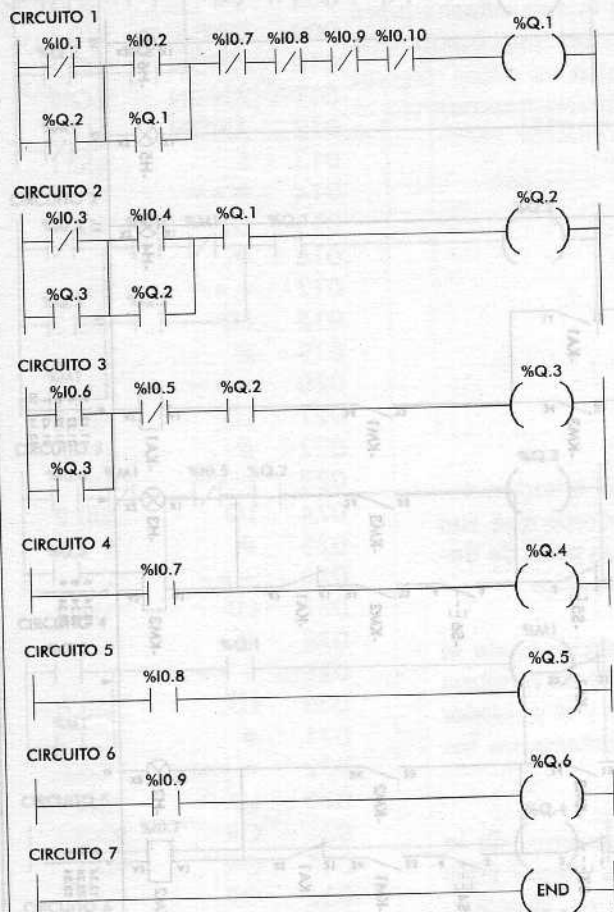


ENSAYO DEL MONTAJE REALIZADO: para tener total seguridad de que el montaje ha sido bien hecho, aplica los mismos criterios usados al probar el sistema FIFO.

Compara el esquema de funcionamiento del sistema LIFO con éste, y establece las diferencias que hay entre ambos diseños, antes de iniciar el montaje.



COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC

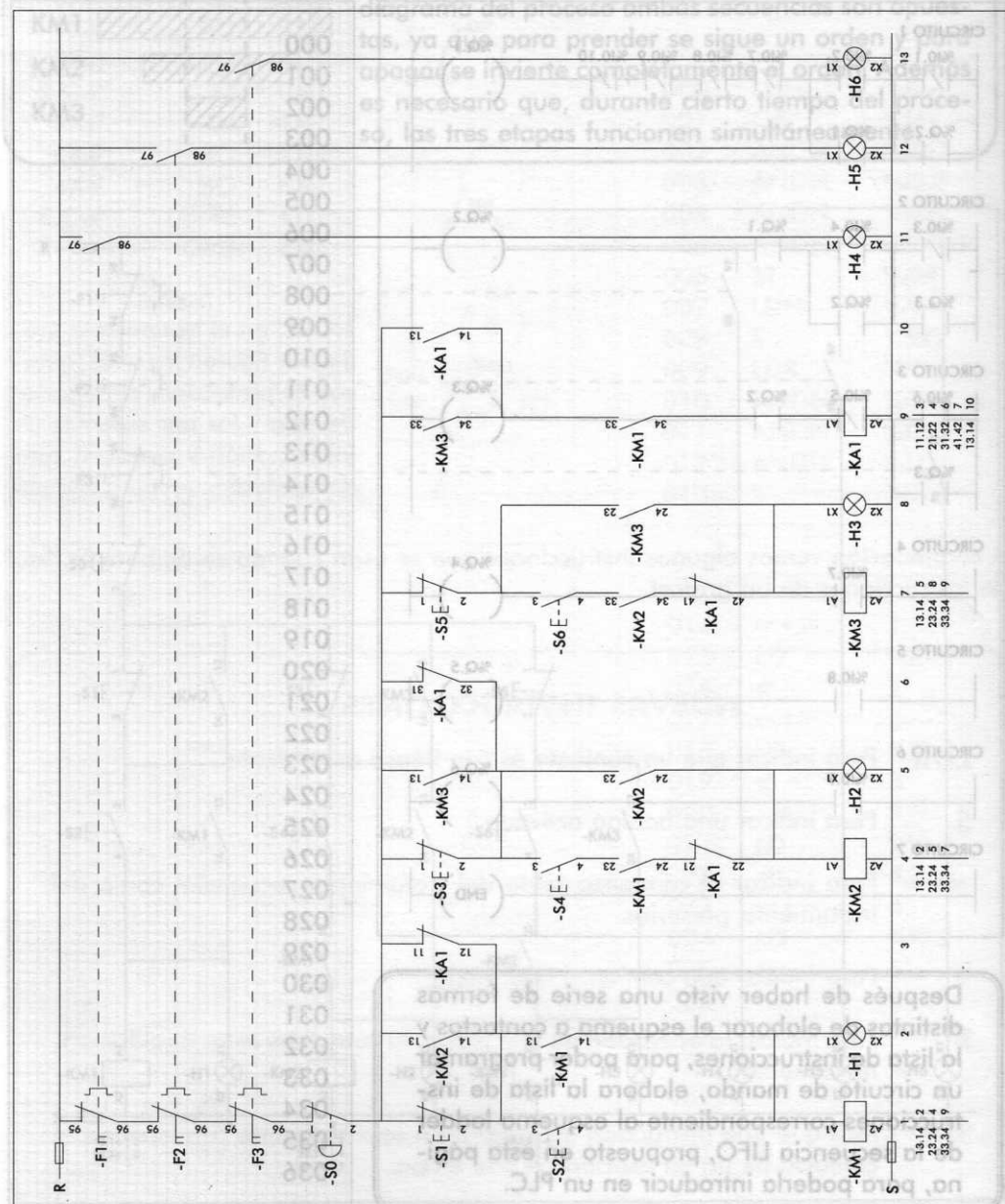


000
001
002
003
004
005
006
007
008
009
010
011
012
013
014
015
016
017
018
019
020
021
022
023
024
025
026
027
028
029
030
031
032
033
034
035
036

Después de haber visto una serie de formas distintas de elaborar el esquema a contactos y la lista de instrucciones, para poder programar un circuito de mando, elabora la lista de instrucciones correspondiente al esquema ladder de la secuencia LIFO, propuesto en esta página, para poderla introducir en un PLC.

En el ejercicio anterior es posible interrumpir la secuencia, iniciando la desenergización de las etapas en cualquier momento. Para obtener una **SECUENCIA FORZADA**, es decir que el ciclo se cumpla en su totalidad, es necesario emplear un contactor auxiliar que nos permita realizar la secuencia sin posibilidad de interrumpirla, a no ser que sea con el pulsador de paro de emergencia, o por acción de los relés térmicos, si se produce alguna sobrecarga.

Antes de realizar el siguiente montaje, analiza muy bien el esquema que se sugiere.

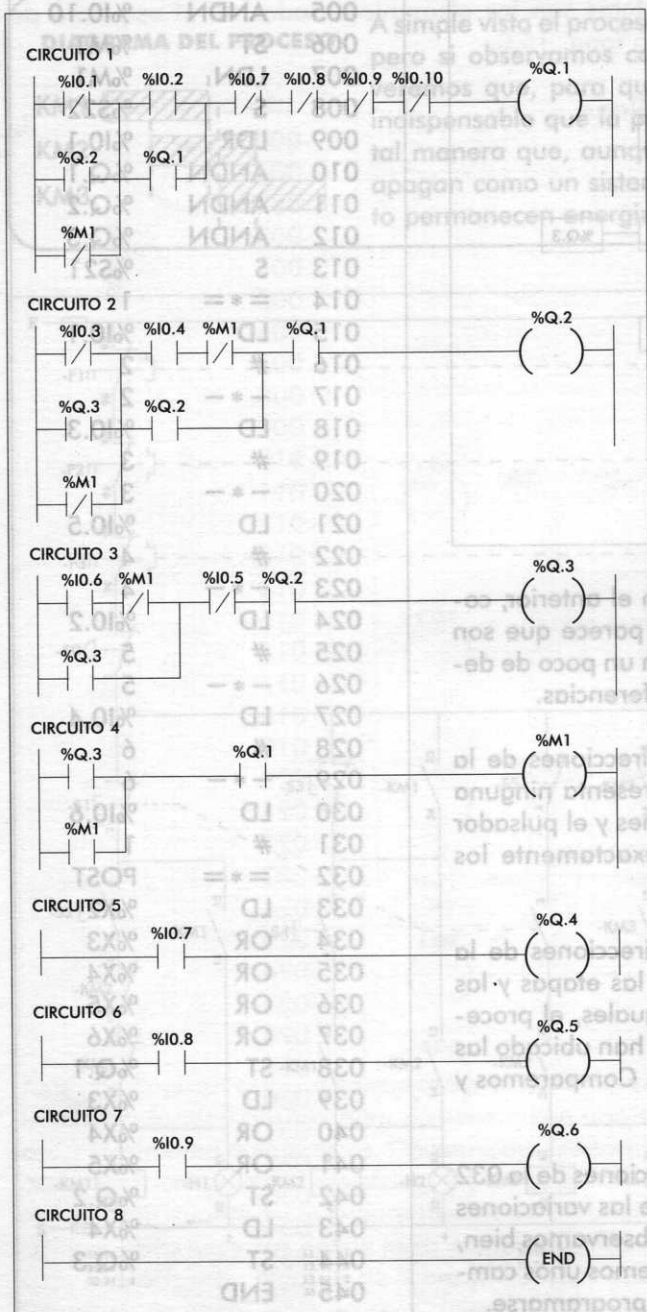




COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC

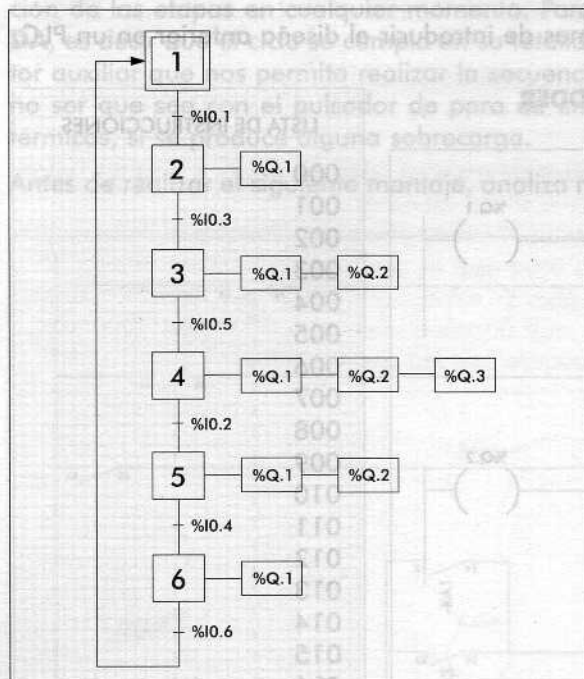
A continuación presentamos dos formas de introducir el diseño anterior en un PLC.

PROGRAMACIÓN EN LADDER



LISTA DE INSTRUCCIONES

000
001
002
003
004
005
006
007
008
009
010
011
012
013
014
015
016
017
018
019
020
021
022
023
024
025
026
027
028
029
030
031
032
033
034
035
036
037
038
039



Si comparamos este grafcet con el anterior, correspondiente al sistema FIFO, parece que son iguales, pero si examinamos con un poco de detenimiento veremos que hay diferencias.

El tratamiento preliminar (direcciones de la 000 a la 013): esta parte no presenta ninguna diferencia, ya que las protecciones y el pulsador de paro de emergencia son exactamente los mismos.

El tratamiento secuencial (direcciones de la 014 a la 031): a pesar de que las etapas y las transiciones son exactamente iguales, el proceso cambia por la forma como se han ubicado las acciones asociadas a las etapas. Comparemos y notaremos la diferencia.

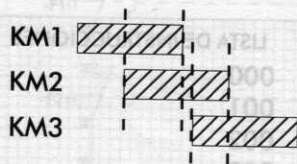
El tratamiento posterior (direcciones de la 032 a la 045): como consecuencia de las variaciones en el tratamiento secuencial, si observamos bien, en esta parte también encontraremos unos cambios, por la forma como deben programarse.

000	LDN	%I0.1
001	OR	%M1
002	ANDN	%I0.7
003	ANDN	%I0.8
004	ANDN	%I0.9
005	ANDN	%I0.10
006	ST	%M1
007	LDN	%M1
008	S	%S22
009	LDR	%I0.1
010	ANDN	%Q.1
011	ANDN	%Q.2
012	ANDN	%Q.3
013	S	%S21
014	= * =	1
015	LD	%I0.1
016	#	2
017	- * -	2
018	LD	%I0.3
019	#	3
020	- * -	3
021	LD	%I0.5
022	#	4
023	- * -	4
024	LD	%I0.2
025	#	5
026	- * -	5
027	LD	%I0.4
028	#	6
029	- * -	6
030	LD	%I0.6
031	#	1
032	= * =	POST
033	LD	%X2
034	OR	%X3
035	OR	%X4
036	OR	%X5
037	OR	%X6
038	ST	%Q.1
039	LD	%X3
040	OR	%X4
041	OR	%X5
042	ST	%Q.2
043	LD	%X4
044	ST	%Q.3
045	END	

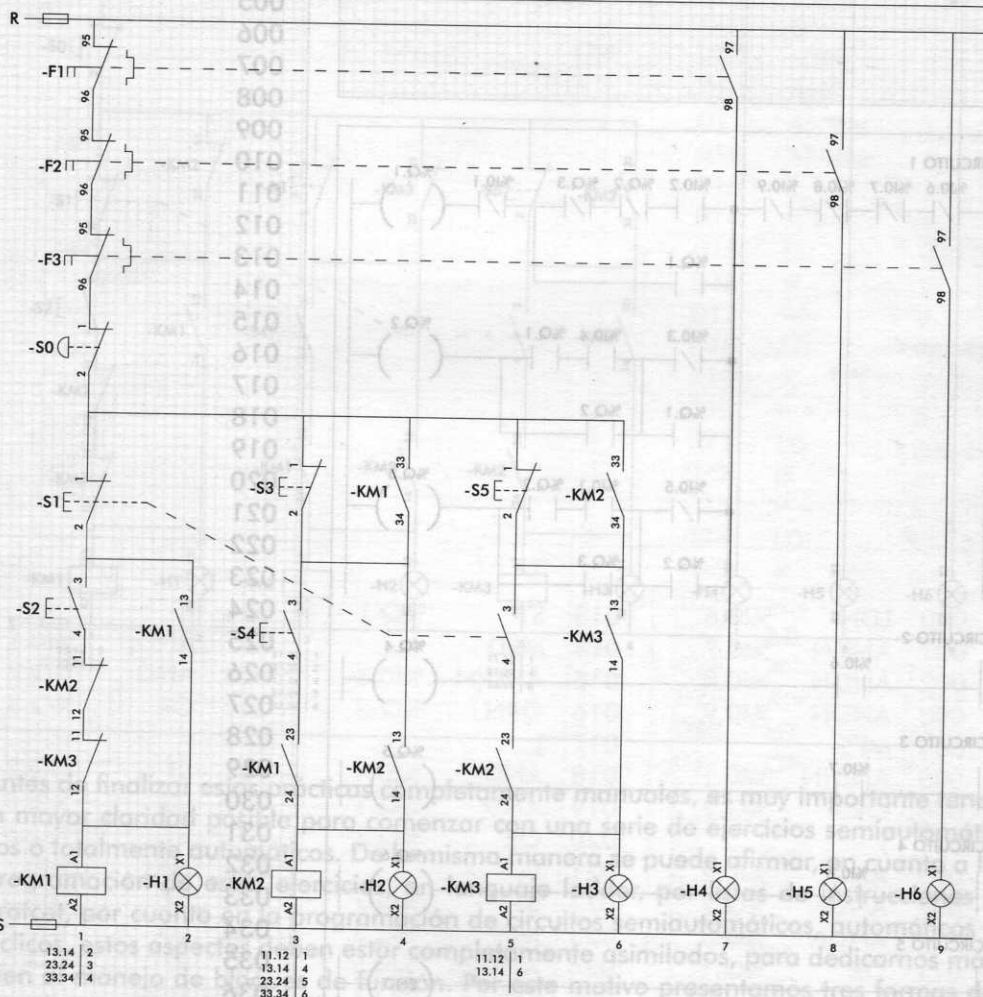
PRACTICA 15

SECUENCIA MANUAL DE TRES ETAPAS VARIACIÓN DEL SISTEMA FIFO EN LA TERCERA ETAPA

DIAGRAMA DEL PROCESO



A simple vista el proceso parece ser un sistema FIFO, pero si observamos con un poco de detenimiento veremos que, para que la tercera etapa entre, es indispensable que la primera etapa haya salido, de tal manera que, aunque las tres etapas prenden y apagan como un sistema FIFO, en ningún momento permanecen energizadas las tres etapas.





COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC

Para reforzar lo visto hasta el momento sobre las diferentes formas de elaborar una lista de instrucciones, elabora la lista de instrucciones correspondiente al esquema ladder, para poder introducir dicho programa en un PLC. Así mismo especifica las entradas y salidas, relacionándolas con los elementos usados en el esquema de funcionamiento de este ejercicio (pág. 153).

Entradas:

Salidas:

LISTA DE INSTRUCCIONES

000

001

002

003

004

005

006

007

008

009

010

011

012

013

014

015

016

017

018

019

020

021

022

023

024

025

026

027

028

029

030

031

032

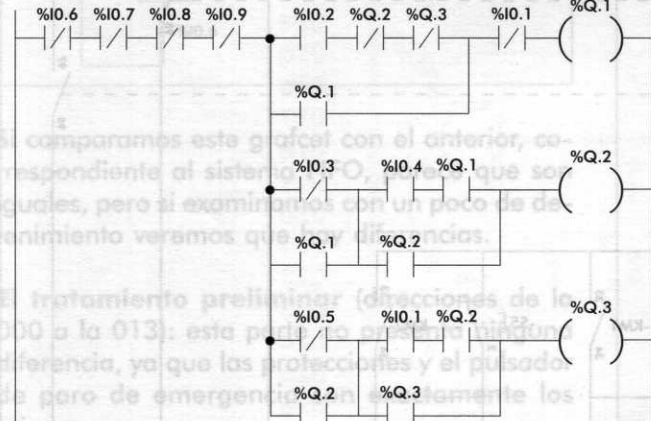
033

034

035

036

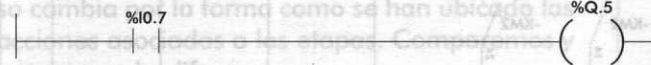
CIRCUITO 1



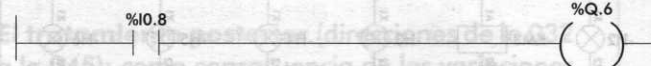
CIRCUITO 2



CIRCUITO 3



CIRCUITO 4

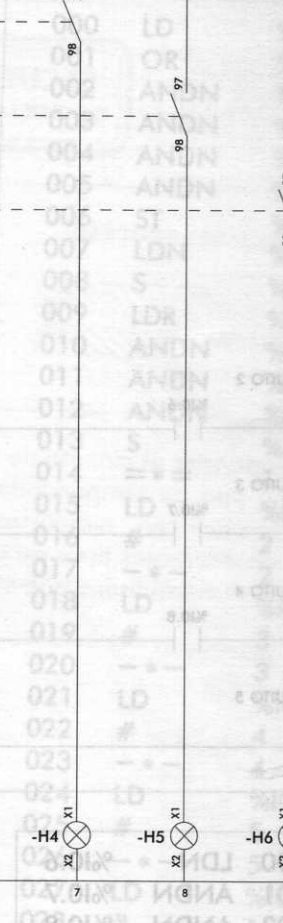


CIRCUITO 5

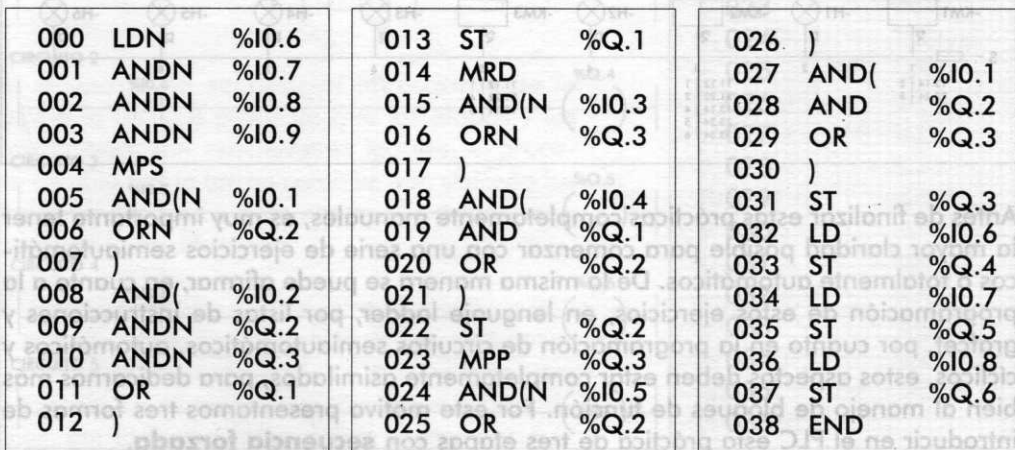


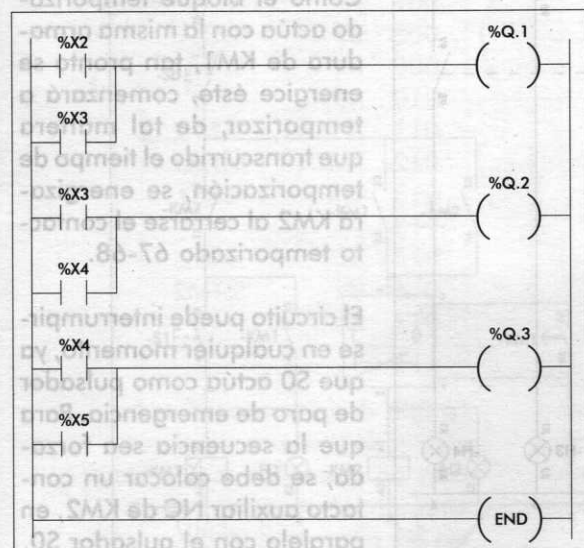
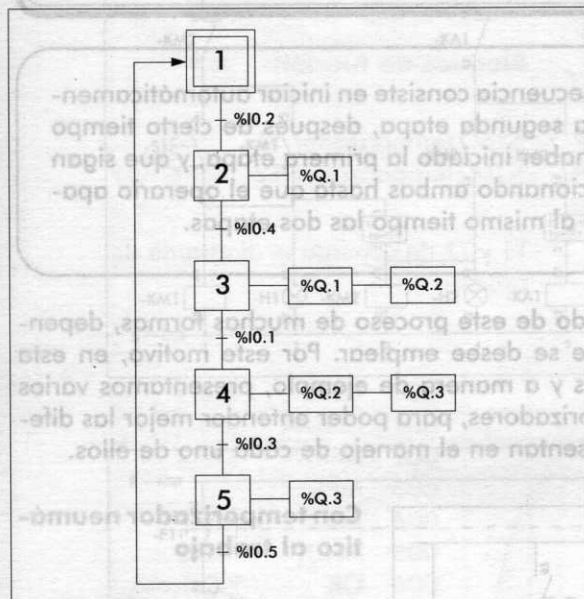
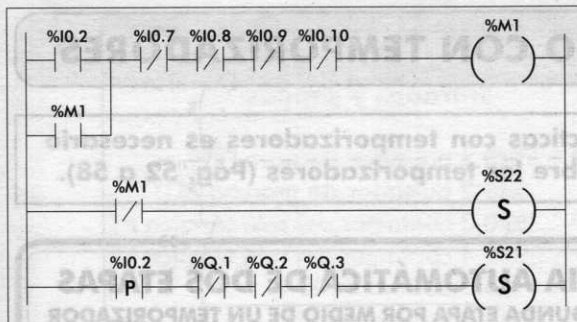
1995, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 26

una **SECUENCIA FORZADA.**



les, es muy importante tener una variedad de ejercicios semiautomáticos. Como puede afirmar, en cuanto a la práctica, por listas de instrucciones y ejercicios semiautomáticos, automáticos y controlados, para dedicarnos más a la práctica. Presentamos tres formas de practicar la **frecuencia forzada**.





Examinemos muy bien los esquemas para establecer algunas diferencias con las prácticas anteriores y ver, sobre todo, como se realiza un graficet.

000	LD	%I0.2
001	OR	%M1
002	ANDN	%I0.7
003	ANDN	%I0.8
004	ANDN	%I0.9
005	ANDN	%I0.10
006	ST	%M1
007	LDN	%M1
008	S	%S22
009	LDR	%I0.2
010	ANDN	%Q.1
011	ANDN	%Q.2
012	ANDN	%Q.3
013	S	%S21
014	= * =	1
015	LD	%I0.2
016	#	2
017	- * -	2
018	LD	%I0.4
019	#	3
020	- * -	3
021	LD	%I0.1
022	#	4
023	- * -	4
024	LD	%I0.3
025	#	5
026	- * -	5
027	LD	%I0.5
028	#	1
029	= * =	POST
030	LD	%X2
031	OR	%X3
032	ST	%Q.1
033	LD	%X3
034	OR	%X4
035	ST	%Q.2
036	LD	%X4
037	OR	%X5
038	ST	%Q.3
039	END	

CIRCUITOS DE MANDO CON TEMPORIZADORES

Para la realización de las prácticas con temporizadores es necesario tener presente todo lo dicho sobre los temporizadores (Pág. 52 a 58).

PRACTICA 16

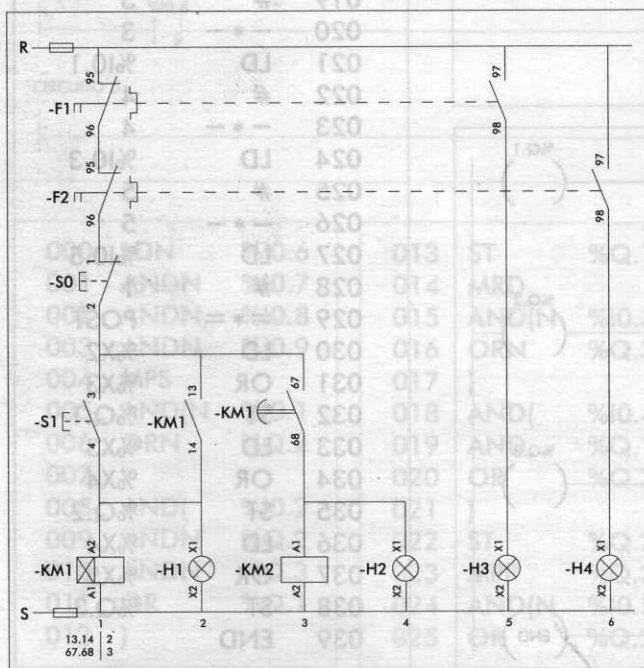
SECUENCIA AUTOMÁTICA DE DOS ETAPAS INICIAR LA SEGUNDA ETAPA POR MEDIO DE UN TEMPORIZADOR

DIAGRAMA DEL PROCESO



La secuencia consiste en iniciar automáticamente la segunda etapa, después de cierto tiempo de haber iniciado la primera etapa, y que sigan funcionando ambas hasta que el operario apague al mismo tiempo las dos etapas.

Es posible diseñar el circuito de mando de este proceso de muchas formas, dependiendo del tipo de temporizador que se desee emplear. Por este motivo, en esta primera práctica con temporizadores y a manera de ejemplo, presentamos varios diseños con diferentes tipos de temporizadores, para poder entender mejor las diferencias y particularidades que se presentan en el manejo de cada uno de ellos.



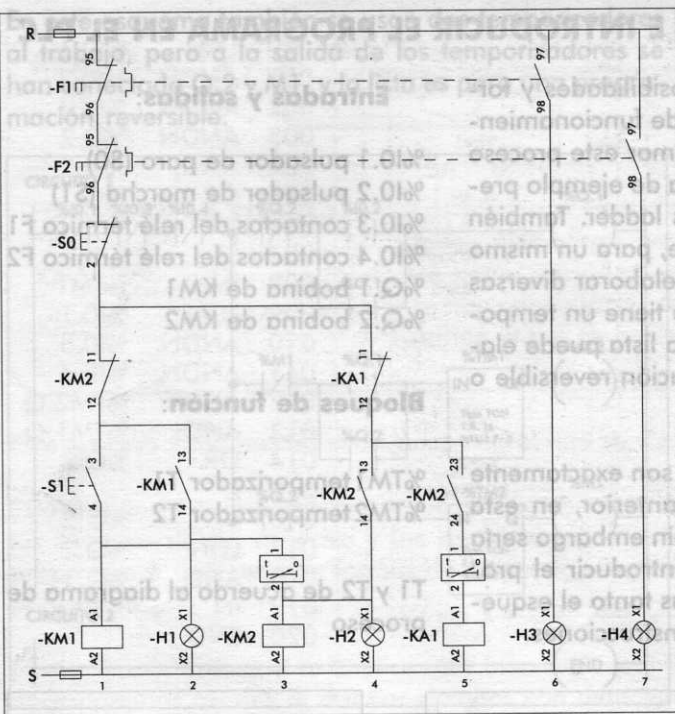
Con temporizador neumático al trabajo

Como el bloque temporizador actúa con la misma armadura de KM1, tan pronto se energice éste, comenzará a temporizar, de tal manera que transcurrido el tiempo de temporización, se energizará KM2 al cerrarse el contacto temporizado 67-68.

El circuito puede interrumpirse en cualquier momento, ya que S0 actúa como pulsador de paro de emergencia. Para que la secuencia sea forzada, se debe colocar un contacto auxiliar NC de KM2, en paralelo con el pulsador S0.

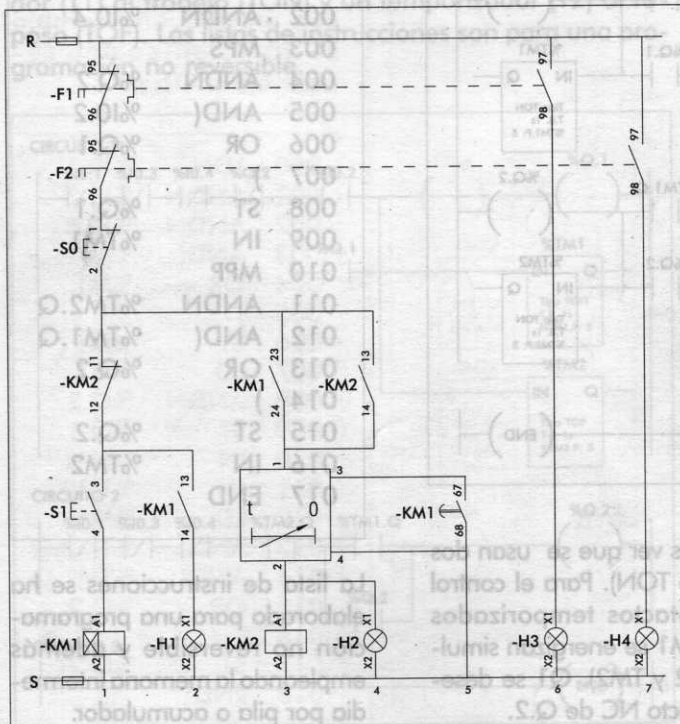
CON DOS TEMPORIZADORES ELECTRONICOS SERIE AL TRABAJO

Al pulsar S1 se energiza KM1, T1 y KM2, pero éste no actúa por recibir una tensión muy pequeña, mientras que T1 empieza a temporizar al recibir la mayor tensión. Finalizada la temporización, KM2 recibe la tensión necesaria para poder actuar. Sus contactos 11-12, 13-14 y 23-24 cambian de estado, desenergizándose KM1 y T1 y energizándose T2 y KA1. Ahora se produce el mismo proceso que con T1 y KM2, para que al finalizar la temporización de T2 se desenergice el circuito.



CON UN TEMPORIZADOR NEUMATICO AL TRABAJO Y UN TEMPORIZADOR ELECTRONICO SERIE AL REPOSO

Al pulsar S1 se energiza KM1 y se cierra 23-24, energizándose T2 y KM2, pero ninguno de los dos actúa. Terminada la temporización de T1, se cierra 67-68, por lo cual actúa KM2, pero T2 todavía no temporiza. Al actuar KM2 sus contactos 11-12 y 13-14 cambian de estado, autososteniéndose y desenergizando KM1. 67-68 vuelve a abrirse, iniciándose la temporización de T2, y cuando finalice se desenergiza KM2.





Así como existen muchas posibilidades y formas de diseñar el esquema de funcionamiento, también podemos programar este proceso de muchas formas. A manera de ejemplo presentamos algunos esquemas ladder. También recordemos una vez más que, para un mismo esquema ladder, se pueden elaborar diversas listas de instrucciones, y si se tiene un temporizador (bloque de función) la lista puede elaborarse como una programación reversible o no reversible.

Dado que las señalizaciones son exactamente iguales que en la práctica anterior, en esta práctica no los incluiremos. Sin embargo sería conveniente que, antes de introducir el programa en el PLC, completaras tanto el esquema ladder como la lista de instrucciones.

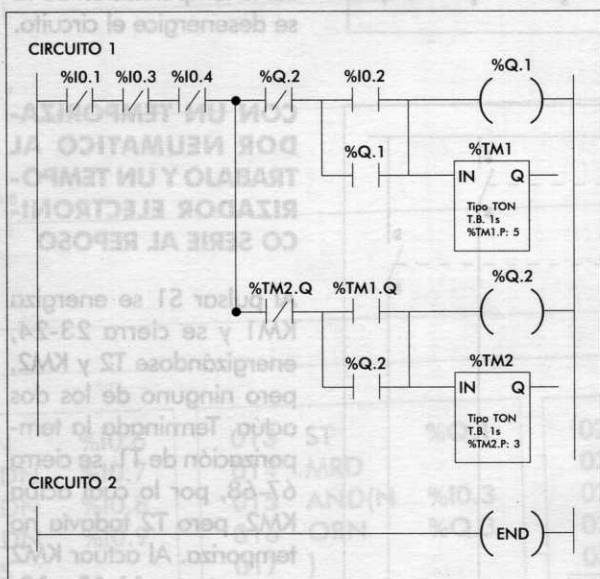
Entradas y salidas:

- %I0.1 pulsador de paro (S0)
- %I0.2 pulsador de marcha (S1)
- %I0.3 contactos del relé térmico F1
- %I0.4 contactos del relé térmico F2
- %Q.1 bobina de KM1
- %Q.2 bobina de KM2

Bloques de función:

- %TM1 temporizador T1
- %TM2 temporizador T2

T1 y T2 de acuerdo al diagrama de proceso

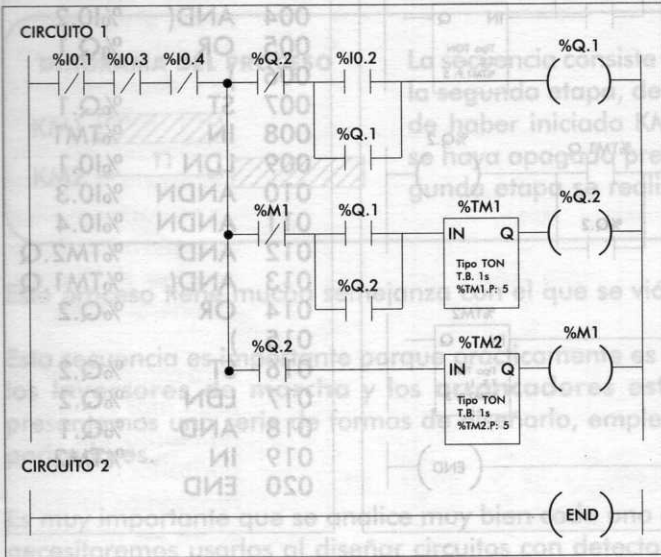


000	LDN	%I0.1
001	ANDN	%I0.3
002	ANDN	%I0.4
003	MPS	
004	ANDN	%Q.2
005	AND(	%I0.2
006	OR	%Q.1
007)	
008	ST	%Q.1
009	IN	%TM1
010	MPP	
011	ANDN	%TM2.Q
012	AND(	%TM1.Q
013	OR	%Q.2
014)	
015	ST	%Q.2
016	IN	%TM2
017	END	

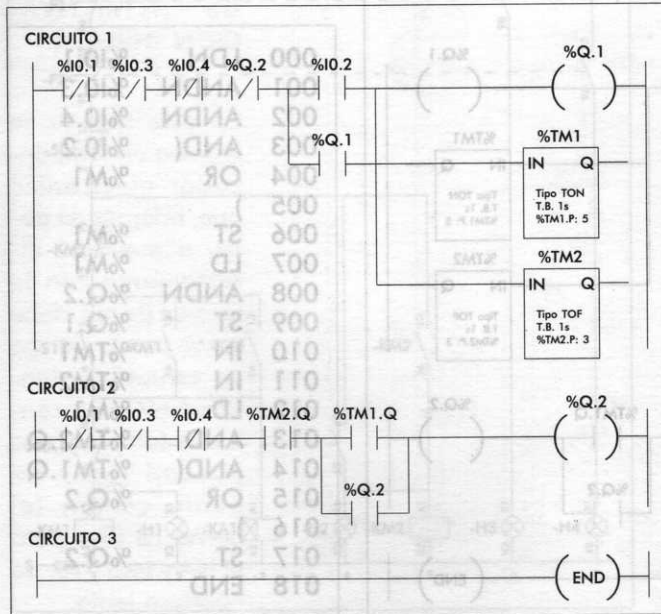
En el esquema ladder podemos ver que se usan dos temporizadores al trabajo (tipo TON). Para el control de Q.2 se emplean los contactos temporizados (%TM2.Q y %TM1.Q). Q.1 y TM1 se energizan simultáneamente (lo mismo que Q2 y TM2). Q1 se desenergiza por acción de un contacto NC de Q.2.

La lista de instrucciones se ha elaborado para una programación no reversible y además empleando la memoria intermedia por pila o acumulador.

En este esquema también se usan dos temporizadores al trabajo, pero a la salida de los temporizadores se han conectado Q.2 y M1. y la lista es para una programación reversible.



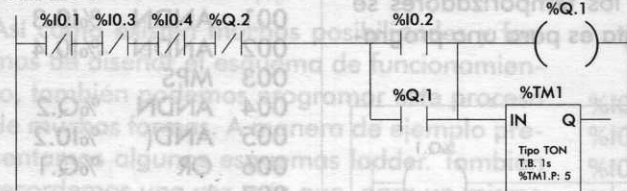
En los siguientes esquemas se emplean un temporizador (T1) al trabajo (TON) y un temporizador (T2) al reposo (TOF). Las listas de instrucciones son para una programación no reversible.



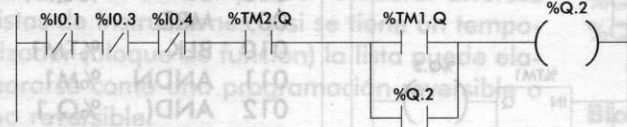
000	LDN	%I0.1
001	ANDN	%I0.3
002	ANDN	%I0.4
003	MPS	
004	ANDN	%Q.2
005	AND(	%I0.2
006	OR	%Q.1
007)	
008	ST	%Q.1
009	MRD	
010	BLK	%TM1
011	ANDN	%M1
012	AND(	%Q.1
013	OR	%Q.2
014)	
015	IN	
016	OUT_BLK	
017	LD	Q
018	ST	%Q.2
019	END_BLK	
020	MPP	
021	BLK	%TM2
022	AND	%Q.2
023	IN	
024	OUT_BLK	
025	LD	Q
026	ST	%M1
027	END_BLK	
028	END	

000	LDN	%I0.1
001	ANDN	%I0.3
002	ANDN	%I0.4
003	ANDN	%Q.2
004	AND(	%I0.2
005	OR	%Q.1
006)	
007	ST	%Q.1
008	IN	%TM1
009	IN	%TM2
010	LDN	%I0.1
011	ANDN	%I0.3
012	ANDN	%I0.4
013	AND	%TM2.Q
014	AND(	%TM1.Q
015	OR	%Q.2
016)	
017	ST	%Q.2
018	END	

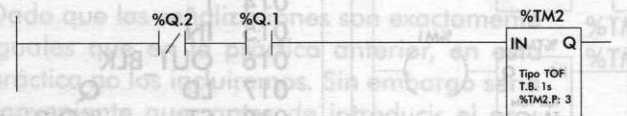
CIRCUITO 1



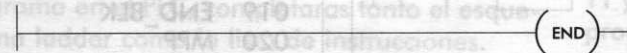
CIRCUITO 2



CIRCUITO 3



CIRCUITO 4

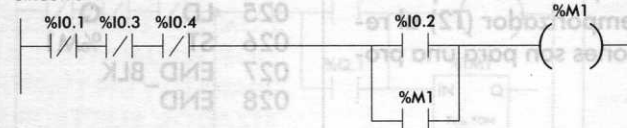


```

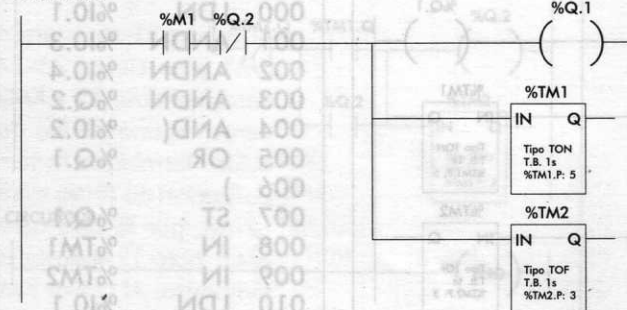
000 LDN    %I0.1
001 ANDN   %I0.3
002 ANDN   %I0.4
003 ANDN   %Q.2
004 AND(   %I0.2
005 OR     %Q.1
006 )
007 ST     %Q.1
008 IN     %TM1
009 LDN    %I0.1
010 ANDN   %I0.3
011 ANDN   %I0.4
012 AND    %TM2.Q
013 AND(   %TM1.Q
014 OR     %Q.2
015 )
016 ST     %Q.2
017 LDN    %Q.2
018 AND    %Q.1
019 IN     %TM2
020 END

```

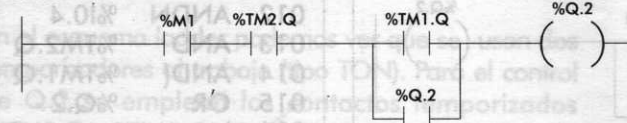
CIRCUITO 1



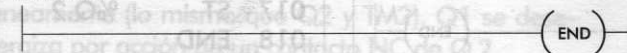
CIRCUITO 2



CIRCUITO 3



CIRCUITO 4



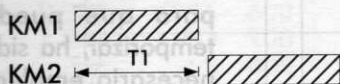
Observa bien este último esquema y verás cómo con un pequeño cambio se ha obtenido una secuencia cíclica.

```

000 LDN    %I0.1
001 ANDN   %I0.3
002 ANDN   %I0.4
003 AND(   %I0.2
004 OR     %M1
005 )
006 ST     %M1
007 LD     %M1
008 ANDN   %Q.2
009 ST     %Q.1
010 IN     %TM1
011 IN     %TM2
012 LD     %M1
013 AND    %TM2.Q
014 AND(   %TM1.Q
015 OR     %Q.2
016 )
017 ST     %Q.2
018 END

```

DIAGRAMA DEL PROCESO



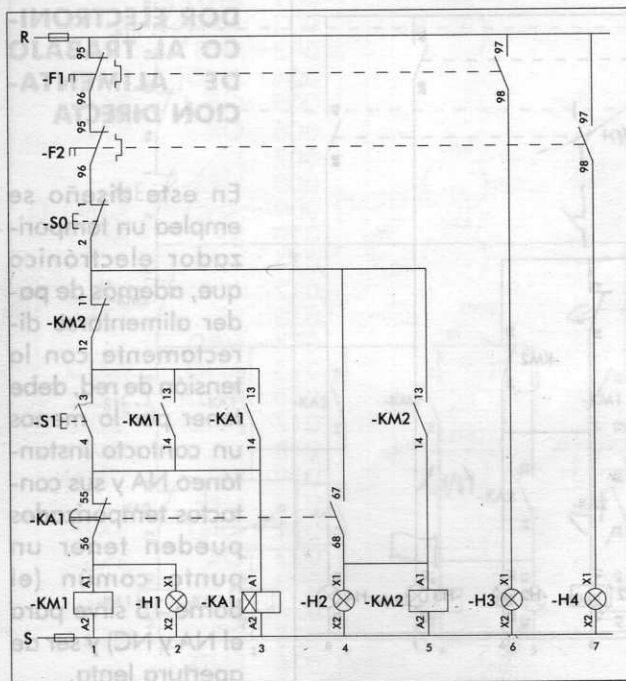
La secuencia consiste en iniciar automáticamente la segunda etapa, después de cierto tiempo (T1) de haber iniciado KM1, siempre y cuando éste se haya apagado previamente. El paro de la segunda etapa se realiza manualmente.

