

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**IMPLEMENTACION DE UN MODULO DE CONTROL DE
MOTORES CON UN CONTROLADOR LOGICO
PROGRAMABLE PICO 1760-L18AWA-EX-ALLEN BRADLEY**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELÉCTRICISTA

PRESENTADO POR:

FAUSTINO PEREZ ESTRELLA

**PROMOCIÓN
1995 - I**

**LIMA – PERÚ
2010**

**IMPLEMENTACION DE UN MODULO DE CONTROL DE
MOTORES CON UN CONTROLADOR LOGICO
PROGRAMABLE PICO 1760-L18AWA-EX-ALLEN BRADLEY**

A mis amados padres, **Sabina**
y **Víctor**; quienes con su
esfuerzo y abnegación
inculcaron en mí valores de
amor por los estudios y el
trabajo honesto.

SUMARIO

El contenido de este trabajo en forma breve lo presentamos a continuación:

El capítulo I muestra en forma resumida la simbología utilizada en los diagramas de los circuitos. Los principios básicos que rigen el funcionamiento de los motores de inducción, los tipos de arranque más conocidos que involucran a dichos motores monofásicos y trifásicos.

El capítulo II enfoca rápidamente las clases de diseño de los motores de inducción y los parámetros que se tienen en cuenta para el control de este tipo de motores.

El capítulo III está relacionado a describir todo lo relacionado con la filosofía de un Controlador Lógico programable, su estructura, tipos y parámetros que se manejan; así como, los lenguajes de programación.

En el capítulo IV trata básicamente de las instrucciones básicas que se utilizan en el lenguaje LADDER de programación de un Controlador Lógico programable. También se ha considerado algo de optoelectrónica; ya que dichos temas son importantes para comprender la configuración circuital que tienen los dispositivos electrónicos que utilizan los PLCs.

En el capítulo V se ha plasmado criterios fundamentales del manejo del software del PLC ALLEN BRADLEY – PICO 1760-L18AWA-EX. Luego el capítulo VI contiene las aplicaciones más conocidas en el control de motores de inducción. Finalmente el anexo A muestra el diseño del módulo que se ha construido, así como los accesorios que se han utilizado para el equipamiento de dicho módulo y su costo, como también el anexo B donde se muestra el costo de la estructura que soportará a los dispositivos que intervienen en el control de los motores.

INDICE

	Pág.
PROLOGO	1
CAPITULO I	
SIMBOLOGIA, PRINCIPIO Y ARRANQUE DE MOTORES DE INDUCCION	2
1.1 Antecedentes.	
1.2 Símbolos utilizados.	2
1.3 Principio de funcionamiento del motor de inducción tipo jaula de ardilla.	5
1.4 Arranque de los motores de inducción tipo jaula de ardilla.	10
1.5 Arranque directo.	12
1.6 Arranque de los motores de anillos rozantes.	14
1.7 Arranque mediante resistencias estatóricas.	15
1.8 Arranque por autotransformador.	17
1.9 Arranque estrella - triángulo.	19
1.9.1 Procedimiento.	19
CAPITULO II	
CLASES DE DISEÑO Y CONTROL DE MOTORES DE INDUCCION	23
2.1 Clases de diseño de motores de inducción.	23
2.1.1 Diseño de clase A.	23
2.1.2 Diseño de clase B.	24
2.1.3 Diseño de clase C.	25
2.1.4 Diseño de clase D.	26
2.2 Circuitos de arranque de un motor de inducción.	27
2.2.1 Protección contra sobrecargas.	28
2.2.2 Protección contra cortocircuito.	28
2.2.3 Modos de conexión.	29
2.2.4 Protección contra variaciones pequeñas de tensión en las líneas.	30
2.3 Control de velocidad de los motores de inducción.	31
2.3.1 Método de los polos consecuentes.	32
2.3.2 Estatores con bobinados múltiples.	34
2.3.3 Modulación de la amplitud polar.	36
2.4 Como elegir un arrancador para motor de corriente alterna.	36

2.4.1	Cómo determinar el tipo de arranque en función de la máquina.	38
CAPITULO III		
CONTROL DE MOTORES CON PLCs		41
3.1	Introducción.	41
3.2	Tecnología cableada.	41
3.3	Tecnología Programable	42
3.3.1	Sistemas de aplicación específica en base a microprocesadores.	42
3.3.2	Autómatas Programables (PLC).	43
3.3.3	Sistemas de control distribuido (DCS).	43
3.4	El controlador lógico programable.	44
3.5	Estructura básica de un PLC.	45
3.5.1	Fuente de alimentación.	46
3.5.2	Unidad de procesamiento central (CPU).	46
3.5.3	Módulos de memoria.	47
3.5.4	Módulos de interfase de entradas ó salidas.	47
3.5.5	Unidad de programación.	47
3.6	Memorias, estructuración y tipos.	47
3.6.1	Bit.	48
3.6.2	Byte.	48
3.6.3	Palabra.	48
3.7	Módulos de entrada (E)	49
3.7.1	Captadores.	49
3.7.2	Captadores con señal.	50
3.7.3	Tipos de módulos de entrada.	50
3.8	Módulos de salida (S).	53
3.8.1	Módulos de salida digital.	53
3.8.2	Módulos de salida analógicos.	54
3.9	Unidad de Programación.	55
3.10	Tipos de PLC.	56
3.10.1	PLCs modulares.	56
3.10.2	PLCs compactos.	57
3.11	Lenguajes de programación.	59
3.11.1	Diagrama de escalera (ladder).	61
3.11.2	Carta de funciones secuenciales (Grafcet).	62
3.11.3	Diagrama de bloques funcionales.	62
3.11.4	lenguajes textuales.	63

3.12	Consideraciones de seguridad en la instalación de Controladores lógico Programables	64
3.12.1	Desenergización.	64
3.12.2	Circuitos de seguridad.	65
3.12.3	Transformador de aislamiento.	65
3.12.4	Apantallamiento.	66
3.12.5	Puesta a tierra.	67
3.12.6	Protección contra sobretensión.	67
CAPITULO IV		
INSTRUCCIONES BASICAS		70
4.1	Instrucciones de Bit	70
4.2	Contacto normalmente abierto.	70
4.3	Contacto normalmente cerrado.	71
4.4	Flancos ascendentes y descendentes.	71
4.5	Actuadores.	72
4.5.1	Activación salida.	72
4.5.2	Enclavamiento y desenclavamiento.	72
4.6	Temporizadores. (SIMATIC S7-200).	73
4.6.1	Funcionamiento de los temporizadores.	74
4.7	Contadores (SIMATIC S7 -200).	76
4.7.1	Características y tipos de contadores.	76
4.7.2	Operaciones de contaje.	76
4.8	Instrucciones de comparación.	77
4.8.1	Comparar byte (Simatic-S7-200).	77
4.8.2	Comparar entero palabra (Simatic –S7-200).	78
4.8.3	Comparar entero palabra doble (Simatic-S7-200).	78
4.8.4	Comparar real (Simatic-S7—200).	78
4.9	Memorias internas (marcas).	79
4.10	Optoelectrónica.	80
4.101	Fotodiodos	81
4.10.2	Fototransistor	82
4.10.3	Leds	83
4.10.4	Matrices de Leds ó displays alfanuméricos	84
4.10.5	Diodos IRED	84
4.10.6	Opto acopladores.	84
4.11	Selección de Controladores programables.	84

4.11.1 Alimentación eléctrica.	85
4.11.2 Unidad de procesamiento central.	86
4.11.3 Entradas discretas.	86
4.12 Ventajas de la aplicación de controladores programables en un proceso industrial.	86
4.13 Aspectos técnico-económicos en la implementación de PLCs en un control de motores.	88
4.13.1 Análisis para la alternativa A.	90
4.13.2 Análisis para la alternativa B.	92
CAPITULO V	
ASPECTOS FUNDAMENTALES EN EL MANEJO DEL SOFTWARE DEL PICO	
PLC-1760-L18xxx–ALLENBRADLEY	
5.1 Requisitos del sistema.	94
5.2 Características externas del Pico Controller 1760-L18xxx.	94
5.3 Aplicaciones del Pico Controller 1760-L18xxx en el campo industrial.	95
5.4 Pico Soft.	95
5.5 Creación de un proyecto.	97
5.6 Insertar un aparato en el proyecto.	97
5.7 Entrada de programa.	98
5.8 Simulación.	99
5.9 Puesta en servicio.	99
5.10 Conector de la interfase Pico.	100
5.11 Conexión.	101
5.12 Elementos del diagrama del circuito Pico.	101
5.12.1 Contactos.	101
5.12.2 Relés.	103
5.12.3 Tipos de relés de función.	103
5.13 Principio de operación de la unidad Pico (Programación)	104
5.14 Proceso de ejecución.	105
5.14.1 Primer ejemplo.	105
5.14.2 Segundo ejemplo.	108
CAPITULO VI	
ALGUNAS APLICACIONES DEL PICO CONTROLLER 1760-18xxx EN EL	
CONTROLDE MOTORES DE INDUCCION (12)	
6.1 Control de semáforo.	111
6.1.1 Descripción tecnológica.	111

6.1.2	Ciclo de funcionamiento.	111
6.2	Arranque de dos bombas alternadas.	113
6.2.1	Descripción tecnológica.	113
6.2.2	Ciclo de funcionamiento.	113
6.3	Arranque secuencial de tres motores.	115
6.3.1	Descripción tecnológica.	116
6.3.2	Ciclo de funcionamiento.	116
6.4	Arranque de un motor en conexión Dahlander.	118
6.4.1	Descripción tecnológica.	119
6.4.2	Ciclo de funcionamiento.	119
6.5	Arranque estrella-triángulo con inversión de giro.	121
6.5.1	Descripción tecnológica.	121
6.5.2	Ciclo de funcionamiento.	121
	Conclusiones.	124
	Anexo A.	126
	Diseño y construcción del módulo	
	Anexo B.	129
	Costo del módulo del laboratorio	
	Anexo C.	130
	Fotografías relacionadas al módulo de control con el PLC	
	Bibliografía	139

PROLOGO

En este trabajo mostramos que la utilización de los controladores lógicos programables, aplicado al control de motores de inducción; tanto como del tipo jaula de ardilla y el de rotor devanado es factible y muy necesario; más cuando el número de motores aumenta en un determinado proceso y la coordinación entre ellos se torna imprecisa; si no se utilizan otros equipos de gran confiabilidad.

El método de trabajo que hemos expuesto básicamente en la aplicación de los arranques más conocidos para el control de motores de inducción en el capítulo VI es el método comparativo entre un circuito de control clásico y su correspondiente de un circuito con PLC.

El alcance de un Controlador lógico Programable en esta obra está relacionado con el control de motores de inducción trifásicos del tipo jaula de ardilla y de rotor devanado. Esto no significa que el PLC no se pueda aplicar a otros tipos de motores ni a otros tipos de controles. Ello está supeditado a los parámetros que se tiene que manejar en un determinado proceso (s) u operación.

Los ejemplos aplicativos que se han plasmado, no tienen ninguna finalidad más que de mostrar las bondades que tienen los programas de este tipo, en el control de motores. También tomamos en forma rasante el aspecto de la protección; no por ser menos importante, sino que no es el objetivo de este trabajo. Se ha incidido en los conceptos de programación que se deben de manejar así como las terminologías usadas.

El objetivo central de este trabajo, de manera concreta, es **mostrar** que se puede mejorar con este tipo de pequeños proyectos **la infraestructura del laboratorio** de la facultad, de tal manera que el estudiante de ingeniería eléctrica conozca de manera real el manejo de los PLCs relacionado con el control de motores.

Agradezco en primer lugar al Ingeniero **Luis Rojas Miranda**, por su apoyo incondicional para llevarse a cabo la implementación del módulo, al asistente **Fernando Vidal Mamani** del laboratorio de Ciencias e Ingeniería de la facultad de Ingeniería Eléctrica de la UNI, y a todas aquellas personas que de alguna forma hicieron posible la realización de esta obra.