Este proceso tiene mucha semejanza con el que se vió en la práctica 10.

Esta secuencia es importante porque prácticamente es la misma que se emplea para los **inversores de marcha** y los **arrancadores estrella-triángulo**, por lo cual presentamos una serie de formas de diseñarlo, empleando diferentes tipos de temporizadores.

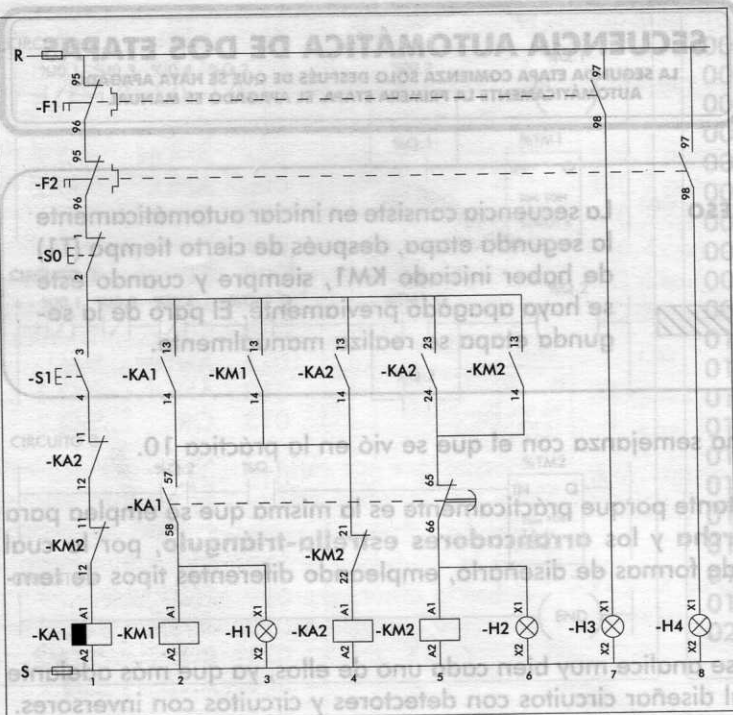
Es muy importante que se analice muy bien cada uno de ellos, ya que más adelante necesitaremos usarlos al diseñar circuitos con detectores y circuitos con inversores.

CON UN TEMPORIZADOR NEUMATICO AL TRABAJO



Al pulsar S1 se energiza KM1 y T1 comienza a temporizar. Finalizado el tiempo de temporización se abre 55-56 de KA1, desenergizando KM1 antes de que se energice KM2. KA1 se mantiene energizado por 13-14 de KA1, de manera que si los contactos temporizados son de apertura lenta, tenemos plena garantía de que KM2 se energizará al cerrarse plenamente 67-68 de KA1, autososteniéndose por 13-14 de KM2.

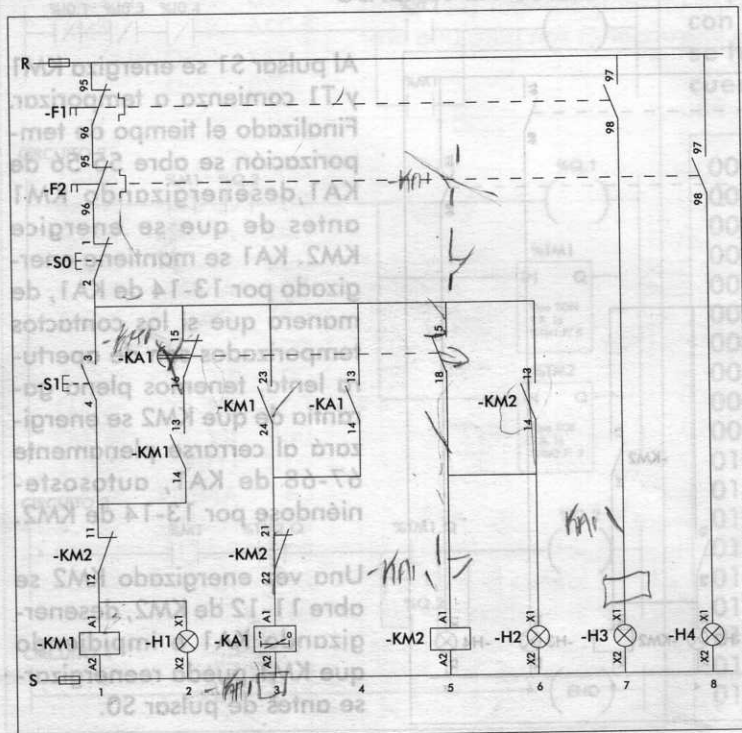
Una vez energizado KM2 se abre 11-12 de KM2, desenergizando KA1 e impidiendo que KM1 pueda reenergizarse antes de pulsar S0.



CON TEMPORIZADOR NEUMÁTICO AL REPOSO

Como el temporizador debe energizarse y desenergizarse para que pueda temporizar, ha sido necesario emplear un contactor auxiliar que permite desenergizar KM1 antes de energizar KM2.

Para comprender un poco más el funcionamiento del temporizador al reposo, repasemos lo dicho sobre los mismos.



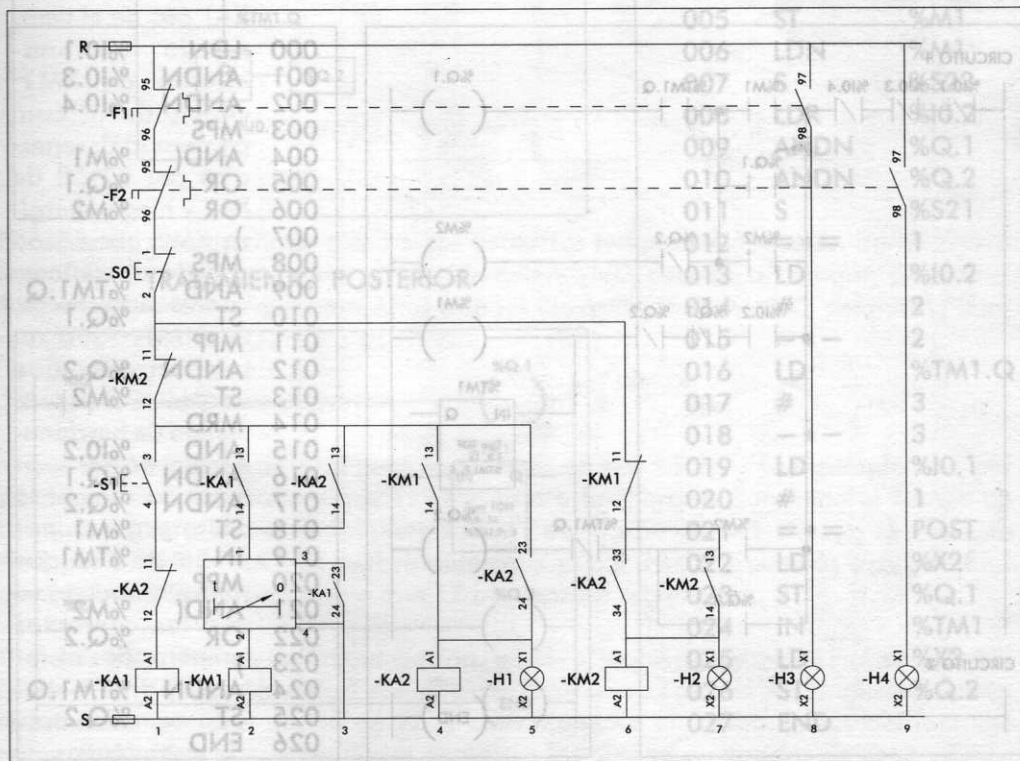
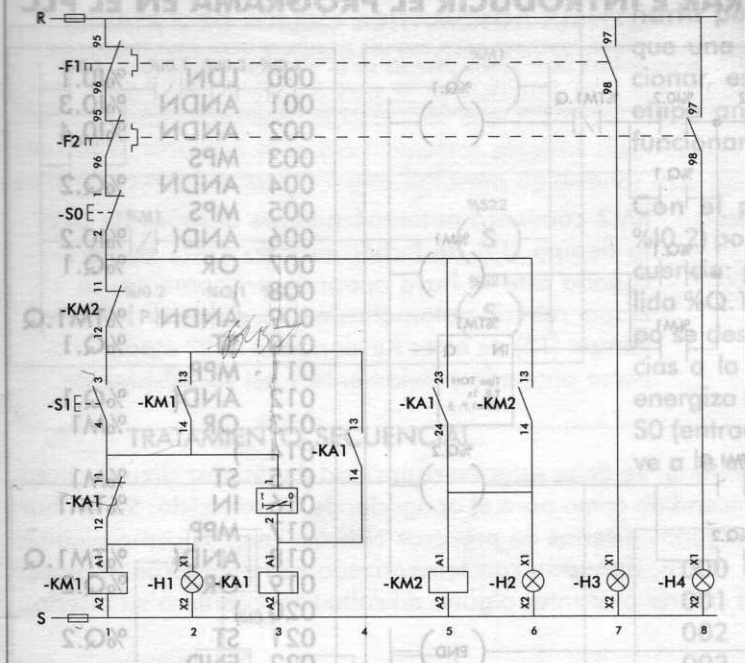
CON TEMPORIZADOR ELECTRONICO AL TRABAJO DE ALIMENTACION DIRECTA

En este diseño se emplea un temporizador electrónico que, además de poder alimentarse directamente con la tensión de red, debe tener por lo menos un contacto instantáneo NA y sus contactos temporizados pueden tener un punto común (el borne 15 sirve para el NA y NC) y ser de apertura lenta.

CON TEMPORIZADORES ELECTRONICOS SERIE

En el primer esquema se emplea un temporizador al trabajo. Analiza la función del contacto que hay en el circuito 4.

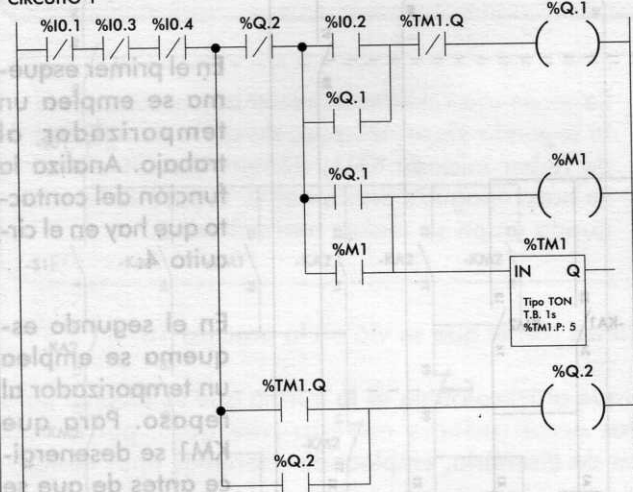
En el segundo esquema se emplea un temporizador al reposo. Para que KM1 se desenergice antes de que se energice KM2, ha sido necesario usar KA1 y KA2.



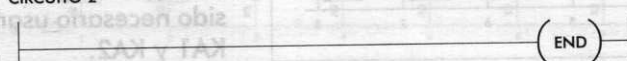


COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC

CIRCUITO 1



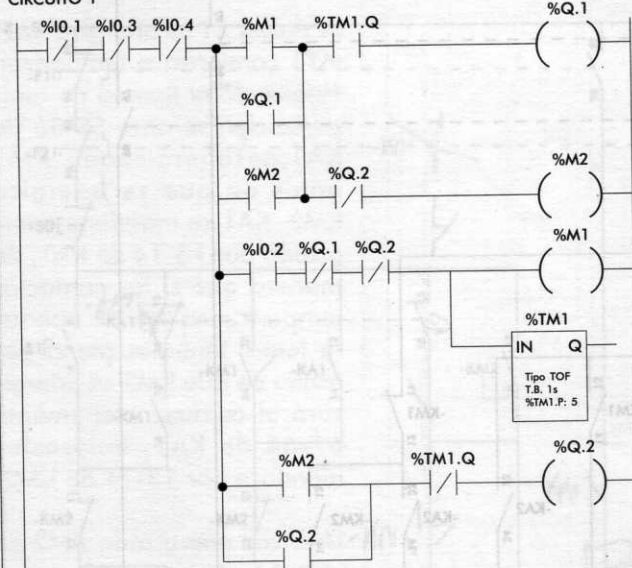
CIRCUITO 2



```

000 LDN    %I0.1
001 ANDN   %I0.3
002 ANDN   %I0.4
003 MPS
004 ANDN   %Q.2
005 MPS
006 AND(   %I0.2
007 OR     %Q.1
008 )
009 ANDN   %TM1.Q
010 ST     %Q.1
011 MPP
012 AND(   %Q.1
013 OR     %M1
014 )
015 ST     %M1
016 IN     %TM1
017 MPP
018 AND(   %TM1.Q
019 OR     %Q.2
020 )
021 ST     %Q.2
022 END
    
```

CIRCUITO 1



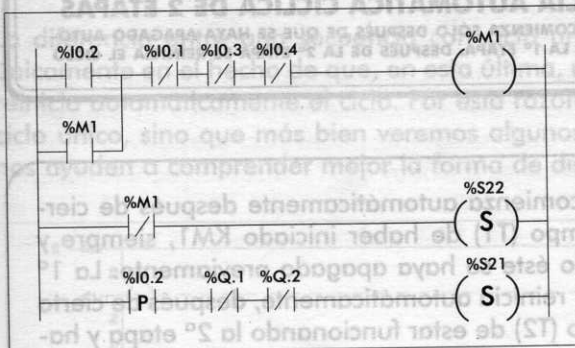
CIRCUITO 2



```

000 LDN    %I0.1
001 ANDN   %I0.3
002 ANDN   %I0.4
003 MPS
004 AND(   %M1
005 OR     %Q.1
006 OR     %M2
007 )
008 MPS
009 AND     %TM1.Q
010 ST     %Q.1
011 MPP
012 ANDN   %Q.2
013 ST     %M2
014 MRD
015 AND     %I0.2
016 ANDN   %Q.1
017 ANDN   %Q.2
018 ST     %M1
019 IN     %TM1
020 MPP
021 AND(   %M2
022 OR     %Q.2
023 )
024 ANDN   %TM1.Q
025 ST     %Q.2
026 END
    
```

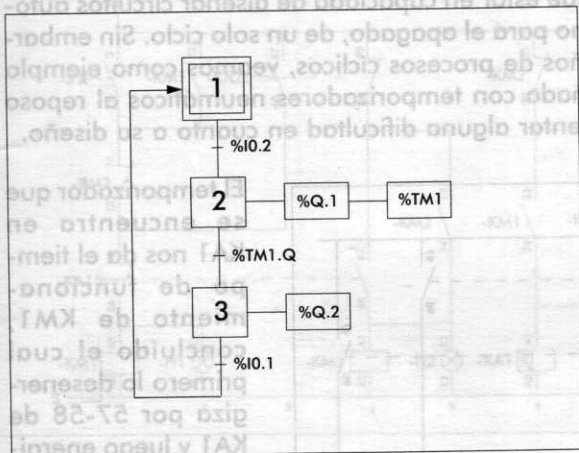
TRATAMIENTO PRELIMINAR



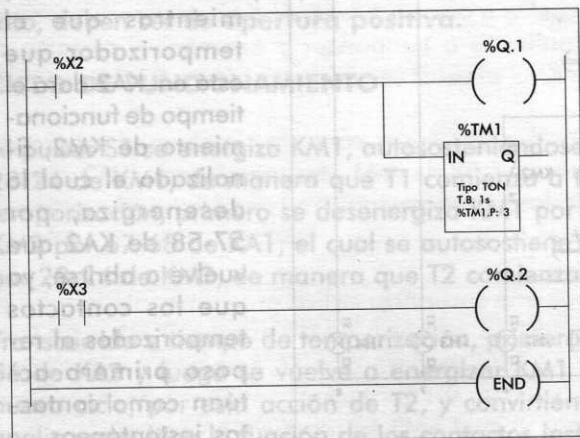
Esta secuencia es posible diseñarla por grafset porque para que una etapa comience a funcionar, es indispensable que la etapa anterior haya dejado de funcionar.

Con el pulsador S1 (entrada %I0.2) ponemos en marcha la secuencia: primero entra KM1 (salida %Q.1) y después de un tiempo se desactiva la etapa 2 y gracias a la transición %TM1.Q, se energiza KM2 (salida %Q.2). Con S0 (entrada %I0.1) se para (vuelve a la etapa 1).

TRATAMIENTO SECUENCIAL



TRATAMIENTO POSTERIOR

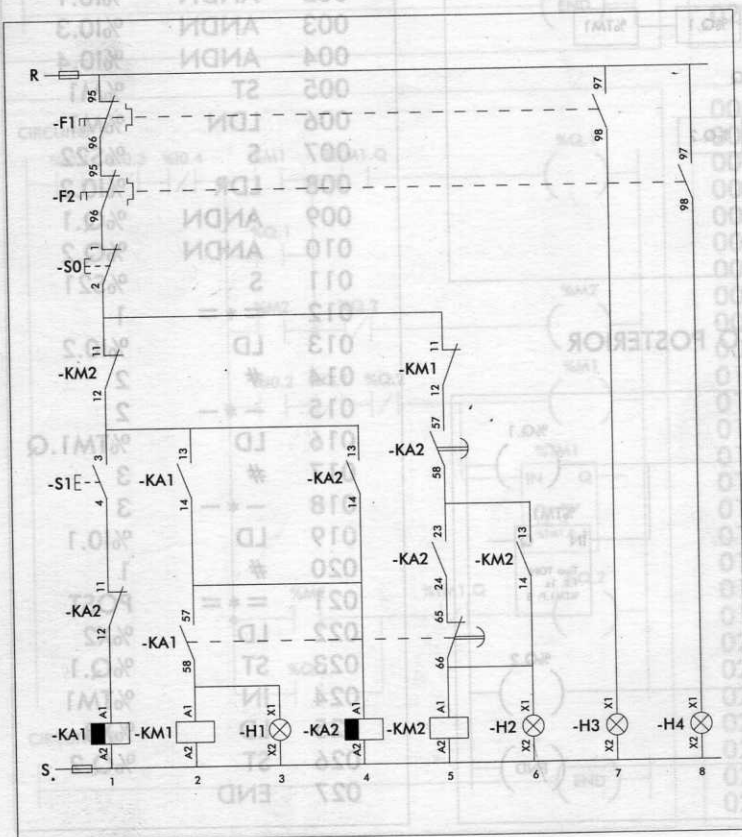


000	LD	%I0.2
001	OR	%M1
002	ANDN	%I0.1
003	ANDN	%I0.3
004	ANDN	%I0.4
005	ST	%M1
006	LDN	%M1
007	S	%S22
008	LDR	%I0.2
009	ANDN	%Q.1
010	ANDN	%Q.2
011	S	%S21
012	= * =	1
013	LD	%I0.2
014	#	2
015	- * -	2
016	LD	%TM1.Q
017	#	3
018	- * -	3
019	LD	%I0.1
020	#	1
021	= * =	POST
022	LD	%X2
023	ST	%Q.1
024	IN	%TM1
025	LD	%X3
026	ST	%Q.2
027	END	

LA 2ª ETAPA COMIENZA SÓLO DESPUÉS DE QUE SE HAYA APAGADO AUTOMÁTICAMENTE LA 1ª ETAPA. DESPUÉS DE LA 2ª ETAPA SE REINICIA EL CICLO

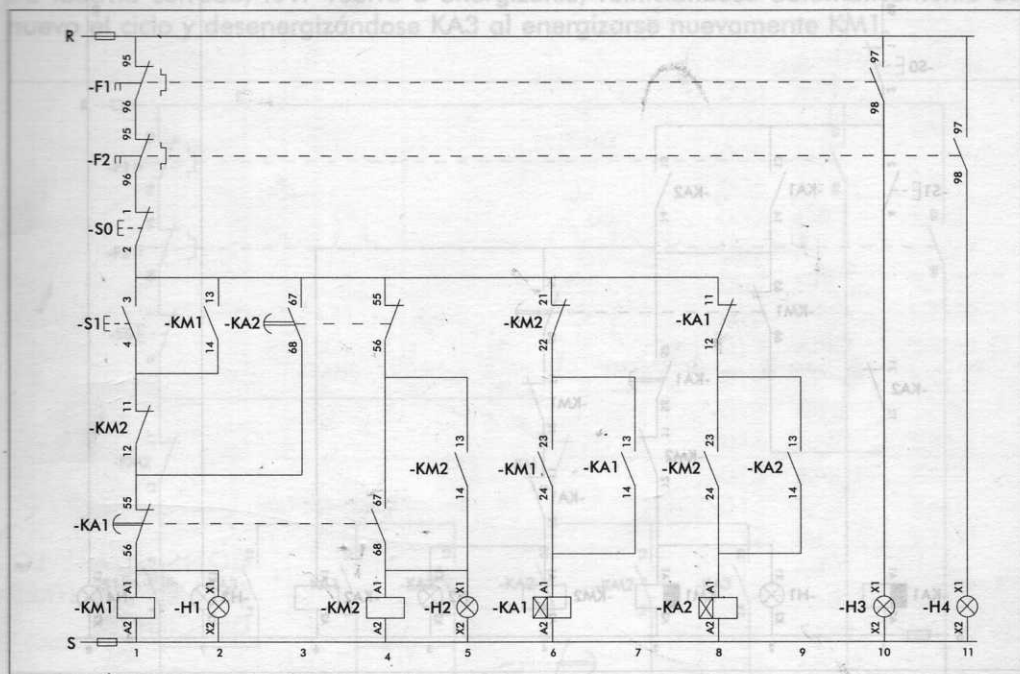
KM2 comienza automáticamente después de cierto tiempo (T_1) de haber iniciado KM1, siempre y cuando éste se haya apagado previamente. La 1ª etapa reinicia automáticamente, después de cierto tiempo (T_2) de estar funcionando la 2ª etapa y haberse apagado previamente y así sucesivamente.

Después de la práctica anterior se debe estar en capacidad de diseñar circuitos automáticos, tanto para el encendido como para el apagado, de un solo ciclo. Sin embargo, antes de proponer algunos diseños de procesos cíclicos, veamos como ejemplo un **esquema con ciclo único**, diseñado con temporizadores neumáticos al reposo (tanto T1 como T2), que podría presentar alguna dificultad en cuanto a su diseño.



El temporizador que se encuentra en KA1 nos da el tiempo de funcionamiento de KM1, concluido el cual primero lo desenergiza por 57-58 de KA1 y luego energiza KM2 por 65-66 cuando el contacto vuelve a cerrarse, mientras que el temporizador que está en KA2 dará el tiempo de funcionamiento de KM2, finalizado el cual lo desenergiza, por 57-58 de KA2 que vuelve a abrirse, ya que los contactos temporizados al reposo primero actúan como contactos instantáneos.

La diferencia entre una secuencia con ciclo único y una secuencia cíclica, radica únicamente en el hecho de que, en esta última, una vez finalizada la última etapa se reinicia automáticamente el ciclo. Por esta razón no insistimos más en esquemas de ciclo único, sino que más bien veremos algunos diseños con secuencia cíclica, que nos ayuden a comprender mejor la forma de diseñar este tipo de secuencias.



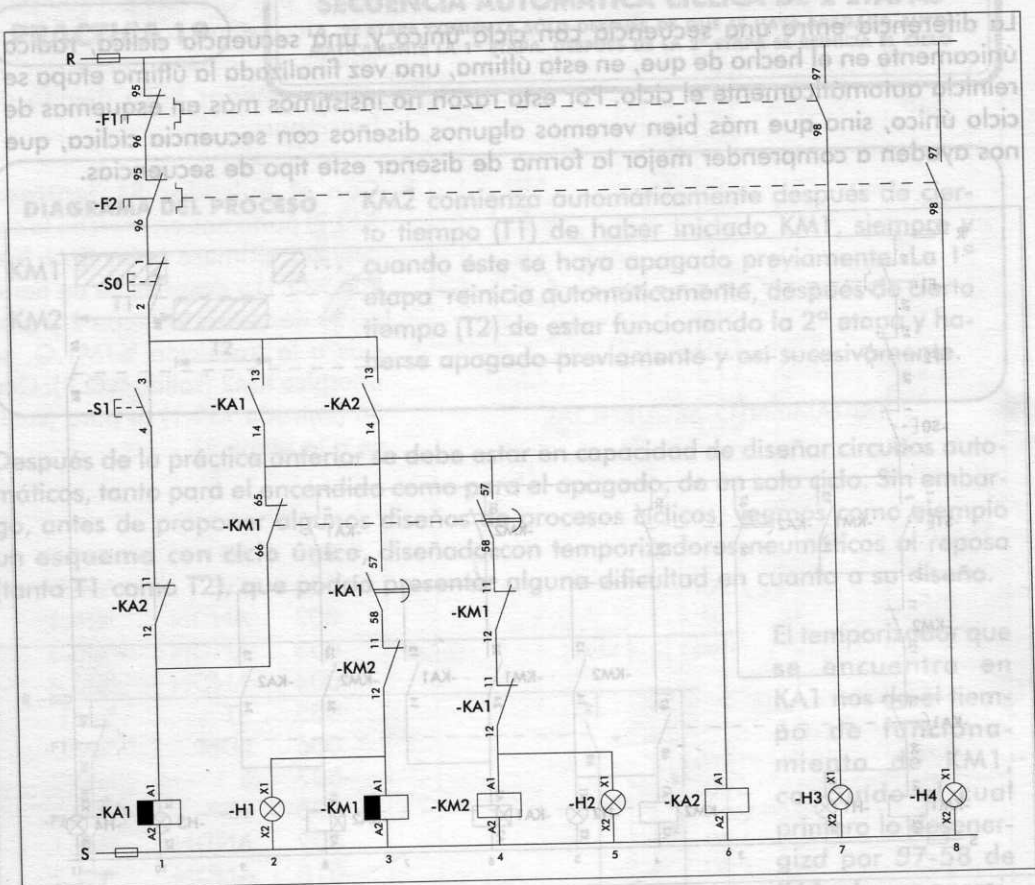
El esquema está diseñado como si los contactos temporizados fueran de **apertura lenta**, lo cual nos garantiza el funcionamiento del circuito sin ningún problema. Recordemos además que para estos diseños los contactos NA y NC, del mismo aparato, deben ser de **apertura positiva**.

CICLO DE FUNCIONAMIENTO

Al pulsar S1 se energiza KM1, autososteniéndose por 13-14 y energizando KA1 por 23-24 de KM1, de manera que T1 comienza a temporizar. Concluido el tiempo de temporización, primero se desenergiza KM1 por 55-56 de KA1 y luego se energiza KM2 por 67-68 de KA1, el cual se autosostiene por 13-14 y además energiza KA2 por 23-24 de KM2, de manera que T2 comienza a temporizar.

Transcurrido el tiempo de temporización, primero se desenergiza KM1 al abrirse 55-56 de KA2 y luego se vuelve a energizar KM1 por 67-68 de KA2, iniciándose un nuevo ciclo, por esta acción de T2, y convirtiéndose en cíclica. Antes del montaje analiza muy bien la función de los contactos instantáneos cerrados de KM2 y KA1.

SECUENCIA AUTOMÁTICA CÍCLICA DE 2 ETAPAS

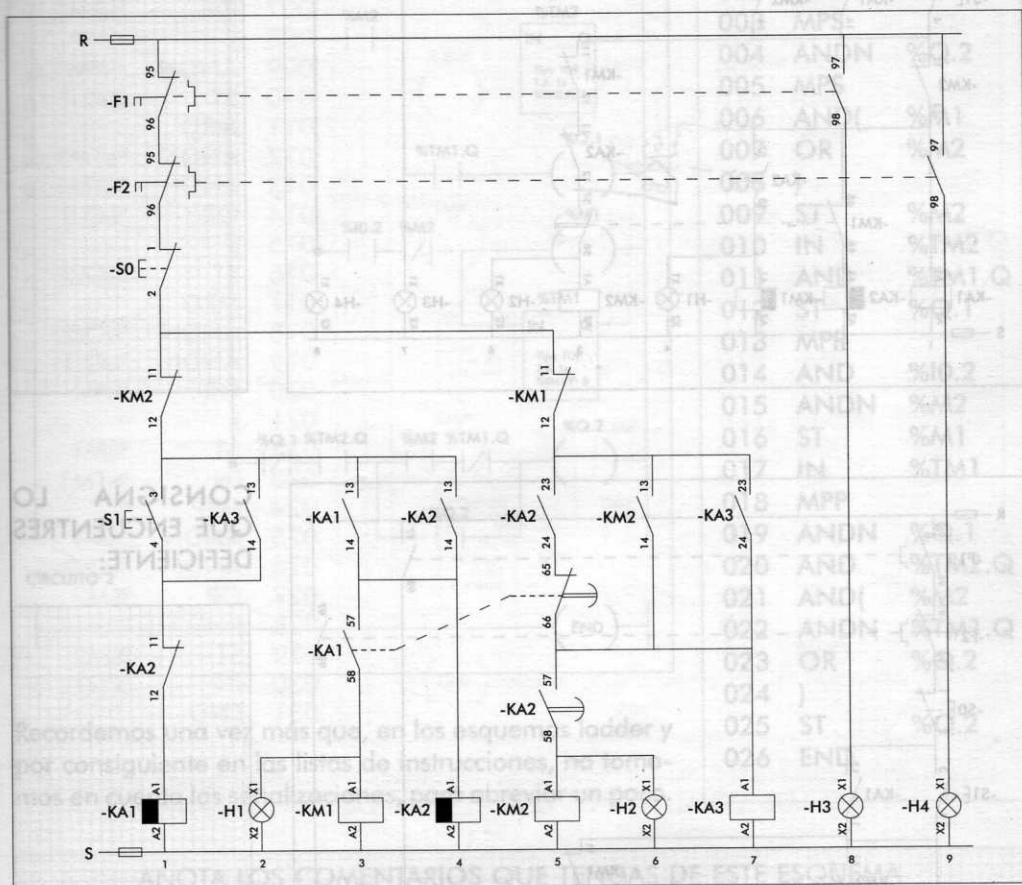


Al pulsar S1 se energiza KA1, de manera que, al cambiar de estado todos sus contactos (instantáneos y temporizados), se energizará KM1 y KA2 por lo cual se desenergiza inmediatamente KA1, al abrirse el contacto 11-12 de KA2, iniciándose la temporización de T1, concluido el cual vuelve a abrirse 57-58 de KA1 desenergizándose KM1. Al desenergizarse KM1, T2 comienza a temporizar y además, al cerrarse el contacto 11-12 de KM1, se energiza KM2 al estar cerrado el contacto 57-58 de KM1.

Transcurrido el tiempo de temporización de T2, sus contactos vuelven al estado de reposo, de manera que primero se abre 57-58 de KM1, desenergizando KM2 y luego se cierra 65-66 de KM1, energizándose nuevamente KA1, con lo cual comienza nuevamente y en forma automática el ciclo.

En el siguiente esquema encontramos una secuencia cíclica prácticamente igual a la que acabamos de analizar: Al pulsar S1 se energiza KA1 y además KM1 y KA2. Al energizarse KA2 se abre 11-12 de KA2 de manera que T1 empieza a temporizar. Como ambos temporizadores son al reposo, sus contactos cambiaron de estado tan pronto se energizaron KA1 y KA2, por lo cual KM2 se mantuvo en reposo.

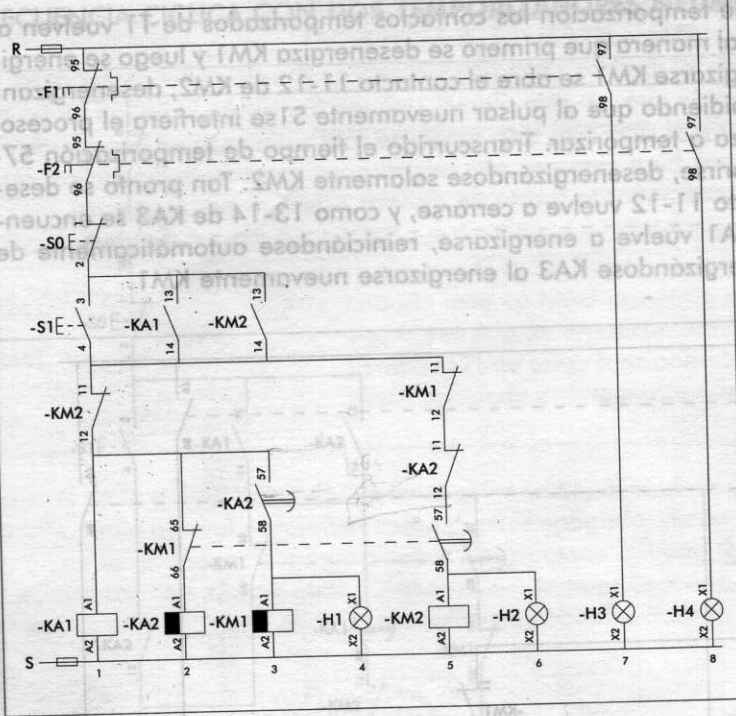
Concluido el tiempo de temporización los contactos temporizados de T1 vuelven al estado de reposo, de tal manera que primero se desenergiza KM1 y luego se energiza KM2 y KA3. Al energizarse KM1 se abre el contacto 11-12 de KM2, desenergizando KA2 (y además impidiendo que al pulsar nuevamente S1 se interfiera el proceso) por lo cual T2 comienza a temporizar. Transcurrido el tiempo de temporización 57-58 de KA2 vuelve a abrirse, desenergizándose solamente KM2. Tan pronto se desenergiza KM2 su contacto 11-12 vuelve a cerrarse, y como 13-14 de KA3 se encuentra todavía cerrado, KA1 vuelve a energizarse, reiniciándose automáticamente de nuevo el ciclo y desenergizándose KA3 al energizarse nuevamente KM1.



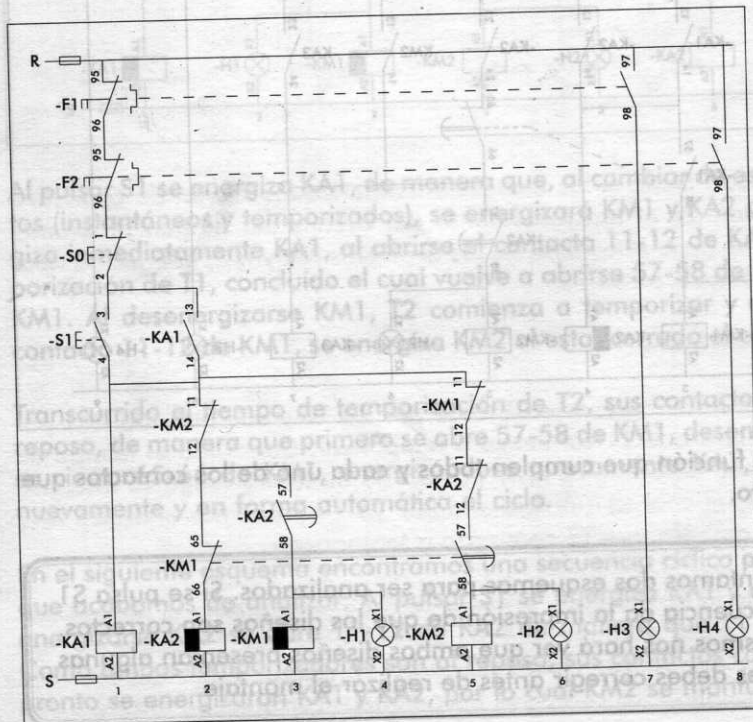
Analice un poco más la función que cumplen todos y cada uno de los contactos que forman parte del circuito.

A continuación presentamos dos esquemas para ser analizados. Si se pulsa S1 y se deja correr la secuencia da la impresión de que los diseños son correctos. Un análisis de los mismos nos hará ver que ambos diseños presentan algunas deficiencias, las cuales debes corregir antes de realizar el montaje.

CONSIGNA LO
QUE ENCUENTRES
DEFICIENTE:

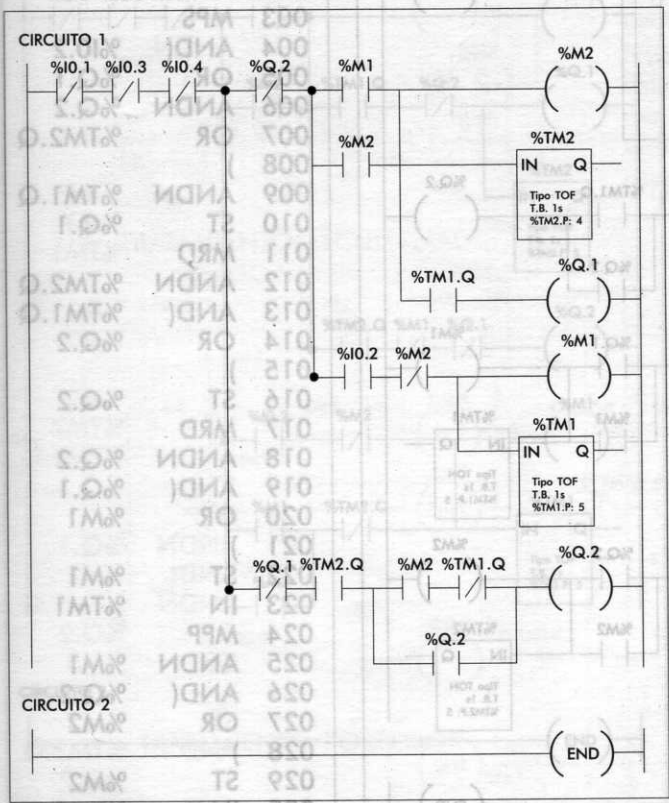


CONSIGNA LO
QUE ENCUENTRES
DEFICIENTE:



Los esquemas propuestos a continuación corresponden a los esquemas de funcionamiento sugeridos en esta práctica. Examínelos con detenimiento para entenderlos muy bien.

COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC



000	LDN	%I0.1
001	ANDN	%I0.3
002	ANDN	%I0.4
003	MPS	
004	ANDN	%Q.2
005	MPS	
006	AND(	%M1
007	OR	%M2
008)	
009	ST	%M2
010	IN	%TM2
011	AND	%TM1.Q
012	ST	%Q.1
013	MPP	
014	AND	%I0.2
015	ANDN	%M2
016	ST	%M1
017	IN	%TM1
018	MPP	
019	ANDN	%Q.1
020	AND	%TM2.Q
021	AND(	%M2
022	ANDN	%TM1.Q
023	OR	%Q.2
024)	
025	ST	%Q.2
026	END	

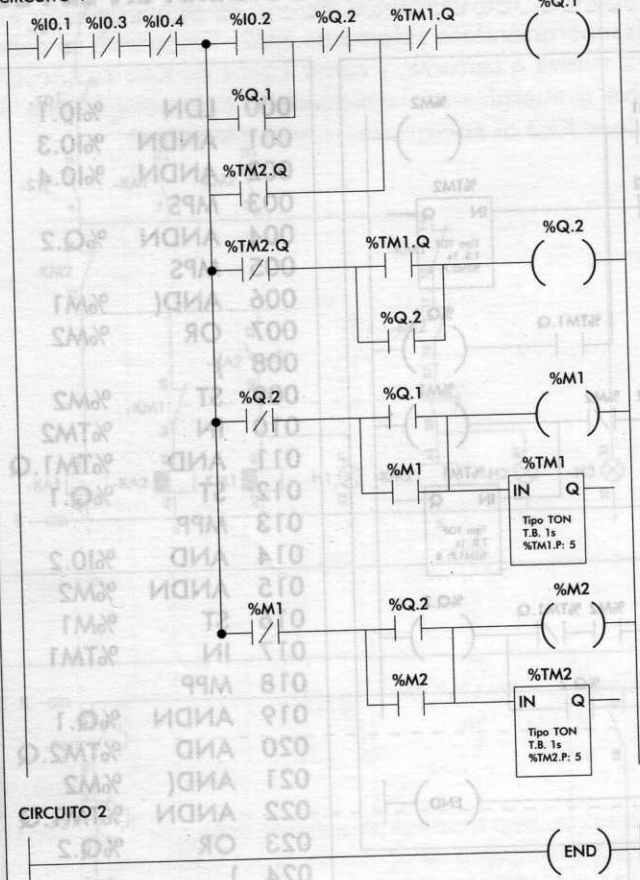
Recordemos una vez más que, en los esquemas ladder y por consiguiente en las listas de instrucciones, no tomamos en cuenta las señalizaciones, para abreviar un poco.

ANOTA LOS COMENTARIOS QUE TENGAS DE ESTE ESQUEMA



COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC

CIRCUITO 1

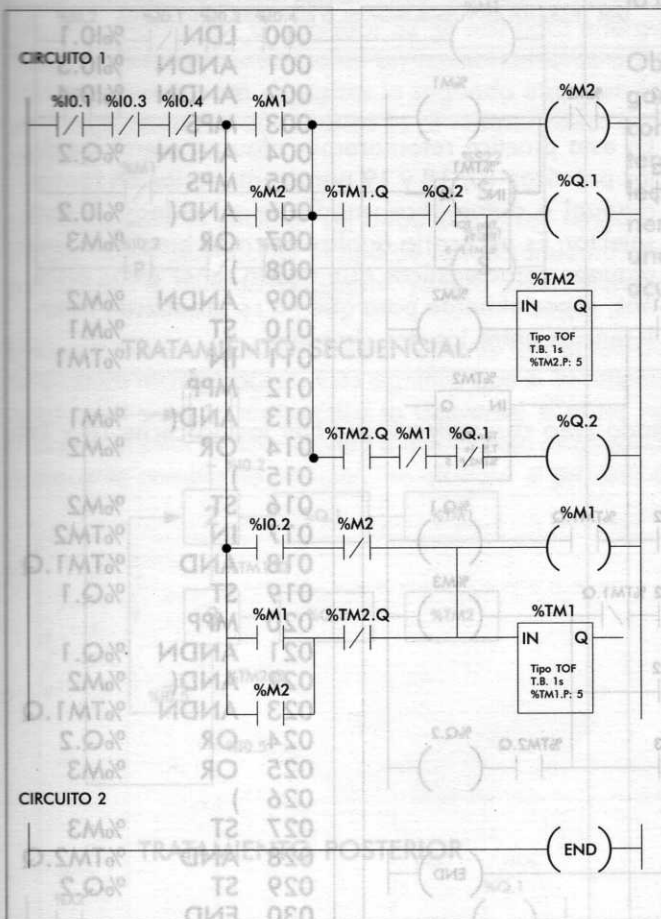


000	LDN	%I0.1
001	ANDN	%I0.3
002	ANDN	%I0.4
003	MPS	
004	AND(	%I0.2
005	OR	%Q.1
006	ANDN	%Q.2
007	OR	%TM2.Q
008)	
009	ANDN	%TM1.Q
010	ST	%Q.1
011	MRD	
012	ANDN	%TM2.Q
013	AND(	%TM1.Q
014	OR	%Q.2
015)	
016	ST	%Q.2
017	MRD	
018	ANDN	%Q.2
019	AND(	%Q.1
020	OR	%M1
021)	
022	ST	%M1
023	IN	%TM1
024	MPP	
025	ANDN	%M1
026	AND(	%Q.2
027	OR	%M2
028)	
029	ST	%M2
030	IN	%TM2
031	END	

ANOTA LOS COMENTARIOS QUE TENAS DE ESTE ESQUEMA



COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC



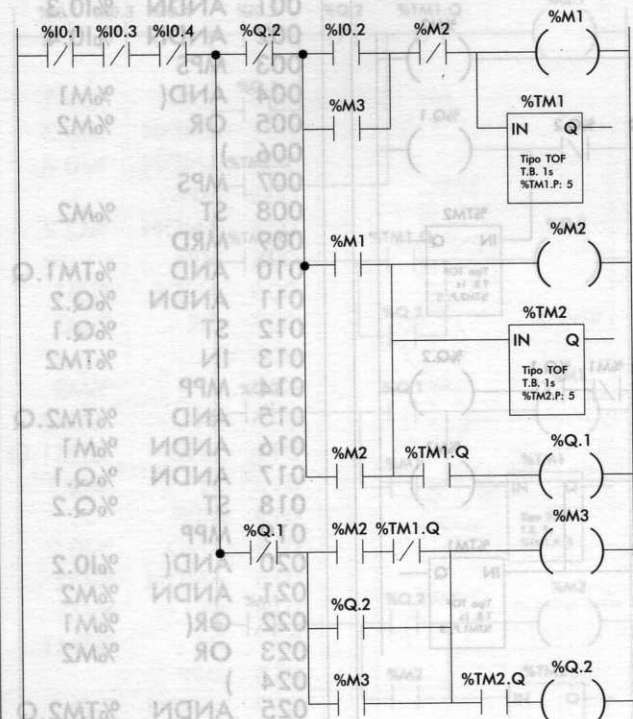
```

000 LDN    %IO.1
001 ANDN   %IO.3
002 ANDN   %IO.4
003 MPS
004 AND(   %M1
005 OR     %M2
006 )
007 MPS
008 ST     %M2
009 MRD
010 AND    %TM1.Q
011 ANDN   %Q.2
012 ST     %Q.1
013 IN     %TM2
014 MPP
015 AND    %TM2.Q
016 ANDN   %M1
017 ANDN   %Q.1
018 ST     %Q.2
019 MPP
020 AND(   %IO.2
021 ANDN   %M2
022 OR(    %M1
023 OR     %M2
024 )
025 ANDN   %TM2.Q
026 )
027 ST     %M1
028 IN     %TM2
029 END
    
```

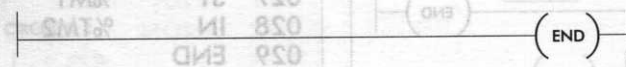
ANOTA LOS COMENTARIOS QUE TENGAS DE ESTE ESQUEMA



CIRCUITO 1



CIRCUITO 2

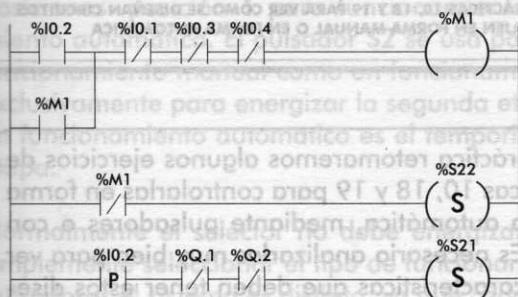


```

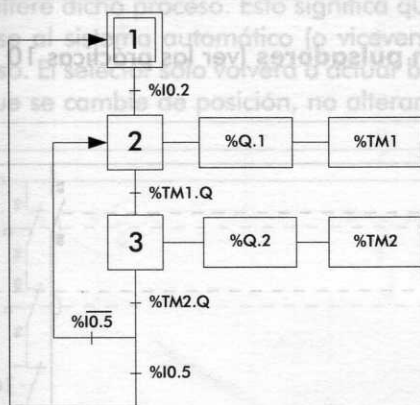
000 LDN      %I0.1
001 ANDN     %I0.3
002 ANDN     %I0.4
003 MPS
004 ANDN     %Q.2
005 MPS
006 AND(     %I0.2
007 OR       %M3
008 )
009 ANDN     %M2
010 ST       %M1
011 IN       %TM1
012 MPP
013 AND(     %M1
014 OR       %M2
015 )
016 ST       %M2
017 IN       %TM2
018 AND      %TM1.Q
019 ST       %Q.1
020 MPP
021 ANDN     %Q.1
022 AND(     %M2
023 ANDN     %TM1.Q
024 OR       %Q.2
025 OR       %M3
026 )
027 ST       %M3
028 AND      %TM2.Q
029 ST       %Q.2
030 END
    
```

ANOTA LOS COMENTARIOS QUE TENGAS DE ESTE ESQUEMA

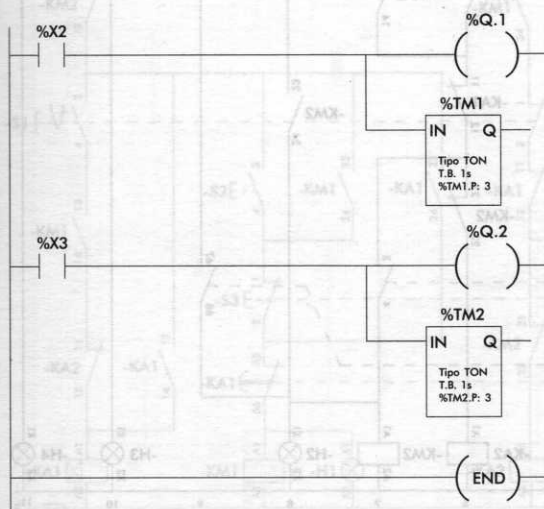
TRATAMIENTO PRELIMINAR



TRATAMIENTO SECUENCIAL



TRATAMIENTO POSTERIOR

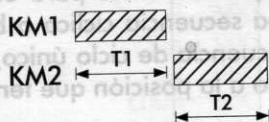


Este graficet es muy parecido al que se vió en la práctica 18, por lo cual es conveniente repasarlo.

Observaremos que en primer lugar se añade un temporizador como una acción asociada a la tercera etapa e %I0.5 es un selector que usaremos para obtener una secuencia cíclica o bien una secuencia de ciclo único, de acuerdo a la posición que tenga.

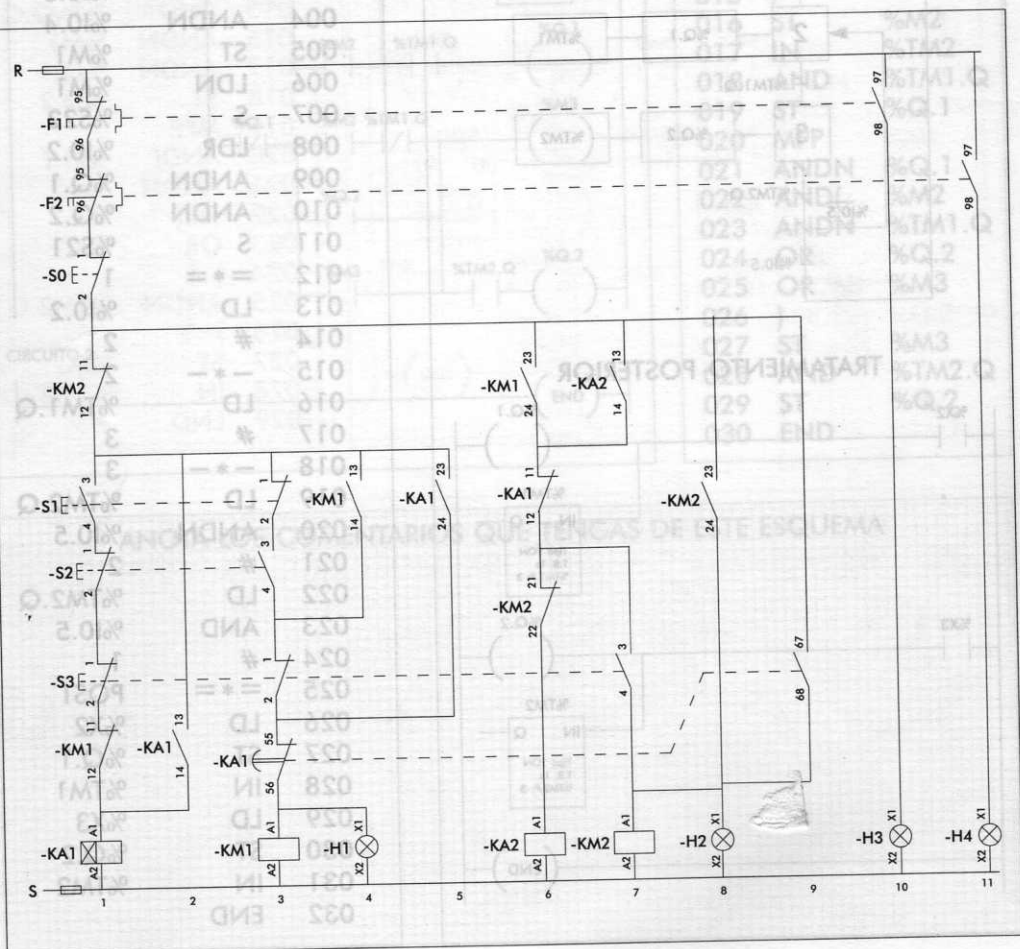
000	LD	%I0.2
001	OR	%M1
002	ANDN	%I0.1
003	ANDN	%I0.3
004	ANDN	%I0.4
005	ST	%M1
006	LDN	%M1
007	S	%S22
008	LDR	%I0.2
009	ANDN	%Q.1
010	ANDN	%Q.2
011	S	%S21
012	= * =	1
013	LD	%I0.2
014	#	2
015	- * -	2
016	LD	%TM1.Q
017	#	3
018	- * -	3
019	LD	%TM2.Q
020	ANDN	%I0.5
021	#	2
022	LD	%TM2.Q
023	AND	%I0.5
024	#	1
025	= * =	POST
026	LD	%X2
027	ST	%Q.1
028	IN	%TM1
029	LD	%X3
030	ST	%Q.2
031	IN	%TM2
032	END	

DIAGRAMA DEL PROCESO



En esta práctica retomaremos algunos ejercicios de las prácticas 10, 18 y 19 para controlarlas en forma manual o automática, mediante pulsadores o con selector. Es necesario analizarlas muy bien para ver algunas características que deben tener estos diseños, especialmente para que no se produzcan interferencias entre los dos sistemas.

El primer esquema se ha diseñado sólo con pulsadores (ver las prácticas 10 y 18).

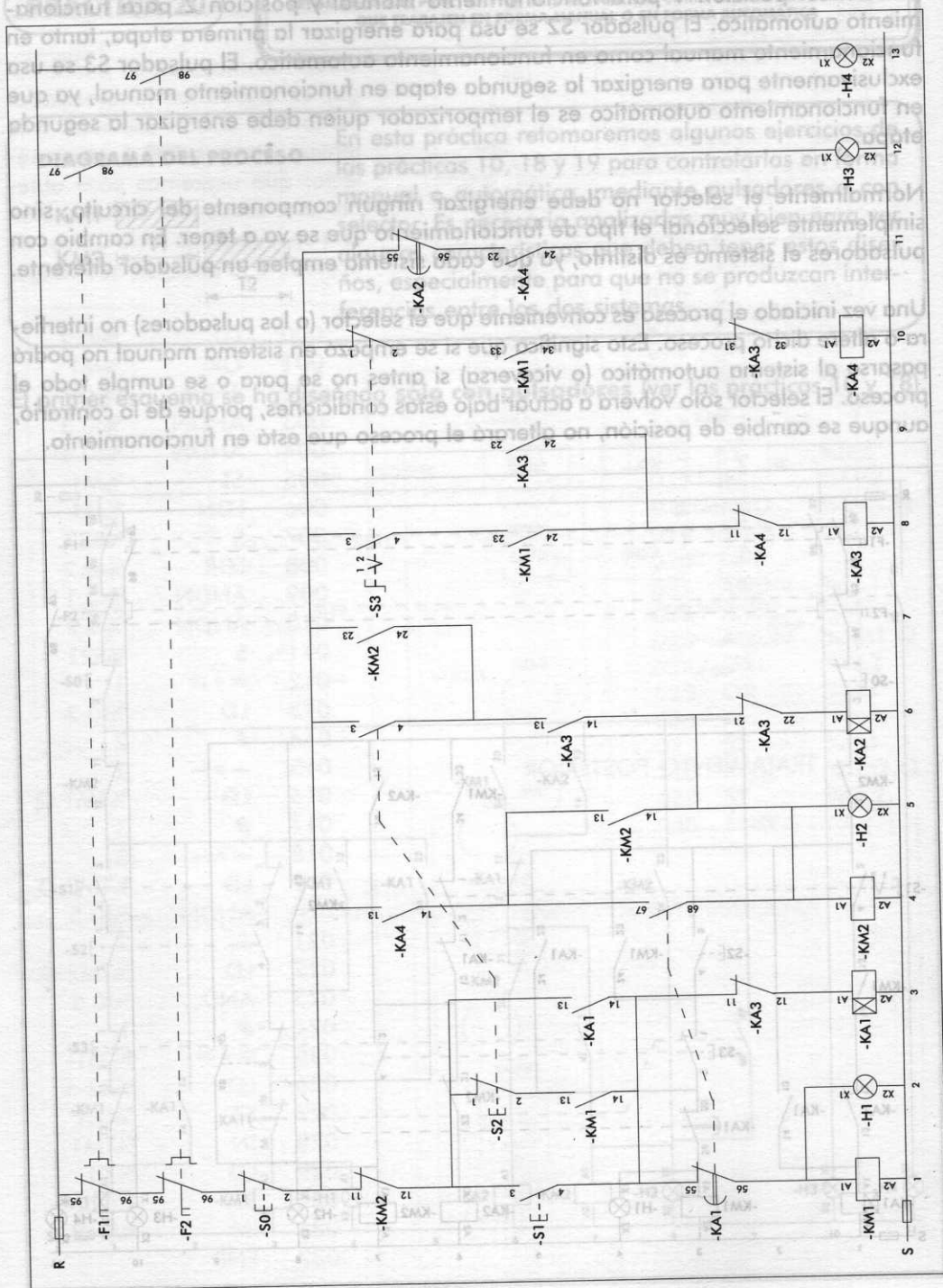


Normalmente el selector no debe energizar ningún componente del circuito, sino simplemente seleccionar el tipo de funcionamiento que se va a tener. En cambio con pulsadores el sistema es distinto, ya que cada sistema emplea un pulsador diferente.

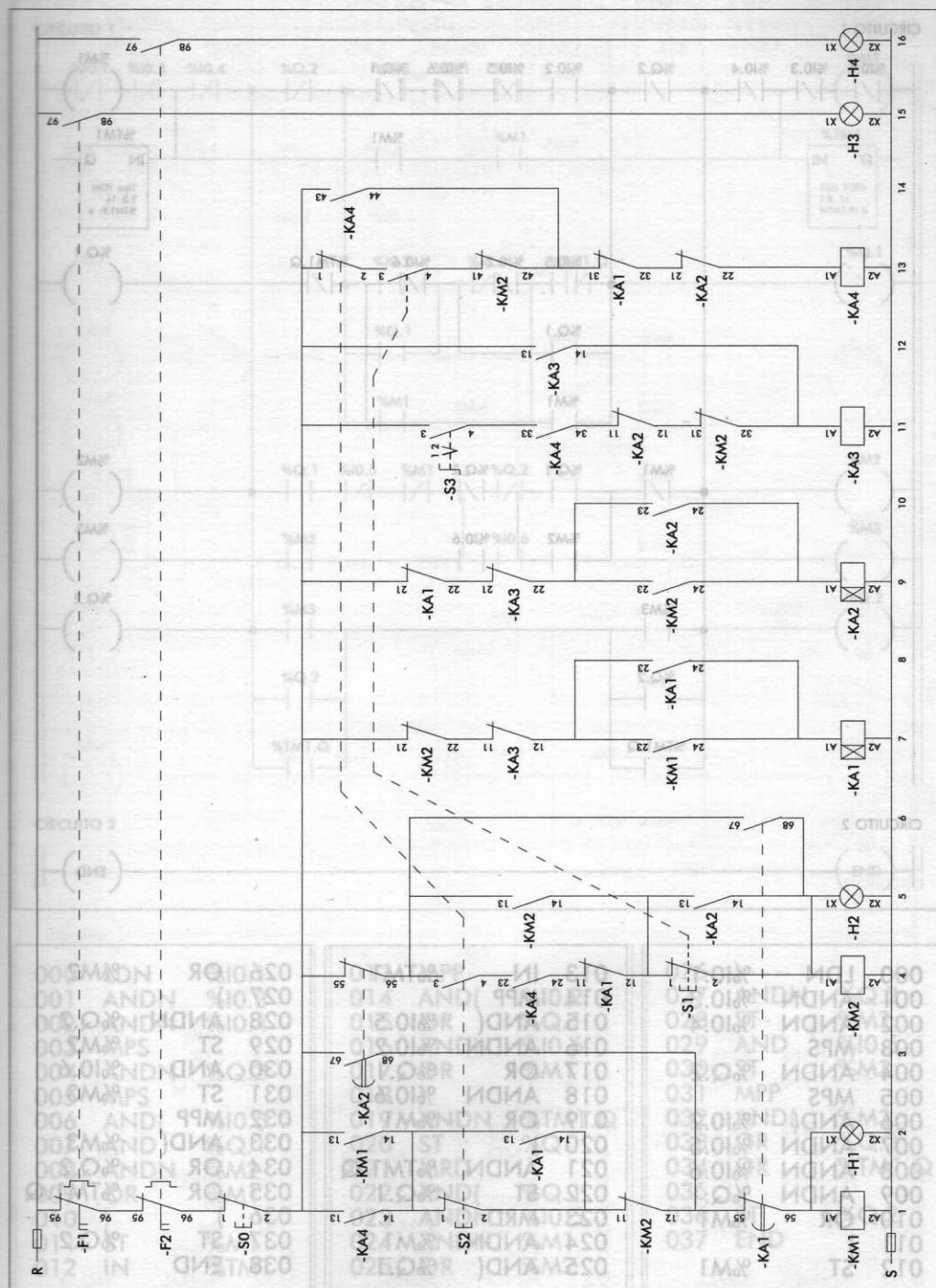
Una vez iniciado el proceso es conveniente que el selector (o los pulsadores) no interfiera o altere dicho proceso. Esto significa que si se empezó en sistema manual no podrá pasarse al sistema automático (o viceversa) si antes no se para o se cumple todo el proceso. El selector sólo volverá a actuar bajo estas condiciones, porque de lo contrario, aunque se cambie de posición, no alterará el proceso que está en funcionamiento.



En este diseño retomamos el primer ejercicio de la práctica 19, pero empleando temporizadores neumáticos al trabajo y selector de dos posiciones.



En este diseño retomamos el segundo ejercicio de la práctica 19 , pero empleando temporizadores neumáticos al trabajo y selector de dos posiciones.





(END)

```

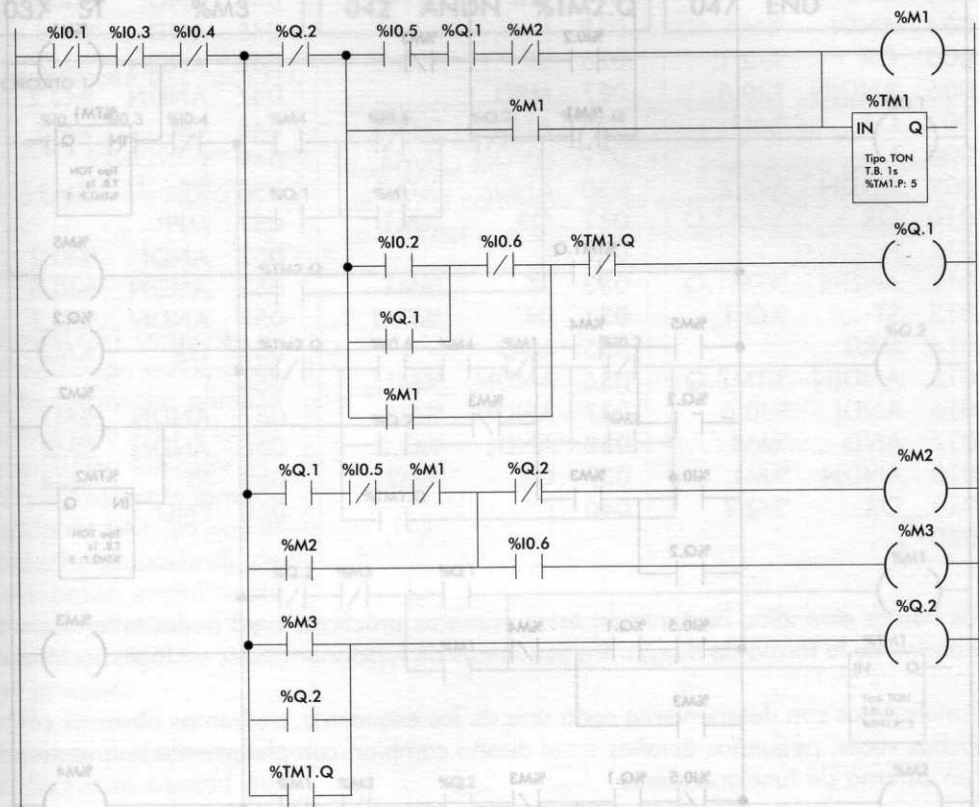
026 OR %M2
027 )
028 ANDN %Q.2
029 ST %M2
030 AND %I0.6
031 ST %M3
032 MPP
033 AND( %M3
034 OR %Q.2
035 OR %TM1.Q
036 )
037 ST %Q.2
038 END

```

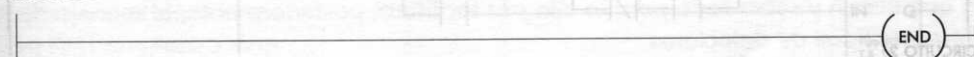


COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC

CIRCUITO 1



CIRCUITO 2



```

000 LDN %I0.1
001 ANDN %I0.3
002 ANDN %I0.4
003 MPS
004 ANDN %Q.2
005 MPS
006 AND( %I0.5
007 AND %Q.1
008 ANDN %M2
009 OR %M1
010 )
011 ST %M1
012 IN %TM1
    
```

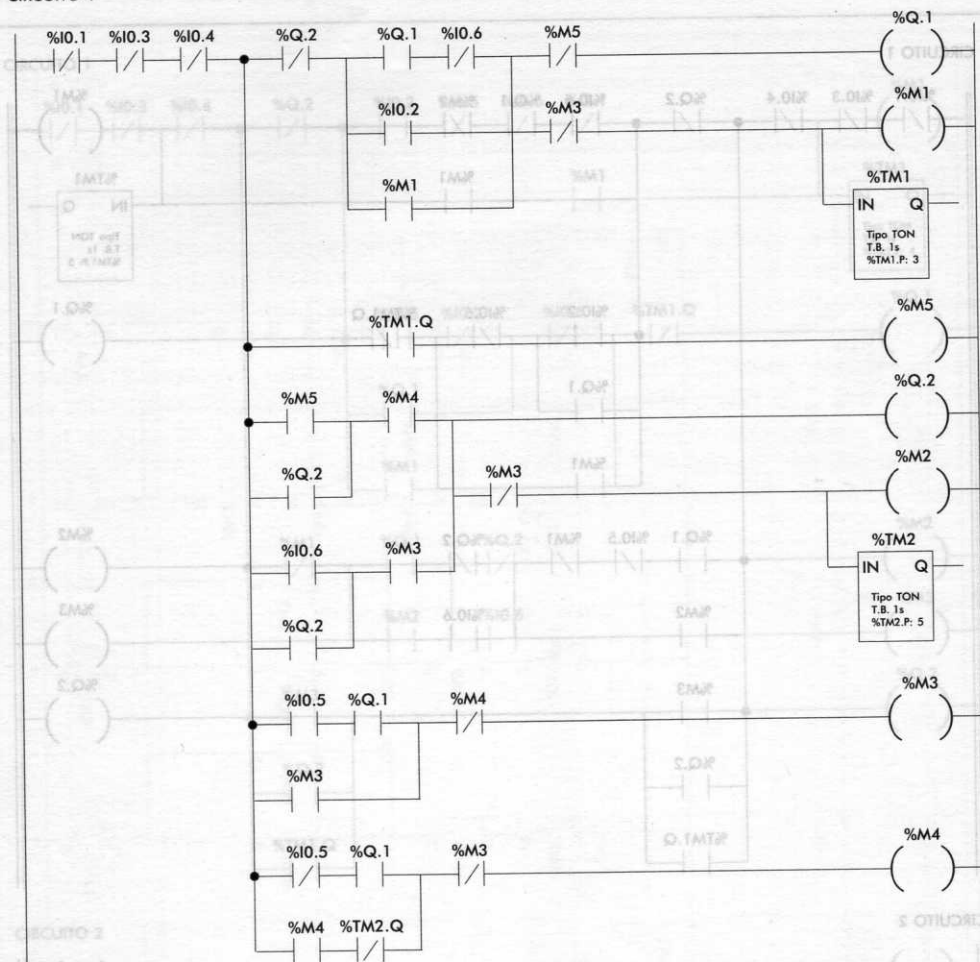
```

013 MPP
014 AND( %I0.2
015 AND %Q.1
016 ANDN %I0.6
017 OR %M1
018 )
019 ANDN %TM1.Q
020 ST %Q.1
021 MRD
022 AND( %Q.1
023 ANDN %I0.5
024 ANDN %M1
025 OR %M2
    
```

```

026 )
027 ANDN %Q.2
028 ST %M2
029 AND %I0.6
030 ST %M3
031 MPP
032 AND( %M3
033 OR %Q.2
034 OR %TM1.Q
035 )
036 ST %Q.2
037 END
    
```

CIRCUITO 1



CIRCUITO 2

(END)

```

000 LDN    %I0.1
001 ANDN   %I0.3
002 ANDN   %I0.4
003 MPS
004 ANDN   %Q.2
005 AND(   %Q.1
006 ANDN   %I0.6
007 OR     %I0.2
008 OR     %M1
009 )
010 ANDN   %M5
    
```

```

011 ST     %Q.1
012 ANDN   %M3
013 ST     %M1
014 IN     %TM1
015 MRD
016 AND    %TM1.Q
017 ST     %M5
018 MRD
019 AND(   %M5
020 OR     %Q.2
021 AND    %M4
    
```

```

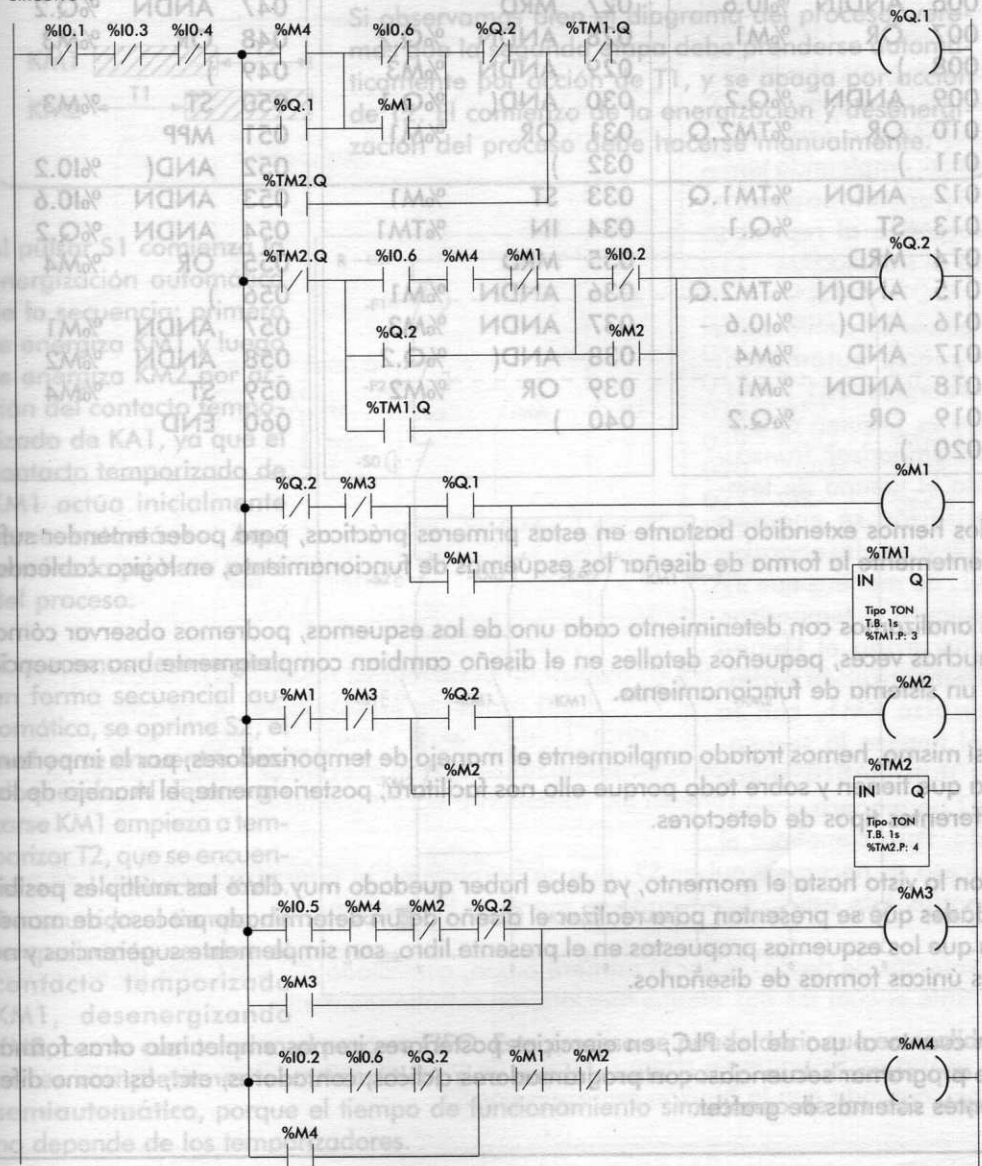
022 OR(    %I0.6
023 OR     %Q.2
024 AND    %M3
025 )
026 )
027 ST     %Q.2
028 ANDN   %M3
029 ST     %M2
030 IN     %TM2
031 MRD
032 AND(   %I0.5
    
```


033 AND %Q.1
034 OR %M3
035)
036 ANDN %M4
037 ST %M3

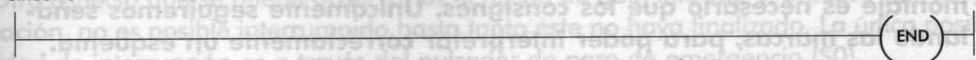
038 MPP
039 AND(N %I0.5
040 AND %Q.1
041 OR(%M4
042 ANDN %TM2.Q

043)
044)
045 ANDN %M3
046 ST %M4
047 END

CIRCUITO 1



CIRCUITO 2



000	LDN	%I0.1
001	ANDN	%I0.3
002	ANDN	%I0.4
003	MPS	
004	AND(	%M4
005	OR	%Q.1
006	AND(N	%I0.6
007	OR	%M1
008)	
009	ANDN	%Q.2
010	OR	%TM2.Q
011)	
012	ANDN	%TM1.Q
013	ST	%Q.1
014	MRD	
015	AND(N	%TM2.Q
016	AND(	%I0.6
017	AND	%M4
018	ANDN	%M1
019	OR	%Q.2
020)	

021	AND(N	%I0.2
022	OR	%M2
023)	
024	OR	%TM1.Q
025)	
026	ST	%Q.2
027	MRD	
028	ANDN	%Q.2
029	ANDN	%M3
030	AND(	%Q.1
031	OR	%M1
032)	
033	ST	%M1
034	IN	%TM1
035	MRD	
036	ANDN	%M1
037	ANDN	%M3
038	AND(	%Q.2
039	OR	%M2
040)	

041	ST	%M2
042	IN	%TM2
043	MRD	
044	AND(	%I0.5
045	AND	%M4
046	ANDN	%M2
047	ANDN	%Q.2
048	OR	%M3
049)	
050	ST	%M3
051	MPP	
052	AND(	%I0.2
053	ANDN	%I0.6
054	ANDN	%Q.2
055	OR	%M4
056)	
057	ANDN	%M1
058	ANDN	%M2
059	ST	%M4
060	END	

Nos hemos extendido bastante en estas primeras prácticas, para poder entender suficientemente la forma de diseñar los esquemas de funcionamiento, en lógica cableada.

Si analizamos con detenimiento cada uno de los esquemas, podremos observar cómo, muchas veces, pequeños detalles en el diseño cambian completamente una secuencia o un sistema de funcionamiento.

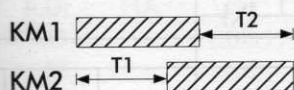
Así mismo, hemos tratado ampliamente el manejo de temporizadores, por la importancia que tienen y sobre todo porque ello nos facilitará, posteriormente, el manejo de los diferentes tipos de detectores.

Con lo visto hasta el momento, ya debe haber quedado muy claro las múltiples posibilidades que se presentan para realizar el diseño de un determinado proceso, de manera que los esquemas propuestos en el presente libro son simplemente sugerencias y no las únicas formas de diseñarlos.

En cuanto al uso de los PLC, en ejercicios posteriores iremos empleando otras formas de programar secuencias: con programadores cíclicos, contadores, etc., así como diferentes sistemas de grafset.

En adelante ya no colocaremos los índices, pero antes de realizar un montaje es necesario que los consignes. Únicamente seguiremos señalando las marcas, para poder interpretar correctamente un esquema.

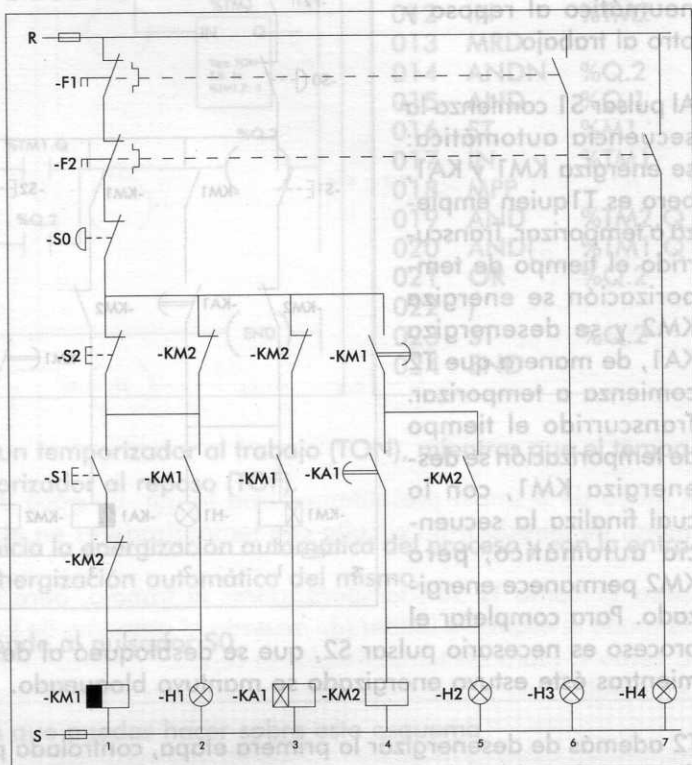
DIAGRAMA DEL PROCESO



Si observamos bien el diagrama del proceso, veremos que la segunda etapa debe prenderse automáticamente por acción de T1, y se apaga por acción de T2. El comienzo de la energización y desenergización del proceso debe hacerse manualmente.

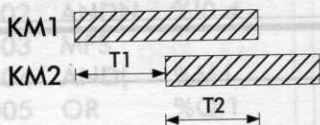
Al pulsar S1 comienza la energización automática de la secuencia: primero se energiza KM1 y luego se energiza KM2 por acción del contacto temporizado de KA1, ya que el contacto temporizado de KM1 actúa inicialmente como instantáneo. Aquí termina la primera parte del proceso.

Si queremos desenergizar en forma secuencial automática, se oprime S2, el cual ya se encuentra desbloqueado. Al desenergizarse KM1 empieza a temporizar T2, que se encuentra en el contactor KM1. Transcurrido el tiempo de temporización se abre el contacto temporizado KM1, desenergizando KM2, con lo cual termina el proceso FIFO. Este proceso se puede decir que en realidad **no es completamente automático**, sino parcialmente por lo cual diremos que es **semiautomático**, porque el tiempo de funcionamiento simultáneo de las dos etapas no depende de los temporizadores.



Otro aspecto que se puede observar es el hecho de que, iniciado el proceso de energización, no es posible interrumpirlo hasta tanto éste no haya finalizado. La única posibilidad de interrupción es a través del pulsador de paro de emergencia (S0).

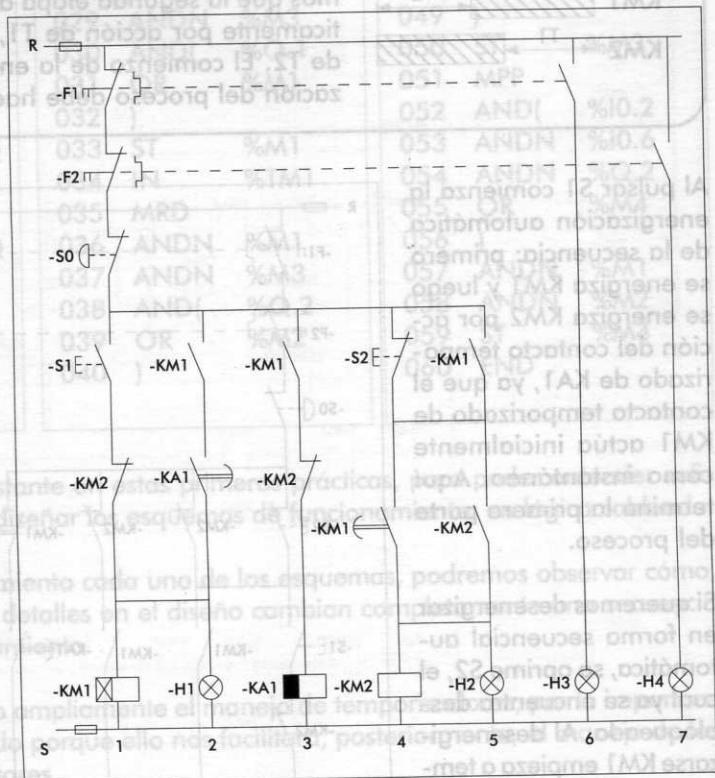
DIAGRAMA DEL PROCESO



En esta secuencia FIFO la energización de la segunda etapa y la desenergización de la primera etapa se realiza mediante temporizadores. Otra diferencia, con el circuito anterior, es que el funcionamiento simultáneo de las dos etapas depende de T2.

Aquí tenemos otro ejemplo de un proceso FIFO automático o semiautomático, empleando también un temporizador neumático al reposo y otro al trabajo.

Al pulsar S1 comienza la secuencia automática: se energiza KM1 y KA1, pero es T1 quien empieza a temporizar. Transcurrido el tiempo de temporización se energiza KM2 y se desenergiza KA1, de manera que T2 comienza a temporizar. Transcurrido el tiempo de temporización se desenergiza KM1, con lo cual finaliza la secuencia automática, pero KM2 permanece energizado. Para completar el



proceso es necesario pulsar S2, que se desbloqueó al desenergizarse KM1, ya que mientras éste estuvo energizado se mantuvo bloqueado.

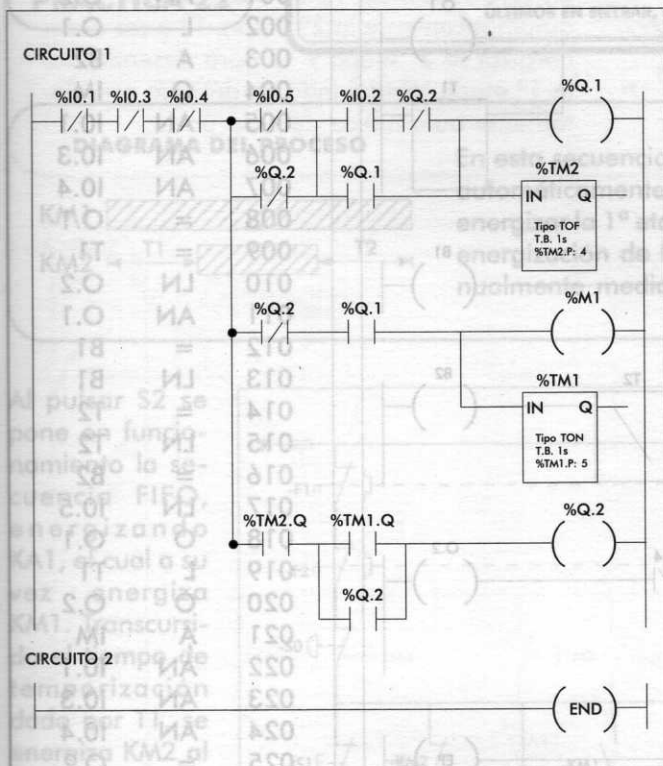
T2 además de desenergizar la primera etapa, controlada por KM1, nos da el tiempo durante el cual las dos etapas funcionarán simultáneamente.

S0 se usa exclusivamente como pulsador de paro de emergencia, por lo cual no se debe confundir con la función realizada por S2.

Para entender mejor el manejo de los temporizadores y poder solucionar los ejercicios que se plantearán más adelante, se recomienda rediseñar estos dos ejemplos empleando los diferentes tipos de temporizadores.



COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC



```

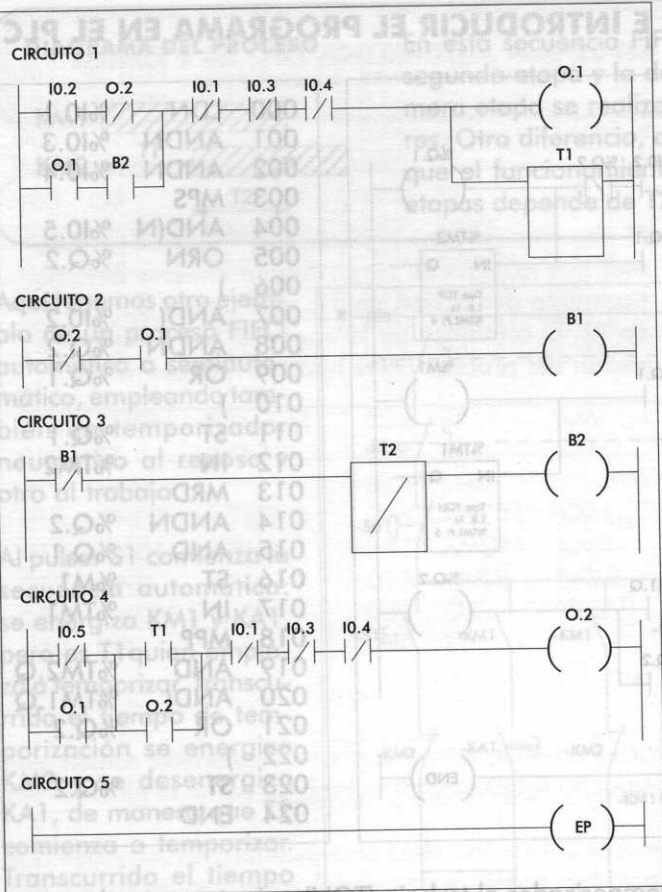
000 LDN    %I0.1
001 ANDN   %I0.3
002 ANDN   %I0.4
003 MPS
004 AND(N  %I0.5
005 ORN    %Q.2
006 )
007 AND(   %I0.2
008 ANDN   %Q.2
009 OR     %Q.1
010 )
011 ST     %Q.1
012 IN     %TM2
013 MRD
014 ANDN   %Q.2
015 AND    %Q.1
016 ST     %M1
017 IN     %TM1
018 MPP
019 AND    %TM2.Q
020 AND(   %TM1.Q
021 OR     %Q.2
022 )
023 ST     %Q.2
024 END
    
```

El temporizador %TM1 es un temporizador al trabajo (TON), mientras que el temporizador %TM2 es un temporizador al reposo (TOF).