CAPITULO I

SIMBOLOGIA, PRINCIPIO Y ARRANQUES DE MOTORES DE INDUCCION

1.1 Antecedentes

No existe en el laboratorio de electricidad módulos o bancos de prueba, que sirvan para el aprendizaje práctico que esté relacionado con tareas en el uso de los PLCs; en el control de motores de inducción de los tipos de rotor devanado y de jaula de ardilla.

Coincidentemente quien escribe estas líneas ha tenido experiencias de trabajo, tanto en el campo industrial (modestamente); como instructor en una institución formadora de técnicos electricistas (SENATI).

Esto motivó a que realizara un proyecto de implementación, de un módulo de pruebas de control de motores con PLCs al interior del laboratorio de electricidad, ya que precisamente formaba parte de las tareas que están en el expediente de titulación. Gracias a la sugerencia y aprobación del Ingeniero **Luis Rojas Miranda** (Laboratorio de electricidad), nos pusimos de acuerdo para iniciar la tarea de la construcción de dicho módulo.

La construcción del soporte (perfil metálico cuadrado y madera laqueada) estuvo bajo mi responsabilidad, así como el diseño de la posición exacta de los dispositivos de fuerza y control, como del PLC. El cableado de los circuitos fue realizado por el trabajador del laboratorio **Fernando Vidal Mamani**

Por el lado del laboratorio de Electricidad de la FIEE se contó con el aporte de dispositivos (contactores, pulsadores, relés, etc.), Monitor, CPU, PLC (Pico PLC 1760 ALLEN BRADLEY) y motores de inducción. Fue así como se dio inicio a la realización de este proyecto.

Los beneficios que se han de dar en el laboratorio de la FIEE, aunque parezca algo trivial con el hecho de contar con un módulo de este tipo, no son pocos. Ya que cuando un estudiante (participante) de nuestra facultad, en la mayoría de las ocasiones egresa con un conocimiento muy pobre en cuanto al manejo de los PLCs.










La construcción de este módulo tiene justamente como objetivo central tener en el laboratorio de la Facultad un banco de pruebas de este tipo y así elevar el aprendizaje de las habilidades prácticas que también debe de poseer el egresado.

1.2 Símbolos utilizados

Cada órgano que constituye el aparato (bobina, contacto auxiliar, etc) está representado por un símbolo que debe estar rigurosamente de acuerdo con las reglas adoptadas. Esto permite en la lectura del esquema conocer cuáles son las funciones realizadas por los diversos elementos y comprender el funcionamiento del equipo.

Los símbolos gráficos representados a continuación reflejan las últimas tendencias de la simbolización [1].

Tabla 1.1 Naturaleza de las corrientes, conductores, bornes y conexiones.

DESCRIPCION	SIMBOLO
Corriente alterna	
Corriente continua	
Puesta a tierra	
Puesta a masa	
Conductor circuito auxiliar	
Conductor circuito principal	
Cruce sin conexión	
Cruce con conexión	
Punto de conexión	

Cabe resaltar que en los circuitos de fuerza de los arranques mostrados en esta obra se han utilizado la simbología que se tiene en el Código Nacional de Electricidad. En cuanto a los esquemas de control, en todos los esquemas se ha utilizado la simbología perteneciente al sistema DIN.

Con respecto a los esquemas del Pico PLC se ha trabajado con la simbología que Maneja el propio software. Así mismo en el caso de la terminología de la parte electrónica que se ha desarrollado para explicar la filosofía de los PLCs, se ha mantenido los símbolos que sugieren los autores de los manuales, esto se ha transcrito de tal manera que no genere ninguna incoherencia en el desarrollo del trabajo.

Los dibujos que se han elaborado tratan de reflejar con gran aproximación a los originales ya que el software (Paint) utilizado no posee un banco de elementos aislados para su exacta representación

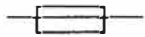










Tabla 1.2 Contactos eléctricos utilizados

DESCRIPCION	SIMBOLO
* Contacto "cierre" NA ,símbolo general Principal 2) auxiliar	
* Contacto "apertura" NC (símbolo general) Principal "2) auxiliar	
*Contacto temporizado al trabajo NA y NA	
*Contacto temporizado al reposo NC Y NA	
Interruptor (símbolo general	
Seccionador	
Seccionador fusible	
Disyuntor	
Contactador	
*Ruptor	

Tabla 1.3 Enlaces Varios utilizados a lo largo de la obra

DESCRIPCION	SIMBOLO
Enlace mecánico	-----
Enclavamiento mecánico	--- ---

Tabla 1.4 Materiales o elementos diversos

DESCRIPCION	SIMBOLO
Fusible	
Diodo Rectificador	
Condensador	
Pila o acumulador	
Resistor	
Resistencia variable	
*Línea de separación	
Variabilidad extrínseca lineal	
Transformador de tensión	
Autotransformador	
*Lámpara de señalización general	

Nota Los símbolos precedidos por un asterisco (*) no pertenecen al Código Nacional de electricidad, han sido tomados del sistema DIN o en su defecto algunos pertenecen al sistema norteamericano

1.3 Principio de funcionamiento del motor de inducción tipo jaula de ardilla

En un motor de CA, la estructura estándar del rotor es la denominada jaula de ardilla. En la figura 1.2 se presentan el dibujo isométrico y el dibujo frontal de un motor tipo jaula de ardilla, haga también la referencia a la figura 1.1.

Las barras conductoras y los anillos terminales generalmente son de aluminio, formados por un proceso de fundición, pero en los motores de gran potencia pueden ser de cobre. El núcleo es de una aleación basada en hierro con una buena permeabilidad magnética.

El eje es de acero de alta resistencia mecánica, como siempre es soportado por dos cojinetes montados en las campanas terminales del motor, como de costumbre.

Obsérvese con cuidado que no hay ninguna conexión en absoluto hacia el rotor jaula de ardilla. Esto es, ningún suministro externo de CD o de CA está conectado por medio de escobillas a las trayectorias conductoras del rotor, ni a través de anillo colector dividido ni

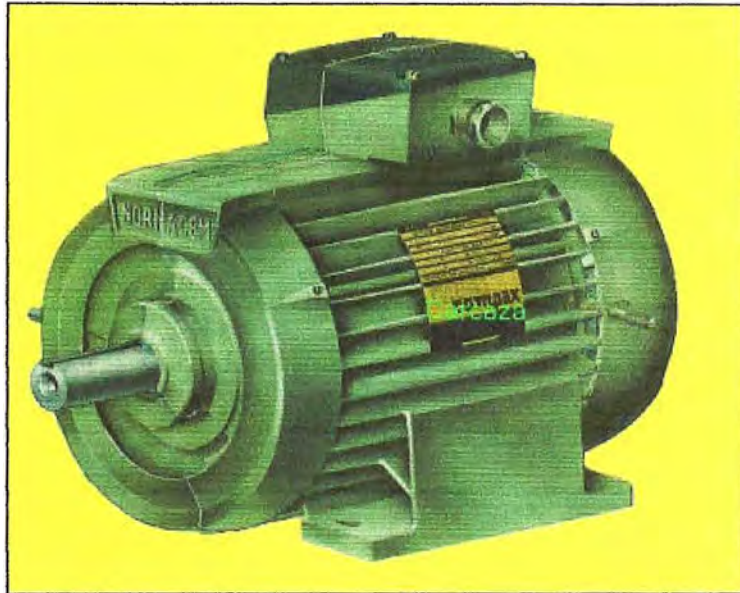


Figura 1.1 Motor de inducción tipo jaula de ardilla

por anillos colectores continuos. Es más no hay interruptores, ni mecánicos ni electrónicos, en los circuitos del estator de la figuras 1.2. Por tanto la máquina no tiene conmutadores en el campo del estator, y ni siquiera conexiones externas (ya ni digamos conmutadores) en el circuito de armadura del rotor. Esta es la ausencia de conmutadores que indicamos en la introducción del capítulo.

Ciertamente hay un flujo de corriente en las barras conductoras. Siempre interviene una corriente eléctrica que interactúa con un campo magnético para producir una fuerza mecánica. Las corrientes en las barras conductoras son inducidas en ella por un campo magnético giratorio. Podemos entender este funcionamiento estudiando tres barras adyacentes que se presentan en las figuras 1.3

Las tres partes de la figura 1.3 muestran la misma sección del rotor en el mismo instante de tiempo. No estamos avanzando en el tiempo, Estas son como tres instantáneas tomadas por tres cámaras separadas, todas disparadas al mismo tiempo. En la figura 1.3 a se muestra la situación general en esta vecindad del rotor jaula de ardilla. En la figura 1.3 b se muestra lo que está ocurriendo desde el punto de vista de la bobina que consta de la barra 1, la barra 2 y los segmentos de anillo terminal que los unen en ambos extremos del rotor. En la figura 1.3c se muestra lo que está ocurriendo desde el punto de vista de la "bobina" constituida por la barra 2, la barra 3 y los

segmentos de anillo terminal. Nótese que la barra 2 es compartida por, o es común a estas dos “bobinas”.

Supongamos que el flujo del estator se mueve en la dirección de la manecillas del reloj, como se indica en la figura 1.3a .Por supuesto, el flujo norte está concentrado en un punto .Está repartido en un cierto rango angular como se ve claramente en las partes (b)

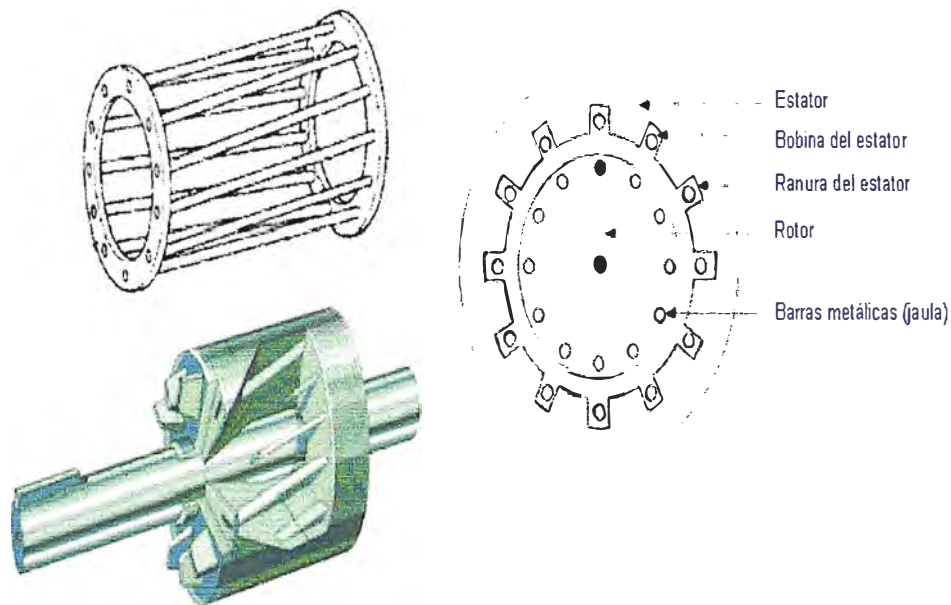


Figura1.2 Vista interiormente de un motor de inducción tipo jaula de ardilla

y (c) .Sin embargo es más denso en el centro del rango. Esto se representa en las partes (b) y (c) mostrando las líneas de flujo individuales muy juntas en el centro, luego separándose a medida que nos acercamos a las orillas del rango de flujo. El rotor se mueve en la dirección de las manecillas del reloj .Debemos aseverar esto por adelantado, aún antes de explicar porqué .Sin embargo no se mueve tan rápido como el campo magnético giratorio. Por tanto, en el instante mostrado en la figura 1.3a el flujo norte está barriendo a través de las tres barras del rotor, de izquierda a derecha (en dirección de las manecillas del reloj).

En la figura 1.3b el enfoque se centra en la bobina tomada por las barras 1 y 2 del rotor .A medida que el campo giratorio alcanza a la bobina, el flujo magnético que pasa a través del interior de la bobina está aumentando, a alguna razón de $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$.

Este cambio de flujo induce un voltaje en la bobina, por la ley de **Faraday** (es el mismo principio que el de un transformador) .El voltaje inducido hace circular una corriente en la bobina debido a que su resistencia interna es muy baja. Pero ¿Cuál es la dirección de la corriente?