Con la entrada %IO.2 se inicia la energización automática del proceso y con la entrada %IO.5 se inicia la desenergización automática del mismo.

La entrada %IO.1 corresponde al pulsador S0.

Anota las observaciones que puedas hacer sobre este esquema



000	L	I0.2
001	AN	O.2
002	L	O.1
003	A	B2
004	O	IM
005	AN	I0.1
006	AN	I0.3
007	AN	I0.4
008	=	O.1
009	=	T1
010	LN	O.2
011	AN	O.1
012	=	B1
013	LN	B1
014	=	T2
015	LN	T2
016	=	B2
017	LN	I0.5
018	O	O.1
019	L	T1
020	O	O.2
021	A	IM
022	AN	I0.1
023	AN	I0.3
024	AN	I0.4
025	=	O.2
026	EP	

A modo de ejemplo presentamos esta forma, un poco diferente a las vistas hasta ahora, de introducir un circuito con temporizadores en el PLC.

Tanto T1 como T2 son temporizadores al trabajo, pero por la forma como se ha diseñado el esquema ladder (de acuerdo al esquema de funcionamiento) T2 trabajará como si fuera un temporizador al reposo. Analiza muy bien los circuitos 2 y 3 y compáralos con los circuitos correspondientes en el esquema de funcionamiento.

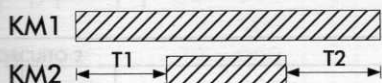
Así mismo, observa muy bien la lista de instrucciones, especialmente de la dirección 010 a la 016, ya que es la parte que nos permite emplear un temporizador al trabajo como si fuera un temporizador al reposo.

El símbolo de T2, con la diagonal dentro (equivalente al símbolo de una bobina negada) se introduce mediante las instrucciones 014 y 015.

Otro aspecto importante es el uso del bit interno B1, especialmente el contacto cerrado B1 que antecede al temporizador 2 (T2), para el funcionamiento de éste como si fuera un temporizador al reposo.

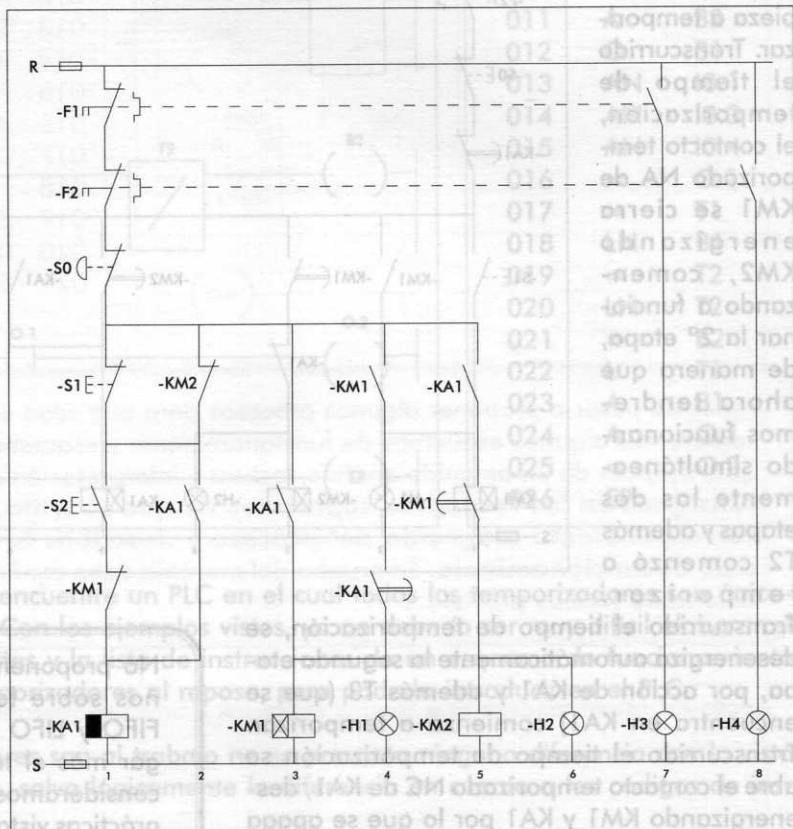
ÚLTIMOS EN ENTRAR, PRIMEROS EN SALIR

En esta secuencia T1 se usa para energizar automáticamente la 2ª etapa y T2 para desenergizar la 1ª etapa. La energización y desenergización de la secuencia se inicia manualmente mediante pulsadores.



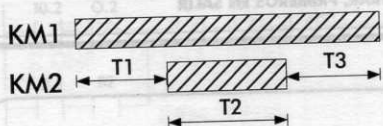
Al pulsar S2 se pone en funcionamiento la secuencia FIFO, energizando KA1, el cual a su vez energiza KM1. Transcurrido el tiempo de temporización dado por T1, se energiza KM2 al cerrarse el contacto temporizado KM1. Aquí concluye la primera parte del proceso.

Para iniciar la desenergización de la secuencia es necesario oprimir S1, que ya se encuentra desbloqueado.



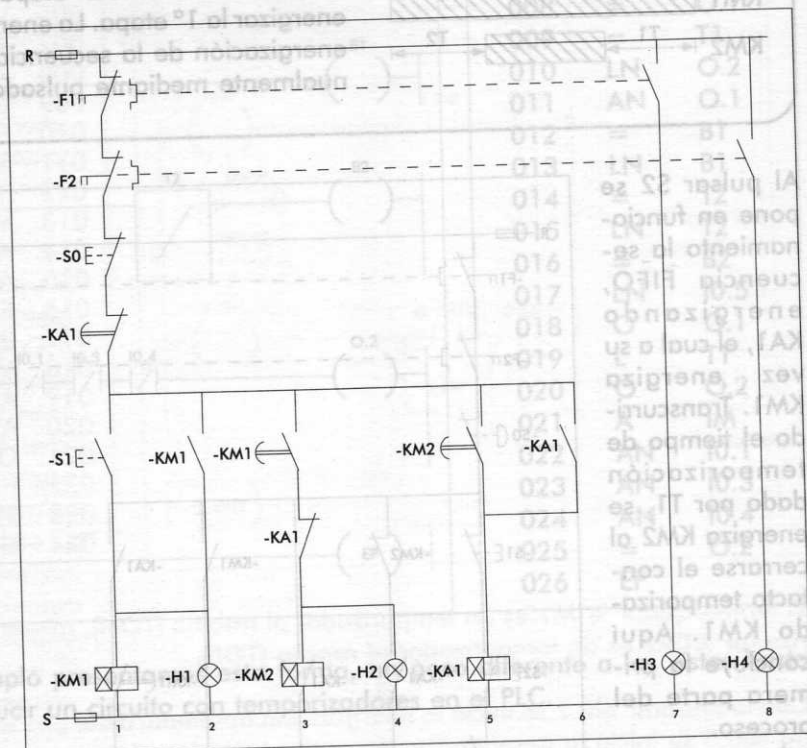
Al pulsar S1 se desenergiza KA1 y KM2 y además el temporizador T2 comienza a temporizar. Transcurrido el tiempo de temporización se abre nuevamente el contacto temporizado KA1, el cual se mantuvo cerrado, por pertenecer a un temporizador al reposo, desenergizando de esta manera la bobina de KM1, finalizando así automáticamente la primera etapa, y por consiguiente todo el proceso LIFO. S0 se usa exclusivamente como pulsador de paro de emergencia.

DIAGRAMA DEL PROCESO



En esta secuencia T1 se usa para energizar automáticamente la 2ª etapa, T2 para desenergizar la 2ª etapa y T3 para desenergizar la 1ª etapa, obteniendo un proceso completamente automático de ciclo único.

Al pulsar S1 se energiza KM1, poniéndose en marcha la 1ª etapa y T1 empieza a temporizar. Transcurrido el tiempo de temporización, el contacto temporizado NA de KM1 se cierra energizando KM2, comenzando a funcionar la 2ª etapa, de manera que ahora tendremos funcionando simultáneamente las dos etapas y además T2 comenzó a temporizar.



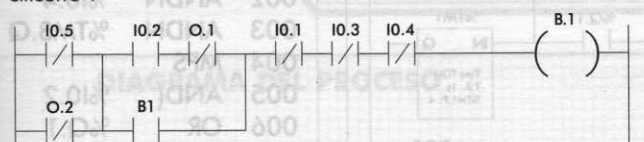
Transcurrido el tiempo de temporización, se desenergiza automáticamente la segunda etapa, por acción de KA1 y además T3 (que se encuentra en KA1) comienza a temporizar. Transcurrido el tiempo de temporización se abre el contacto temporizado NC de KA1, desenergizando KM1 y KA1 por lo que se apaga automáticamente la 1ª etapa, finalizando de esta manera todo el proceso.

El pulsador S0 se usa exclusivamente como pulsador de paro de emergencia y es fundamental en este tipo de circuitos completamente automáticos.

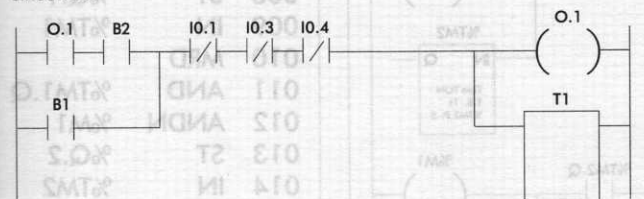
No proponemos más diseños sobre las secuencias FIFO y LIFO para no alargar más el tema y porque consideramos que, con las prácticas vistas hasta el momento, se tiene que estar en capacidad de realizar cualquier otro diseño sobre este tipo de secuencias y con temporizadores neumáticos o electrónicos.



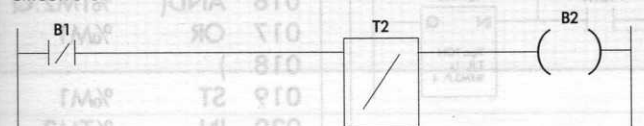
CIRCUITO 1



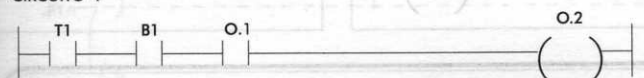
CIRCUITO 2



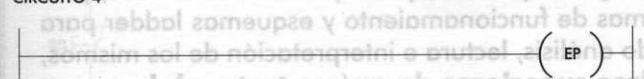
CIRCUITO 3



CIRCUITO 4



CIRCUITO 4



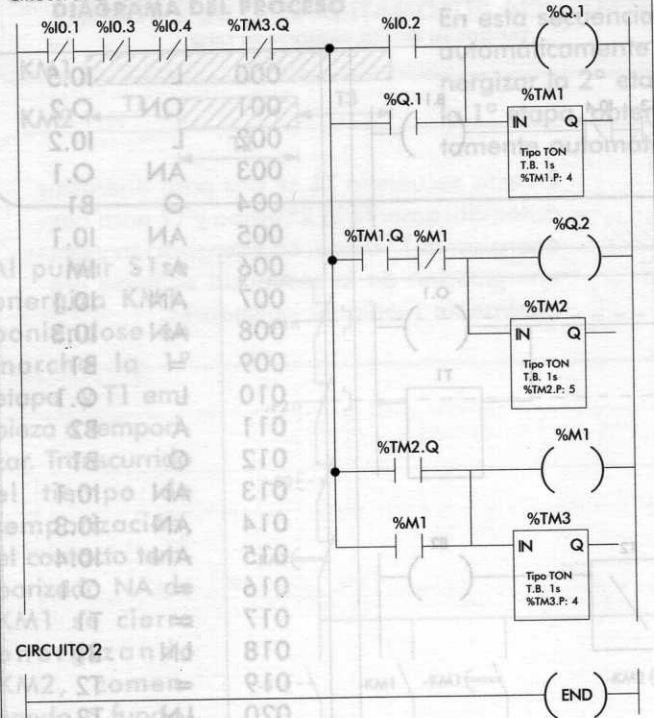
000	L	I0.5
001	ON	O.2
002	L	I0.2
003	AN	O.1
004	O	B1
005	AN	I0.1
006	A	IM
007	AN	I0.1
008	AN	I0.3
009	=	B1
010	L	O.1
011	A	B2
012	O	B1
013	AN	I0.1
014	AN	I0.3
015	AN	I0.4
016	=	O.1
017	=	T1
018	LN	B1
019	=	T2
020	LN	T2
021	=	B2
022	L	T1
023	A	B1
024	A	O.1
025	=	O.2
026	EP	

Es posible que se encuentre un PLC en el cual todos los temporizadores son únicamente al trabajo. Con los ejemplos vistos, ya no debería ser muy difícil elaborar el esquema a contactos y la lista de instrucciones de un esquema de funcionamiento realizado con temporizadores al reposo, para poderlo introducir en el PLC.

Si los temporizadores son al trabajo no se presenta ninguna diferencia con lo visto hasta el momento, salvo lógicamente la diferencia en cuanto a los códigos de instrucciones.

Otro aspecto que habrás podido observar cuando no se usa memoria intermedia por acumulador o pila, es el hecho de tener que repetir los contactos NC de los térmicos y del pulsador de paro de emergencia en todos los circuitos afectados, de manera que un disparo en cualquier térmico, o la operación del pulsador de seta, cumplan realmente con la función de interrumpir la totalidad de los circuitos y no sólo algunos de ellos.

CIRCUITO 1



CIRCUITO 2

000	LDN	%I0.1
001	ANDN	%I0.3
002	ANDN	%I0.4
003	ANDN	%TM3.Q
004	MPS	
005	AND(	%I0.2
006	OR	%Q.1
007)	
008	ST	%Q.1
009	IN	%TM1
010	MRD	
011	AND	%TM1.Q
012	ANDN	%M1
013	ST	%Q.2
014	IN	%TM2
015	MPP	
016	AND(	%TM2.Q
017	OR	%M1
018)	
019	ST	%M1
020	IN	%TM3
021	END	

Antes de pasar a proponer algunos procesos para que sean diseñados, presentaremos algunos esquemas de funcionamiento y esquemas ladder para que, después de un detenido análisis, lectura e interpretación de los mismos, **consignes en los recuadros superiores de qué se trata, elabores su correspondiente diagrama del proceso y describas brevemente su ciclo de funcionamiento.** La prueba del montaje debe confirmar lo que de antemano habías previsto.

Anota las observaciones que tengas sobre los últimos esquemas analizados.

DIAGRAMA DEL PROCESO

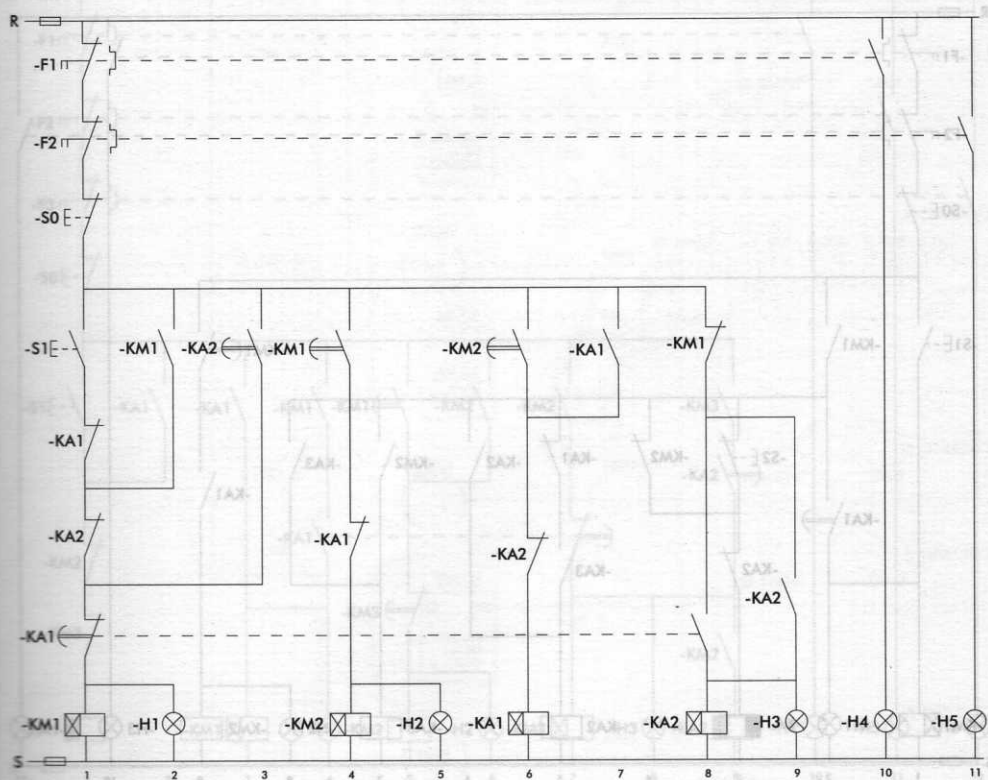


DIAGRAMA DEL PROCESO

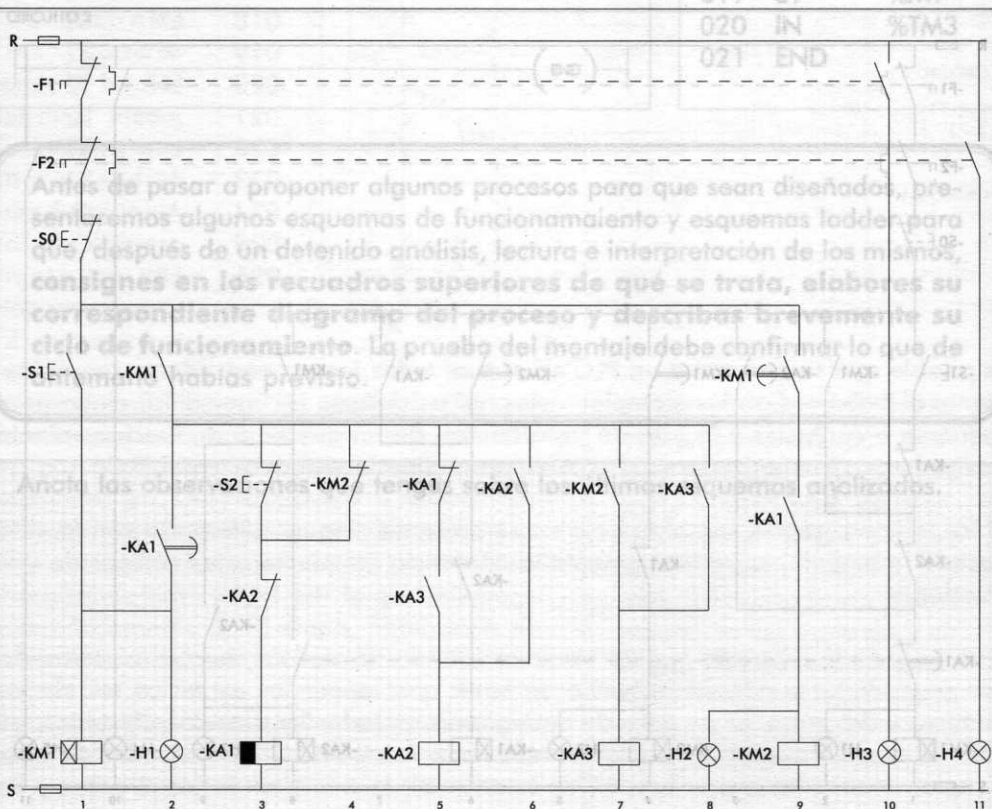


DIAGRAMA DEL PROCESO

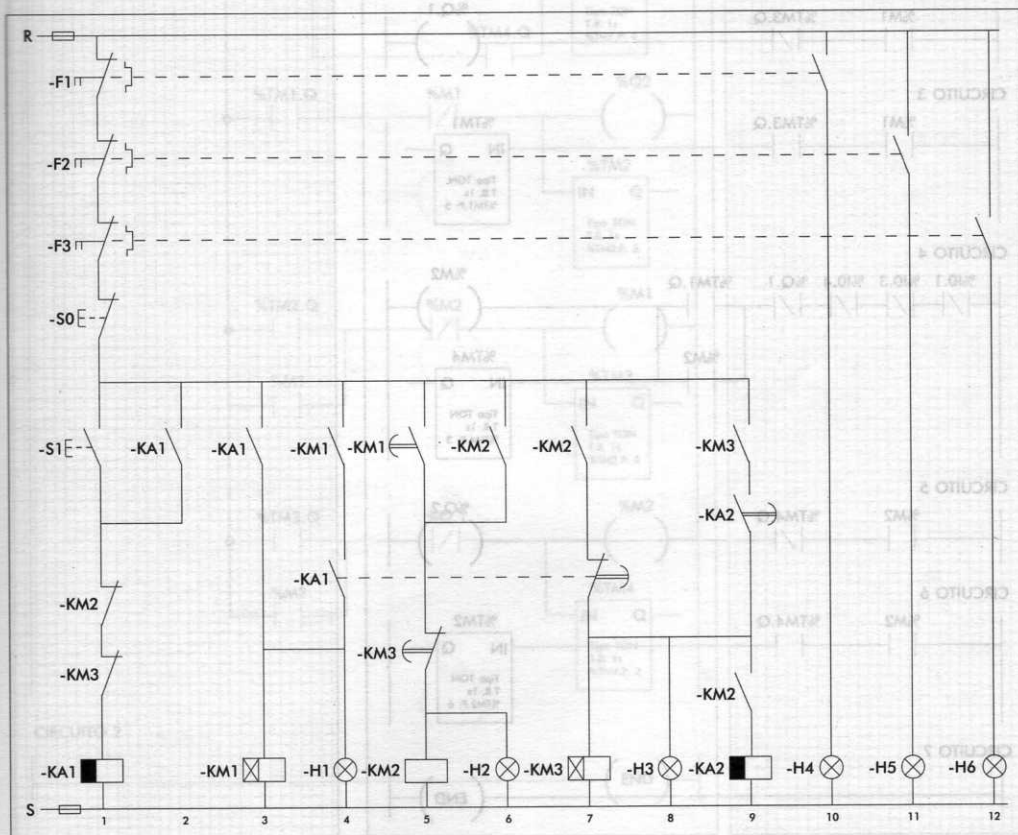
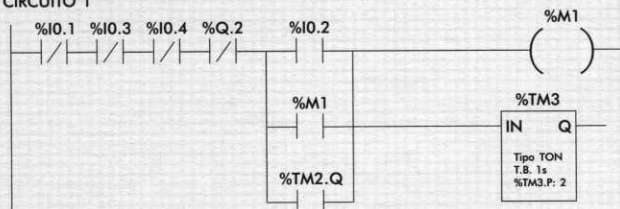


DIAGRAMA DEL PROCESO

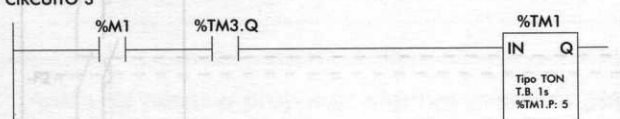
CIRCUITO 1



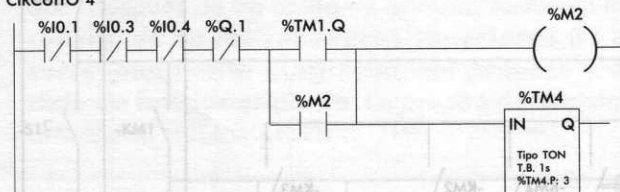
CIRCUITO 2



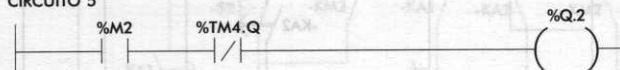
CIRCUITO 3



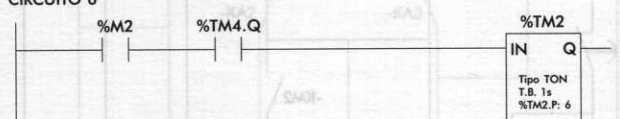
CIRCUITO 4



CIRCUITO 5



CIRCUITO 6



CIRCUITO 7

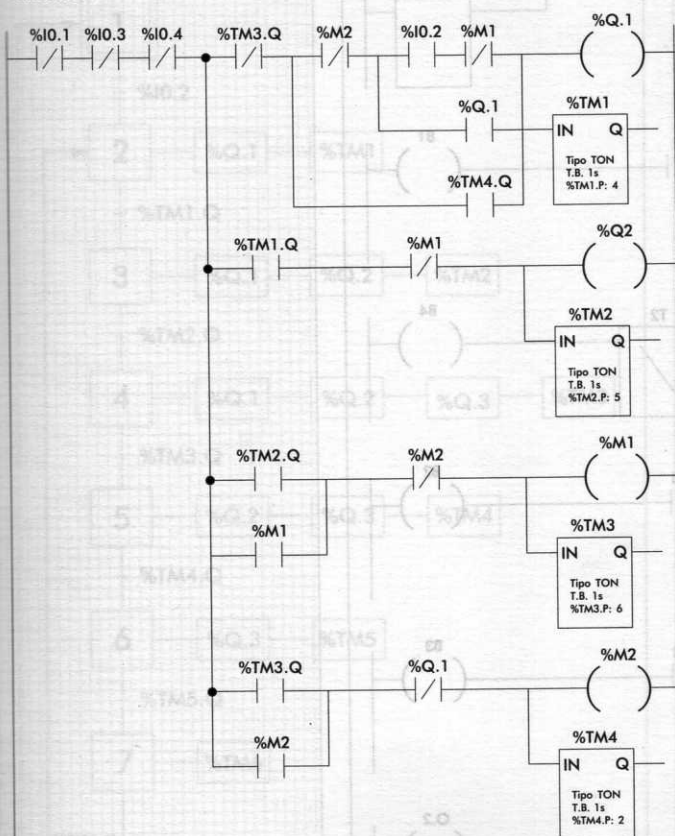


LISTA DE INSTRUCCIONES

DIAGRAMA DEL PROCESO

LISTA DE INSTRUCCIONES

CIRCUITO 1



CIRCUITO 2

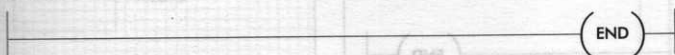
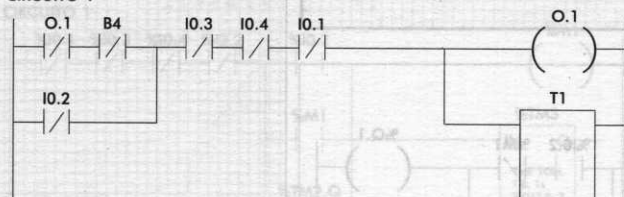


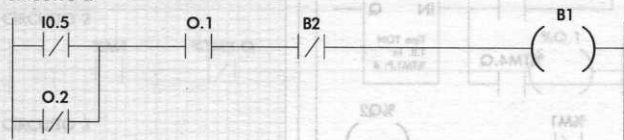
DIAGRAMA DEL PROCESO

LISTA DE INSTRUCCIONES

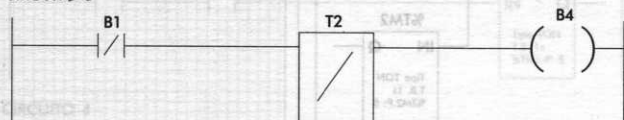
CIRCUITO 1



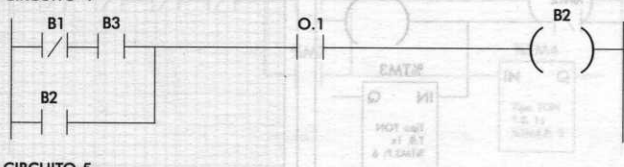
CIRCUITO 2



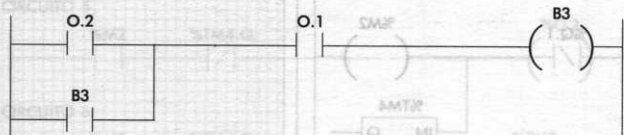
CIRCUITO 3



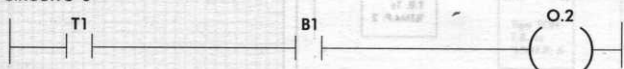
CIRCUITO 4



CIRCUITO 5



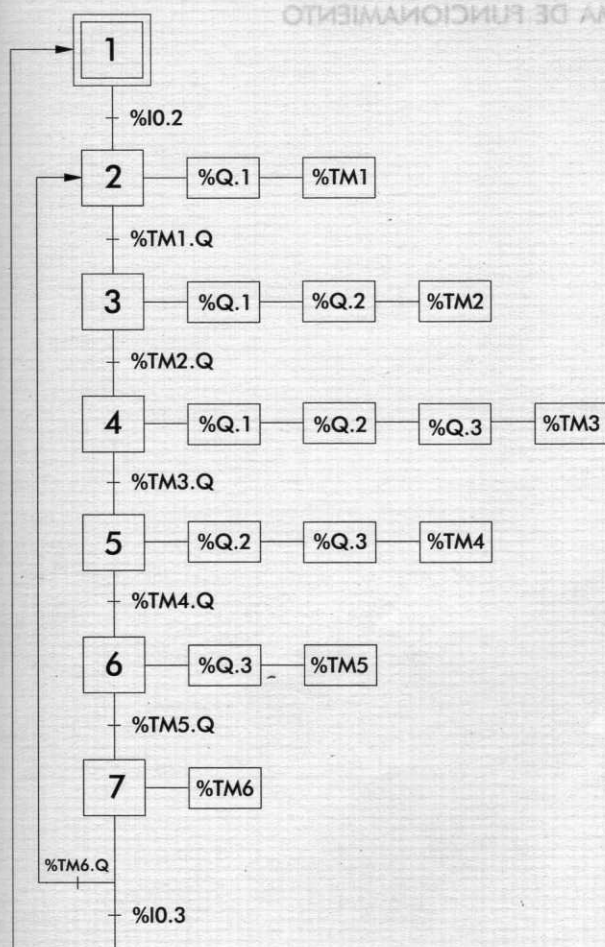
CIRCUITO 6



CIRCUITO 7

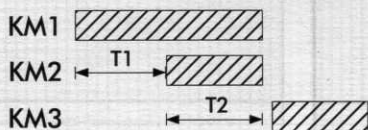


DIAGRAMA DEL PROCESO



LISTA DE INSTRUCCIONES

DIAGRAMA DEL PROCESO



CONDICIONES:

- T1: temporizador neumático al trabajo
- T2: temporizador electrónico serie al trabajo
- S0: pulsador de paro (el mismo de seta)
- S1: pulsador de marcha

Observe muy bien el diagrama del proceso para interpretarlo correctamente

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



LISTA DE INSTRUCCIONES

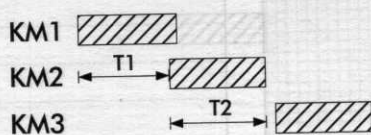


PRACTICA 31

SECUENCIA AUTOMÁTICA DE 3 ETAPAS

SECUENCIA FORZADA Y DE CICLO ÚNICO

DIAGRAMA DEL PROCESO



CONDICIONES:

T1: temporizador electrónico serie al trabajo

T2: temporizador neumático al reposo

S0: pulsador de paro (el mismo de seta)

S1: pulsador de marcha

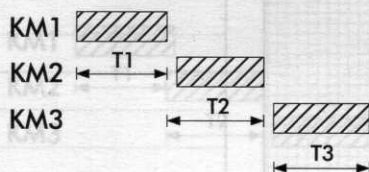
Observe muy bien el diagrama del proceso para interpretarlo correctamente

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



LISTA DE INSTRUCCIONES

LISTA DE INSTRUCCIONES

DIAGRAMA DEL PROCESO

CONDICIONES:

- T1: temporizador neumático al trabajo
- T2: temporizador electrónico al trabajo (de alimentación directa y contactos temporizados con punto común)
- T3: temporizador neumático al reposo
- S0: pulsador de paro (el mismo de seta)
- S1: pulsador de marcha

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



LISTA DE INSTRUCCIONES

LISTA DE INSTRUCCIONES

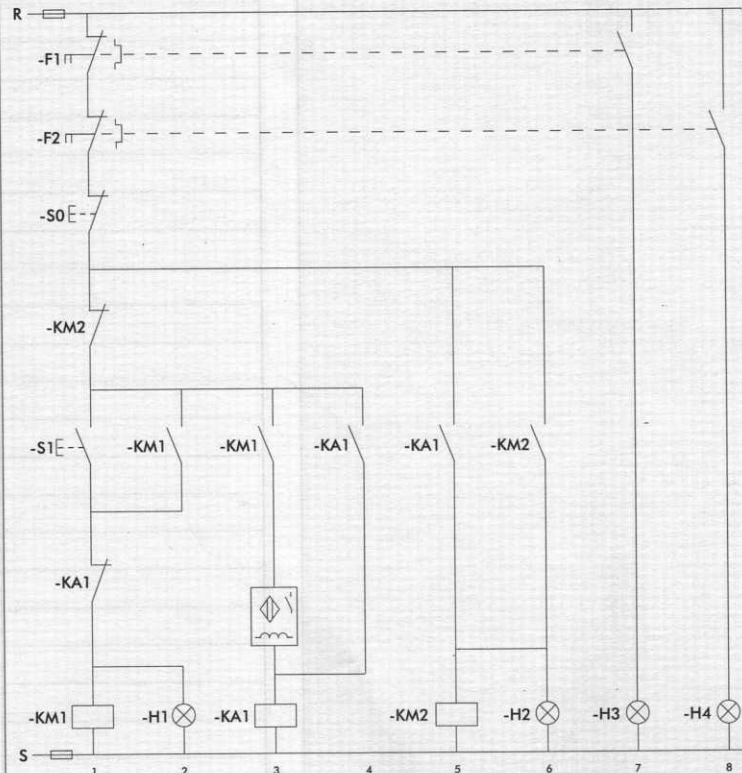
U.S. DEPARTMENT OF JUSTICE

ESQUEMA LADDER

KM1 F

Solo da 100,000,000

valente d U



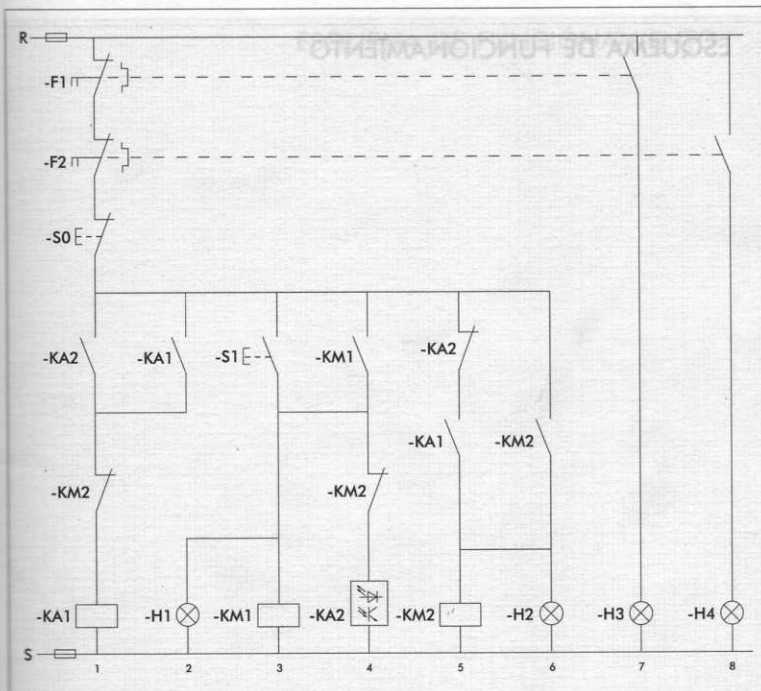
Al pulsar S1 se energiza KM1 y además el circuito 3 donde se encuentra el detector inductivo, de manera que éste ya puede sensar los objetos que se encuentren frente a su cara sensible.

Al ser detectado el objeto KA1 actúa, y al cambiar de estado sus contactos, primero se desenergiza KM1 y luego se energiza KM2, autososteniéndose a través de su contacto NA y desenergizando KA1 con su contacto NC.

DIAGRAMA DEL PROCESO


Energizar la 2ª etapa mediante el empleo de un detector fotoeléctrico reflex de cinco hilos.

Su manejo es muy parecido a los temporizadores al reposo, por lo cual es conveniente repasar las prácticas en las cuales se usan este tipo de temporizadores.

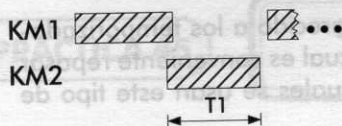


Al pulsar S1 se energiza KM1 y también el detector fotoeléctrico KA2. Por ser un detector fotoeléctrico reflex, el haz de luz del emisor será captado inmediatamente por el receptor, al ser reflejado por el reflector, por lo cual sus contactos cambian inmediatamente de estado. Cuando un objeto interrumpa el haz de luz será sentido, y al cerrarse nuevamente su contacto NC se energizará KM2.

Creemos que con estos dos ejemplos, y lo visto sobre temporizadores, es posible diseñar circuitos en los cuales se emplean detectores. Lo único que debemos tener muy presente es que, si se usan detectores existirá un objeto en movimiento, el cual debe entrar y salir del campo de acción del detector.

Para introducir en el PLC un circuito con detectores, **recordemos que éstos van en las entradas**, como si fueran pulsadores, por lo cual en los siguientes ejercicios no realizaremos la correspondiente programación.

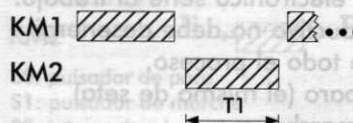
DIAGRAMA DEL PROCESO



CONDICIONES:

Detector inductivo NA: para energizar KM2
 T1: temporizador electrónico serie al trabajo
 T2: temporizador neumático al reposo, para que el objeto pueda salir del campo de acción del detector
 S0: pulsador de paro de emergencia
 S1: pulsador de marcha

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

DIAGRAMA DEL PROCESO

CONDICIONES:

Detector inductivo NA: para energizar KM2

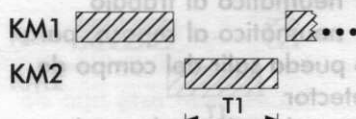
T1: temporizador neumático al trabajo

T2: temporizador neumático al reposo, para que el objeto pueda salir del campo de acción del detector

S0: pulsador de paro (el mismo de seta)

S1: pulsador de marcha

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

DIAGRAMA DEL PROCESO

CONDICIONES:

Detector inductivo NA: para energizar KM2.

T1: temporizador electrónico serie al trabajo.


El detector inductivo no debe desenergizarse durante todo el proceso.

S0: pulsador de paro (el mismo de seta)

S1: pulsador de marcha

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

DIAGRAMA DEL PROCESO

KM1 

KM2




S0: pulsador de paro

S1: pulsador de marcha

S2: interruptor de posición para apagar KM2 y energizar T2

CONDICIONES:

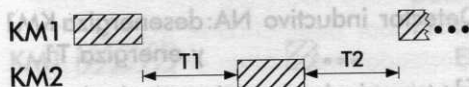
... Detector inductivo NA: desenergiza KM1 y energiza T1.

T1: temporizador electrónico serie al trabajo. Tan pronto se energice KM2 debe desenergizarse T1 y el detector inductivo.

T2: temporizador neumático al reposo.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

DIAGRAMA DEL PROCESO



T2: temporizador neumático al reposo

S0: pulsador de paro

S1: pulsador de marcha

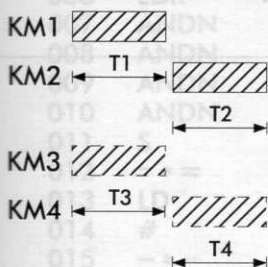
CONDICIONES:

Detector inductivo NA: desenergiza KM1 y energiza T1.

Detector fotoeléctrico reflex: desenergiza KM2 y energiza T2.

T1: temporizador electrónico serie al trabajo (energiza KM2 y el detector fotoeléctrico). Tan pronto se energice T1 debe desenergizarse KM1 y el detector inductivo.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

DIAGRAMA DEL PROCESO

CONDICIONES:

KM1 y KM2: controlan los motores principales
KM3 y KM4: controlan los motores de reemplazo que entrarán a funcionar solamente en caso de falla de los motores principales, siguiendo exactamente la misma secuencia de los principales.
T1, T2, T3 y T4: son temporizadores al trabajo
S0: pulsador de paro (el mismo de seta)
S1: pulsador de marcha

CICLO DE FUNCIONAMIENTO:

El inicio del proceso se puede realizar mediante pulsadores o mediante un selector de dos posiciones, energizando KM1 (primer motor). Transcurrido cierto tiempo de funcionamiento, T1 desenergiza KM1 y energiza KM2 (segundo motor), el cual trabajará un tiempo determinado por T2, transcurrido el cual se reinicia el ciclo.

Si por alguna razón fallara el primer motor, debe entrar a funcionar automáticamente (por acción del relé térmico de dicho motor) KM3 (reemplazo de KM1) un tiempo determinado por T3, transcurrido el cual se desenergiza KM3 y se energiza KM2, de manera que mientras el primer motor esté fuera de servicio, la secuencia cíclica debe seguir entre KM3 y KM2.

Si se rearma el térmico mientras está funcionando KM2, KM1 volverá a entrar solamente cuando concluya el tiempo de funcionamiento de KM2. Si el rearme se produce cuando está funcionando KM3, transcurrido el tiempo de funcionamiento de éste entrará KM2 y luego recién debe entrar KM1.

Si la falla se produce en el segundo motor, tendremos un proceso exactamente igual al descrito, pero con un cuarto motor, que es su reemplazo y que está controlado por KM4, cuyo tiempo de funcionamiento estará dado por T4, de manera que el funcionamiento cíclico será entre KM1 y KM4.

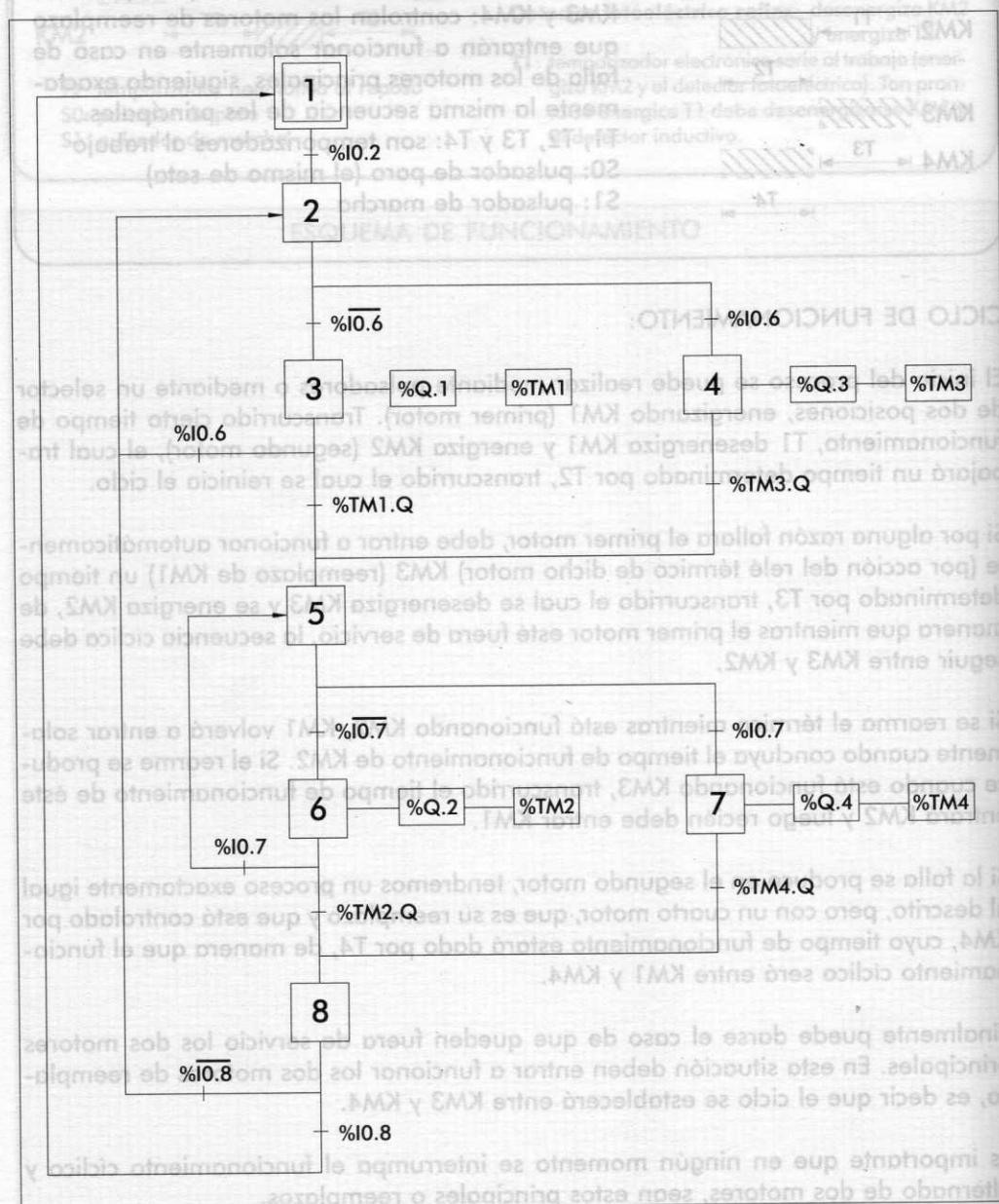
Finalmente puede darse el caso de que queden fuera de servicio los dos motores principales. En esta situación deben entrar a funcionar los dos motores de reemplazo, es decir que el ciclo se establecerá entre KM3 y KM4.

Es importante que en ningún momento se interrumpa el funcionamiento cíclico y alternado de dos motores, sean estos principales o reemplazos.



COMO ELABORAR E INTRODUCIR EL PROGRAMA EN EL PLC

Para introducir la práctica anterior en el PLC presentamos el siguiente esquema graficet con direccionamiento (con base en el cual, una vez realizado su correspondiente análisis, debes elaborar a continuación un esquema de funcionamiento): cuando se energice el circuito, de las etapas 3 y 4 solamente trabajará una, y de las etapas 6 y 7 también sólo trabajará una, de acuerdo a las transiciones.



000	LD	%I0.2
001	OR	%M1
002	ANDN	%I0.1
003	ST	%M1
004	LDN	%M1
005	S	%S22
006	LDR	%I0.2
007	ANDN	%Q.1
008	ANDN	%Q.2
009	ANDN	%Q.3
010	ANDN	%Q.4
011	S	%S21
012	= * =	1
013	LD	%I0.2
014	#	2
015	- * -	2
016	LDN	%I0.6
017	#	3
018	LD	%I0.6
019	#	4
020	- * -	3
021	LD	%I0.6
022	#	2
023	LD	%TM1.Q
024	#	5
025	- * -	4
026	LD	%TM3.Q
027	#	5
028	- * -	5
029	LDN	%I0.7

030	#	6
031	LD	%I0.7
032	#	7
033	- * -	6
034	LD	%I0.7
035	#	5
036	LD	%TM2.Q
037	#	8
038	- * -	7
039	LD	%TM4.Q
040	#	8
041	- * -	8
042	LDN	%I0.8
043	#	2
044	LD	%I0.8
045	#	1
046	= * =	POST
047	LD	%X3
048	ST	%Q.1
049	IN	%TM1
050	LD	%X4
051	ST	%Q.3
052	IN	%TM3
053	LD	%X6
054	ST	%Q.2
055	IN	%TM2
056	LD	%X7
057	ST	%Q.4
058	IN	%TM4
059	END	

Entradas:

- %I0.1: pulsador de paro de emergencia
- %I0.2: pulsador de marcha
- %I0.6: contactos del relé térmico que protege el primer motor principal
- %I0.7: contactos del relé térmico que protege el segundo motor principal
- %I0.8: selector para cíclico o ciclo único

Salidas:

- %Q.1: salida para el motor principal 1
- %Q.2: salida para el motor principal 2
- %Q.3: salida para el motor de reserva de 1
- %Q.4: salida para el motor de reserva de 2

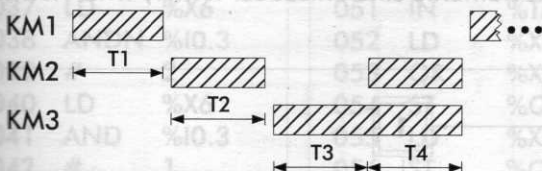
A continuación trata de elaborar un esquema de funcionamiento, que esté de acuerdo con el diagrama del proceso y lo expuesto en el ciclo de funcionamiento, así como con el graficet propuesto.

Intenta realizar un diseño en el cual la energización del circuito se realice mediante un pulsador NA, y otro en el cual se realice mediante un selector de dos posiciones: marcha y paro.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

COMANDO	100	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	157	158	159	160	161	162	163	164	165	166	167	168	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	180	181	182	183	184	185	186	187	188	189	190	191	192	193	194	195	196	197	198	199	200	201	202	203	204	205	206	207	208	209	210	211	212	213	214	215	216	217	218	219	220	221	222	223	224	225	226	227	228	229	230	231	232	233	234	235	236	237	238	239	240	241	242	243	244	245	246	247	248	249	250	251	252	253	254	255	256	257	258	259	260	261	262	263	264	265	266	267	268	269	270	271	272	273	274	275	276	277	278	279	280	281	282	283	284	285	286	287	288	289	290	291	292	293	294	295	296	297	298	299	300	301	302	303	304	305	306	307	308	309	310	311	312	313	314	315	316	317	318	319	320	321	322	323	324	325	326	327	328	329	330	331	332	333	334	335	336	337	338	339	340	341	342	343	344	345	346	347	348	349	350	351	352	353	354	355	356	357	358	359	360	361	362	363	364	365	366	367	368	369	370	371	372	373	374	375	376	377	378	379	380	381	382	383	384	385	386	387	388	389	390	391	392	393	394	395	396	397	398	399	400	401	402	403	404	405	406	407	408	409	410	411	412	413	414	415	416	417	418	419	420	421	422	423	424	425	426	427	428	429	430	431	432	433	434	435	436	437	438	439	440	441	442	443	444	445	446	447	448	449	450	451	452	453	454	455	456	457	458	459	460	461	462	463	464	465	466	467	468	469	470	471	472	473	474	475	476	477	478	479	480	481	482	483	484	485	486	487	488	489	490	491	492	493	494	495	496	497	498	499	500	501	502	503	504	505	506	507	508	509	510	511	512	513	514	515	516	517	518	519	520	521	522	523	524	525	526	527	528	529	530	531	532	533	534	535	536	537	538	539	540	541	542	543	544	545	546	547	548	549	550	551	552	553	554	555	556	557	558	559	560	561	562	563	564	565	566	567	568	569	570	571	572	573	574	575	576	577	578	579	580	581	582	583	584	585	586	587	588	589	590	591	592	593	594	595	596	597	598	599	600	601	602	603	604	605	606	607	608	609	610	611	612	613	614	615	616	617	618	619	620	621	622	623	624	625	626	627	628	629	630	631	632	633	634	635	636	637	638	639	640	641	642	643	644	645	646	647	648	649	650	651	652	653	654	655	656	657	658	659	660	661	662	663	664	665	666	667	668	669	670	671	672	673	674	675	676	677	678	679	680	681	682	683	684	685	686	687	688	689	690	691	692	693	694	695	696	697	698	699	700	701	702	703	704	705	706	707	708	709	710	711	712	713	714	715	716	717	718	719	720	721	722	723	724	725	726	727	728	729	730	731	732	733	734	735	736	737	738	739	740	741	742	743	744	745	746	747	748	749	750	751	752	753	754	755	756	757	758	759	760	761	762	763	764	765	766	767	768	769	770	771	772	773	774	775	776	777	778	779	780	781	782	783	784	785	786	787	788	789	790	791	792	793	794	795	796	797	798	799	800	801	802	803	804	805	806	807	808	809	810	811	812	813	814	815	816	817	818	819	820	821	822	823	824	825	826	827	828	829	830	831	832	833	834	835	836	837	838	839	840	841	842	843	844	845	846	847	848	849	850	851	852	853	854	855	856	857	858	859	860	861	862	863	864	865	866	867	868	869	870	871	872	873	874	875	876	877	878	879	880	881	882	883	884	885	886	887	888	889	890	891	892	893	894	895	896	897	898	899	900	901	902	903	904	905	906	907	908	909	910	911	912	913	914	915	916	917	918	919	920	921	922	923	924	925	926	927	928	929	930	931	932	933	934	935	936	937	938	939	940	941	942	943	944	945	946	947	948	949	950	951	952	953	954	955	956	957	958	959	960	961	962	963	964	965	966	967	968	969	970	971	972	973	974	975	976	977	978	979	980	981	982	983	984	985	986	987	988	989	990	991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000	1001	1002	1003	1004	1005	1006	1007	1008	1009	1010	1011	1012	1013	1014	1015	1016	1017	1018	1019	1020	1021	1022	1023	1024	1025	1026	1027	1028	1029	1030	1031	1032	1033	1034	1035	1036	1037	1038	1039	1040	1041	1042	1043	1044	1045	1046	1047	1048	1049	1050	1051	1052	1053	1054	1055	1056	1057	1058	1059	1060	1061	1062	1063	1064	1065	1066	1067	1068	1069	1070	1071	1072	1073	1074	1075	1076	1077	1078	1079	1080	1081	1082	1083	1084	1085	1086	1087	1088	1089	1090	1091	1092	1093	1094	1095	1096	1097	1098	1099	1100	1101	1102	1103	1104	1105	1106	1107	1108	1109	1110	1111	1112	1113	1114	1115	1116	1117	1118	1119	1120	1121	1122	1123	1124	1125	1126	1127	1128	1129	1130	1131	1132	1133	1134	1135	1136	1137	1138	1139	1140	1141	1142	1143	1144	1145	1146	1147	1148	1149	1150	1151	1152	1153	1154	1155	1156	1157	1158	1159	1160	1161	1162	1163	1164	1165	1166	1167	1168	1169	1170	1171	1172	1173	1174	1175	1176	1177	1178	1179	1180	1181	1182	1183	1184	1185	1186	1187	1188	1189	1190	1191	1192	1193	1194	1195	1196	1197	1198	1199	1200	1201	1202	1203	1204	1205	1206	1207	1208	1209	1210	1211	1212	1213	1214	1215	1216	1217	1218	1219	1220	1221	1222	1223	1224	1225	1226	1227	1228	1229	1230	1231	1232	1233	1234	1235	1236	1237	1238	1239	1240	1241	1242	1243	1244	1245	1246	1247	1248	1249	1250	1251	1252	1253	1254	1255	1256	1257	1258	1259	1260	1261	1262	1263	1264	1265	1266	1267	1268	1269	1270	1271	1272	1273	1274	1275	1276	1277	1278	1279	1280	1281	1282	1283	1284	1285	1286	1287	1288	1289	1290	1291	1292	1293	1294	1295	1296	1297	1298	1299	1300	1301	1302	1303	1304	1305	1306	1307	1308	1309	1310	1311	1312	1313	1314	1315	1316	1317	1318	1319	1320	1321	1322	1323	1324	1325	1326	1327	1328	1329	1330	1331	1332	1333	1334	1335	1336	1337	1338	1339	1340	1341	1342	1343	1344	1345	1346	1347	1348	1349	1350	1351	1352	1353	1354	1355	1356	1357	1358	1359	1360	1361	1362	1363	1364	1365	1366	1367	1368	1369	1370	1371	1372	1373	1374	1375	1376	1377	1378	1379	1380	1381	1382	1383	1384	1385	1386	1387	1388	1389	1390	1391	1392	1393	1394	1395	1396	1397	1398	1399	1400	1401	1402	1403	1404	1405	1406	1407	1408	1409	1410	1411	1412	1413	1414	1415	1416	1417	1418	1419	1420	1421	1422	1423	1424	1425	1426	1427	1428	1429	1430	1431	1432	1433	1434	1435	1436	1437	1438	1439	1440	1441	1442	1443	1444	1445	1446	1447	1448	1449	1450	1451	1452	1453	1454	1455	1456	1457	1458	1459	1460	1461	1462	1463	1464	1465	1466	1467	1468	1469	1470	1471	1472	1473	1474	1475	1476	1477	1478	1479	1480	1481	1482	1483	1484	1485	1486	1487	1488	1489	1490	1491	1492	1493	1494	1495	1496	1497	1498	1499	1500	1501	1502	1503	1504	1505	1506	1507	1508	1509	1510	1511	1512	1513	1514	1515	1516	1517	1518	1519	1520	1521	1522	1523	1524	1525	1526	1527	1528	1529	1530	1531	1532	1533	1534	1535	1536	1537	1538	1539	1540	1541	1542	1543	1544	1545	1546	1547	1548	1549	1550	1551	1552	1553	1554	1555	1556	1557	1558	1559	1560	1561	1562	1563	1564	1565	1566
---------	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

DIAGRAMA DEL PROCESO



Para la otra vía la secuencia es la misma, pero comenzando con rojo: rojo, rojo-amarillo, amarillo, verde.

CONDICIONES:

Para la primera vía: comienza con el verde (KM1), después de un tiempo cambia a ámbar (KM2), después de un tiempo cambia a rojo (KM3), luego vuelve a prender el ámbar junto con el rojo, y después de un tiempo se reinicia el ciclo.

Entradas:

- %I0.1 paro de emergencia (pulsador con enclavamiento)
- %I0.2 pulsador de marcha
- %I0.3 selector fin de ciclo

Salidas:

- %Q.1 verde vía 1
- %Q.2 verde vía 2
- %Q.3 ámbar (las dos vías)
- %Q.4 rojo vía 1
- %Q.5 rojo vía 2

TRATAMIENTO PRELIMINAR

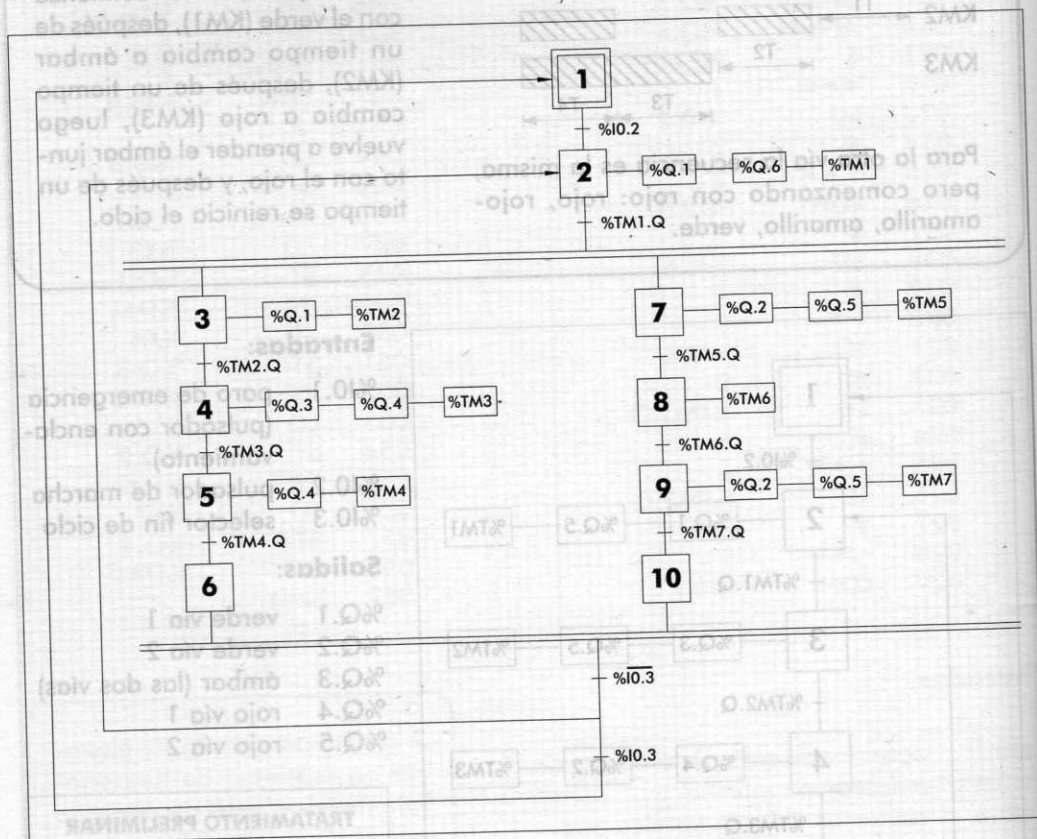
000	LDN	%I0.1
001	S	%S22
002	LDR	%I0.1
003	S	%S21

Después de analizar muy bien el esquema graficet propuesto, completa la lista de instrucciones con las listas del tratamiento secuencial y del tratamiento posterior.

El siguiente **grafcet** de secuencias simultáneas nos presenta otra forma de diseñar un circuito para la semaforización de dos vías.

Las **entradas** son las mismas que en el grafcet anterior, pero en las **salidas** hay unos pequeños cambios: %Q.1 para rojo vía 1, %Q.2 para ámbar vía 1, %Q.3 para verde vía 1, %Q.4 para rojo vía 2, %Q.5 para ámbar vía 2 y %Q.6 para verde vía 2.

Los temporizadores deben estar perfectamente sincronizados: %TM1, TM3=%TM6, y %TM2=%TM4=%TM5=%TM7



000	LDN	%I0.1
001	S	%S22
002	LDR	%I0.1
003	S	%S21
004	=*=	1
005	LD	%I0.2
006	#	2
007	-*-	2
008	LD	%TM1.Q
009	#	3

010	#	7
011	-*-	3
012	LD	%TM2.Q
013	#	4
014	-*-	4
015	LD	%TM3.Q
016	#	5
017	-*-	5
018	LD	%TM4.Q
019	#	6

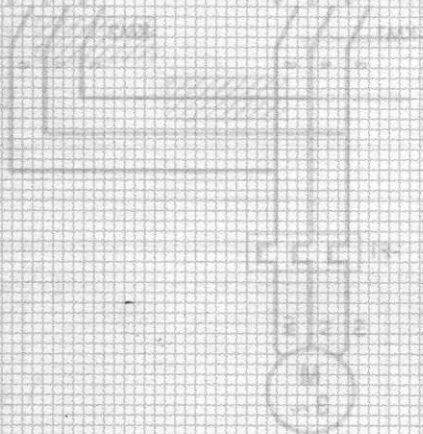
020	-*-	6
021	LD	%X10
022	ANDN	%I0.3
023	#	2
024	LD	%X10
025	AND	%I0.3
026	#	1
027	-*-	7
028	LD	%TM5.Q
029	#	8

030	- * -	8
031	LD	%TM6.Q
032	#	9
033	- * -	9
034	LD	%TM7.Q
035	#	10
036	- * -	10
037	LD	%X6
038	ANDN	%I0.3
039	#	2
040	LD	%X6
041	AND	%I0.3
042	#	1
043	= * =	POST

044	LD	%X2
045	OR	%X3
046	ST	%Q.1
047	LD	%X2
048	ST	%Q.6
049	IN	%TM1
050	LD	%X3
051	IN	%TM2
052	LD	%X4
053	OR	%X5
054	ST	%Q.4
055	LD	%X4
056	ST	%Q.3
057	IN	%TM3

058	LD	%X5
059	IN	%TM4
060	LD	%X7
061	OR	%X9
062	ST	%Q.2
063	ST	%Q.5
064	LD	%X7
065	IN	%TM5
066	LD	%X8
067	IN	%TM6
068	LD	%X9
069	IN	%TM7
070	END	

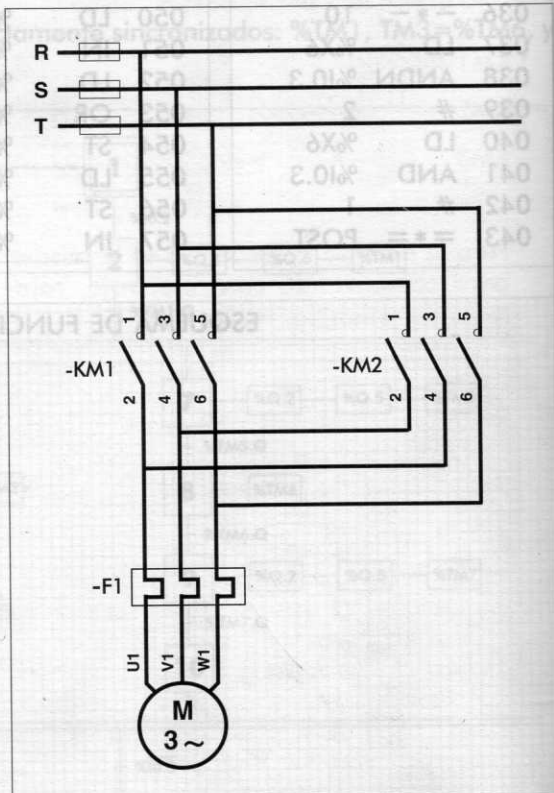
ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO



CIRCUITO DE POTENCIA

RECORDEMOS...

- Antes de abordar estas prácticas, repasa con mucho cuidado lo expuesto en las páginas 90 y 91, especialmente aquello que tiene que ver con los enclavamientos.
- El circuito de potencia nos indica cómo se conectan las líneas de alimentación a la carga.
- Los conductores, fusibles, contactores y relé térmico se dimensionan sobre el 100% de la intensidad nominal del motor, como en un arranque directo.
- Este circuito de potencia nos servirá para todos los esquemas de mando que se usen con un inversor de marcha o giro, tanto en lógica cableada como en lógica programada.



La inversión del sentido de rotación de un motor trifásico se obtiene invirtiendo dos fases cualesquiera en el circuito de potencia del motor, de tal manera que para que el motor funcione en un sentido las tres fases deben llegar a éste en un determinado orden, y para que funcione en sentido contrario dos fases deben llegar invertidas entre sí.

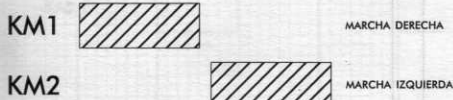
Como puede verse en el esquema de potencia es recomendable que la inversión de los dos conductores se realice entre la salida de los contactores y la entrada del relé térmico.

El hecho de invertir dos fases entre sí, obliga a tener que evitar que los contactos principales de los dos contactores se cierren simultáneamente (ni siquiera por unos milisegundos), pues esto ocasionaría indefectiblemente un cortocircuito entre los conductores que se invierten.

CIRCUITOS DE MANDO

En realidad los circuitos con inversores son prácticamente **secuencias de dos etapas**. La diferencia, con las secuencias vistas hasta ahora, radica en la parte de potencia, porque en los inversores ambas etapas actúan sobre un mismo motor.

Considerado de esta forma el inversor, los circuitos de mando se realizarán teniendo en cuenta el siguiente diagrama de proceso:

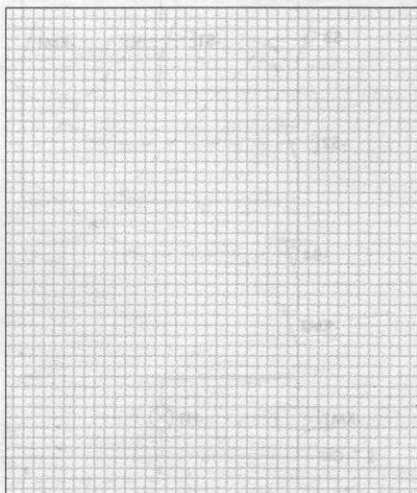
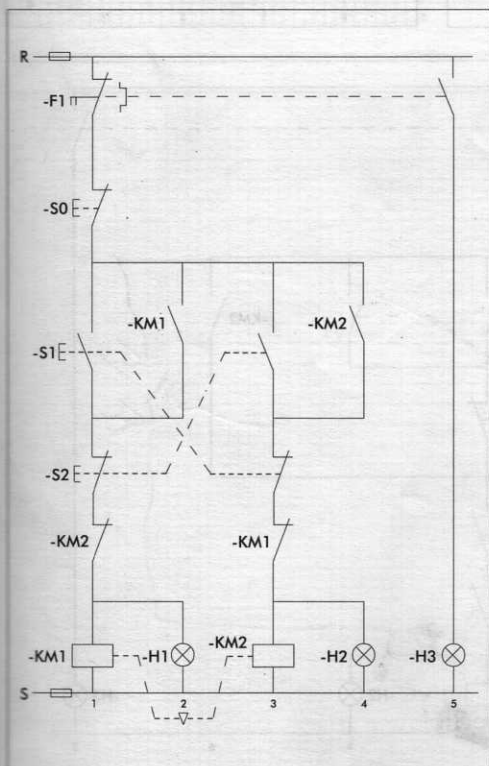


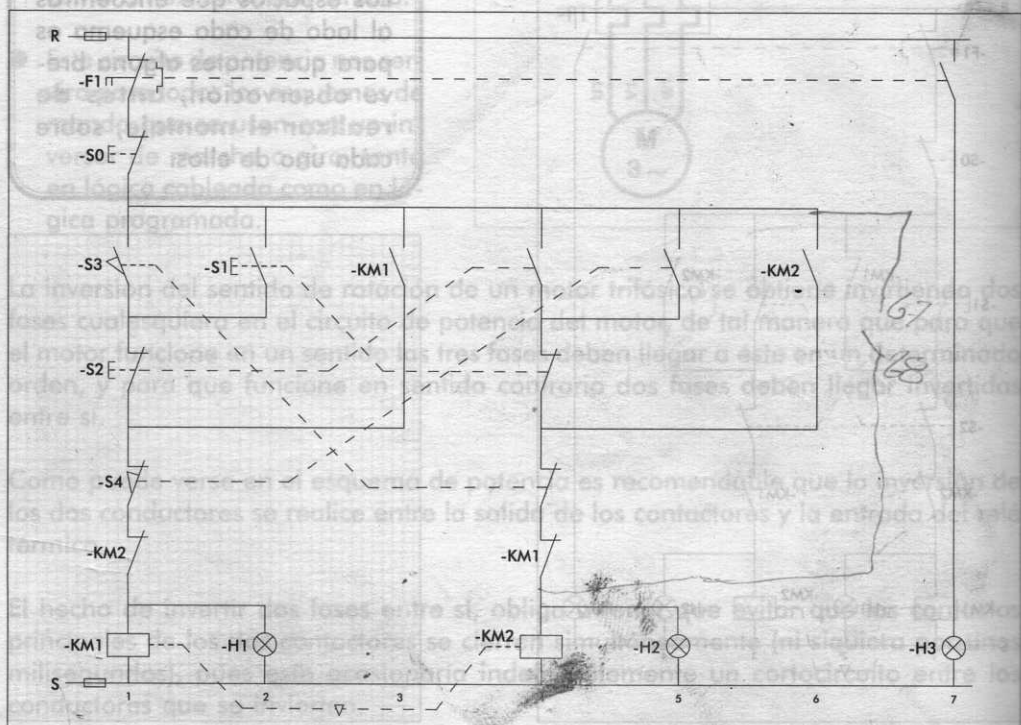
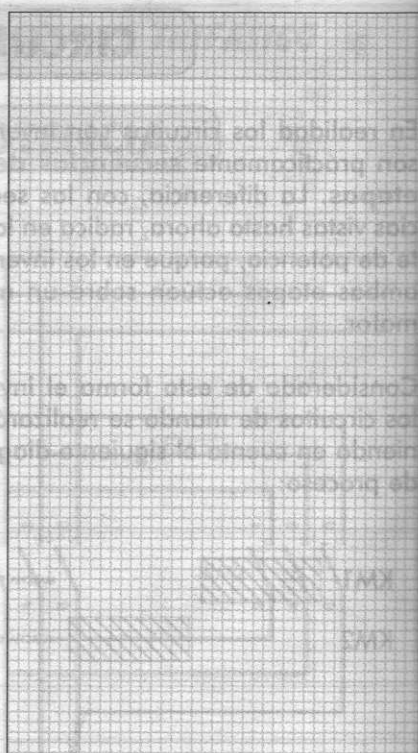
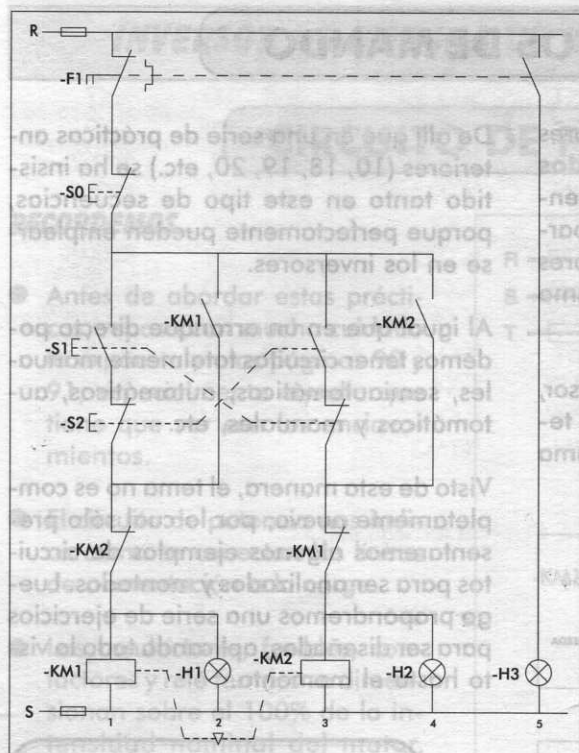
De allí que en una serie de prácticas anteriores (10, 18, 19, 20, etc.) se ha insistido tanto en este tipo de secuencias, porque perfectamente pueden emplearse en los inversores.

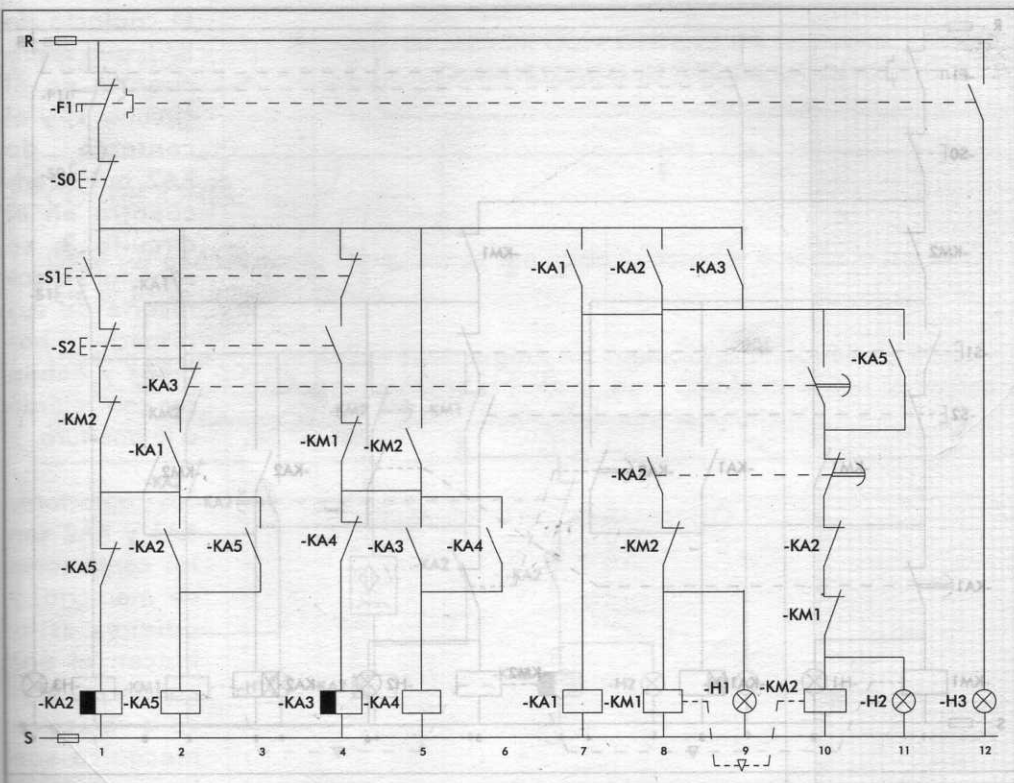
Al igual que en un arranque directo podemos tener circuitos totalmente manuales, semiautomáticos, automáticos, automáticos y manuales, etc.

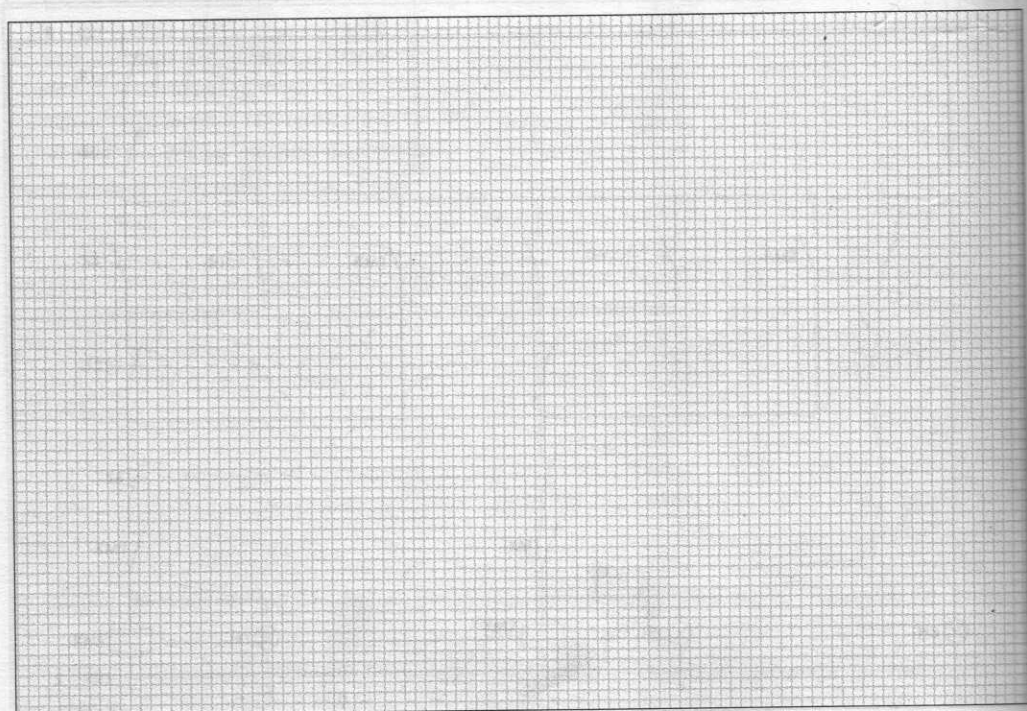
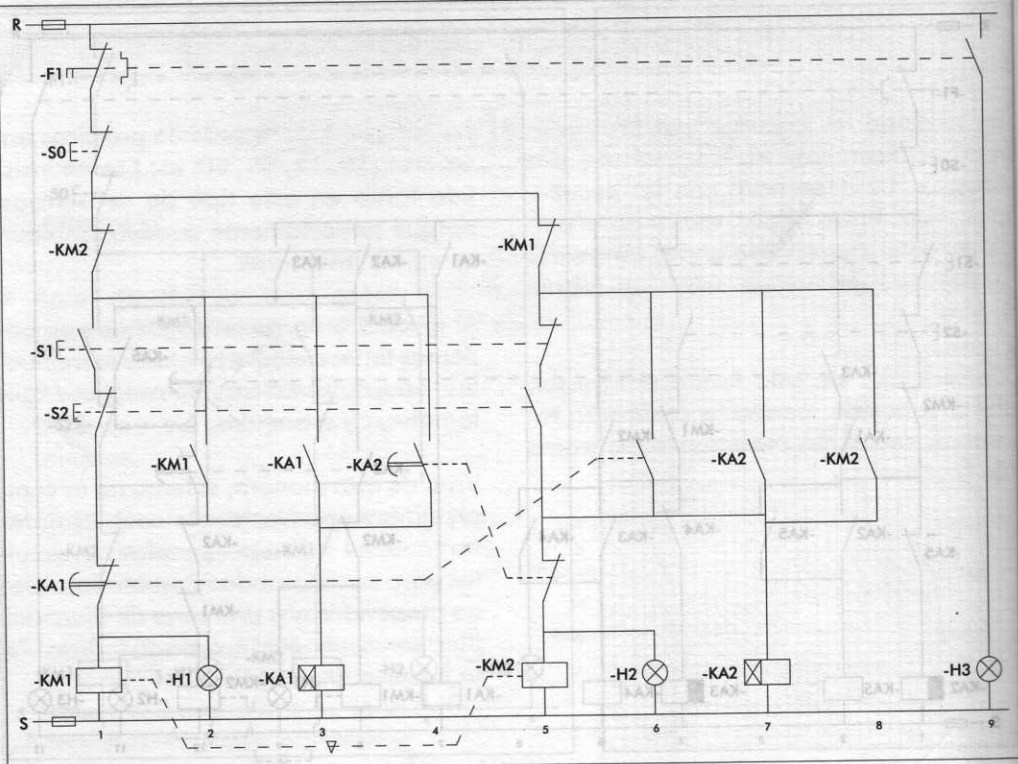
Visto de esta manera, el tema no es completamente nuevo, por lo cual sólo presentaremos algunos ejemplos de circuitos para ser analizados y montados. Luego propondremos una serie de ejercicios para ser diseñados, aplicando todo lo visto hasta el momento.

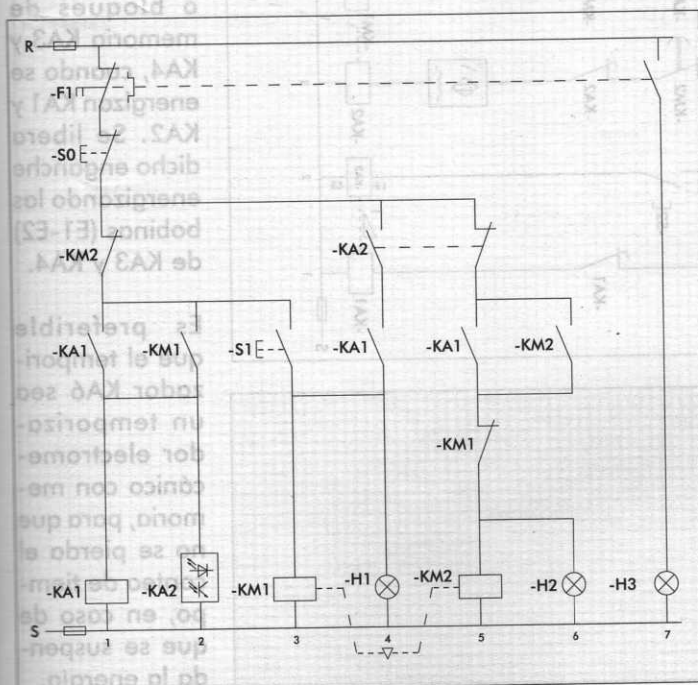
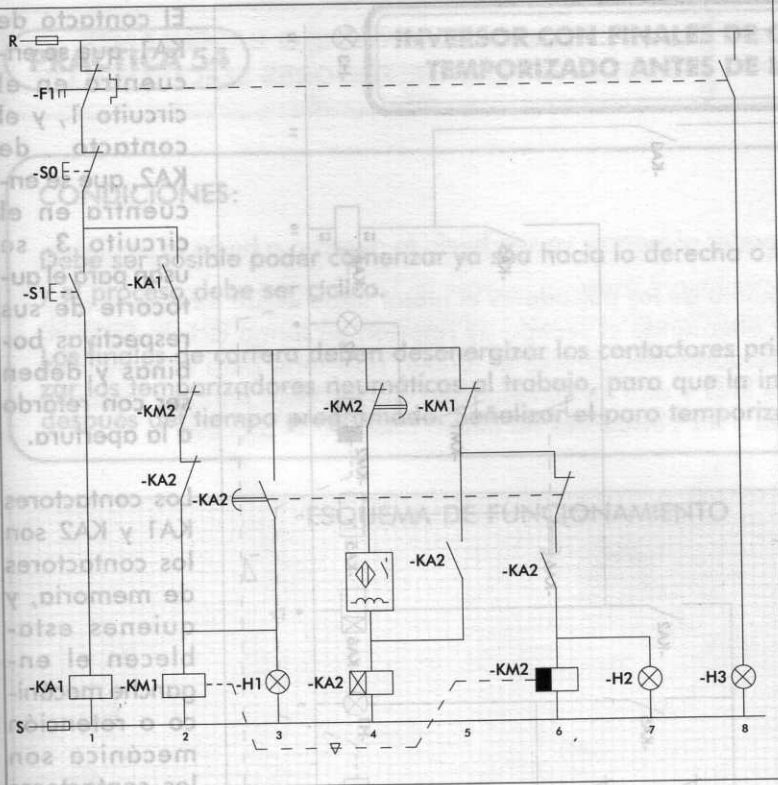
Los espacios que encuentras al lado de cada esquema es para que anotes alguna breve observación, **antes de realizar el montaje**, sobre cada uno de ellos.











CONDICIONES:

Debe ser posible poder comenzar ya sea hacia la derecha o hacia la izquierda y el proceso debe ser cíclico.

Los finales de carrera deben desenergizar los contactores principales y energizar los temporizadores neumáticos al trabajo, para que la inversión se realice después del tiempo programado. Señalizar el paro temporizado.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

CONDICIONES:

Debe ser posible poder comenzar ya sea hacia la derecha o hacia la izquierda.

Al oprimir cualesquiera de los pulsadores el motor debe iniciar inmediatamente su marcha, e ir alternando el sentido de rotación en forma cíclica, determinado por temporizadores electrónicos al tabajo: uno serie para el tiempo de funcionamiento de KM1 y otro de alimentación directa, para KM2. La inversión debe ser inmediata y los pulsadores no deben interferir el proceso.

ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO

La elección del sistema (manual o automático) se hará mediante un **selector de dos posiciones**.

Si el inversor ya está funcionando y se cambia de posición el selector, no debe alterarse ni el proceso ni el sistema, hasta que se oprima el pulsador de paro de emergencia, o el de paro total normal. Al reenergizar el circuito comenzará el nuevo sistema seleccionado.

Puede elegirse el sentido de giro sólo si los interruptores de posición (cuyos contactos NA deben estar en paralelo) no se encuentran accionados (atacados), de lo contrario únicamente actuará el pulsador que permita iniciar la marcha en el sentido opuesto al que supuestamente se detuvo el motor.

FUNCIONAMIENTO MANUAL (selector en posición manual):

Iniciado el funcionamiento del motor, de acuerdo a lo expresado anteriormente, para poder invertir el sentido de giro es necesario parar, ya sea con el pulsador de paro correspondiente o el ataque a alguno de los interruptores de posición, y solamente después de esta operación podrá invertirse el sentido de giro, oprimiendo el correspondiente pulsador de marcha. Para volver a invertir el sentido de giro se debe parar y luego oprimir el pulsador de marcha correspondiente, y así sucesivamente.

Si por error se oprime el pulsador de marcha del mismo sentido en que se acaba de parar (derecha o izquierda), el inversor no debe volver a arrancar hasta tanto no se oprima el pulsador correcto.

FUNCIONAMIENTO AUTOMATICO (selector en posición automático):

El motor empieza a girar inmediatamente al oprimir un pulsador de marcha.

La inversión de giro debe hacerse mediante un interruptor de posición. Cuando éste sea atacado, el motor deja de girar, temporiza y luego comienza a girar en sentido contrario. Un nuevo ataque sobre el mismo interruptor de posición, u otro que se encuentre en paralelo con éste, hará que se pare el motor, temporee y comience a girar nuevamente en sentido contrario y así sucesivamente. Es decir que el cambio de sentido se realiza por acción de los interruptores de posición y temporizadores.

Para detener el inversor se puede oprimir el pulsador de paro total normal, o el correspondiente pulsador de paro (izquierda o derecha).

El cambio de posición del selector no detiene por sí solo el inversor.