Para conocer esta respuesta simplemente aplicaremos la Ley de Faraday en cada

barra De acuerdo con la ley de **Lenz**, la dirección de la corriente debe crear su propio flujo tal que se oponga al aumento de flujo del estator. Esto es, el propio flujo de la bobina debe apuntar desde adentro hacia afuera, en oposición al flujo del estator. Para lograr



Figura 1.3a Giro del campo magnético que se presenta en el entrehierro de un motor tipo jaula de ardilla

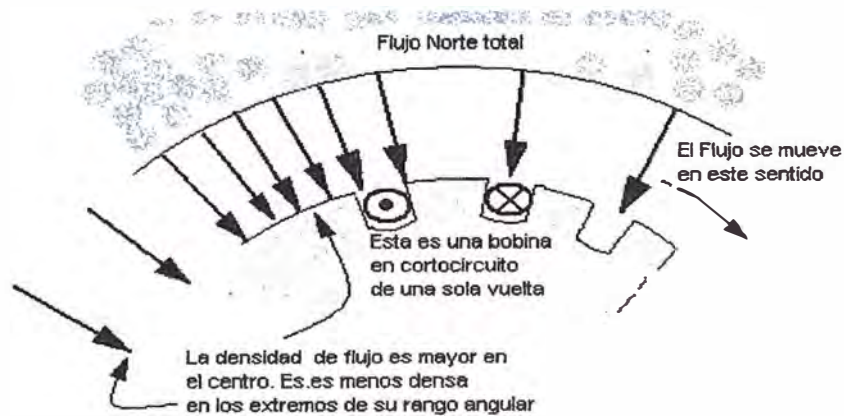


Figura 1.3b Dirección de la intensidad inducidas en dos barras del rotor de un motor tipo jaula de ardilla

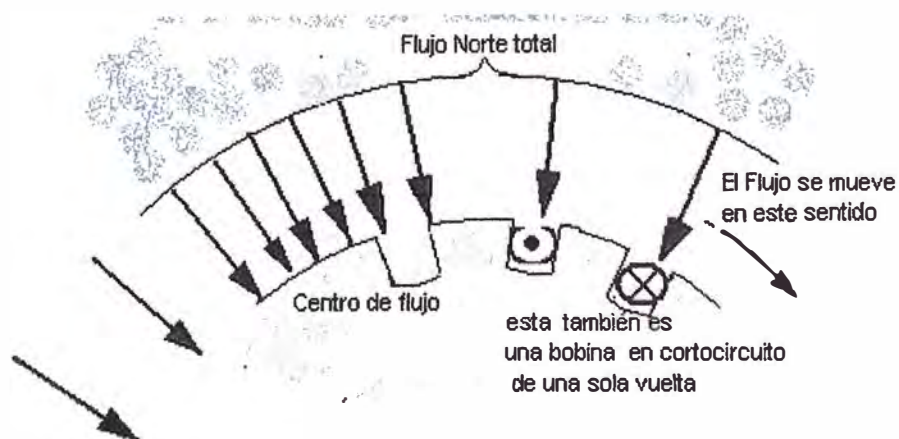


Figura 1.3c Segundo instante del sentido de las corrientes inducidas en el rotor anterior

esto, la bobina de la figura 1.3b trata de circular la corriente hacia dentro de la página en la barra 2(cruz) y de regreso hacia afuera de la página en la barra 1 (punto). Aplique la regla de la mano derecha para comprobar que ésta circulación se opone al aumento de flujo norte. Esta circulación de corriente es la que le gustaría hacer a la bobina de la barra 1 y la barra 2, con base en lo que está ocurriendo, estrictamente desde su propio punto de vista.

Ahora vea la figura 1.3c. Esta muestra lo que le gustaría hacer a la bobina compuesta por las barras 2 y 3. También está experimentando un aumento de flujo norte del estator, a medida que el campo giratorio la alcanza. La razón de cambio es $\frac{\Delta\phi_{2-3}}{\Delta t}$. Este cambio de flujo induce voltaje debido a la ley de Faraday, que entonces hace circular una gran corriente debido a la ley de OHM. La dirección de circulación en esta bobina es hacia dentro de la página en la barra 3 (cruz) y de regreso hacia afuera de la página en la barra 2 (punto). La ley de LENZ hace que la bobina 2-3 quiera hacer esto por la misma razón que la ley hizo que la bobina 1-2 quisiera hacer lo que se muestra en la parte (b), es decir que la bobina se oponga al aumento de flujo del estator norte.

De esta manera la barra 2 está siendo empujada y halada de dos maneras opuestas. La bobina 1-2 de la parte (b) quiere que conduzca corriente hacia dentro de la página, alejándola de nosotros. La bobina 2-3 de la parte (c) quiere que conduzca corriente fuera de la página, hacia nosotros. La dirección real de la corriente de la barra 2 es decidida por la bobina que tiene un voltaje inducido mayor, esto es decidido, de acuerdo con la ley de Faraday por la bobina que experimenta la razón de cambio de flujo con respecto al tiempo $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ más rápida.

Ahora no hay duda de que el flujo del estator mismo a través de la bobina 1 - 3, Φ_{1-2} , es mayor que el flujo del estator mismo a través de la bobina 2-3, Φ_{2-3} . Sin embargo. ¿Significa esto que la razón de cambio es mayor a través de la bobina 1-2? No. De hecho esto significa justo, lo opuesto. Donde el flujo es grande, ahí su razón de cambio $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ es pequeña. Donde el flujo es pequeña, su razón de cambio $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ es grande. Esta es la manera como siempre funciona la naturaleza en cualquier situación de onda senoidal. En nuestra situación $\frac{\Delta\phi_{2-3}}{\Delta t}$ es mayor que $\frac{\Delta\phi_{1-2}}{\Delta t}$ por lo que la bobina 2-3 domina a la bobina 1-2. Así que la dirección real de la corriente en la barra 2 es hacia fuera de la página, como se muestra en la figura 1.2c

Aplicando la relación de **LORENTZ** a la corriente de la barra 2 y al campo magnético que apunta hacia abajo, obtenemos una fuerza magnética hacia la derecha, como se muestra en la figura 1.3. Esto produce un par en las dirección de las manecillas del reloj en el

rotor. Por lo tanto nuestra aseveración anterior de que el rotor gira en dirección de las manecillas del reloj, al igual que el campo giratorio del rotor, ahora se comprueba correcta. Toda esta descripción para conseguir la compensación de una sola barra del rotor, ciertamente no vamos a repetirla para cada una de la barras de la figura 1.4 .Pero si lo hiciéramos encontraríamos que todas las barras están recibiendo flujo norte que conducen corriente hacia fuera de la página, hacia nosotros. También todas las barras que están experimentando flujo sur conducen corriente I hacia dentro de la página, alejándola de nosotros .Esta situación general se ilustra en la figura 1.5 conjuntamente con la aparición de Una fuerza resultante F y una densidad de campo magnético B .Esta situación por supuesto obliga al rotor a girar en el sentido de giro del campo magnético giratorio [2]

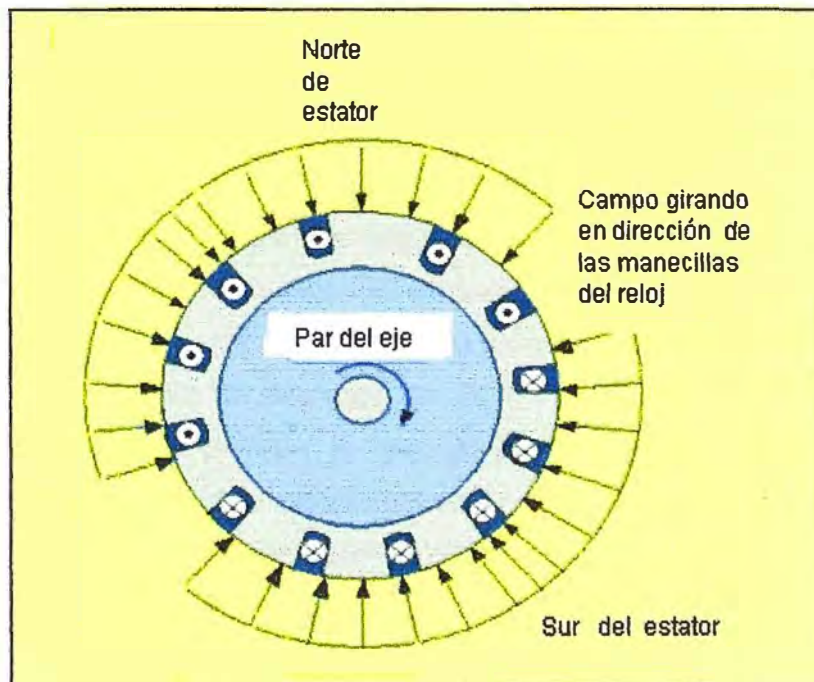


Figura 1.4 Campo magnético resultante giratorio de dos polos

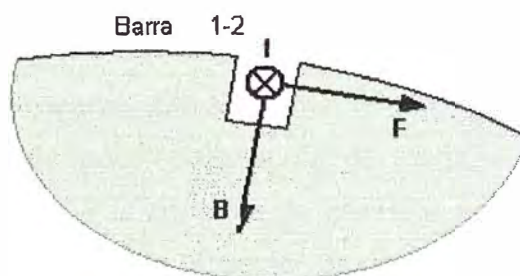


Figura 1.5 Disposición de los vectores I , B y F en una bobina rotórica (barra)

1.4 Arranque de los motores de inducción tipo jaula de ardilla

Los motores de inducción no tienen la clase de problemas de arranque que tienen los motores sincrónicos .En muchos casos ,los motores de inducción se pueden arrancar

conectándolos simplemente a la línea de potencia .sin embargo ,a veces hay buenas razones para no hacerlo en esta forma .Por ejemplo La corriente que necesita para dar inicio al giro puede causar una caída de tensión en el sistema de potencia tal que no se permite el arranque directo con la línea en motores de inducción de rotor devanado ,el arranque se puede lograr relativamente con bajas corrientes ,insertando una resistencia adicional en el circuito del rotor .Durante el arranque esta resistencia adicional no solamente aumenta el momento de torsión de arranque ,sino que también disminuye la corriente de arranque

Para los motores de inducción tipo jaula de ardilla .la corriente de arranque puede variar simplemente ,dependiendo primero de la potencia nominal del motor y de la resistencia efectiva del rotor en condiciones de arranque .Para calcular la corriente del rotor en condiciones de arranque todos los motores jaula de ardilla tienen una letra de código para el arranque ;no confundirla con la letra que señala la clase de diseño en su placa de identificación .La letra de código limita la cantidad de corriente que el motor puede tomar de la línea en el momento de arranque

Estos límites se expresan en términos de potencia aparente del motor en función de sus caballos de potencia nominales .En el cuadro siguiente se puede ver la tabla que contiene los kiloamperios por caballo de potencia para cada una de la letras de código. Para determinar la corriente de arranque de un motor de inducción, léase la tensión nominal, los caballos de potencia y la letra de código de su placa de identificación, entonces la potencia reactiva de arranque del motor será:

$$S_{\text{arranque}} = (\text{Caballos de Potencia}) (\text{Factor x la letra de código}) \quad (1.1)$$

Y la corriente de arranque puede hallarse mediante la ecuación

$$I_L = \frac{S_{\text{ARRANQUE}}}{\sqrt{3} * V_T} \quad (1.2)$$

Si fuera necesario la corriente de arranque de un motor de inducción se puede reducir con un circuito de arranque .Sin embargo, si esto se lleva a cabo, también se reduciría el momento de torsión de arranque del motor.

Una manera de disminuir la corriente de arranque es insertando inductancias o resistencias adicionales en la línea de alimentación de potencia durante el arranque .Otra posibilidad es reducir el voltaje en los bornes del motor durante el arranque, por medio de autotransformadores reductores. La figura 1.6 muestra un circuito de arranque, los contactos KM1 y KM2 se cierran, alimentando al motor con un menor voltaje .Tan pronto como el motor está próximo a levantar velocidad, tales contactos se abren y los contactos KM3 se cierran, éstos conectan el voltaje total de la línea con el motor.