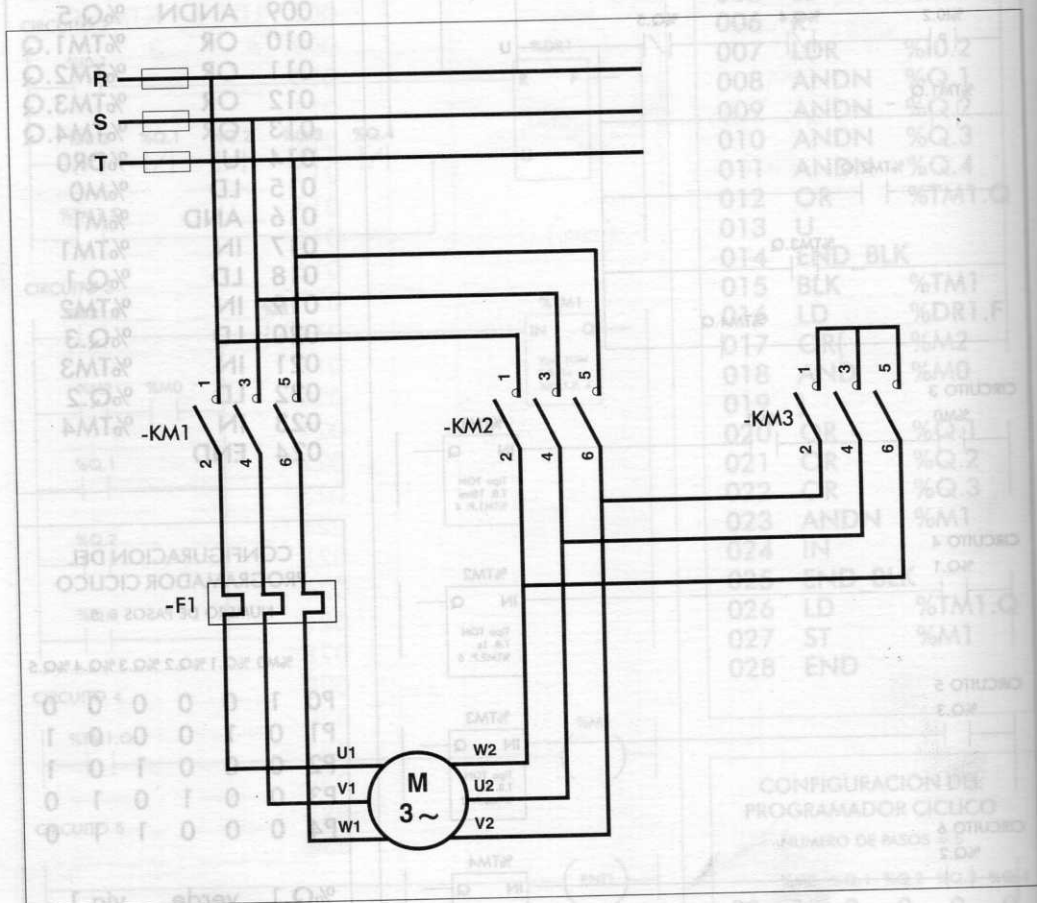
Con el fin de tener un poco más de claridad sobre el circuito que se debe diseñar, indicamos a continuación los pulsadores y finales de carrera que serán necesarios en este circuito.

- S0 pulsador de paro de emergencia
- S1 pulsador de paro total normal
- S2 selector manual-automático
- S3 marcha derecha (manual y automático)
- S4 paro derecha (manual y automático)
- S5 marcha izquierda (solamente manual)
- S6 paro izquierda (manual y automático)
- S7 interruptor de posición (izquierda)
- S8 interruptor de posición (derecha)

Existen muchos sistemas de arranque, dependiendo de los diferentes tipos de motores (recuerda lo dicho al respecto en el cuarto tema, sobre motores asíncronos trifásicos). Pero para no alargarnos más, a continuación presentamos solamente algunos ejemplos de arranques muy usados.

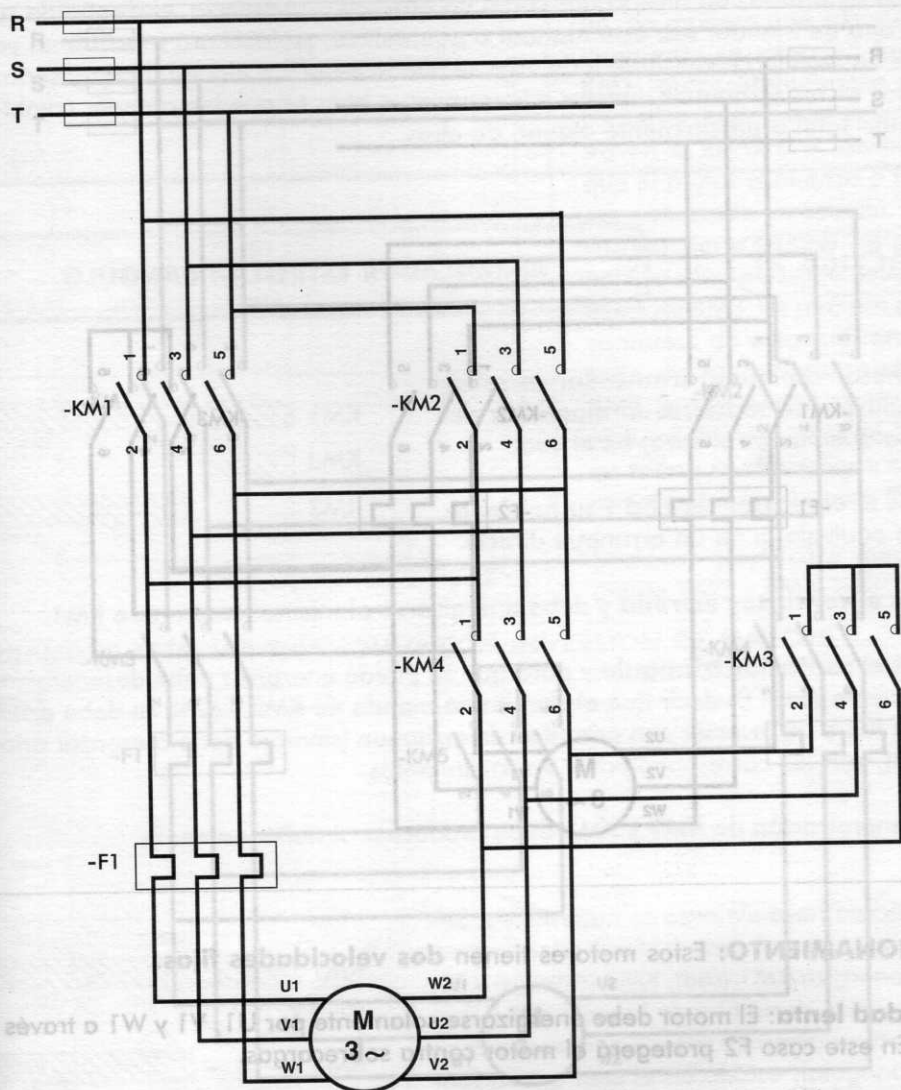
CIRCUITOS DE POTENCIA

★ ARRANQUE POR CONMUTACION ESTRELLA-TRIANGULO



FUNCIONAMIENTO: Sea cual sea el circuito de mando, al energizar el arrancador siempre deben empezar a funcionar KM1 (contactor de red) y KM3 (contactor estrella). Cuando llegue más o menos al 75% de la velocidad de régimen, se debe desenergizar solamente KM3 e inmediatamente energizar KM2 (contactor triángulo).

★ ARRANQUE POR CONMUTACION ESTRELLA-TRIANGULO CON INVERSION DE MARCHA O GIRO



FUNCIONAMIENTO: Para que funcione hacia la **derecha** siempre debe energizarse primero KM1 y KM3. Cuando se alcance más o menos el 75% de la velocidad de régimen, debe desenergizarse KM3 e inmediatamente energizarse KM4. De igual manera, para que funcione hacia la **izquierda** es necesario que se energice KM2 y KM3. Como en el caso anterior, cuando llegue a un 75% de la velocidad de régimen se debe desenergizar KM3 e inmediatamente energizar KM4.



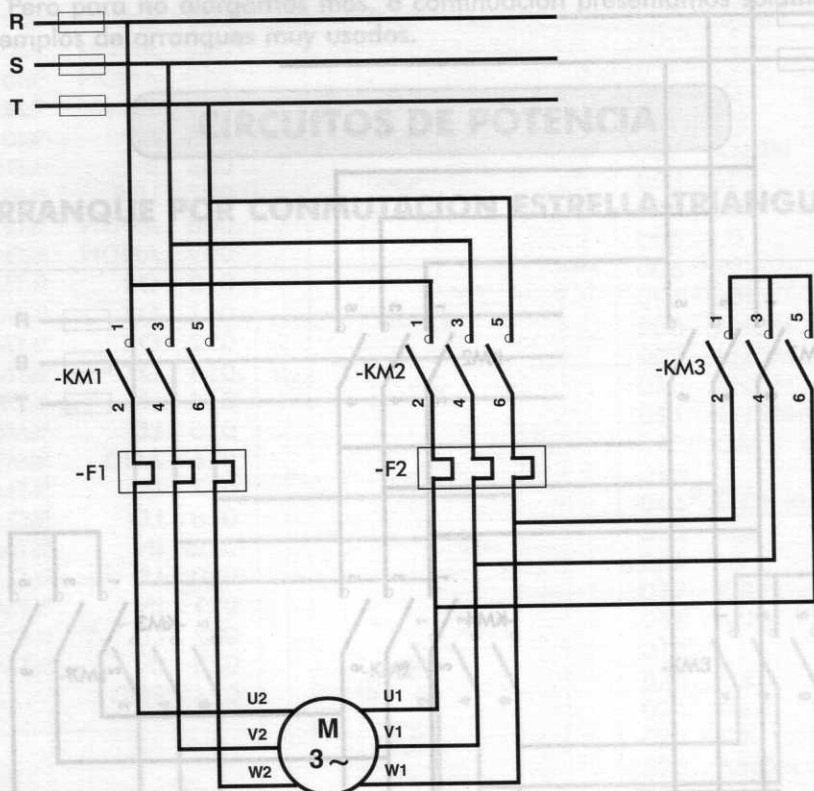
ARRANQUE POR CONMUTACION DE POLOS: CONEXION DAHLANDER DE DOS VELOCIDADES Y UN SOLO SENTIDO DE GIRO

Existen muchos sistemas de arranque, dependiendo de los diferentes tipos de motor.

(recordar la diferencia de los polos en el sentido de giro, sobre motores trifásicos). Pero en esta ocasión no alargamos más, y continuamos presentando solamente algunos ejemplos de arranques muy usados.

CIRCUITOS DE POTENCIA

ARRANQUE POR CONMUTACION DE POLOS ESTRELLA TRIANGULO



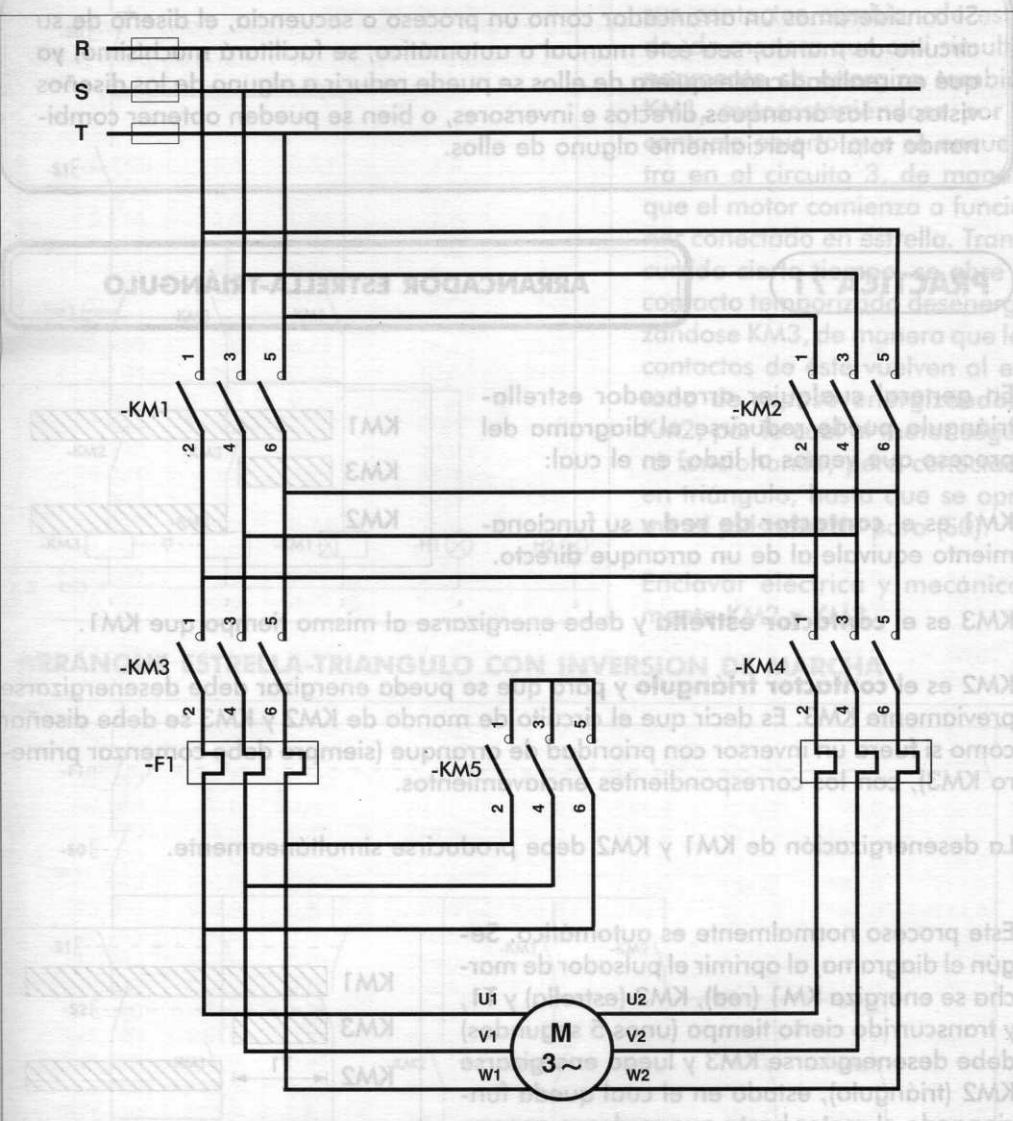
FUNCIONAMIENTO: Estos motores tienen **dos velocidades fijas**.

Velocidad lenta: El motor debe energizarse solamente por U1, V1 y W1 a través de KM2. En este caso F2 protegerá el motor contra sobrecargas.

Velocidad rápida: El motor se energiza por U2, V2 y W2 a través del contactor KM1. Al mismo tiempo es necesario unir U1, V1 y W1, lo cual se consigue energizando KM3. Cuando el motor esté funcionando con velocidad rápida quedará protegido contra las sobrecargas por el relé térmico F1.

Para evitar posibles daños es necesario enclavar eléctricamente y en lo posible mecánicamente KM1 y KM2. Así mismo KM3 podrá energizarse sólo si se ha energizado KM1.

ARRANQUE POR CONMUTACION DE POLOS: CONEXION DAHLANDER DE DOS VELOCIDADES Y DOS SENTIDOS DE GIRO



FUNCIONAMIENTO:

- Velocidad lenta izquierda:** es necesario energizar KM2 y KM3.
- Velocidad rápida derecha:** es necesario energizar KM1, KM4 y KM5.
- Velocidad rápida izquierda:** es necesario energizar KM2, KM4 y KM5.
- Enclavar** KM1 con KM2, KM3 con KM4. Energizar KM5 sólo si se ha energizado KM4.

CIRCUITOS DE MANDO

Si consideramos un arrancador como un proceso o secuencia, el diseño de su circuito de mando, sea éste manual o automático, se facilitará muchísimo, ya que en realidad cualesquiera de ellos se puede reducir a alguno de los diseños vistos en los arranques directos e inversores, o bien se pueden obtener combinando total o parcialmente alguno de ellos.

PRACTICA 71

ARRANCADOR ESTRELLA-TRIÁNGULO

En general cualquier arrancador estrella-triángulo puede reducirse al diagrama del proceso que vemos al lado, en el cual:

KM1 es el **contactor de red** y su funcionamiento equivale al de un arranque directo.

KM3 es el **contactor estrella** y debe energizarse al mismo tiempo que KM1.

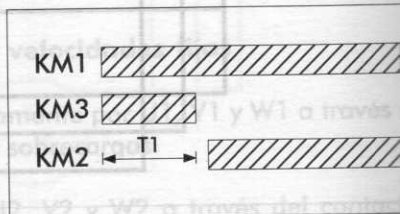
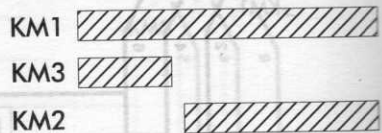
KM2 es el **contactor triángulo** y para que se pueda energizar debe desenergizarse previamente KM3. Es decir que el circuito de mando de KM2 y KM3 se debe diseñar como si fuera un inversor con prioridad de arranque (siempre debe comenzar primero KM3), con los correspondientes enclavamientos.

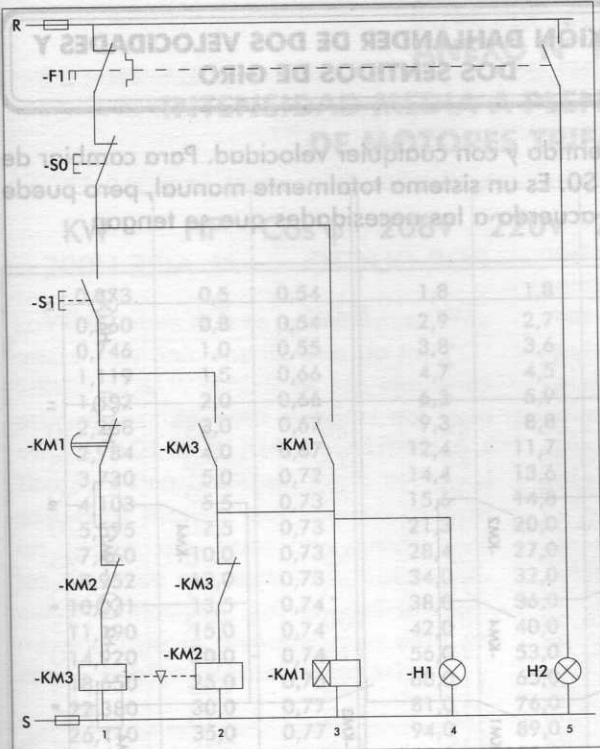
La desenergización de KM1 y KM2 debe producirse simultáneamente.

Este proceso normalmente es automático. Según el diagrama, al oprimir el pulsador de marcha se energiza KM1 (red), KM3 (estrella) y T1, y transcurrido cierto tiempo (unos 5 segundos) debe desenergizarse KM3 y luego energizarse KM2 (triángulo), estado en el cual queda funcionando el motor hasta que se desee apagar.

Si deseamos que el proceso finalice automáticamente podemos añadir un temporizador, un final de carrera, un detector, etc., como en alguno de los procesos estudiados anteriormente.

De igual manera podemos obtener un proceso cíclico, o hacer que el estrella-triángulo sea a su vez parte de otro proceso.



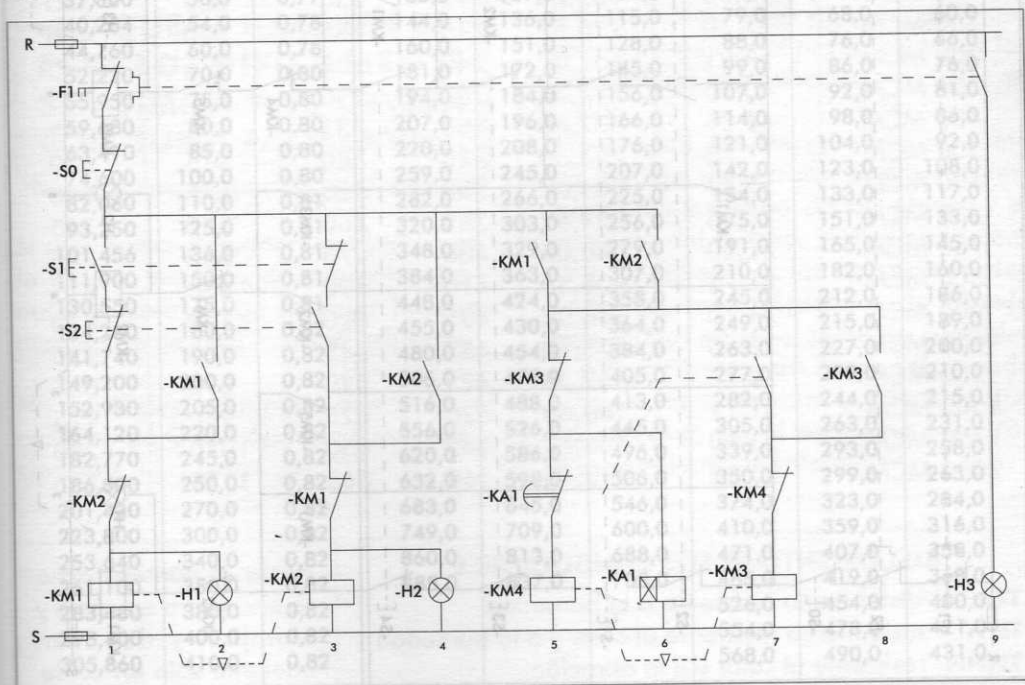


CICLO DE FUNCIONAMIENTO:

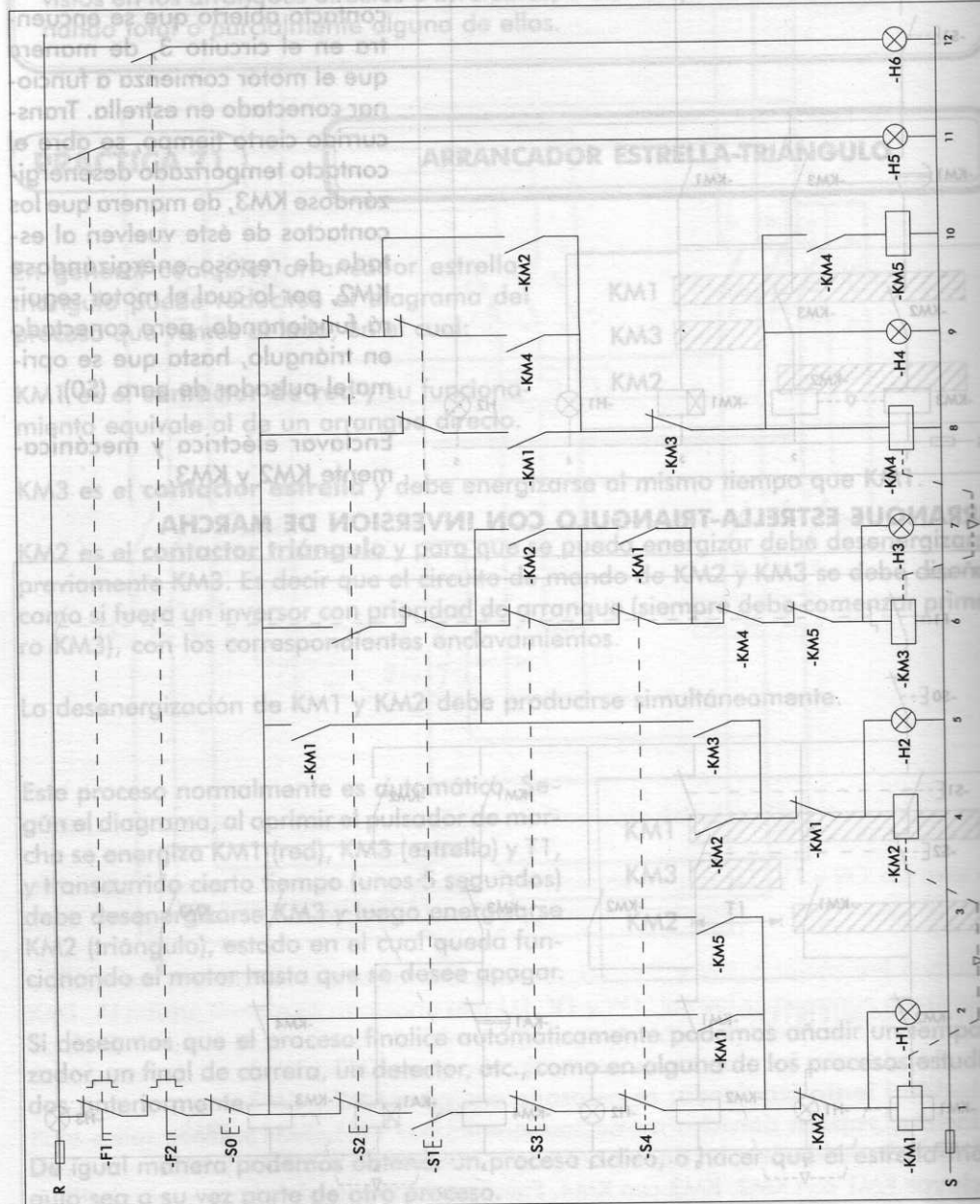
Al pulsar S1 se energiza KM3 (contactor estrella), por lo cual sus contactos cambian de estado, de manera que casi simultáneamente se energiza también KM1, autososteniéndose por el contacto abierto que se encuentra en el circuito 3, de manera que el motor comienza a funcionar conectado en estrella. Transcurrido cierto tiempo, se abre el contacto temporizado desenergizándose KM3, de manera que los contactos de éste vuelven al estado de reposo energizándose KM2, por lo cual el motor seguirá funcionando, pero conectado en triángulo, hasta que se oprima el pulsador de paro (S0).

Enclavar eléctrica y mecánicamente KM2 y KM3.

ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO CON INVERSION DE MARCHA



Se puede comenzar en cualquier sentido y con cualquier velocidad. Para cambiar de sentido o velocidad se debe pulsar S0. Es un sistema totalmente manual, pero puede automatizarse completamente, de acuerdo a las necesidades que se tengan.



ANEXO N° 1

INTENSIDAD MEDIA A PLENA CARGA (en A) DE MOTORES TRIFASICOS

KW	HP	Cos φ	208V	220V	260V	380V	440V	500V
0,373	0,5	0,54	1,8	1,8	1,6	1,1	0,9	0,8
0,560	0,8	0,54	2,9	2,7	2,3	1,6	1,4	1,2
0,746	1,0	0,55	3,8	3,6	3,0	2,0	1,8	1,6
1,119	1,5	0,66	4,7	4,5	3,8	2,6	2,2	2,0
1,492	2,0	0,66	6,3	5,9	5,0	3,4	3,0	2,6
2,238	3,0	0,67	9,3	8,8	7,4	5,0	4,4	3,9
2,984	4,0	0,67	12,4	11,7	9,9	6,8	5,9	5,2
3,730	5,0	0,72	14,4	13,6	11,5	7,9	6,8	6,0
4,103	5,5	0,73	15,6	14,8	12,5	8,6	7,4	6,5
5,595	7,5	0,73	21,3	20,0	17,0	11,7	10,0	8,9
7,460	10,0	0,73	28,4	27,0	23,0	15,5	13,4	11,8
8,952	12,0	0,73	34,0	32,0	27,0	18,7	16,0	14,0
10,071	13,5	0,74	38,0	36,0	30,0	21,0	18,0	16,0
11,190	15,0	0,74	42,0	40,0	34,0	23,0	20,0	18,0
14,920	20,0	0,74	56,0	53,0	45,0	31,0	27,0	23,0
18,650	25,0	0,76	68,0	65,0	55,0	37,0	32,0	28,0
22,380	30,0	0,77	81,0	76,0	65,0	44,0	38,0	34,0
26,110	35,0	0,77	94,0	89,0	75,0	52,0	45,0	39,0
29,840	40,0	0,77	108,0	102,0	86,0	59,0	51,0	45,0
33,570	45,0	0,77	121,0	115,0	97,0	66,0	57,0	50,0
37,300	50,0	0,77	135,0	127,0	108,0	74,0	64,0	56,0
40,284	54,0	0,78	144,0	136,0	115,0	79,0	68,0	60,0
44,760	60,0	0,78	160,0	151,0	128,0	88,0	76,0	66,0
52,220	70,0	0,80	181,0	172,0	145,0	99,0	86,0	76,0
55,950	75,0	0,80	194,0	184,0	156,0	107,0	92,0	81,0
59,680	80,0	0,80	207,0	196,0	166,0	114,0	98,0	86,0
63,410	85,0	0,80	220,0	208,0	176,0	121,0	104,0	92,0
74,600	100,0	0,80	259,0	245,0	207,0	142,0	123,0	108,0
82,060	110,0	0,81	282,0	266,0	225,0	154,0	133,0	117,0
93,250	125,0	0,81	320,0	303,0	256,0	175,0	151,0	133,0
101,456	136,0	0,81	348,0	329,0	279,0	191,0	165,0	145,0
111,900	150,0	0,81	384,0	363,0	307,0	210,0	182,0	160,0
130,550	175,0	0,81	448,0	424,0	358,0	245,0	212,0	186,0
134,280	180,0	0,82	455,0	430,0	364,0	249,0	215,0	189,0
141,740	190,0	0,82	480,0	454,0	384,0	263,0	227,0	200,0
149,200	200,0	0,82	506,0	478,0	405,0	277,0	239,0	210,0
152,930	205,0	0,82	516,0	488,0	413,0	282,0	244,0	215,0
164,120	220,0	0,82	556,0	526,0	445,0	305,0	263,0	231,0
182,770	245,0	0,82	620,0	586,0	496,0	339,0	293,0	258,0
186,500	250,0	0,82	632,0	598,0	506,0	350,0	299,0	263,0
201,420	270,0	0,82	683,0	645,0	546,0	374,0	323,0	284,0
223,800	300,0	0,82	749,0	709,0	600,0	410,0	359,0	316,0
253,640	340,0	0,82	860,0	813,0	688,0	471,0	407,0	358,0
261,100	350,0	0,82	885,0	837,0	708,0	485,0	419,0	368,0
283,480	380,0	0,82				526,0	454,0	400,0
298,400	400,0	0,82				554,0	478,0	421,0
305,860	410,0	0,82				568,0	490,0	431,0

ANEXO N° 2

CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE PERMISIBLE EN LOS CONDUCTORES DE COBRE AISLADO, EXPRESADA EN AMPERIOS, PARA 0 a 2000V

(Norma Icontec NTC 2050 , primera actualización. Tablas 310-16 y 310-17)

CALIBRE	Diámetro nominal en mm	Sección nominal en mm ²	POR DUCTO		AL AIRE LIBRE	
			TW	THW	TW	THW
18 AWG	1,02	0,82	6			
16 AWG	1,29	1,31	8			
14 AWG	1,63	2,08	20	20	25	30
12 AWG	2,05	3,30	25	25	30	35
10 AWG	2,59	5,25	30	35	40	50
8 AWG	3,26	8,36	40	50	60	70
6 AWG	4,11	13,29	55	65	80	95
4 AWG	5,19	21,14	70	85	105	125
3 AWG	5,83	26,66	85	100	120	145
2 AWG	6,54	33,62	95	115	140	170
1 AWG	7,33	42,20	110	130	165	195
1/0 AWG	8,25	53,50	125	150	195	230
2/0 AWG	9,27	67,44	145	175	225	265
3/0 AWG	10,40	85,02	165	200	260	310
4/0 AWG	11,68	107,21	195	230	300	360
250 MCM	12,70	126,67	215	255	340	405
300 MCM	13,91	152,01	240	285	375	445
350 MCM	15,03	177,34	260	310	420	505
400 MCM	16,06	202,68	280	335	455	545
500 MCM	17,96	253,35	320	380	515	620
600 MCM	19,67	304,02	355	420	575	690
700 MCM	21,25	354,69	385	460	630	755
750 MCM	22,00	380,02	400	475	655	785
800 MCM	22,72	405,36	410	490	680	815
900 MCM	24,10	456,03	435	520	730	870
1000 MCM	25,40	506,70	455	545	780	935
1250 MCM	28,40	633,38	495	590	890	1065
1500 MCM	31,11	760,05	520	625	980	1175
1750 MCM	33,60	886,73	545	650	1070	1280
2000 MCM	35,92	1013,40	560	665	1155	1385

AISLAMIENTO DE LOS CONDUCTORES

TW: aislamiento resistente a la humedad

THW: aislamiento resistente al calor y a la humedad

THHN: resistente al calor y a la abrasión

Hasta el número ocho se encuentra en cable y alambre, y del 8 en adelante sólo en cable

GUÍA DE SOLUCIONES

Los esquemas que se presentan en este anexo son únicamente una de las **PO-SIBLES SOLUCIONES** de los ejercicios propuestos en esta edición del libro «**CONTROLES Y AUTOMATISMOS - Teoría y Práctica**», **no para evitar el esfuerzo mental** que implica realizar un diseño, sino como una **ayuda** para los casos en que éste se te pueda dificultar demasiado, por lo cual se recomienda usar la presente guía **sólo en casos estrictamente necesarios**.

RECUERDA SIEMPRE:

«LO QUE SE HACE SIN ESFUERZO, DIFÍCILMENTE SE ASIMILA Y SE OLVIDA CON SUMA FACILIDAD»

Si uno quiere aprender verdaderamente todo lo relacionado con controles y automatismos debe trabajar intensamente y realizar el máximo esfuerzo.

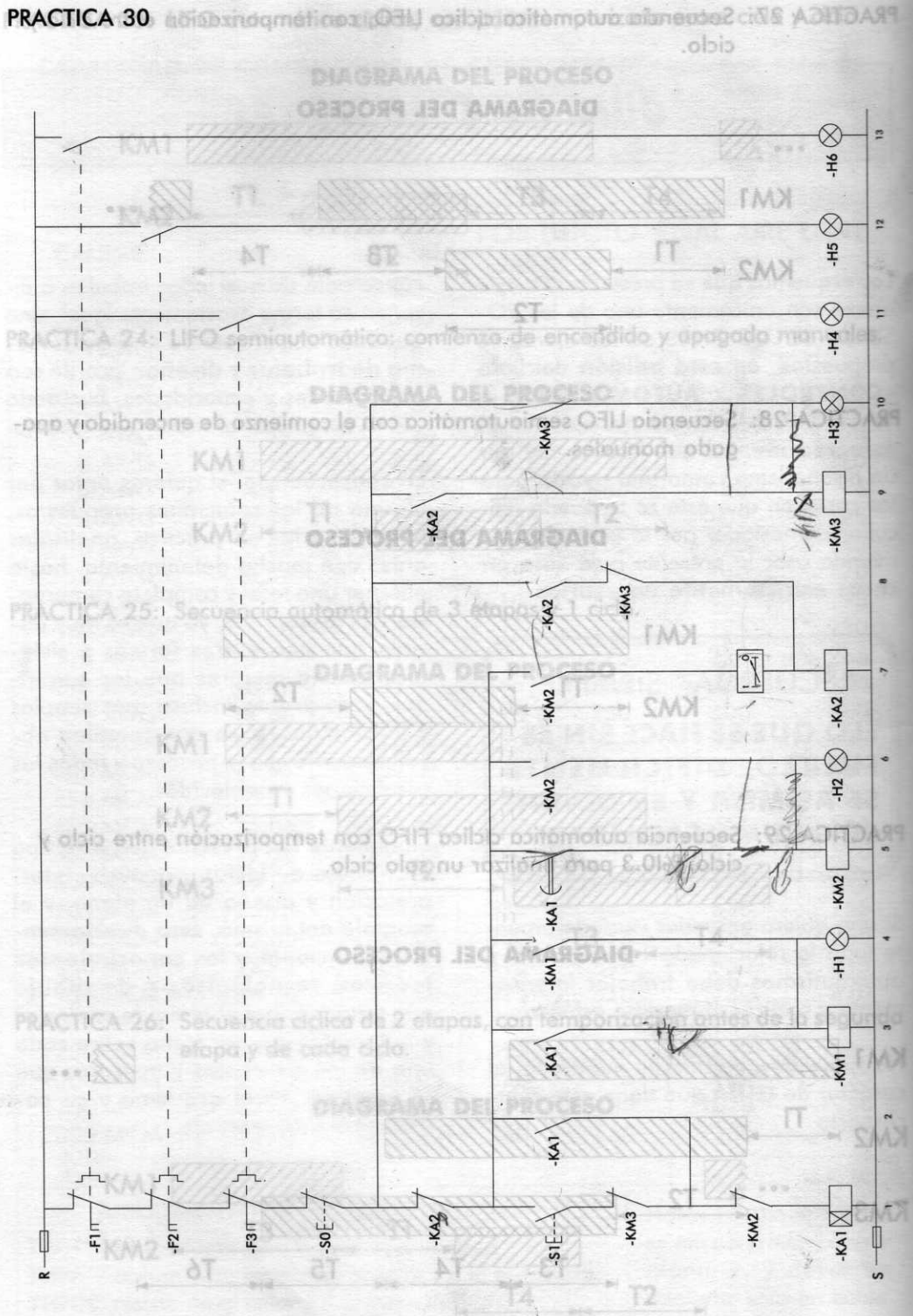
No te olvides, en ningún momento, el carácter de **GUÍA** que tiene este solucionario.

No se trata de que todos trabajen o diseñen en forma exactamente igual, sino que cada uno encuentre su **propia forma de trabajar y diseñar**, acorde con sus aptitudes y capacidades, buscando eso sí, simplificar al máximo su trabajo.

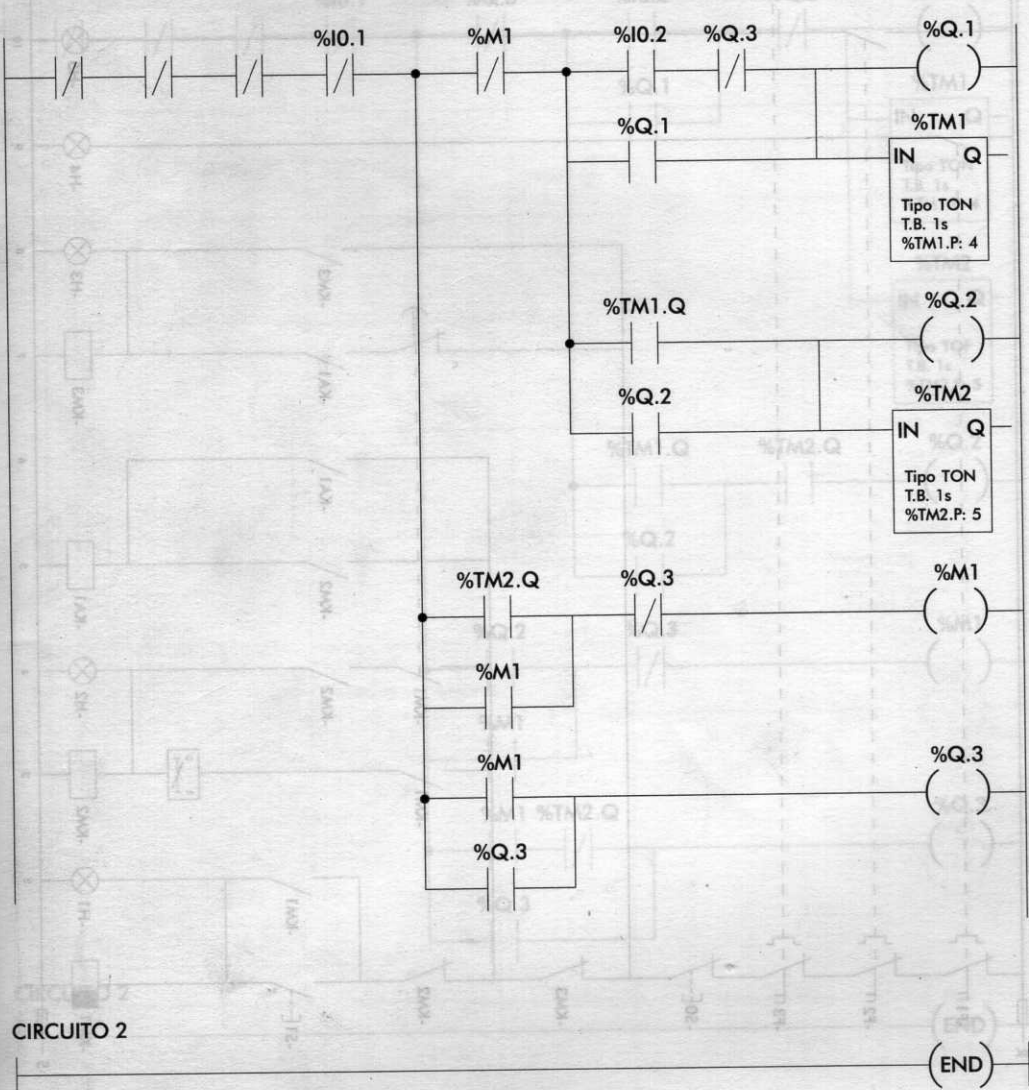
En consecuencia, si quieres optar por alguna de las soluciones propuestas, para ponerlas en práctica, analízalas antes con mucho detenimiento, hasta obtener una total y completa comprensión de las mismas, ya que es muy posible que encuentres formas y sistemas mucho mejores que los sugeridos, y de pronto incluso más simples y funcionales, pero que cumplen absolutamente con el proceso y todas las condiciones establecidas.

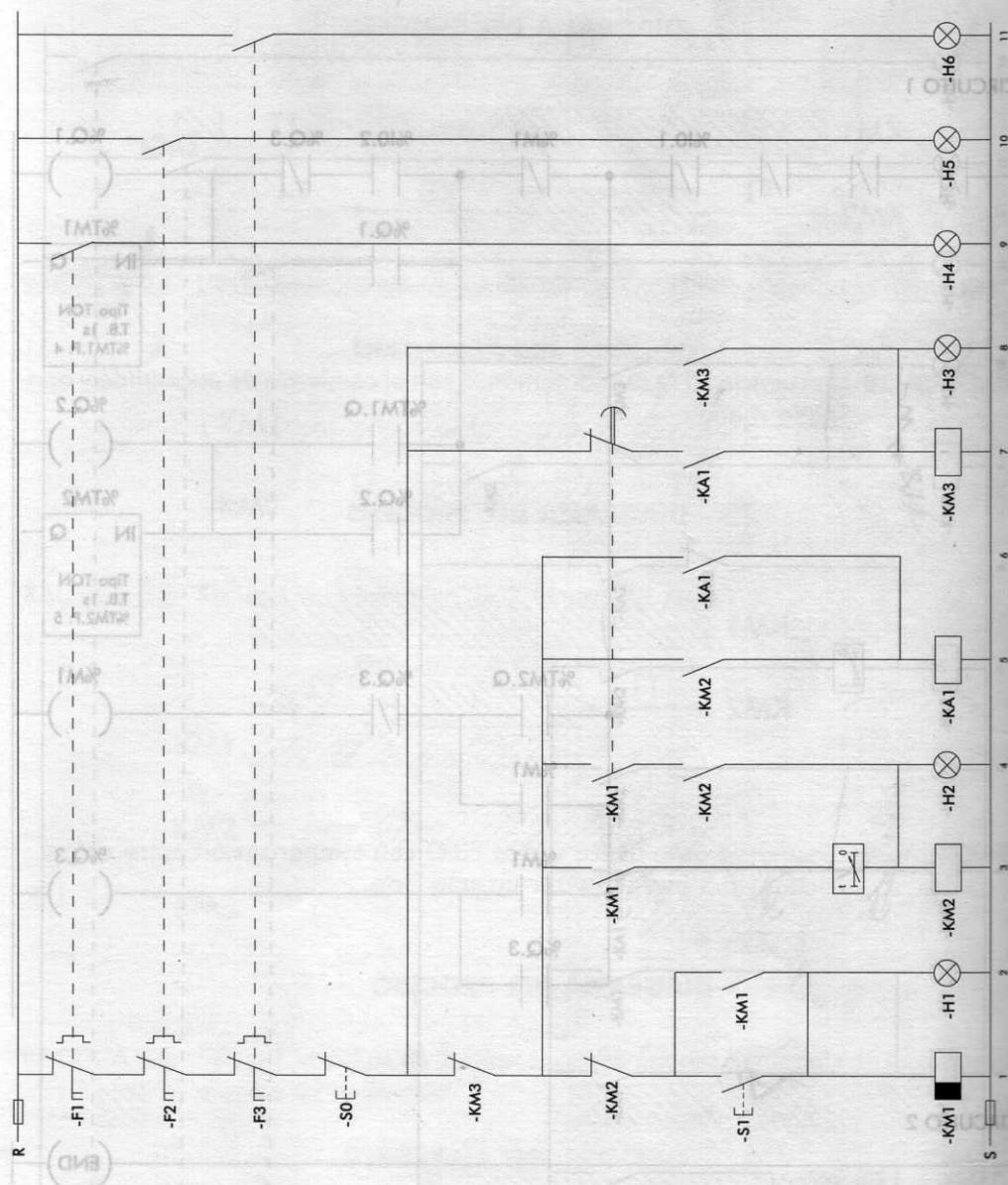
Finalmente ten presente que este tipo de trabajo de lectura, análisis, interpretación y diseño de un plano, y el montaje del mismo, será directamente proporcional a los **conocimientos teóricos, tecnológicos y de dibujo** que tengas sobre el tema de controles y automatismos, así como sobre cada uno de los elementos y aparatos que se empleen en el esquema y su correspondiente montaje.