Tabla 1.1 Tabla NEMA de letra código que indica los kilo voltamperios por caballo de fuerza nominales de un motor. Cada letra de código llega, sin incluirla hasta el límite inferior de la siguiente clase superior (Propiedad de NEMA)

Letra Código nominal	Rotor bloqueado kVA / Hp	Letra Código nominal	Rotor bloqueado kVA /Hp
A	0-3,15	L	9,00-10,00
B	3,15-3,55	M	10,00- 11,20
C	3,55- 4,00	N	11,20-12,50
D	4,00-4,50	P	12,50-14,00
E	4,50-5,00	Q	14,00-16,00
F	5,00- 5,60	R	16,00-18,00
G	5,60- 6,30	S	18,00-20,00
H	6,30- 7,10	T	20,00- 22,40
J	7,10- 8,00	U	22,40- adelante
K	8,00-9,00		

Es importante tener en cuenta que mientras la corriente de arranque se reduce en proporción a la disminución de la tensión en los bornes, el momento de torsión de arranque disminuye en proporción al cuadrado de la tensión que se aplique. Por lo tanto, si el motor va a arrancar con carga en el eje, solamente se podrá reducir una determinada cantidad de corriente.

1.5 Arranque directo

Se aplica a aquellos motores de una potencia nominal menor de 5KW (6.8 C.V), aunque en la práctica sólo se aplica para motores de potencia nominal menor de 5CV.

A continuación se adjuntan las curvas de intensidad / velocidad y de par / velocidad del motor con este tipo de arranque (Figuras 1.7 y 1.8)

Es un sistema de arranque (Figura 1.9) obtenido en un solo tiempo; el estator del motor se acopla directamente a la red. El motor arranca con sus características naturales con una fuerte punta de intensidad. Este procedimiento es ideal si es tolerable la punta de intensidad y si el par inicial de arranque del motor (fijado por el tipo de construcción del rotor y cerca de 1,5 Cn) es conveniente en la puesta en marcha de la máquina.

La punta de intensidad, en la puesta en marcha es muy elevada, del orden de 4 a 8 veces la intensidad nominal, El Par durante el arranque es siempre superior al Par nominal sobre todo para los motores modernos de jaulas complejas. Es máximo cuando el motor alcanza el 80% de su velocidad; en este, momento la punta de la intensidad está considerablemente amortiguada.

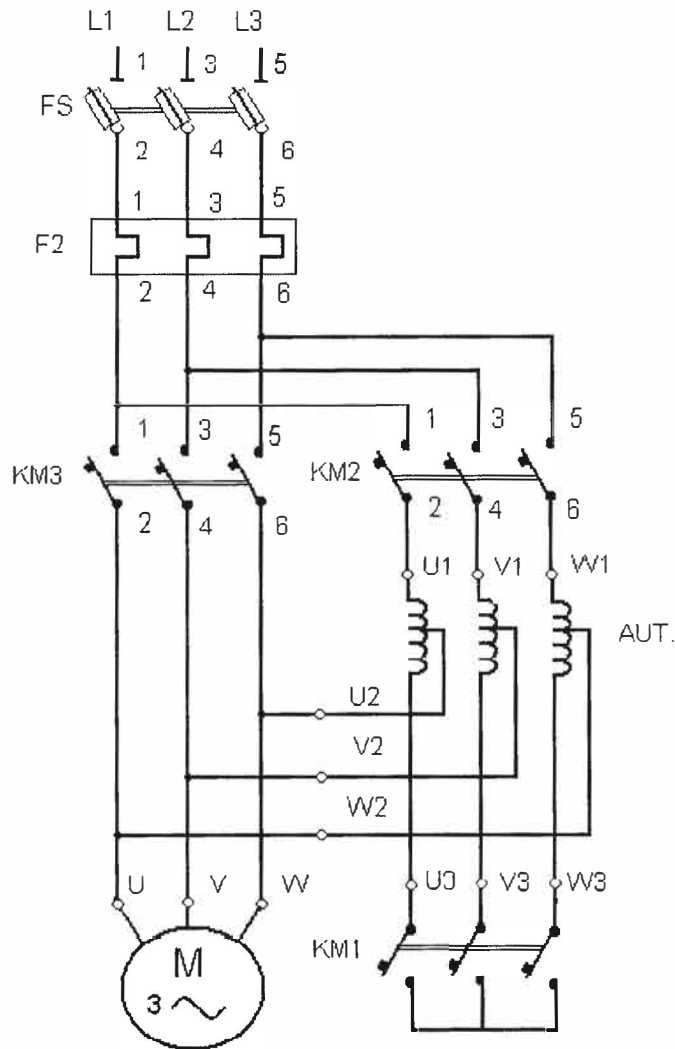


Figura 1.6 Arrancador por autotransformador de un motor de inducción

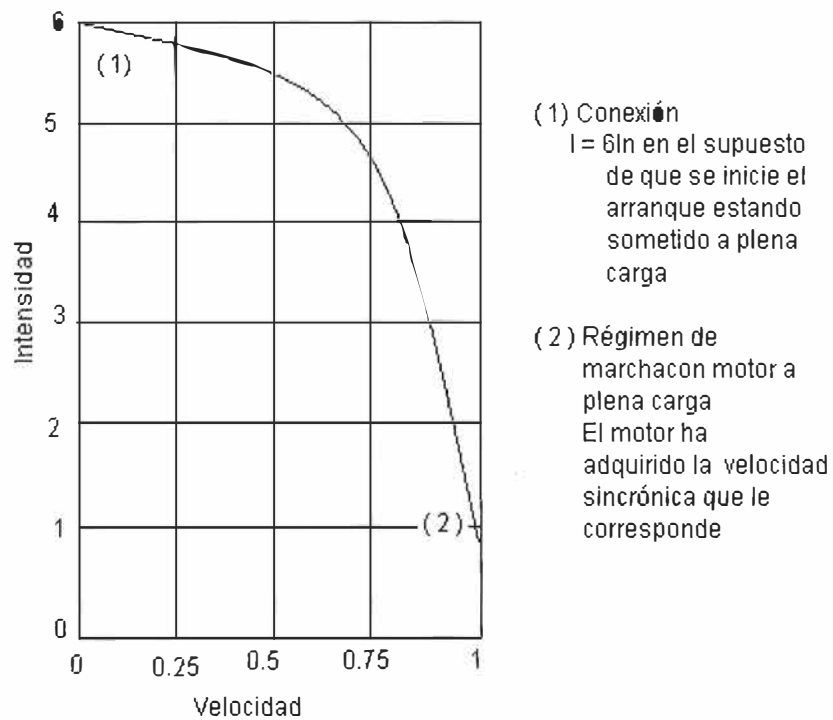


Figura 1.7 Curva Intensidad versus velocidad de un motor de inducción tipo jaula de ardilla

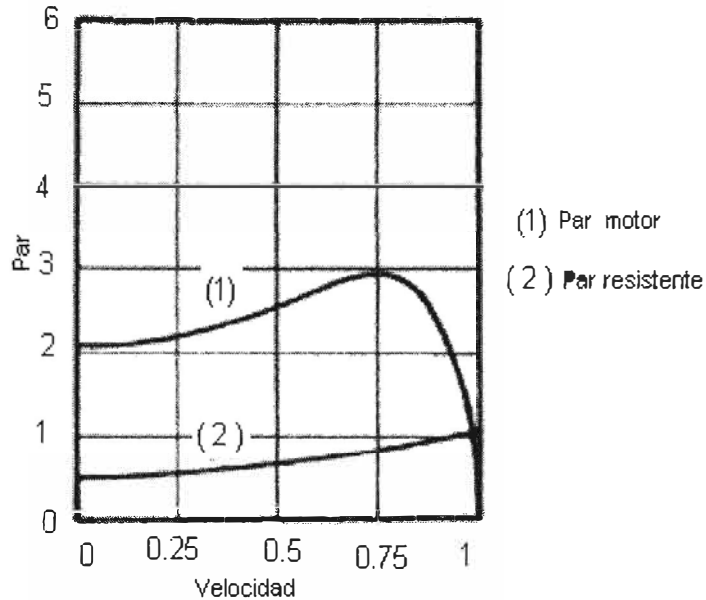


Figura 1.8 Curva Torque versus velocidad de un motor de inducción tipo jaula de ardilla

Este dispositivo permite arrancar las máquinas incluso en plena carga, si la red admite la punta de corriente en el momento de arranque. Es pues indicado para las máquinas de pequeña y mediana potencia. Sin embargo, el par en el momento de la puesta en tensión es cerca de 1,5 Cn, Este procedimiento no está recomendado si el arranque debe hacerse lenta y progresivamente (determinados montacargas, cintas transportadoras, etc.)

Si es necesario para un motor jaula reducir la punta de intensidad en la puesta de tensión o el par inicial de arranque, es preciso recurrir a un dispositivo que permite alimentar a lo largo del primer tiempo al estator del motor con tensión reducida.

Para una velocidad determinada, la corriente en un devanado del motor se reduce proporcionalmente a la tensión y al cuadrado de la tensión [1].

1.6 Arranque de los motores de anillos rozantes

Un motor de anillos rozantes no puede arrancar en forma directa. Para ello se inserta devanados rotóricos que serán cortocircuitados sin provocar puntas de corrientes inadmisibles. Es necesario que al mismo tiempo que se alimenta al estator a plena tensión de la red, se introduzcan progresivamente resistores cortocircuitados. El cálculo de la resistencia insertada (figura 1.10) en cada fase permite determinar de forma rigurosa la curva par-velocidad obtenida: para una par dado. La velocidad es tanto más baja cuanto más alta sea la resistencia, ésta debe ser insertada totalmente en el

momento del arranque donde se alcanzará la velocidad nominal y cuando esté totalmente cortocircuitada. La corriente absorbida es sensiblemente proporcional al par proporcionado o por lo menos sensiblemente superior al valor teórico.

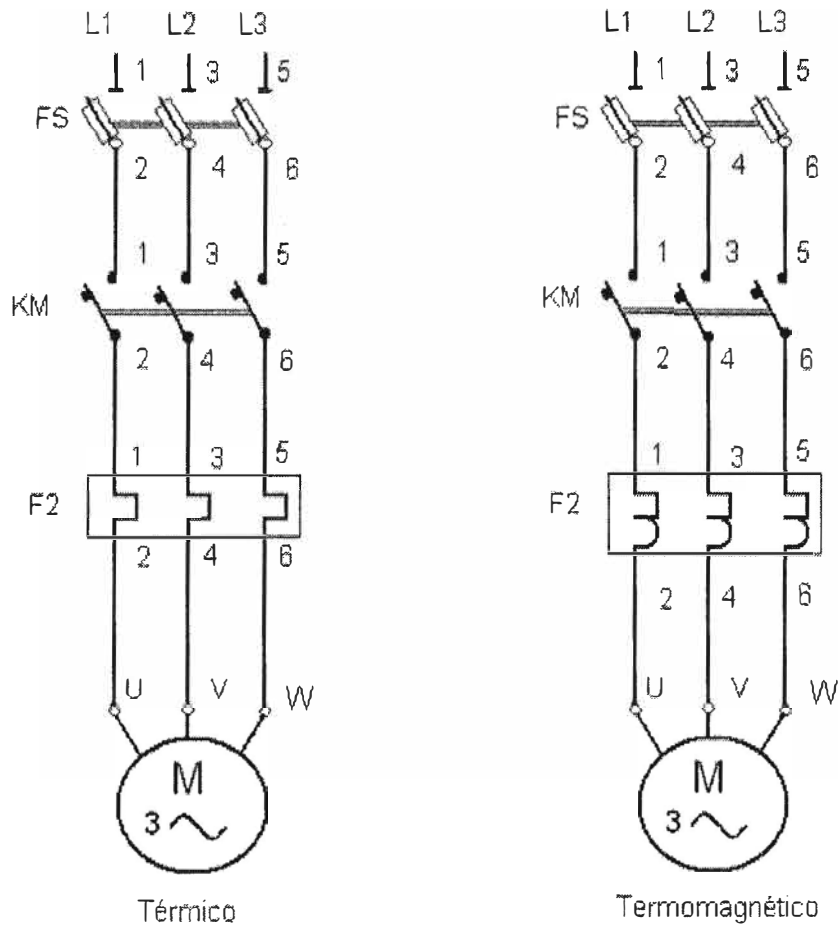


Figura 1. 9 Diagrama de fuerza de un motor asíncrono tipo jaula de ardilla

Por ejemplo, para un par inicial de arranque igual a $2 C_n$ la punta de corriente será aproximadamente a $2I_n$. Esta punta es pues considerablemente más pequeña y el par máximo de arranque más elevado que el motor jaula para el cual los valores típicos son del orden de $6 I_n$ para $1,5 C_n$. El motor de anillos, con un arranque rotórico se utiliza en todos los casos donde las puntas de corriente deben ser mínimas y en todas las máquinas que arrancan a plena carga. Por otra parte este tipo de arranque es extremadamente flexible (Figuras 1.11 y 1.12), porque es fácil de ajustar el número y el aspecto de las curvas que representan los tiempos sucesivos, a los imperativos mecánicos o eléctricos (par resistente, valor de aceleración, punta máxima, etc.)[1].

1.7 Arranque mediante resistencias estáticas

La alimentación a tensión reducida del motor (Figura 1.13) durante el primer tiempo se obtiene anteponiendo en serie con cada fase del estator una resistencia que es cortocircuitada luego en un solo tiempo. Los acoplamientos eléctricos de los devanados respecto a la red no se modifican durante el arranque, la intensidad de arranque que recorre la línea de alimentación se reduce proporcionalmente a la tensión aplicada, mientras que el par se reduce con el cuadrado de la tensión. El par inicial de arranque es

relativamente pequeño (valor típico: $0,75 C_n$) para una punta de corriente todavía importante (valor típico $4.5 I_n$).

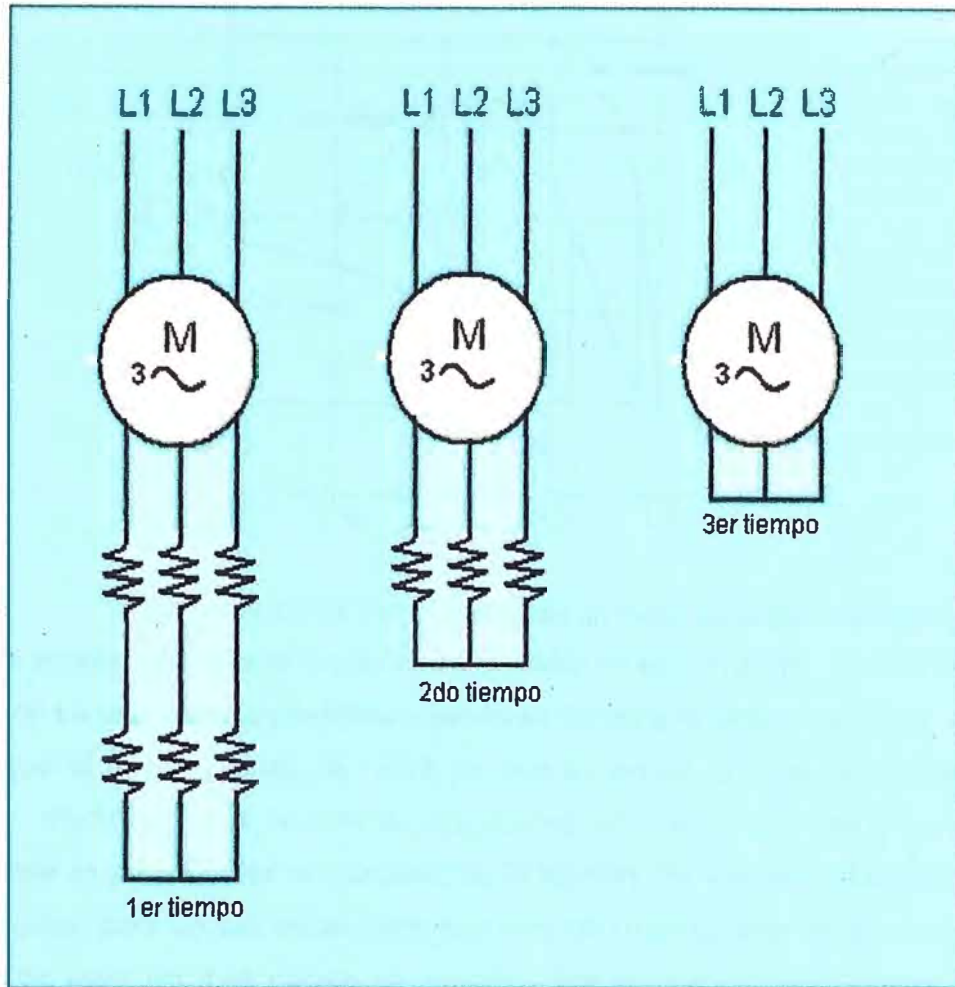


Figura 1.10 Secuencia de operación de los resistores de arranque insertados en el devanado rotórico de un motor asíncrono de rotor devanado

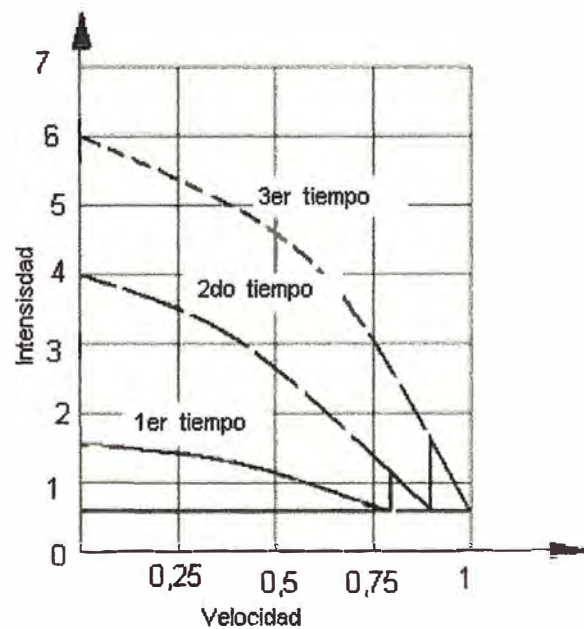


Figura 1.11 Curva intensidad versus velocidad de un motor de anillos deslizantes

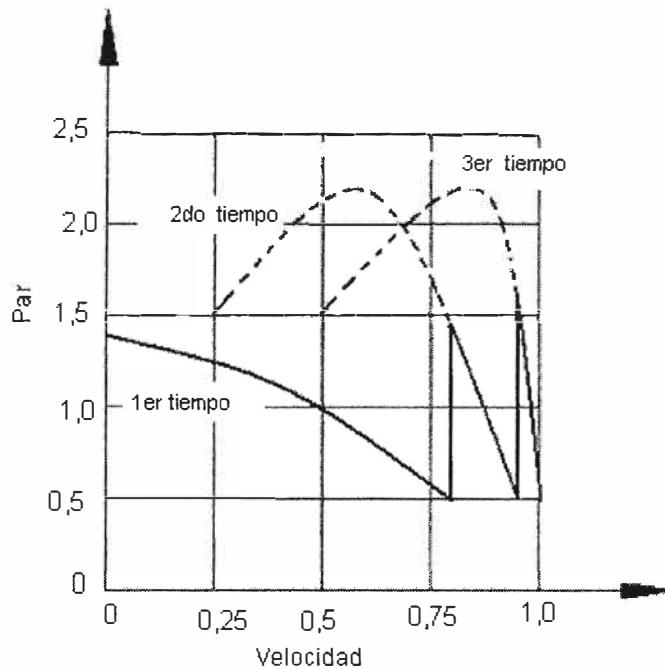


Figura 1.12 Curva Par velocidad de un motor de anillos deslizantes

La tensión aplicada en los bornes del motor no es constante durante el período de aceleración. La intensidad es máxima cuando se conecta la tensión al motor, disminuye a medida que el motor acelera, la caída de tensión en los bornes de la resistencia de arranque disminuye y la tensión en los bornes del motor aumenta progresivamente. Como el par es proporcional al cuadrado de la tensión, los valores obtenidos del par son más elevados, para un par inicial dado que con un sistema que suministra una tensión reducida de valor fijo. Las curvas de arranque por resistencias estáticas y estrella - triángulo adjuntas trazadas para pares iniciales de arranque del mismo orden ponen claramente en evidencia esta propiedad. Con un arranque estrella - triángulo de un motor que mueve una máquina centrífuga, la velocidad alcanzada al finalizar el primer tiempo es aproximadamente el **80 %** de la velocidad nominal del motor; el paso al segundo tiempo se traduce por unas puntas elevadas de par y de corriente.

Con un arranque mediante una resistencia estática el paso a plena tensión se realiza para una velocidad francamente más elevada, con puntas más pequeñas. La velocidad va aumentando progresivamente y sin cambios bruscos. Por otra parte es posible modificar los valores de la intensidad y del par adaptando las resistencias.

El arranque por resistencia estática es conveniente para realizar el arranque de las máquinas con par resistente creciente o cerca de la mitad del par nominal e incluso en las máquinas potentes de gran inercia.

1.8 Arranque por auto-transformador

El motor es alimentado a tensión reducida mediante un autotransformador, el cual se pone fuera de servicio cuando el arranque se termina (Figura 1.14).

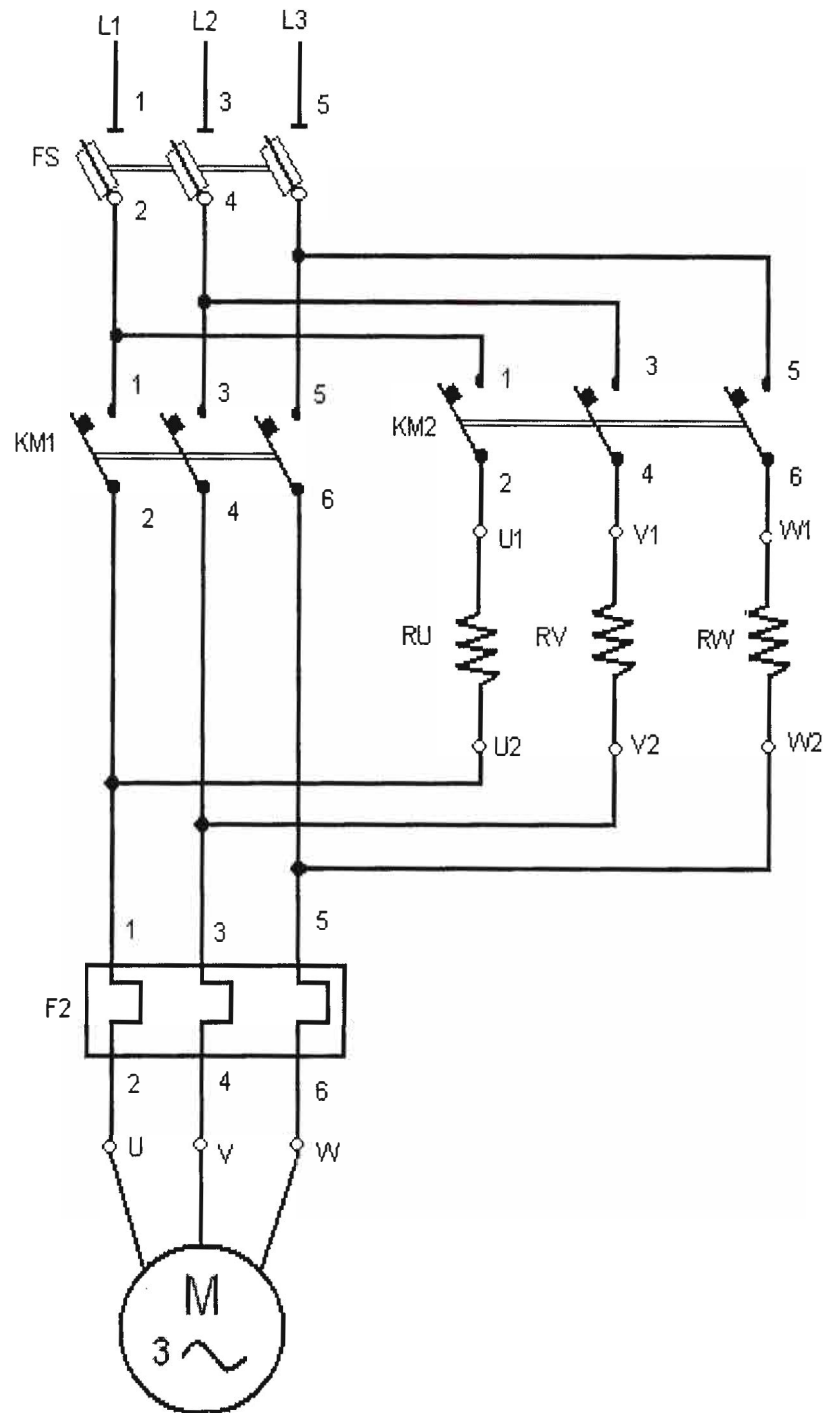


Figura1.13 Diagrama de fuerza de un arranque mediante resistores estáticos

El arranque se efectúa en tres tiempos tal como lo podemos describir:

- Puesta en estrella del auto transformador, después del cierre del contactor de línea .El motor arranca en este instante a tensión reducida.
- Apertura del punto neutro ya una fracción del devanado del autotransformador, insertado en serie con cada fase del estator, se comporta como una inductancia.
- Un tercer contactor acopla al motor a plena tensión de la red y provoca la apertura de los dos primeros contactores de arranque.