El autor

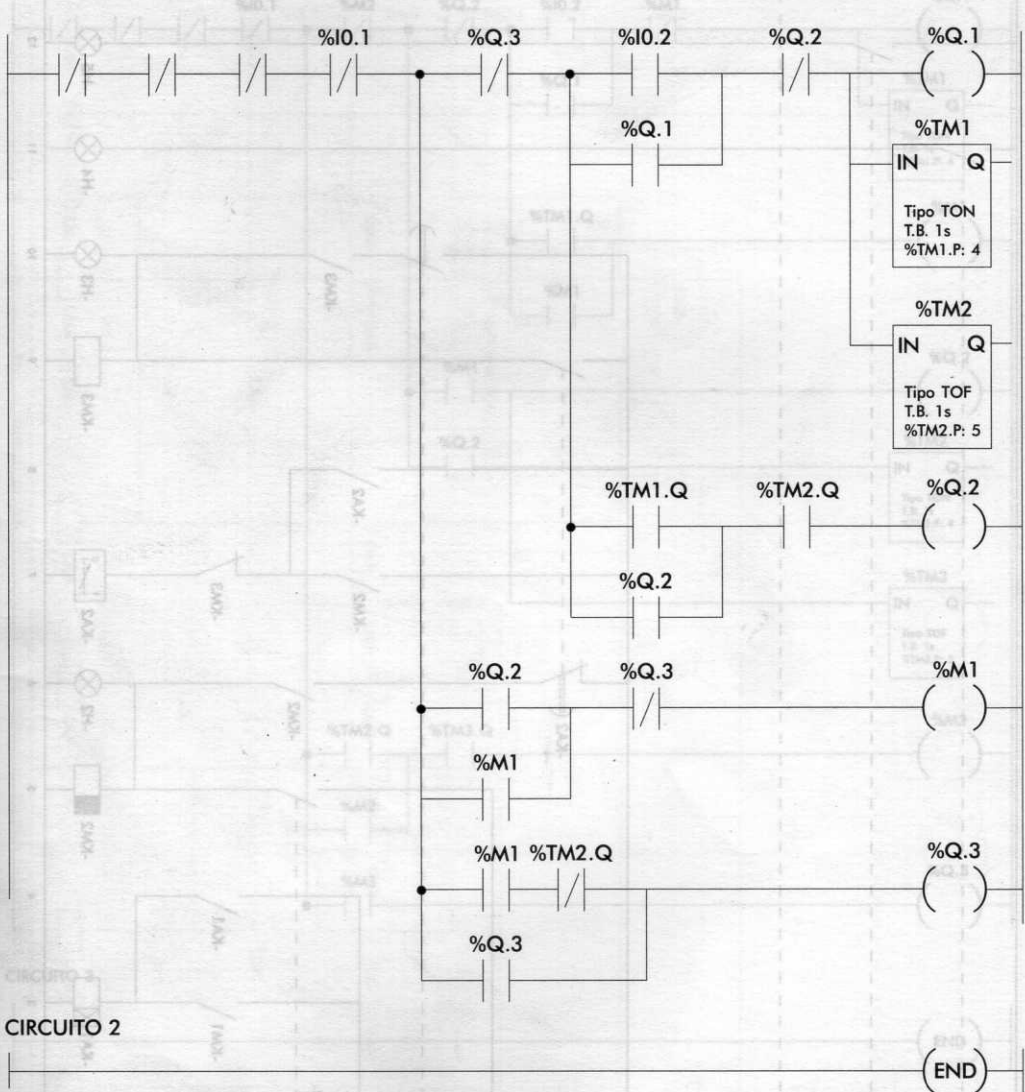


CIRCUITO 1

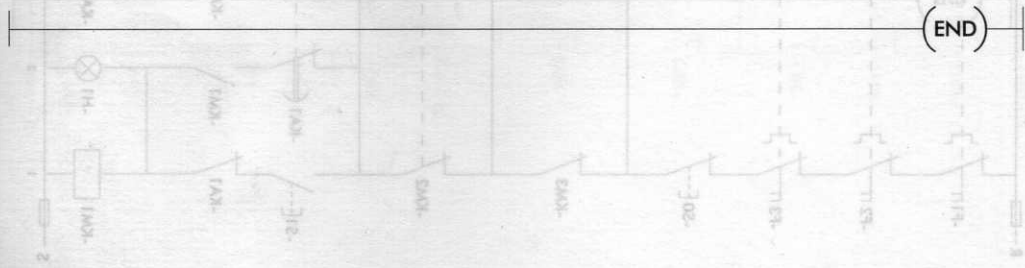


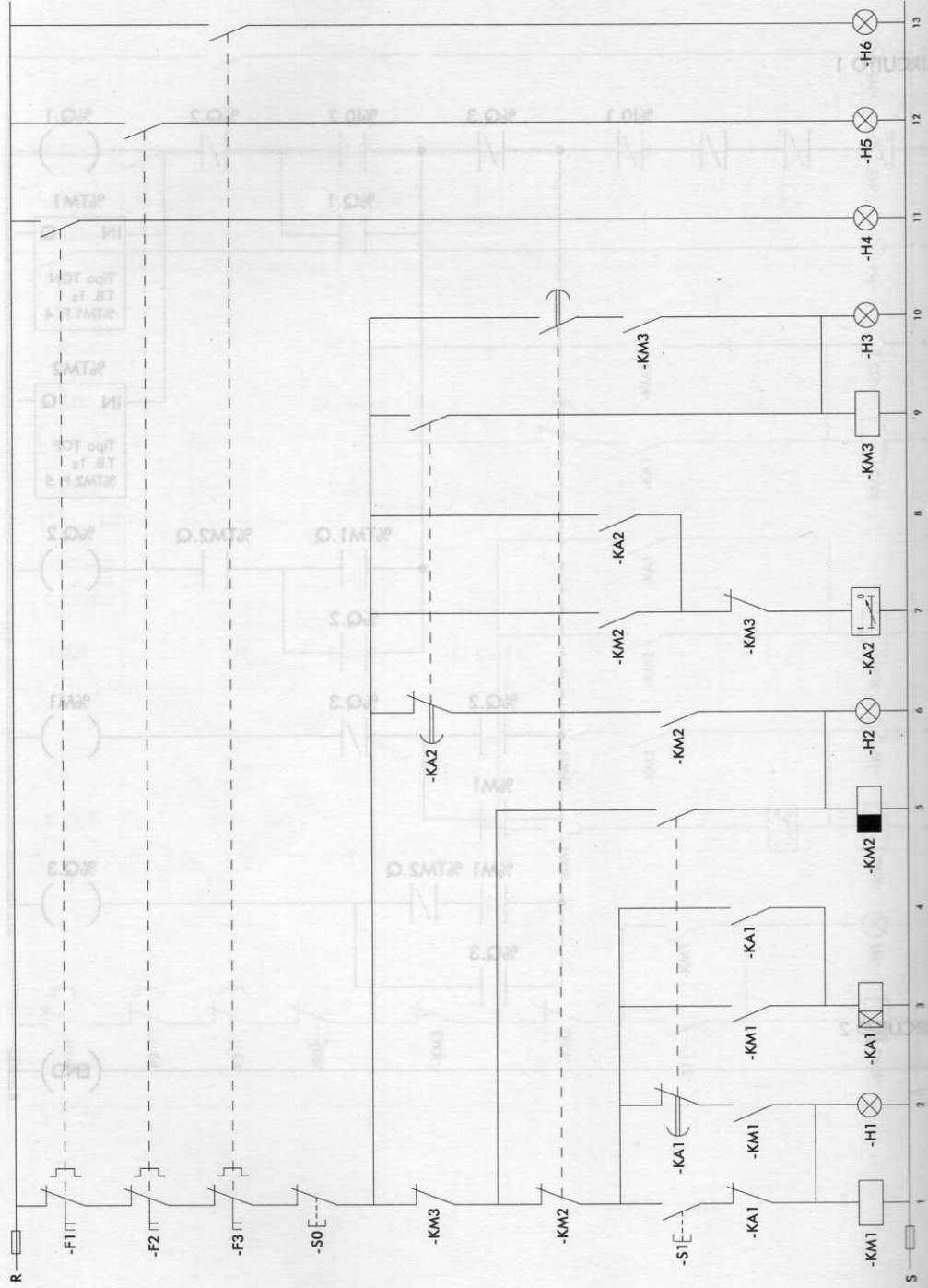


CIRCUITO 1



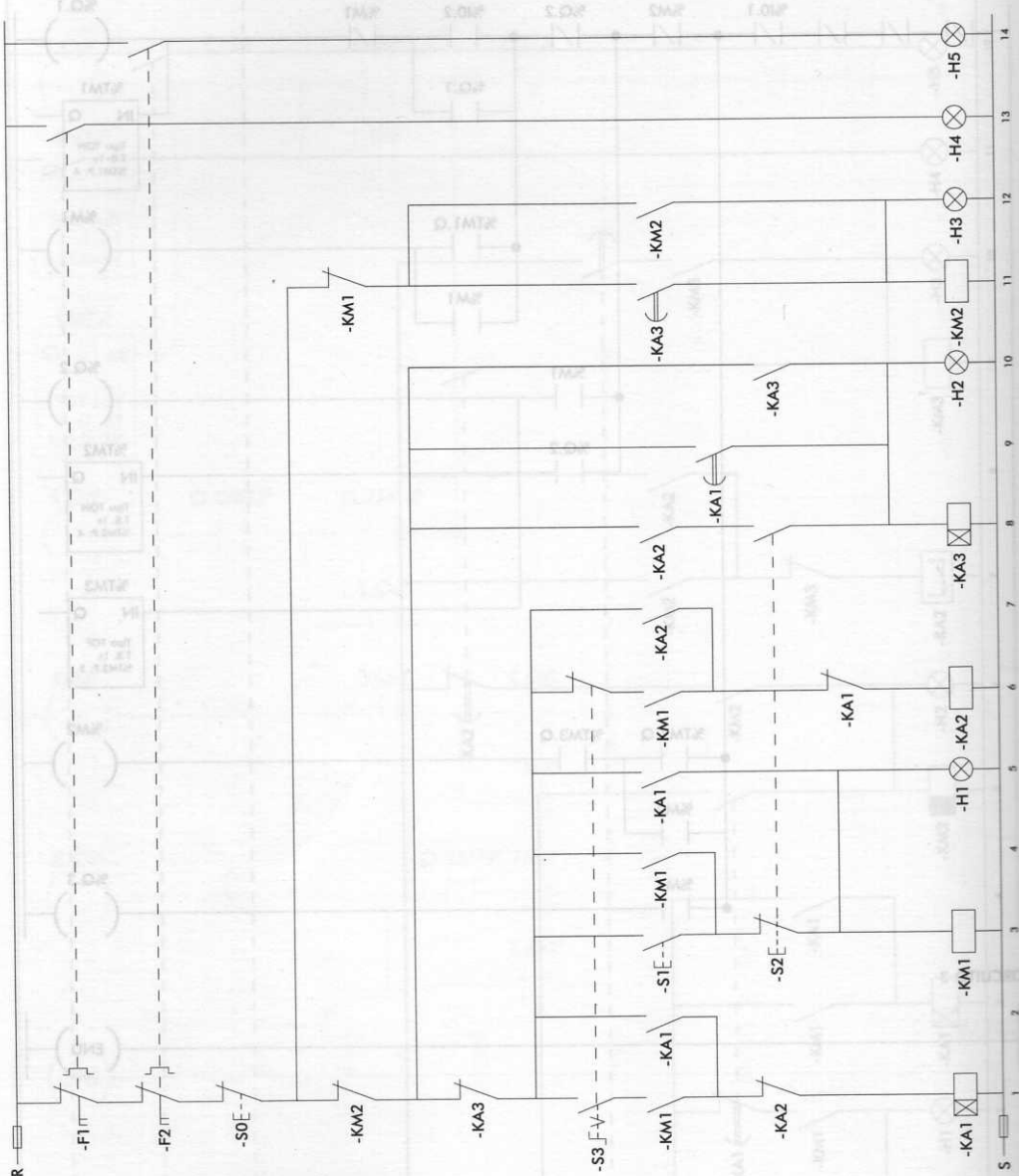
CIRCUITO 2



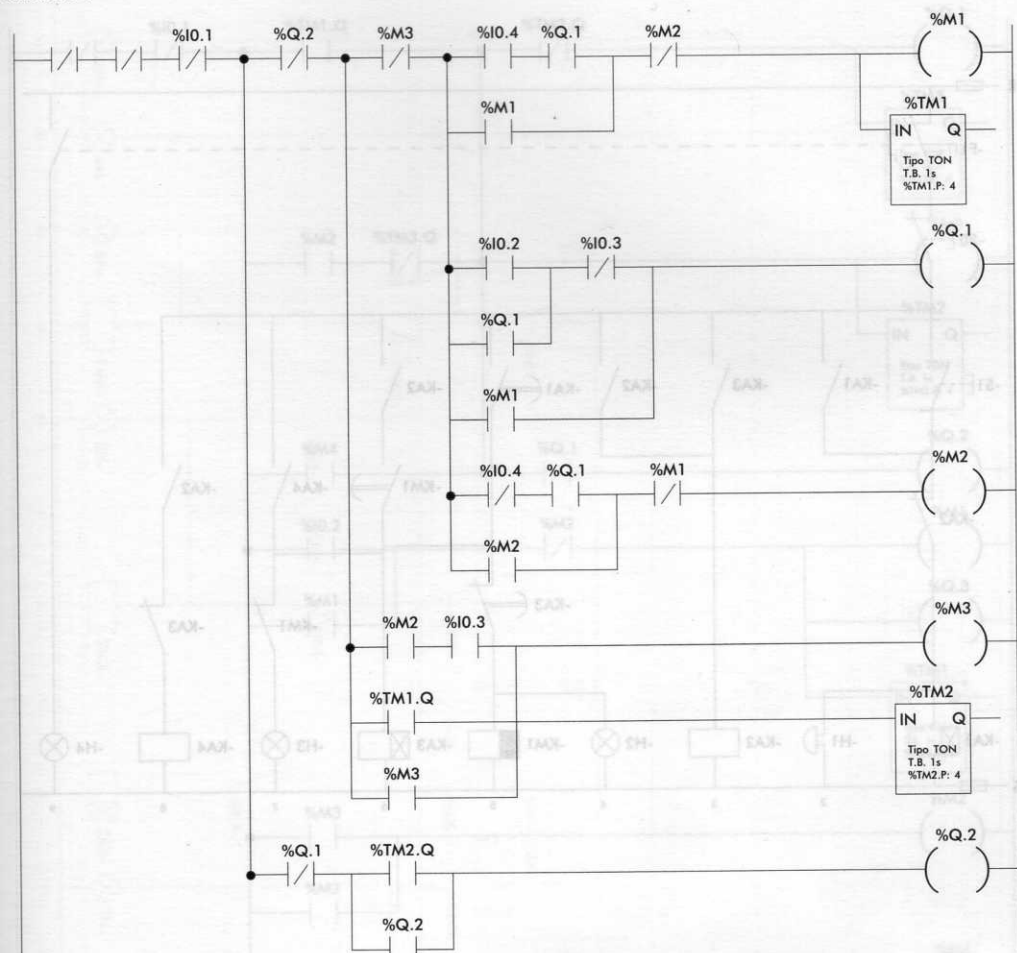


CIRCUITO 3





CIRCUITO 1

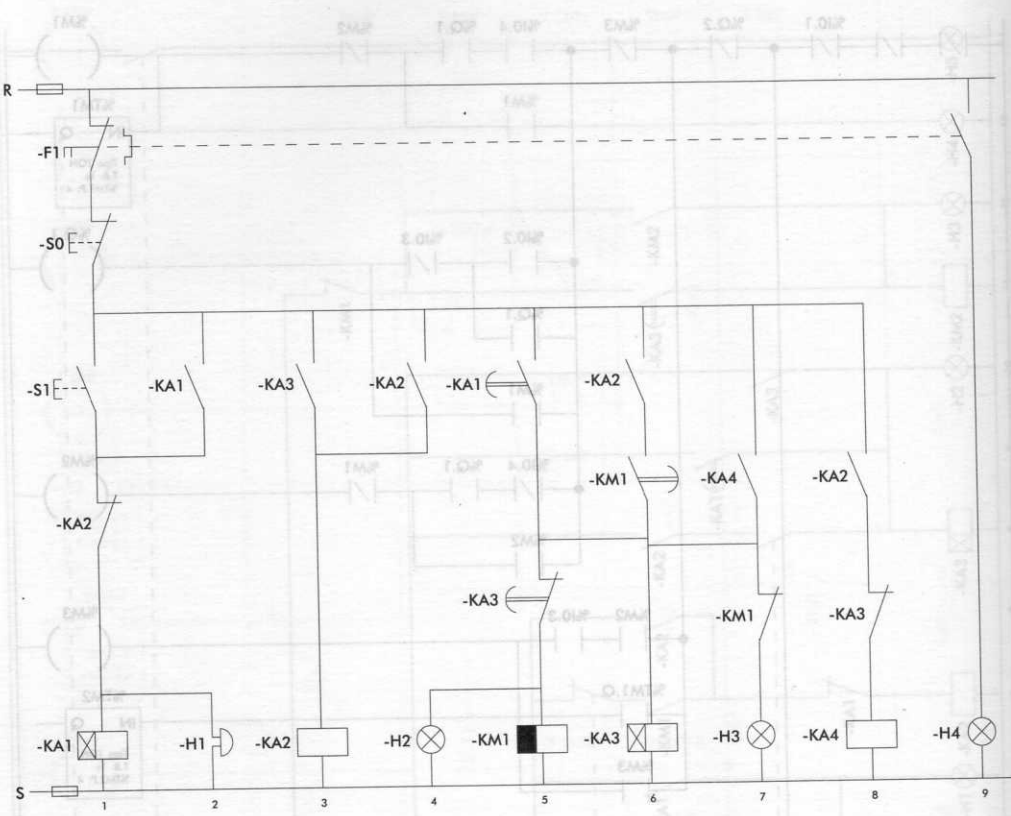


CIRCUITO 2



%Q.3 salida para H1
%Q.2 salida para H3

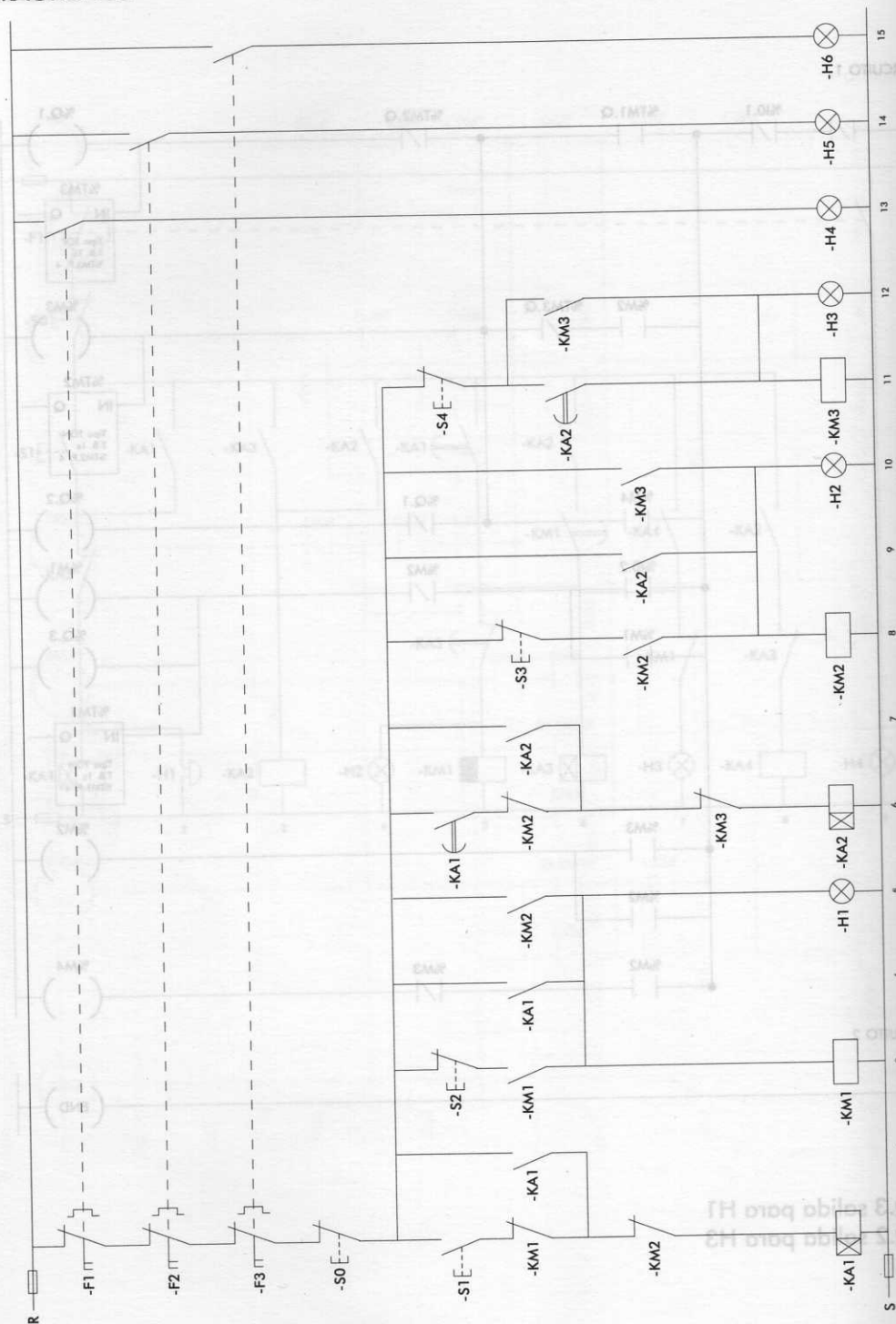
CIRCUITO 1



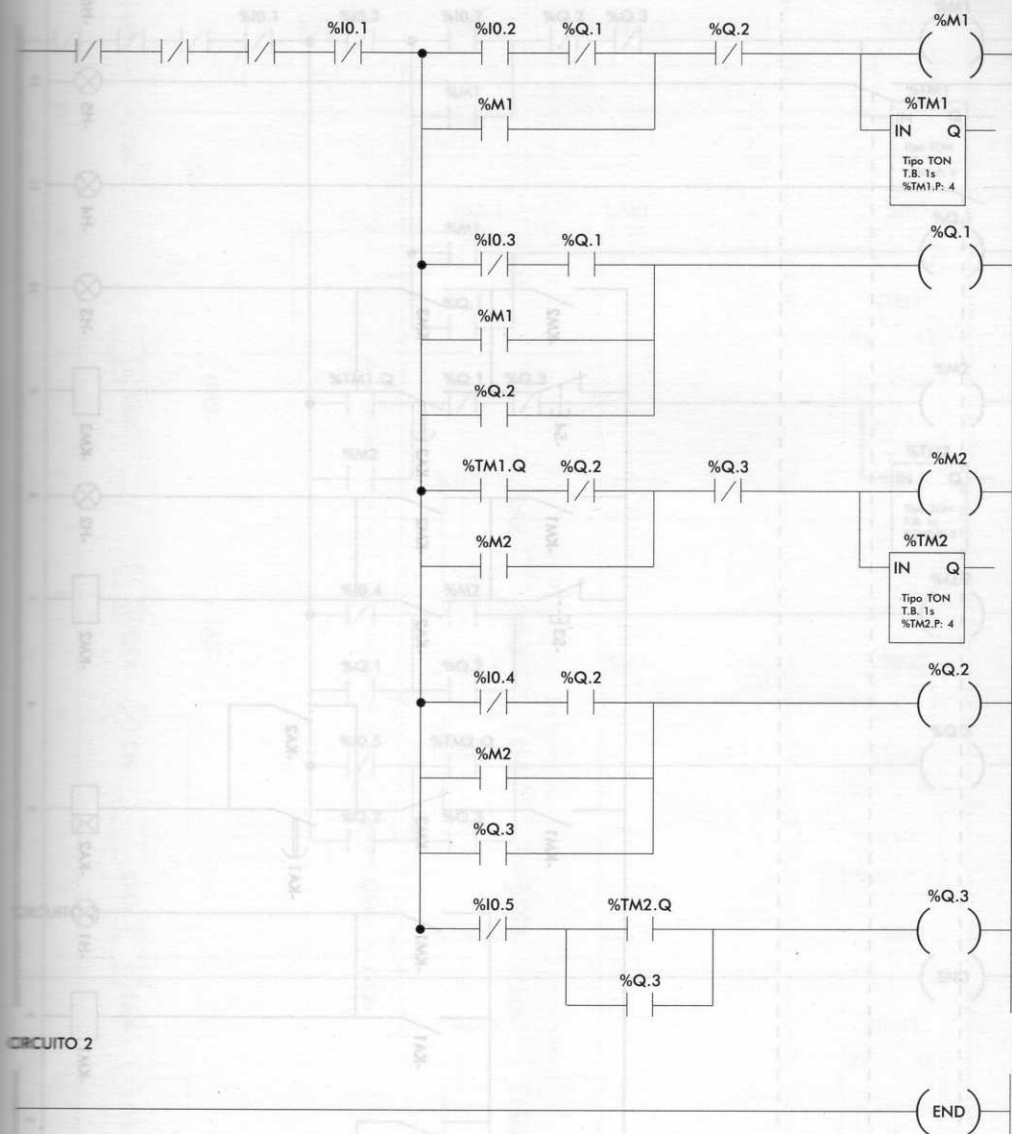
CIRCUITO 2

CIRCUITO 2

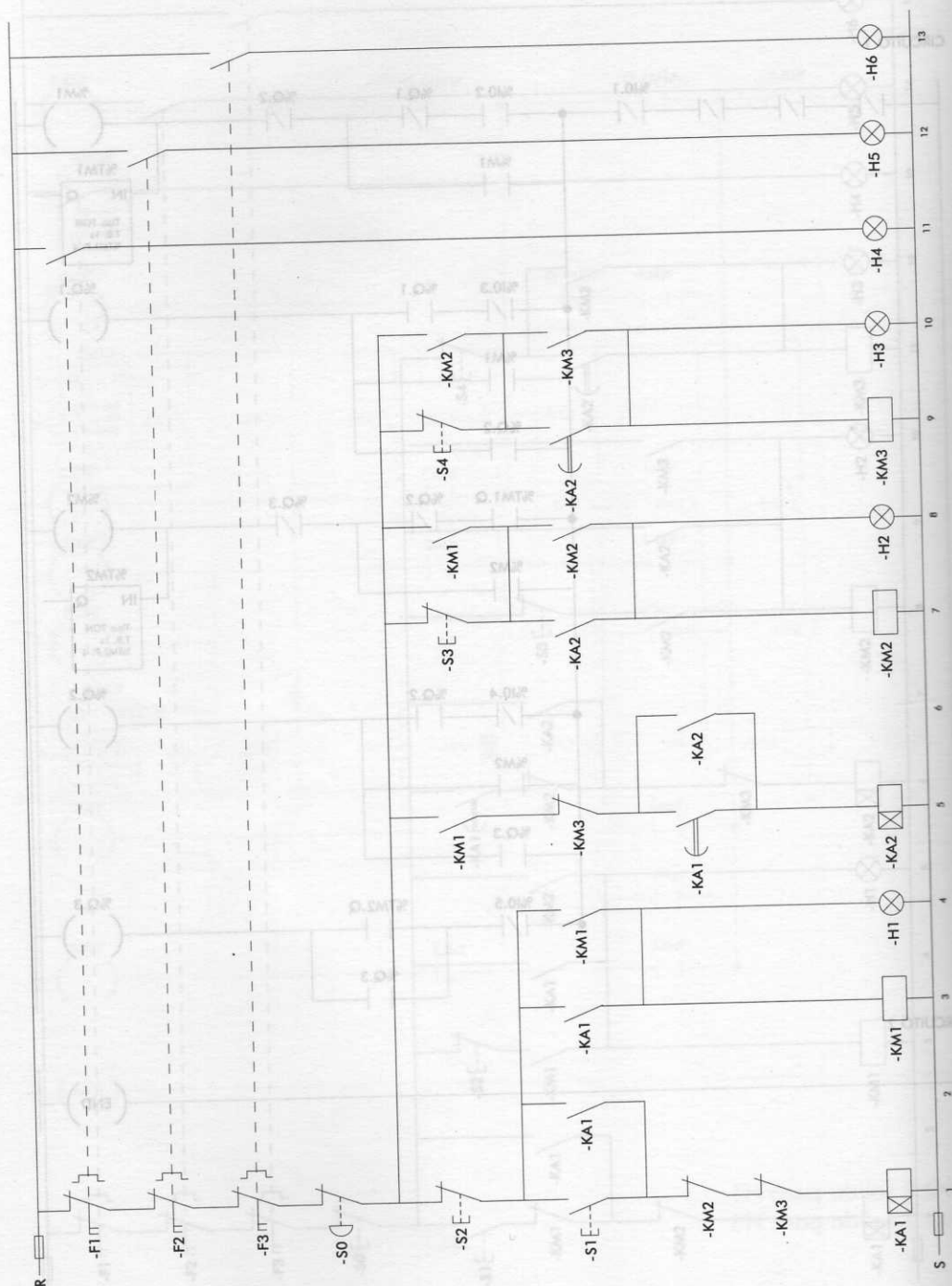
ANEXO 3 - GUÍA DE SOLUCIONES



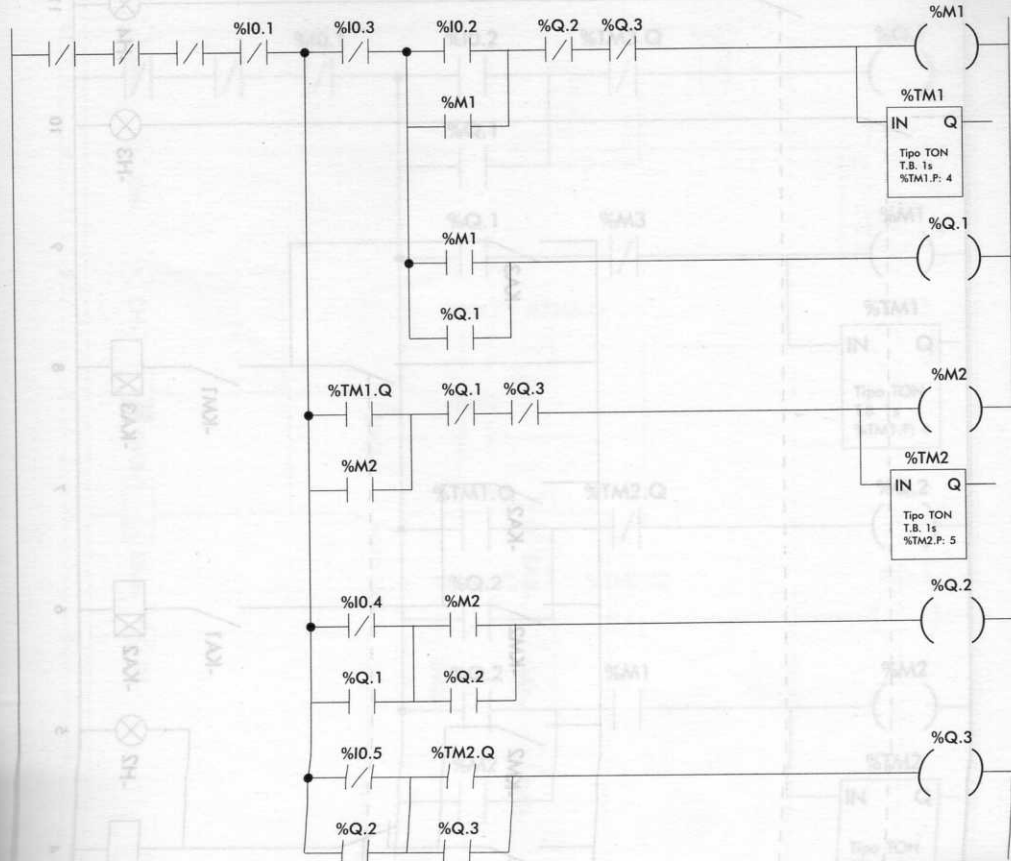
CIRCUITO 1



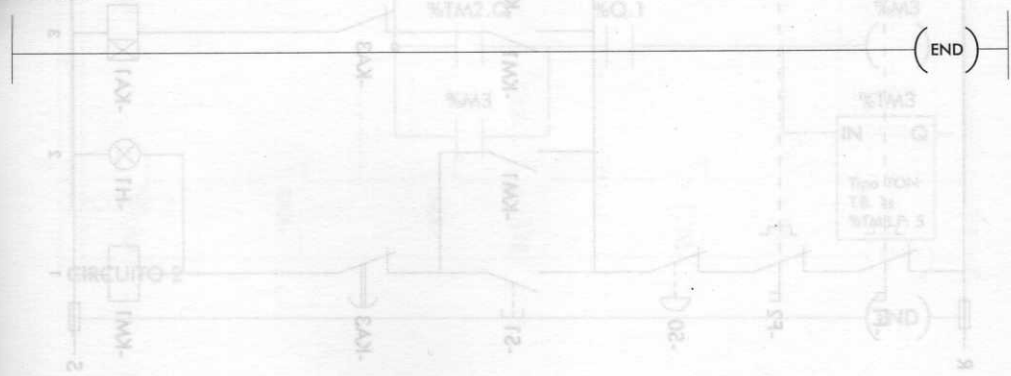
CIRCUITO 2

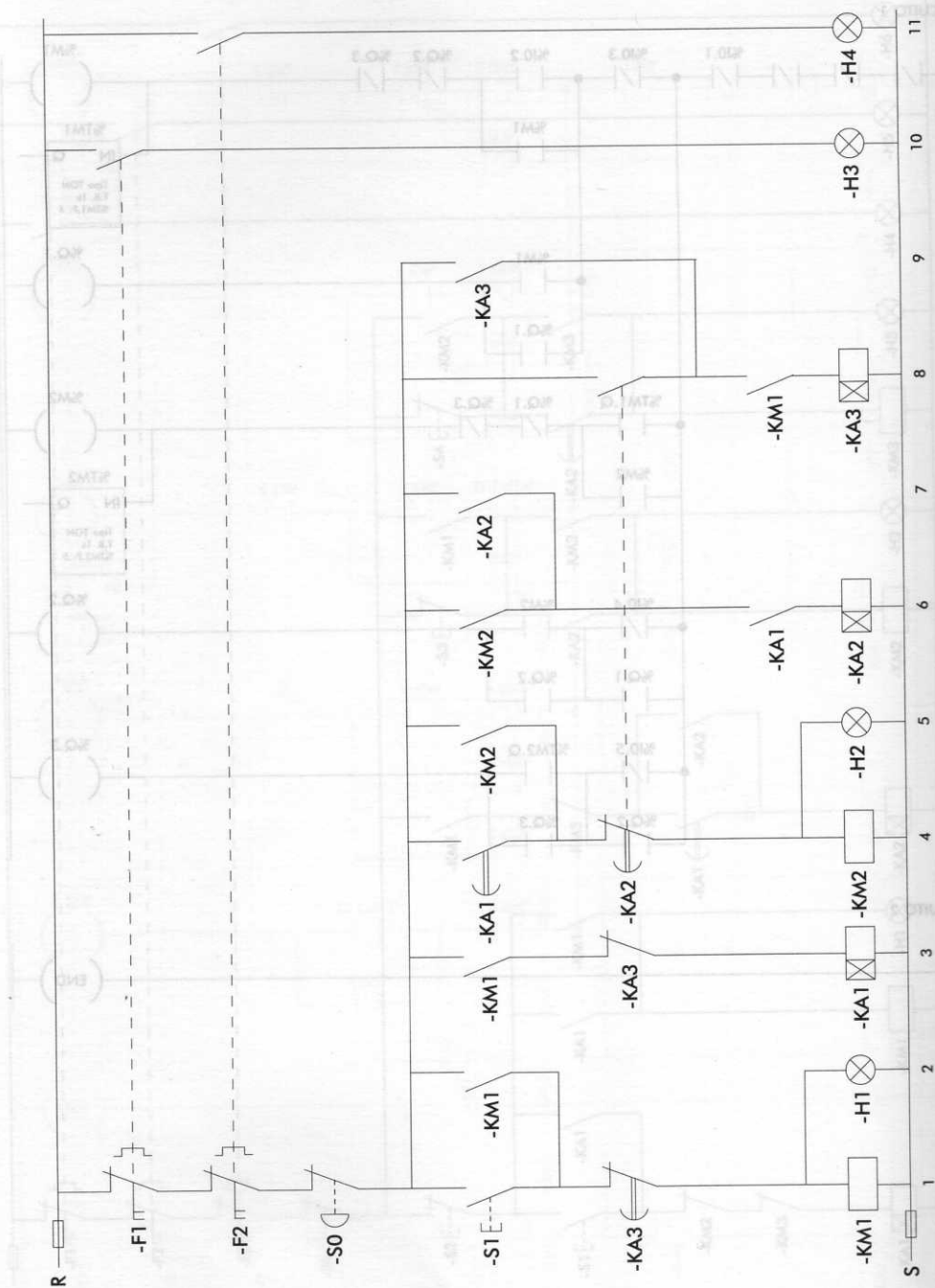


CIRCUITO 1

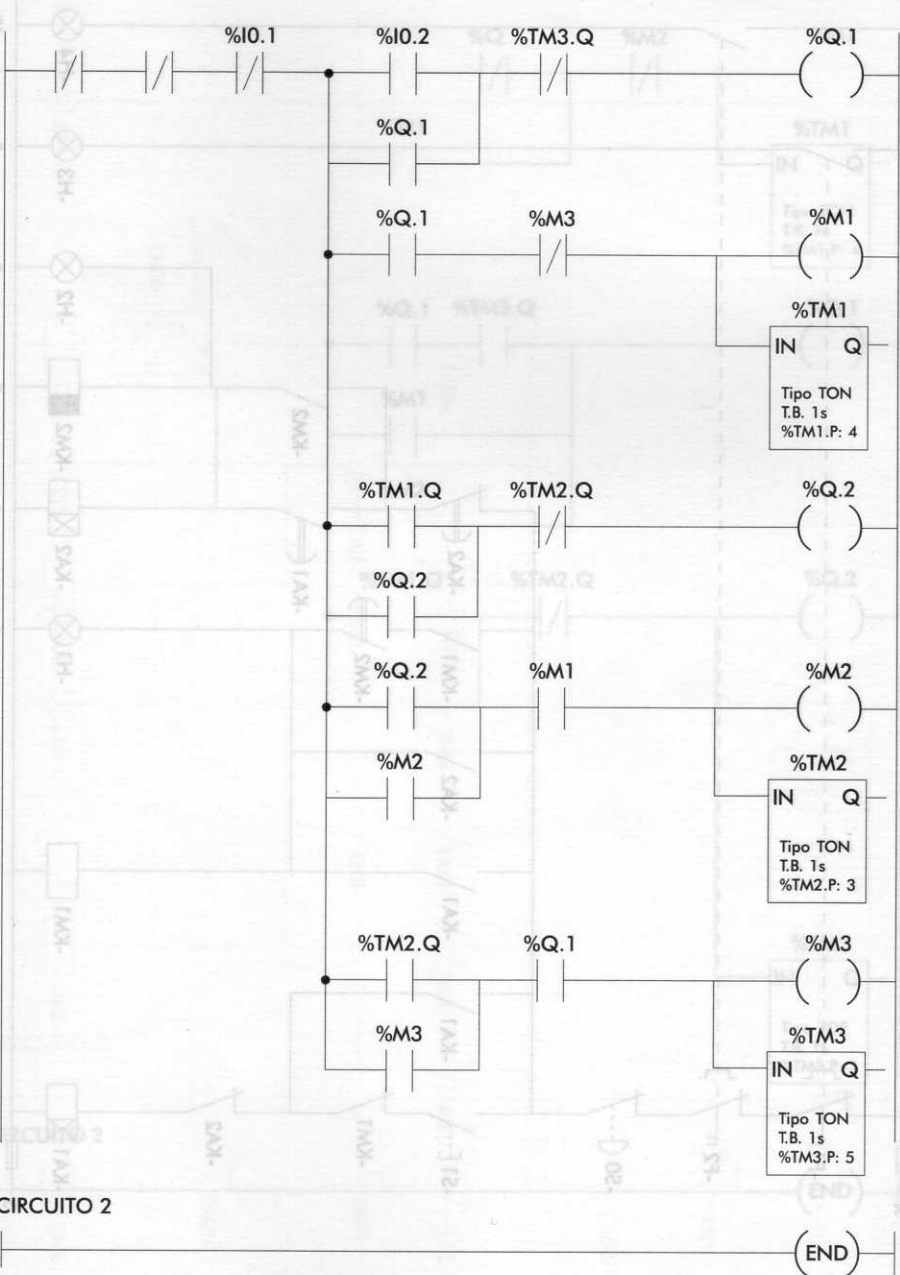


CIRCUITO 2



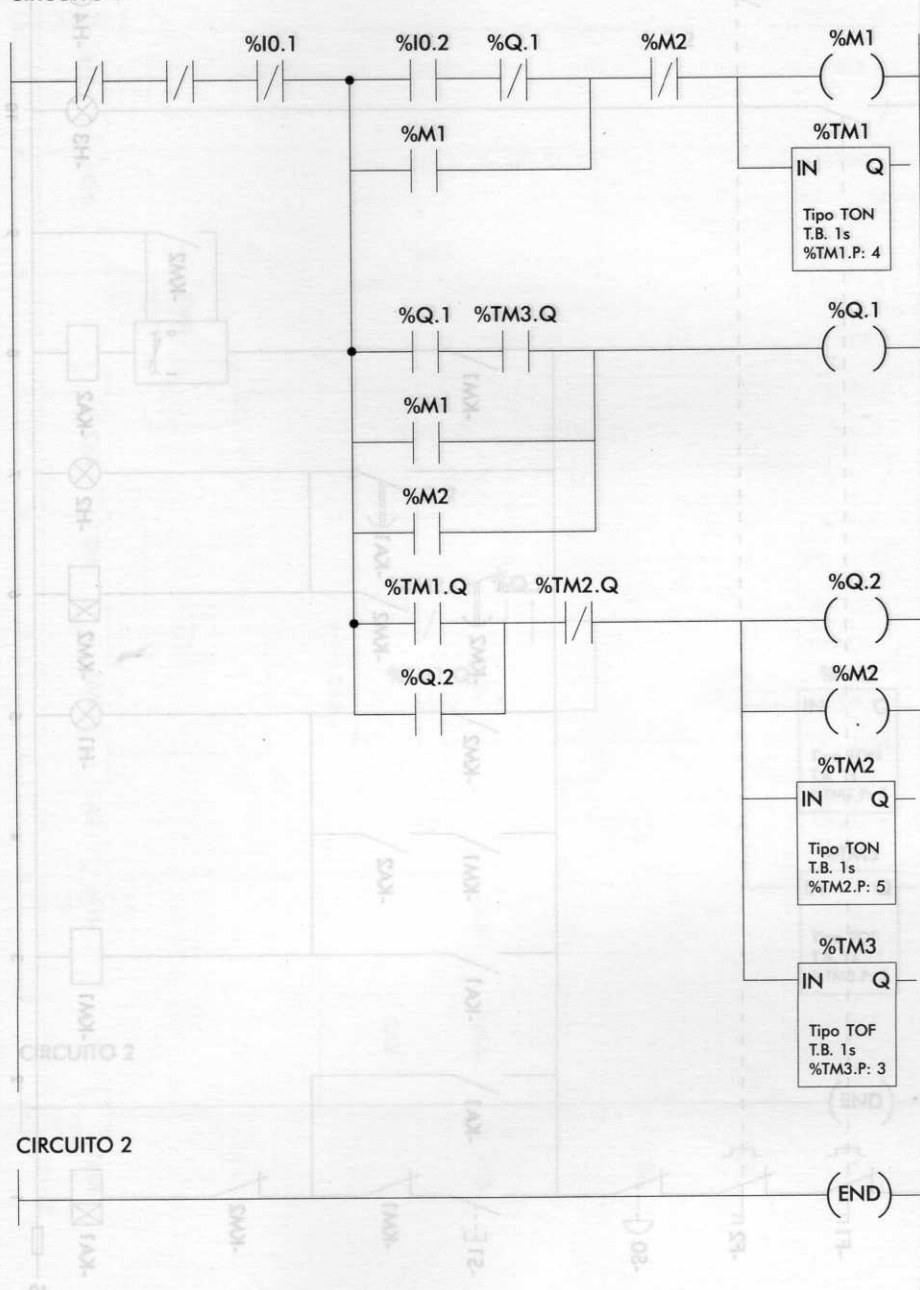