- d) Con este dispositivo el motor nunca está separado de la red de alimentación. la corriente no se disminuye y los fenómenos transitorios son suprimidos. sin embargo, con el fin de evitar un ralentizamiento importante durante el segundo tiempo de arranque, la inductancia de los arrollamientos del autotransformador debe darse pequeña y adaptada al motor para obtener un valor conveniente de la inductancia. Es prácticamente necesario prever un autotransformador cuyo circuito magnético tenga un entrehierro. En el segundo tiempo destinado principalmente a amortiguar las transiciones eléctricas, se suele elegir una duración muy breve (tiempo de conmutación de un contactor)

A lo largo del primer tiempo, el par se reduce proporcionalmente al cuadrado de la tensión y la corriente de línea en una relación muy próxima, ligeramente más elevada que la corriente magnetizante del autotransformador (la corriente es reducida solamente en relación a la tensión pero ha sido tomada en cuenta desde el punto de vista de la utilización). Esta forma de arranque es sobretodo utilizado para los motores de gran potencia. Con relación al arranque estatórico se permite obtener un par más elevado con una punta de intensidad menor. Por otra parte, varias tomas han sido previstas en el autotransformador y es posible ajustar la tensión de arranque en función de la máquina arrastrada [1].

1.9 Arranque estrella - triángulo

Este arranque solo puede ser aplicado a los motores en donde los extremos de los tres devanados del estator tengan salida sobre la placa de bornes y donde el acoplamiento en triángulo corresponda a estrella de la tensión de la red (ejemplo: para 380 V, es preciso un motor 380 V Δ / 660 V Y).

Este procedimiento consiste en arrancar conectando sus devanados en estrella. Estos se encuentran entonces alimentados con una tensión igual a la tensión de la red dividida entre $\sqrt{3}$ o sea un 58 % de la tensión nominal. Donde el par se reduce con relación al cuadrado de la tensión de alimentación y es igual al tercio del par proporcionado por un motor en arranque directo. La corriente en la línea de alimentación se reduce en la misma proporción.

Este método de arranque se puede aplicar tanto a motores de rotor devanado, como a motores del tipo jaula de ardilla, la única condición que debe de cumplir el motor para que pueda aplicársele este método de arranque es que tenga acceso completo a los devanados del estator (6 bornes de conexión) [1].

1.9.1 Procedimiento

Consiste en aplicar en el arranque la tensión nominal del motor en la conexión en triángulo cuando éste está conectado en estrella, con lo que la tensión de alimentación

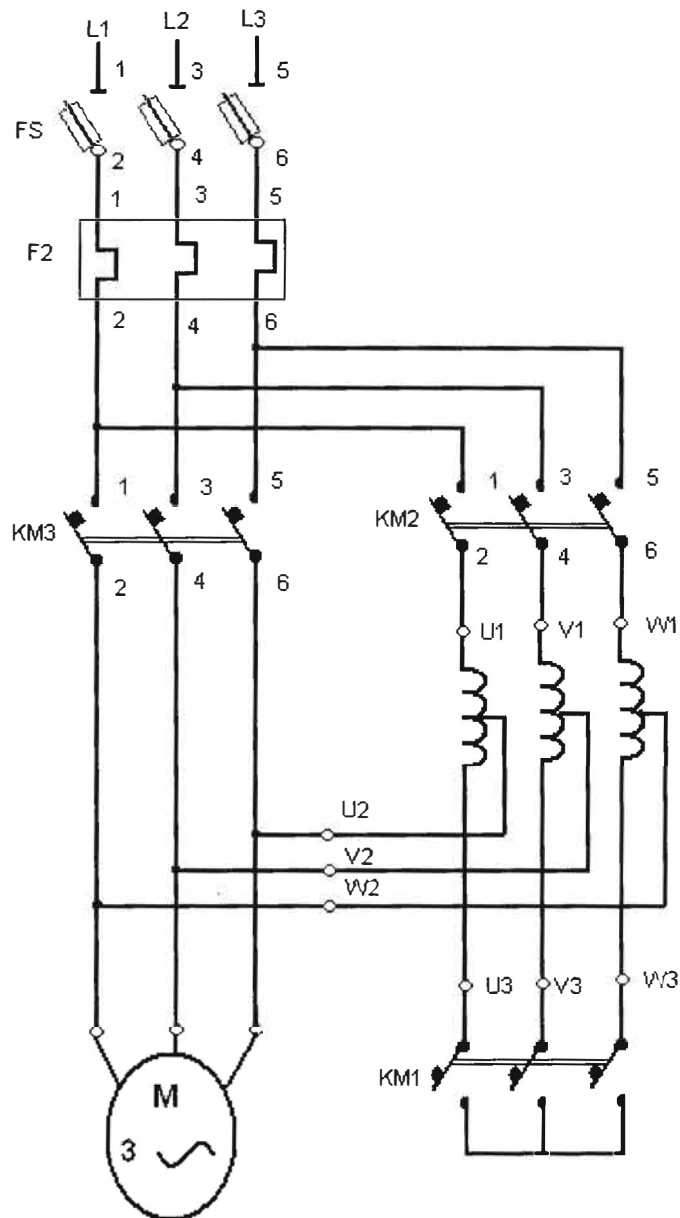


Figura 1.14 arranque por autotransformador

Se reduce en $\sqrt{3}$ y el par de arranque en $1/3$. Una vez que el motor ha empezado a girar (se aconseja no pasar de la conexión estrella a la conexión triángulo hasta que el motor no haya adquirido, al menos, una velocidad del 80% de la nominal), se conmuta la conexión de los devanados a triángulo, con lo que se le está aplicando la tensión nominal de alimentación. La corriente de arranque se reduce en $1/\sqrt{3} = 0,6$ en relación con la corriente de arranque directo. Este método presenta los siguientes inconvenientes:

- Disminuye el par de arranque al disminuir la tensión de alimentación en un factor de $1/3$.
- El motor se deja de alimentar durante el cambio de conexión de estrella a triángulo en los devanados del estator (tiempo muerto).

- c) Aumenta el tiempo de arranque. En las figuras que se adjuntan a continuación puede analizarse este método de arranque de los motores asíncronos trifásicos. Las diferentes implementaciones que se proponen están realizadas con automatismos eléctricos (relés, pulsadores, temporizadores, contactores y sus contactos auxiliares).

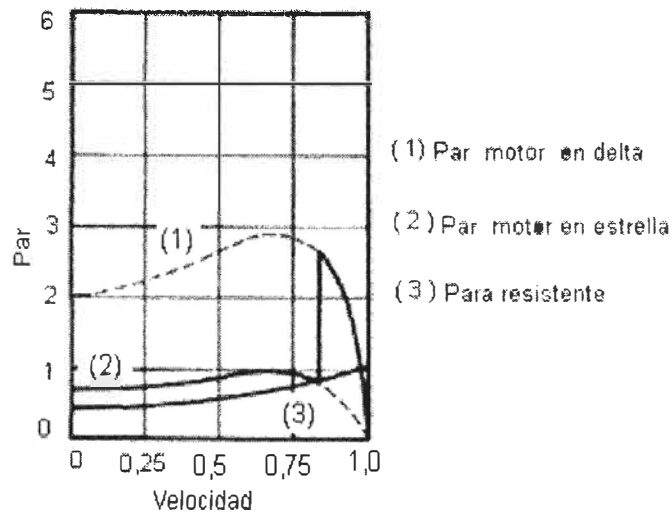


Figura 1.15 Curva Par- velocidad en un arranque estrella –triángulo de un motor tipo jaula de ardilla

En todo arranque siempre estará presente el par resistente (curva 3 de la figura 1.15) cuya naturaleza dependerá de la máquina y la carga. Cuando el motor gira a plena carga con su velocidad nominal significa que el par resistente y par de trabajo nominal son iguales [1].

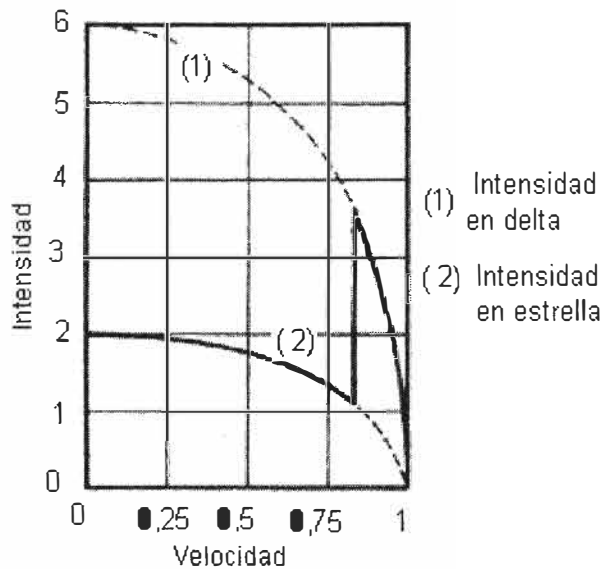


Figura 1.16 Curva intensidad- velocidad en un arranque estrella –triángulo de un motor tipo jaula de ardilla

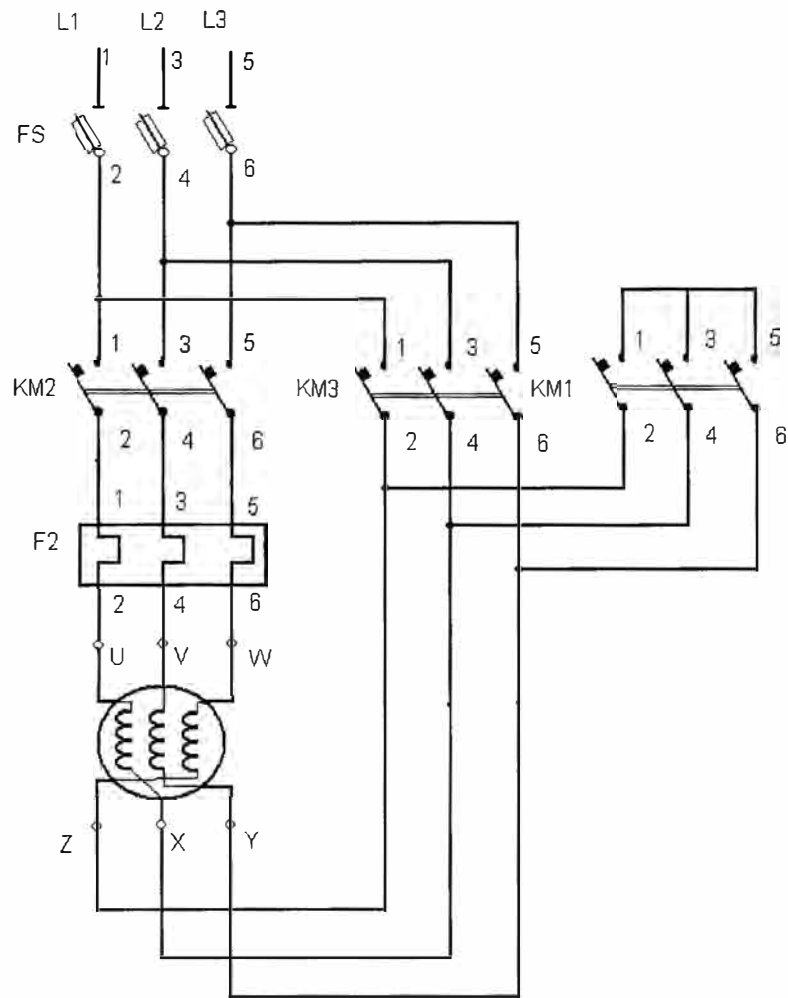


Figura 1.17 Circuito de fuerza en un arranque Estrella-Triángulo.

CAPITULO II

CLASES DE DISEÑO Y CONTROL DE MOTORES DE INDUCCION

2.1 Clases de diseño de motores de inducción

Es posible producir una gran variedad de curvas de momento de torsión – velocidad, variando las características de los motores de inducción. Para ayudar a la industria a escoger los motores más apropiados para la gran variedad de aplicaciones en toda la gama de caballos de fuerza **NEMA** en Estados Unidos y la **International Electrotechnical Commission (IEC)** en Europa, tienen definido una serie de diseños normalizados con diferentes curvas de momentos de torsión–velocidad. Estos se conocen como clases de diseño y a un solo motor se le puede denominar como motor de clase X. Pueden verse las curvas (Figura 2.1) de porcentajes de momentos de torsión versus porcentajes de velocidad típicas para las cuatro clases de diseño normalizado [3].

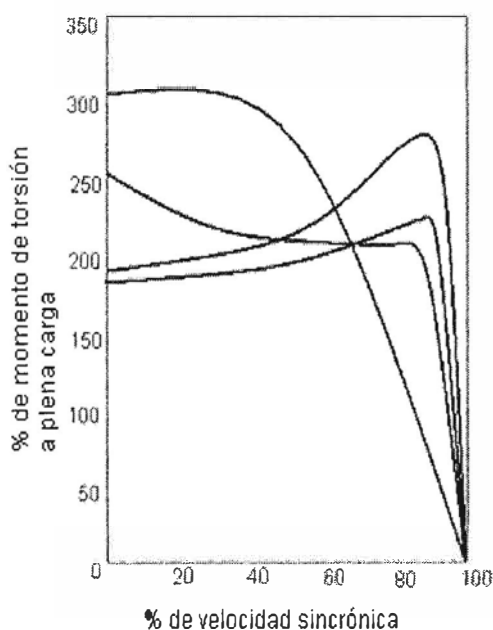


Figura 2.1 Curvas % de momento de torsión versus % de velocidad sincrónica

2.1.1 Diseño de clase A

Los motores de diseño de clase A (Figura 2.2) son los motores de diseño normales, con un momento de arranque normal, una corriente de arranque normal y bajo deslizamiento. El deslizamiento a plena carga de los motores de diseño A debe ser menor del 5% y menor también que el de los motores de diseño de clase B de

condiciones equivalentes. El momento de torsión está entre 200% y 300 % del momento a plena carga y sucede a bajo deslizamiento (menos del 20%). El momento de torsión de arranque de este diseño es por lo menos el momento de torsión nominal para los motores más grandes, y del 200% o más del momento de torsión nominal para los motores más pequeños. El problema principal con esta clase de diseño es su extremadamente alto valor de la corriente durante el arranque. Los flujos de corriente en el arranque están, generalmente entre 500% y 800% de la corriente nominal. Con estos motores, en tamaños por encima de unos 7,5 Hp, se debe utilizar alguna forma de arranque de voltaje reducido para controlar los problemas de caída de tensión en el sistema de potencia al cual están conectados, durante el arranque. En tiempos pasados el diseño de motores de clase A era el diseño corriente para la mayor parte de las aplicaciones entre 7,5 Hp y 200 Hp, pero durante los últimos años se han reemplazado profusamente por los motores de diseño clase B. Las aplicaciones típicas para estos motores son los ventiladores, abanicos, bombas, tornos y otras máquinas –herramientas.

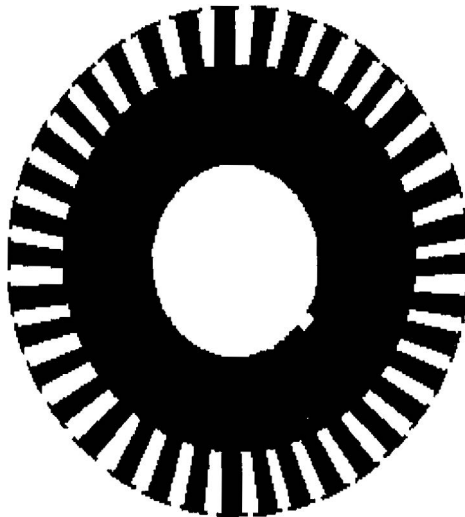


Figura 2.2 Lámina ferromagnética del rotor de un motor asíncrono tipo jaula de ardilla, de diseño de clase A [3]

2.1.2 Diseño de clase B

Los motores de diseño clase B (Figura 2.3) tienen un momento de torsión de arranque normal, una corriente de arranque más baja y un deslizamiento bajo. Este rotor produce, aproximadamente el mismo momento de arranque de los motores de clase A, con cerca de un 25 % menos de corriente. El momento de torsión máximo es mayor o igual al 200% del momento de carga nominal, pero menor que el de diseño de clase A, en razón del aumento de la reactancia del rotor. El deslizamiento del rotor es aun relativamente bajo (menos del 5 %) a plena carga. Las aplicaciones son similares a aquellas del diseño de clase A, pero se prefiere el diseño clase B por razón de sus menores exigencias de corriente de arranque. Los motores de diseño clase B han

reemplazado considerablemente a los motores de diseño clase A en las instalaciones modernas.



Figura 2.3 Lámina ferromagnética del rotor de un motor asíncrono tipo jaula de ardilla, de diseño de clase B[3]

2.1.3 Diseño de clase C

Los motores de diseño de clase C (Figura 2.4) tienen un momento de torsión de arranque alto, con corriente de arranque bajo y bajo deslizamiento (menos del 5%) a plena carga. El momento de torsión máximo es ligeramente más bajo que el de los motores de clase A, mientras que el momento de torsión de arranque llega hasta un 250% del momento de plena carga. Estos motores se fabrican con rotores de doble jaula de ardilla por lo que son más costosos que los motores de clase anteriores. Se usan para cargas que requieran un alto momento de arranque, tales como bombas cargadas, compresores y bandas transportadoras [3].

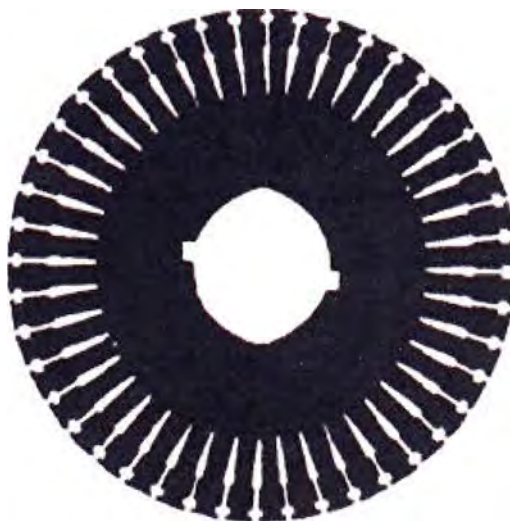


Figura 2.4 Lámina ferromagnética del rotor de un motor asíncrono tipo jaula de ardilla, de diseño de clase C [3]

2.1.4 Diseño de clase D

Los motores de diseño de clase D (Figura 2.5) tiene un momento de torsión de arranque muy alto (275 % o más del momento de torsión nominal) y una corriente de arranque baja ,pero tienen también un deslizamiento alto de torsión a plena carga .Son esencialmente motores de inducción comunes de clase A , pero con las barras del rotor más pequeñas y hechos de un material de más alta resistencia .La alta resistencia del rotor hace que el momento de torsión máximo se presente a muy baja velocidad, incluso es posible que el momento de torsión más alto ocurra a velocidad cero (100%).

El deslizamiento a plena carga para estos motores es bastante alto en razón de la alta resistencia del rotor, la que por lo general tiene un 7% a un 11%, pero puede llegar hasta un 17 % o más. Estos motores se usan en aplicaciones que requieran la aceleración de cargas de tipo inercial extremadamente altas, especialmente grandes volantes usados en prensas, punzonadoras o grúas de tijera .En tales aplicaciones, estos motores aceleran un gran volante hasta su máxima velocidad para luego impulsar la perforadora .Después de una operación de perforación, el motor re acelera el volante por un período de tiempo razonablemente largo para la siguiente operación.

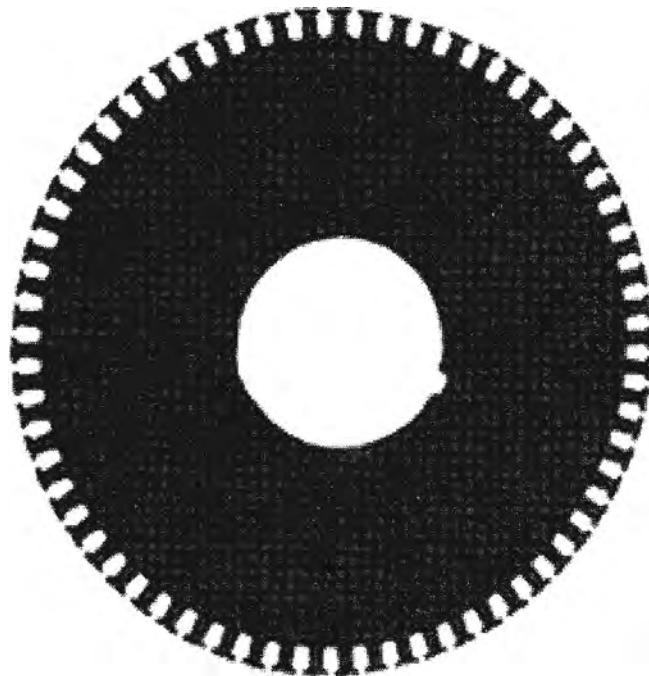


Figura 2.5 Lámina ferromagnética del rotor de un motor asíncrono tipo jaula de ardilla, de diseño de clase D [3]

Además de éstas cuatro clases de diseño, NEMA acostumbraba a reconocer las clases de diseño E y F (Figura 2.6), llamadas de arranque suave en los motores de inducción .Estos se distinguieron por tener muy bajas corrientes de arranque y se usaron para

cargas de momento de arranque bajo, en situaciones donde las corrientes de arranque eran un problema. Estos diseños hoy en día son obsoletos.