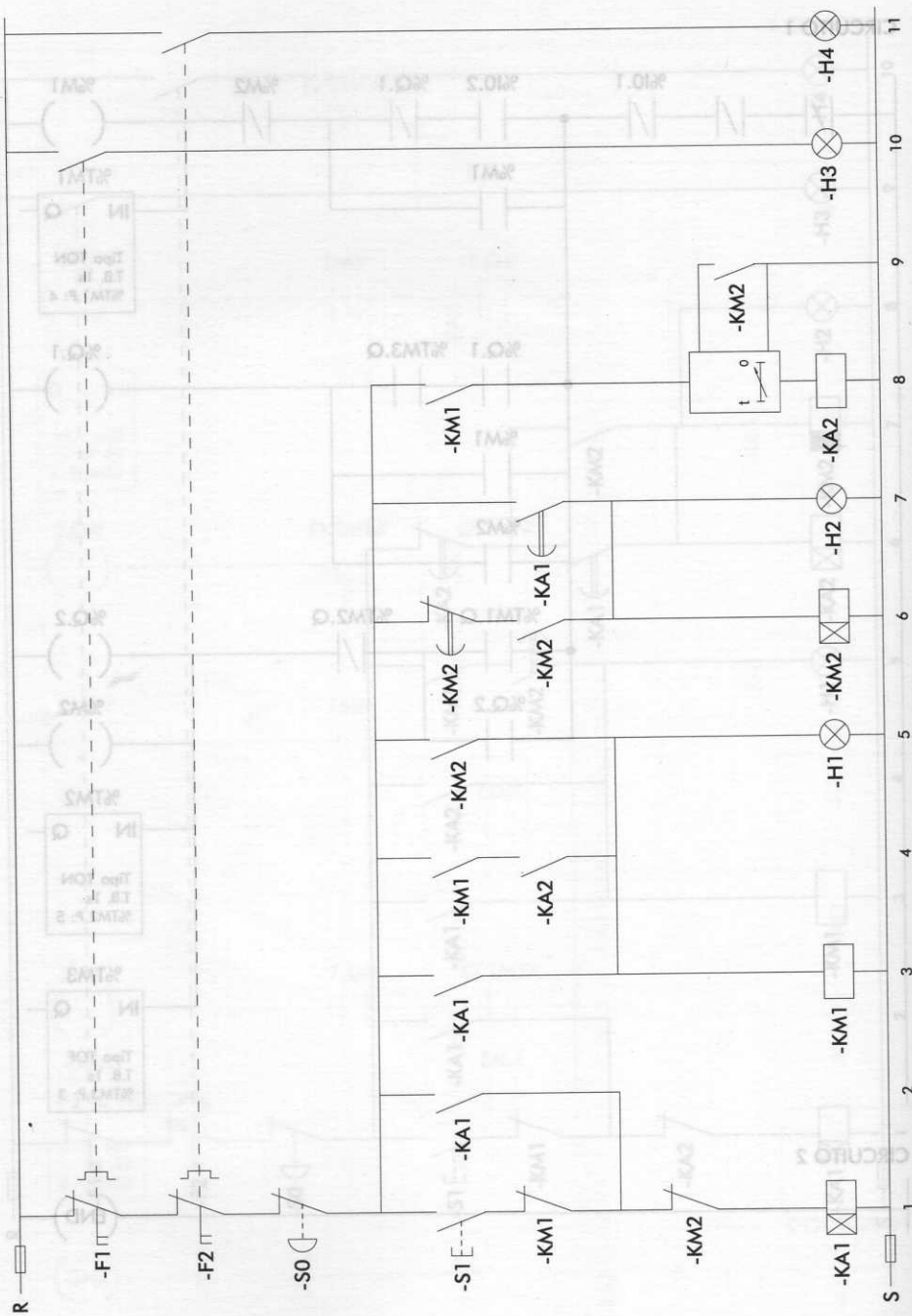
CIRCUITO 1



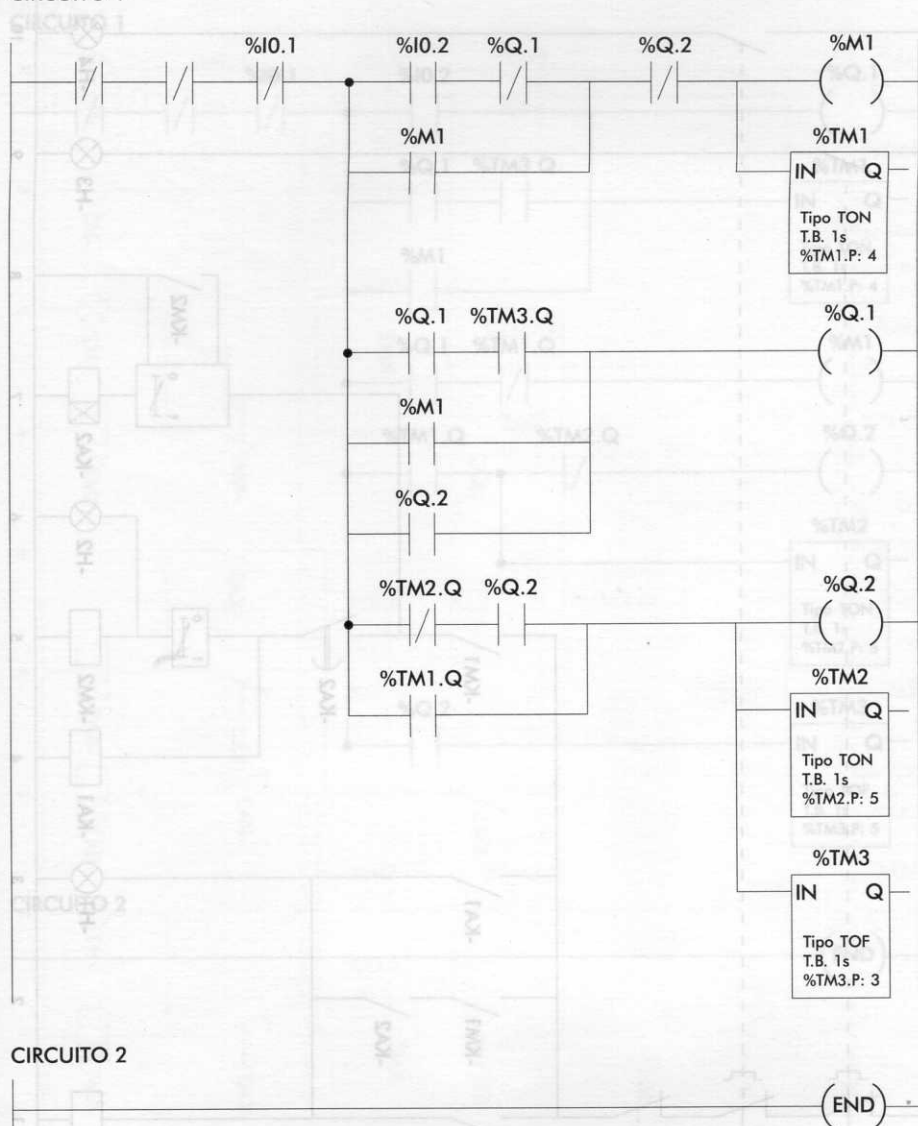
CIRCUITO 2

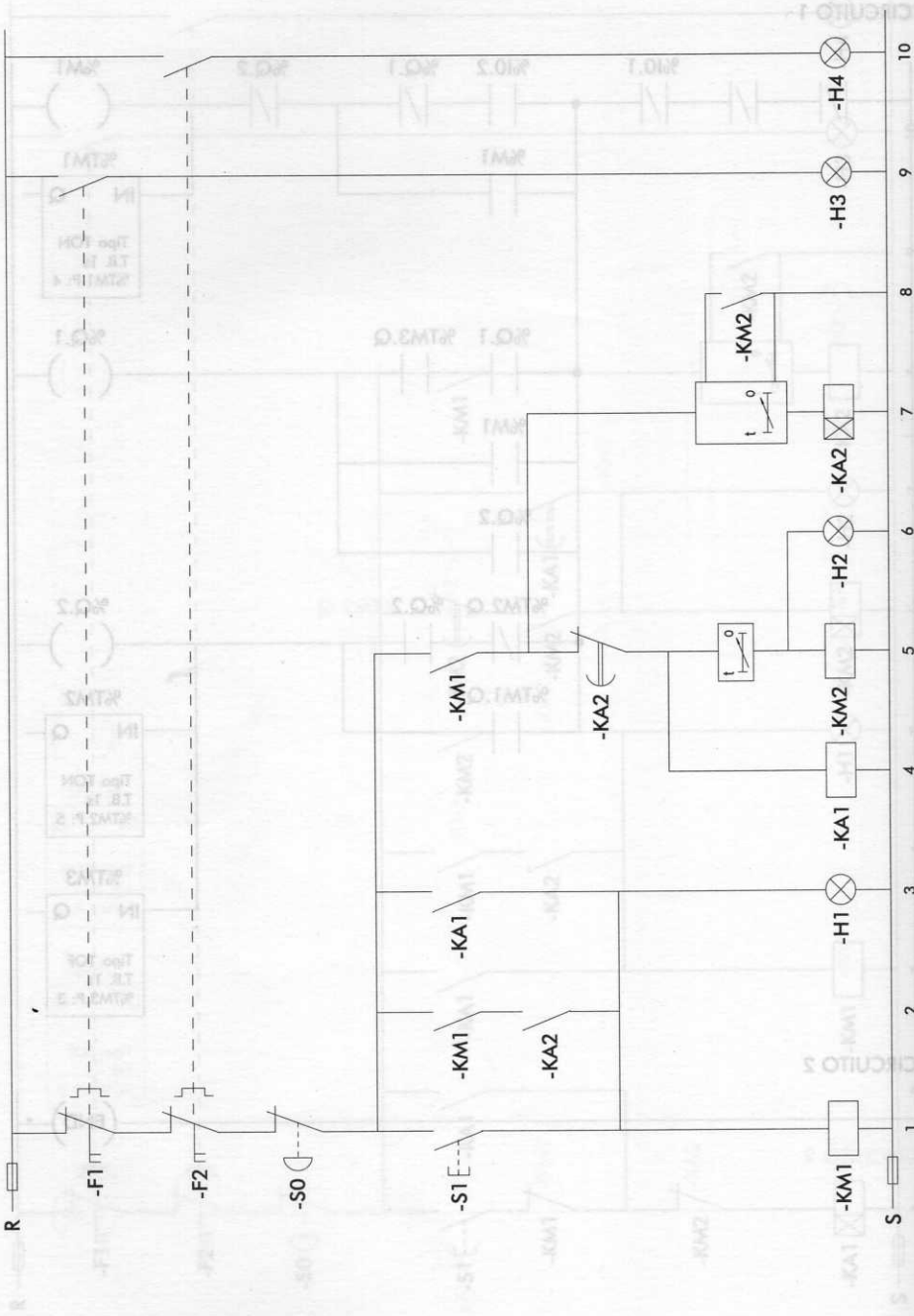
CIRCUITO 1



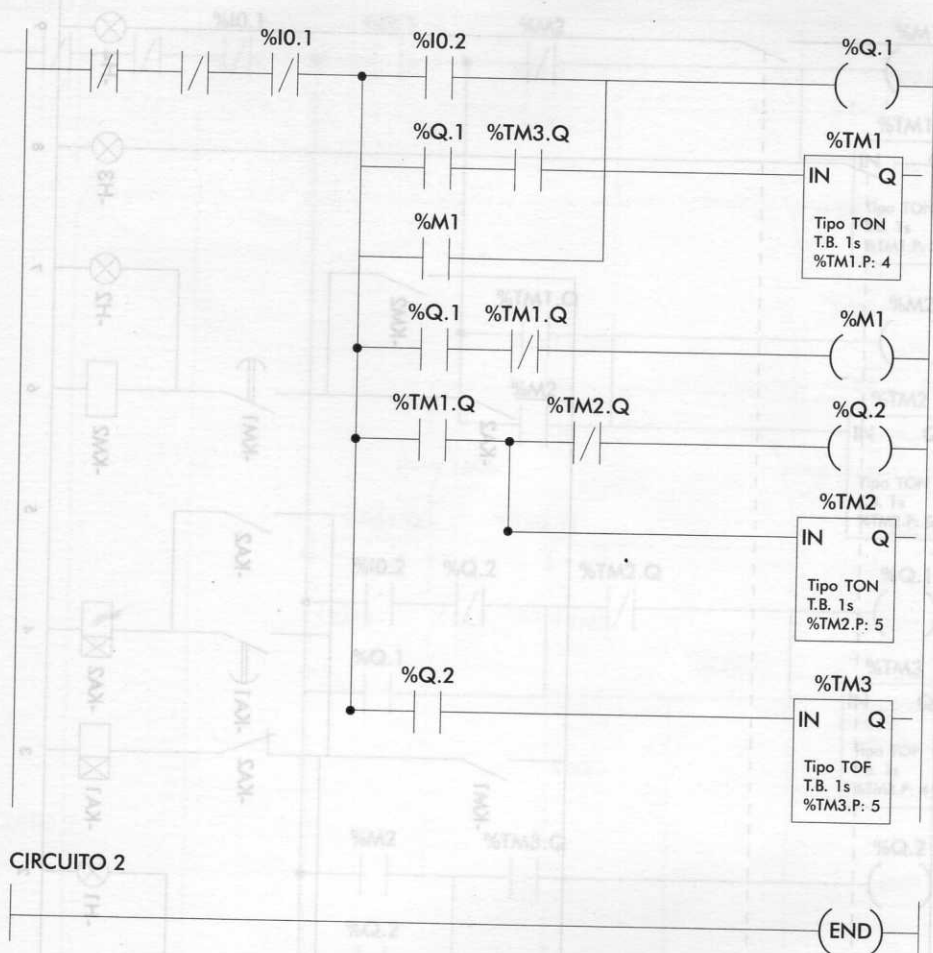


CIRCUITO 1





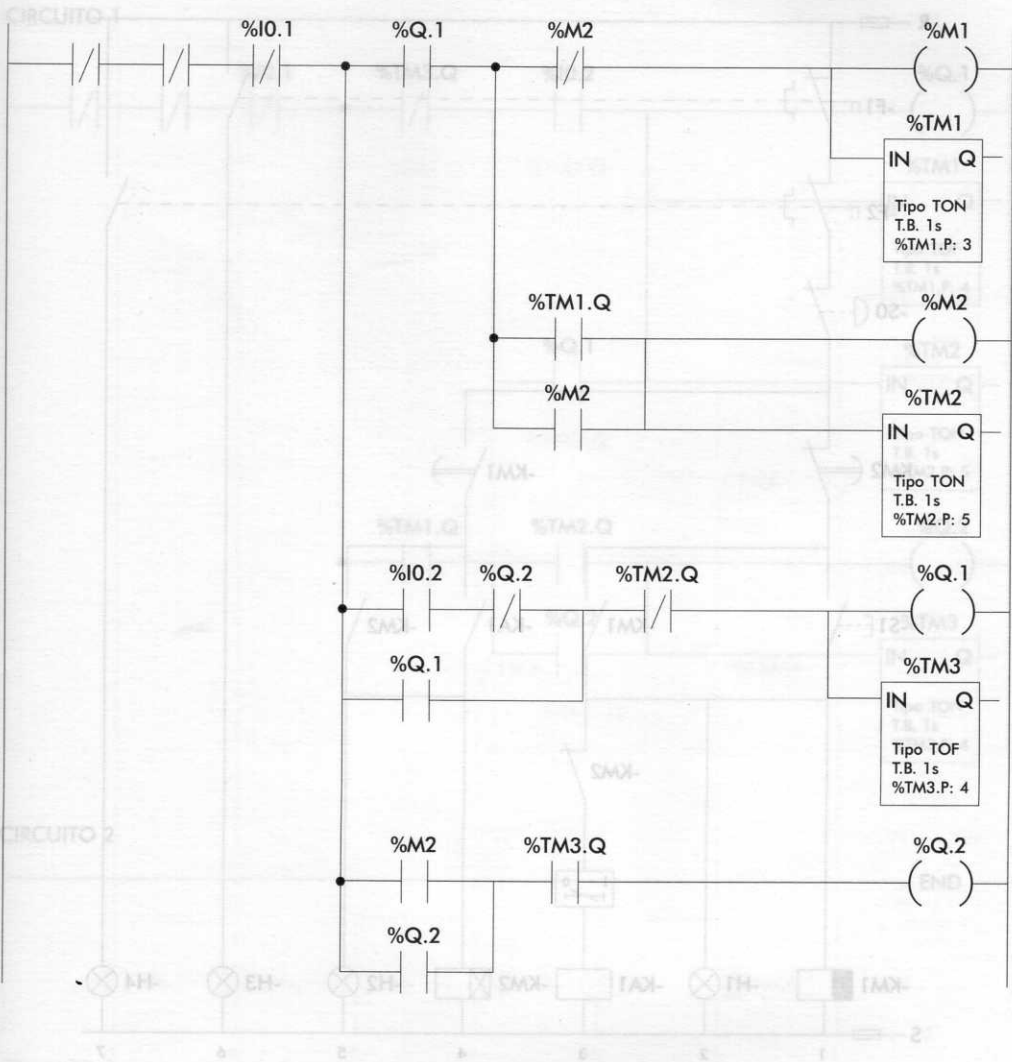
CIRCUITO 1



CIRCUITO 2



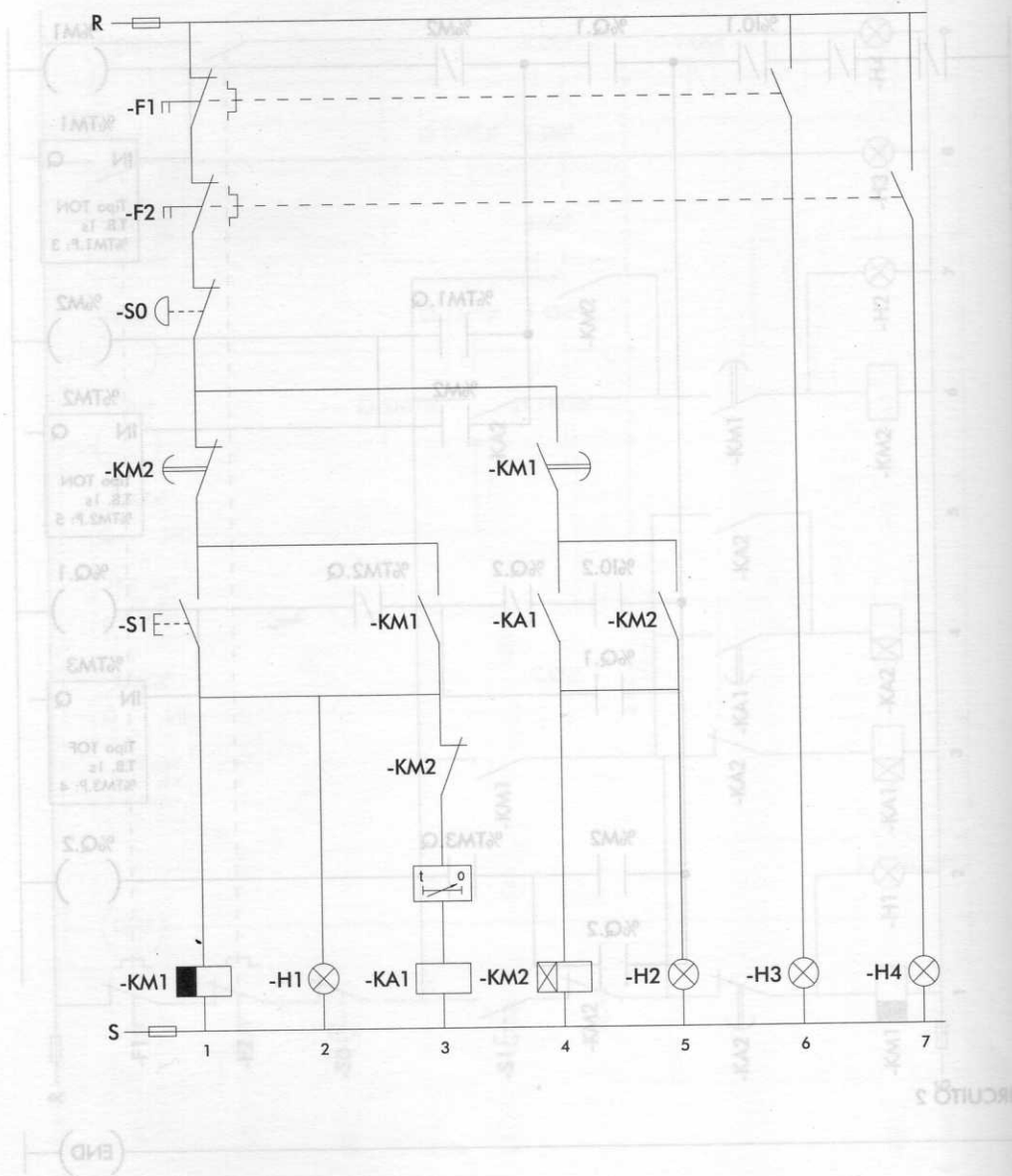
CIRCUITO 1



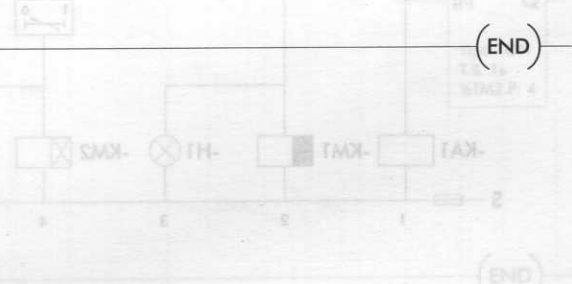
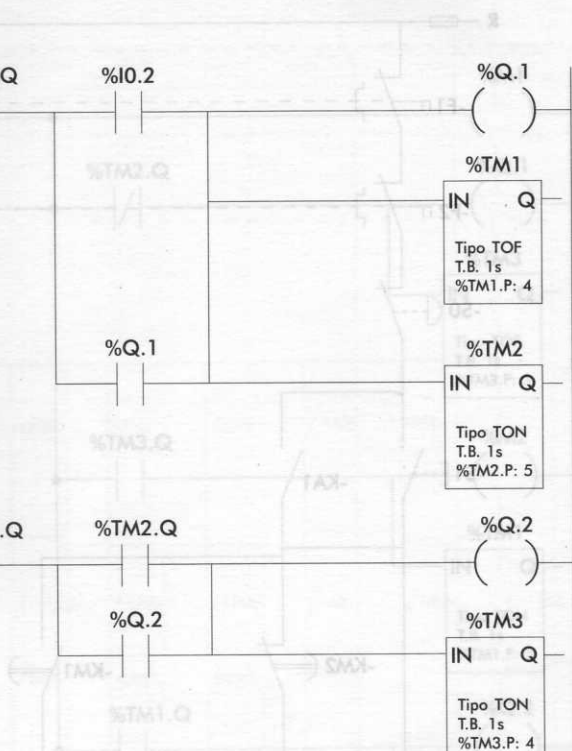
CIRCUITO 2

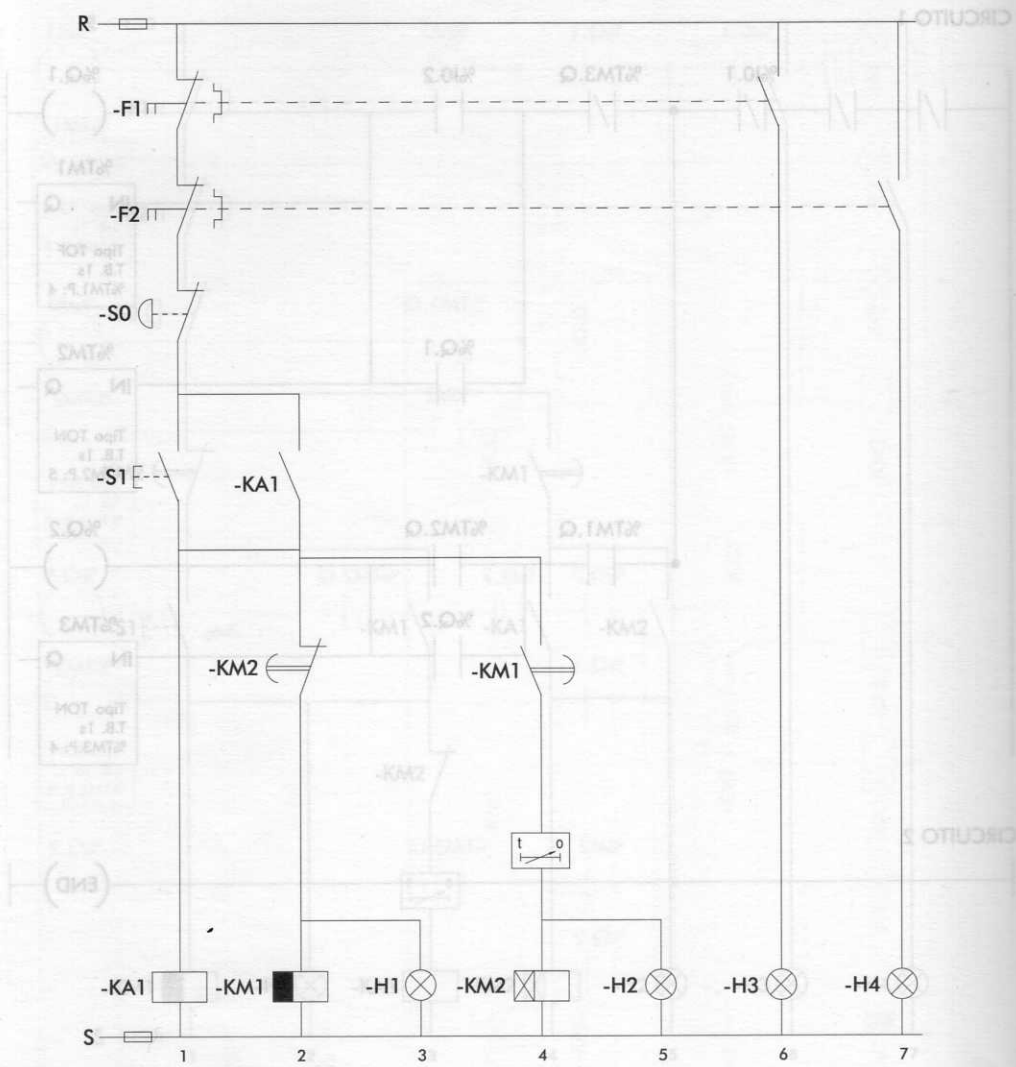


CIRCUITO 1

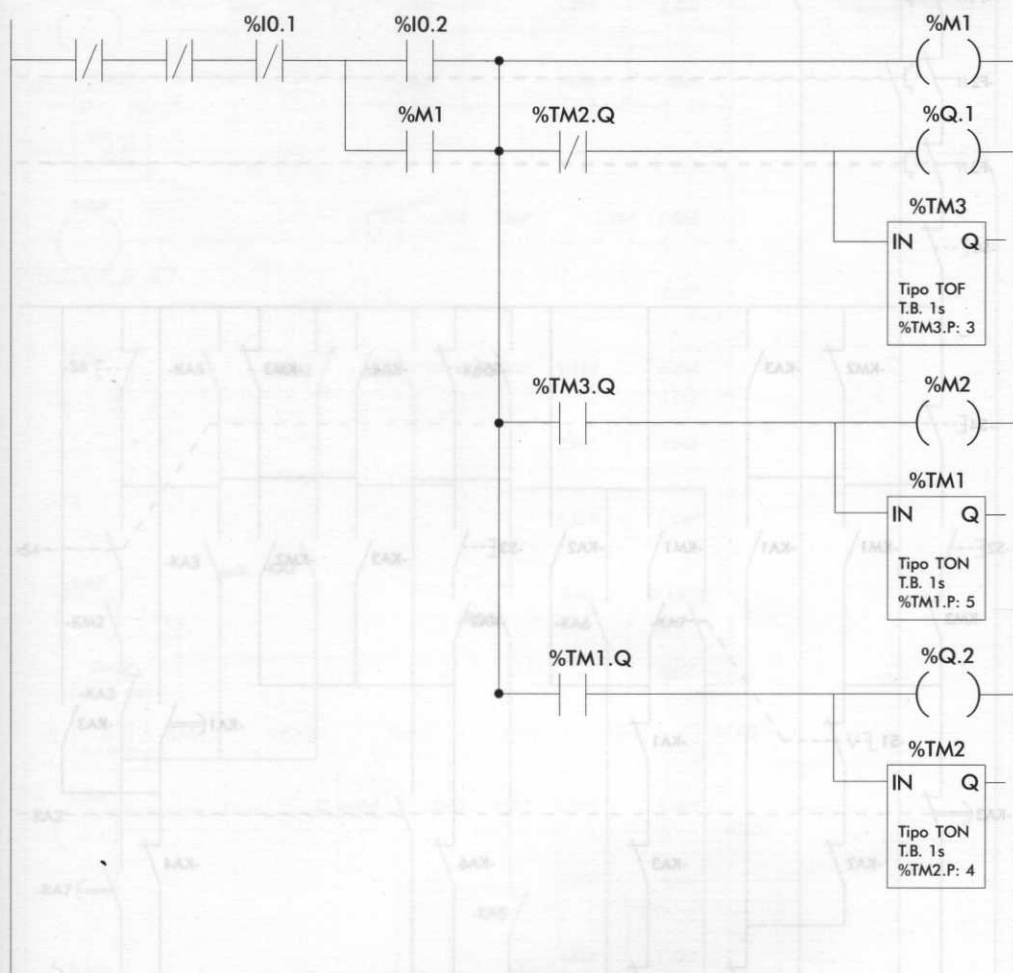


CIRCUITO 2

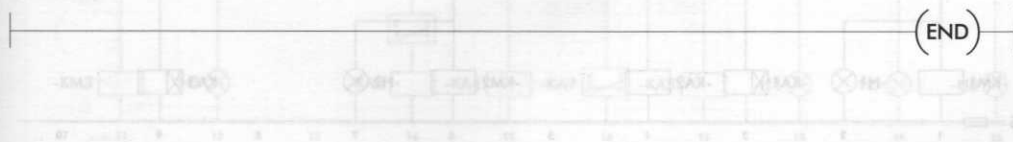


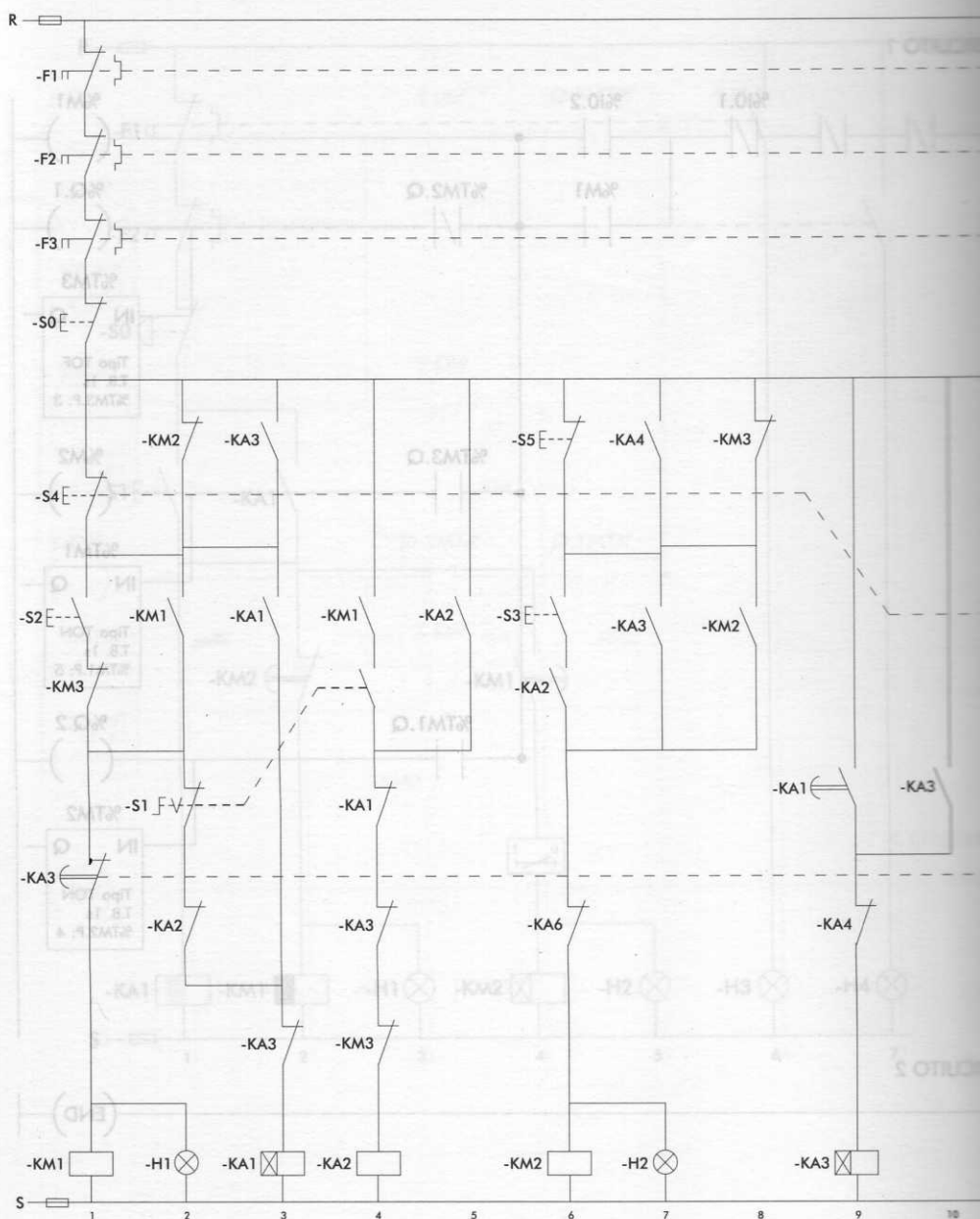


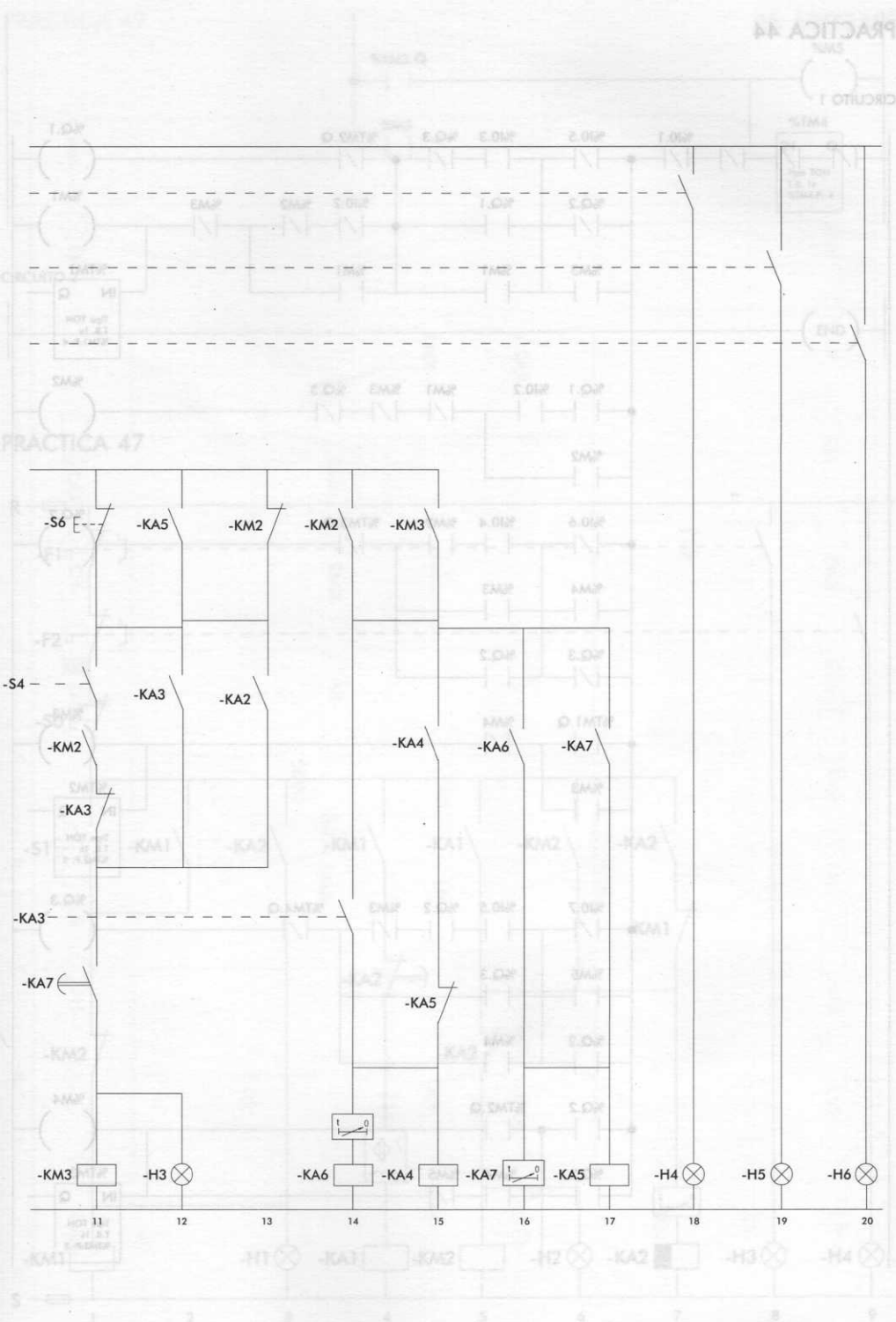
CIRCUITO 1



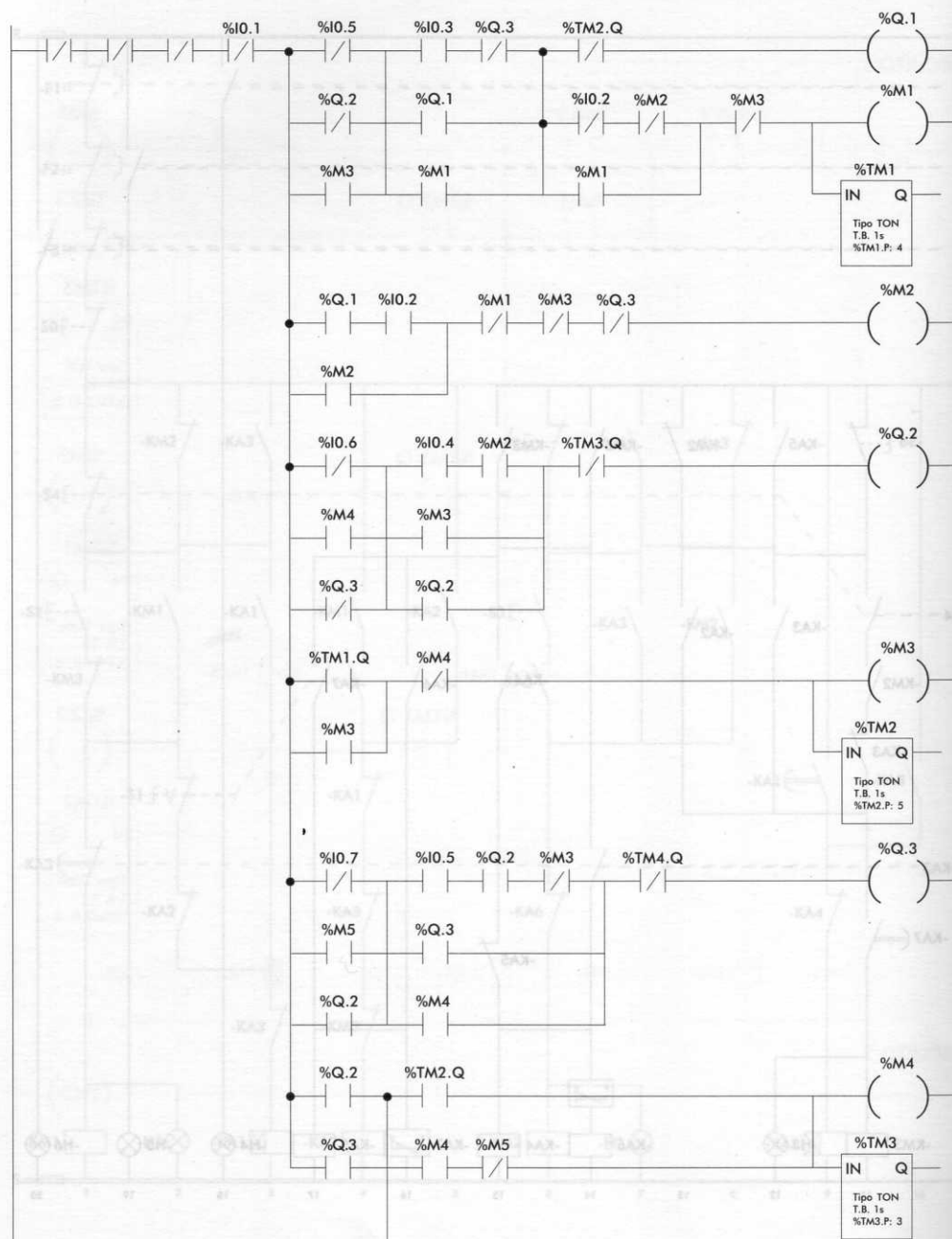
CIRCUITO 2

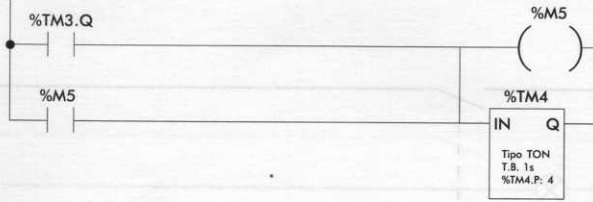






CIRCUITO 1





CIRCUITO 2

(END)

PRACTICA 47