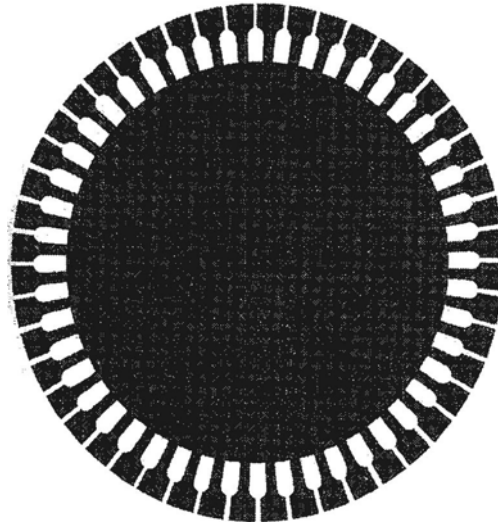


Figura 2.6 Lámina ferromagnética del rotor de un motor asincrónico tipo jaula de ardilla, de diseño de clase E y F [3]

2.2 Circuitos de arranque de un motor de inducción

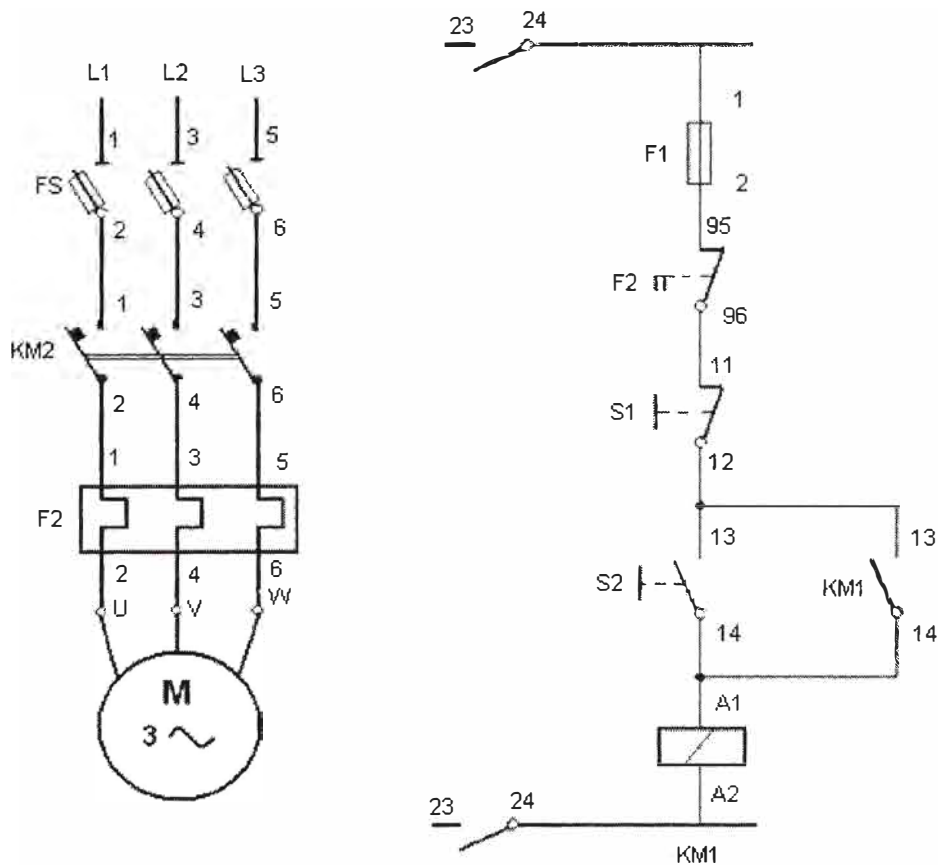


Figura 2.7 Circuito típico de arranque a plena tensión o directo de un motor de inducción.

La operación de este circuito (Figura 2.7) es muy sencilla. Cuando el botón de arranque (S2) se oprime, excita la bobina A1, A2 del contactor principal KM 1, que a su vez cierra el contacto NA KM1 13-14; realimentándose por esta ruta. Como se puede observar aquí se presenta una protección mínima, tanto en el circuito de fuerza como en el de control.

Un circuito de arranque magnético de este tipo tiene las siguientes características de protección incorporadas:

2.2.1 Protección contra sobrecargas

Los dispositivos utilizados para estas fallas son los relés térmicos, están destinados para asegurar una protección térmica contra las sobrecargas pequeñas pero prolongadas. Poseen las siguientes características:

a) Tripolares

Utilización en circuitos monofásicos y trifásicos.

b) Compensados

Insensibles a la variación de temperatura de ambiente. Un bimetalo de compensación, independiente de los principales y sometido únicamente a la temperatura de ambiente se deforma en función a las variaciones de ésta. Montado en oposición a los bimetales principales, ellos mismos influidos por las variaciones de la temperatura, su deformación compensa a la de los principales. Así pues el desplazamiento que debe efectuar el conjunto de los elementos térmicos para provocar el disparo del relé es el mismo para las variaciones de temperatura comprendidas entre -20° y $+70^{\circ}\text{C}$.

c) Diferenciales

El dispositivo diferencial provoca el disparo del relé cuando las intensidades que atraviesan los bimetales, no son idénticas (red desequilibrada, marcha en monofásico).

d) Dispositivo de regulación

La etiqueta de regulación está graduada directamente en "intensidad motor", la intensidad límite de disparo está comprendido entre 1,05 y 1,20 veces el valor de selección máximo (definido por las normas)

2.2.2 Protección contra corto circuito

Los Fusibles corta circuitos aseguran una protección fase por fase con un poder de corte importante bajo un pequeño volumen. Responden a las normas en vigencia de numerosos países y se clasifican en dos categorías.

a) Cartuchos tipo distribución

Estos cartuchos permiten a la vez la protección contra los cortocircuitos y contra las sobrecargas (F2 en la figura 2.8) para los circuitos que no tienen puntas de intensidad importantes (calefacción), en general el calibre del cartucho debe ser del valor

inmediatamente superior a la intensidad plena del circuito, protegido (tener en cuenta también la sección de los conductores)[4].

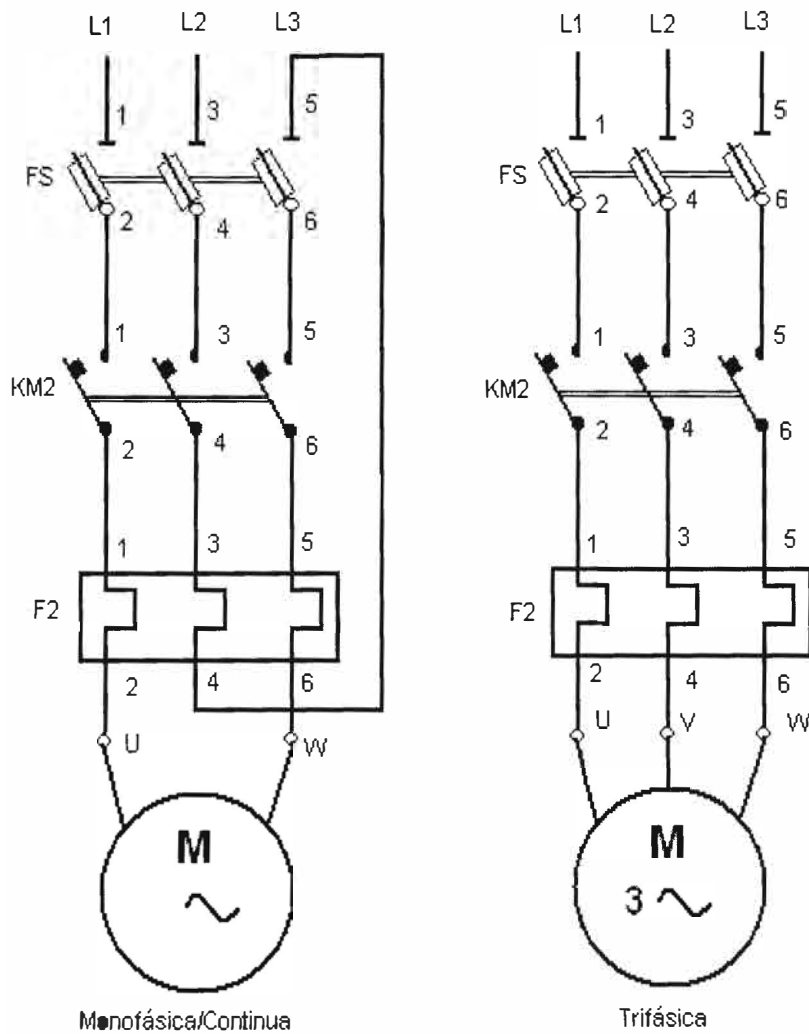


Figura 2.8 Esquemas de conexión de un relé térmico

b) Cartuchos tipo motor

Están destinados para asegurar solo la protección contra los cortocircuitos en los aparatos que tienen puntas de intensidad elevadas tales como los motores asíncronos o los electroimanes. Es imprescindible que la protección contra las sobrecargas esté asegurado por otro aparato. En efecto un cartucho fusible recorrido permanentemente por una intensidad de 2 a 3 veces superior a su calibre se calienta mucho pero no se funde. Generalmente, el calibre del cartucho debe ser del valor inmediatamente superior a la corriente de plena carga del, circuito protegido [4].

2.2.3 Modos de conexión

También según la costumbre de los diferentes países existen varios esquemas de asociación de seccionador –fusible como son:

- a) Seccionador antes, fusible después.

Protección asegurada del personal durante un cambio de fusibles. Seccionador no protegido (figura 2.9a)

- b) Fusible antes, seccionador después.

Personal no protegido durante un cambio de fusibles. Seccionador protegido en caso de corto circuito (figura 2.9 b)

- c) Fusible incorporado al seccionador (seccionador portafusible) .Personal protegido durante un cambio de fusibles(figura 2.9 c)

En los seccionadores porta –fusibles las barretas de seccionamiento son sustituidas por fusibles calibrados que protegen al receptor, al aparellaje de mando y a la línea de alimentación contra los cortocircuitos.

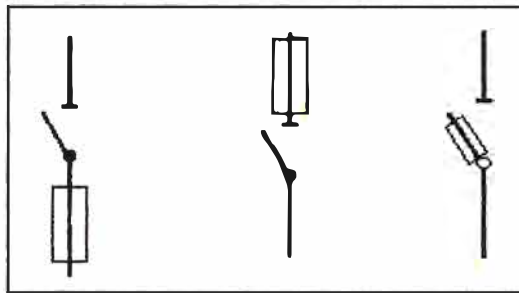


Figura 2.9 Tipos de conexión de un seccionador más un fusible

2.2.4 Protección contra variaciones pequeñas de tensión en las líneas

Para esta protección se puede utilizar los interruptores diferenciales (Figura 2.10) .Es un dispositivo que tiene la capacidad de detectar la diferencia entre la corriente de entrada y salida en un circuito .cuando esta diferencia supera un valor determinado (sensibilidad), para el que está calibrado (30 mA, 300mA, etc.) el dispositivo abre el circuito, interrumpiendo el paso de la corriente a la instalación que protege (Figura 2.11)

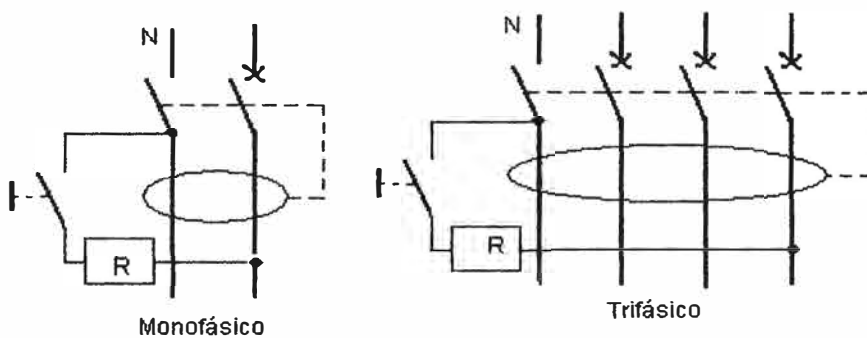


Figura 2.10 Esquemas de un interruptor diferencial

Cuando las corrientes de entrada I_F y de salida I_N no son iguales, los flujos Φ_F y Φ_N creados por ambas corrientes en el núcleo toroidal dejan de ser iguales y el flujo

diferencial $\Phi_F - \Phi_N$ crea a una corriente i que activa el electroimán que a su vez posibilita la apertura de los contactos del interruptor.

Un botón de prueba permite comprobar el correcto funcionamiento del dispositivo. Al pulsar dicho botón se deriva una corriente I_F a través de la resistencia R , siendo ahora $I_N = 0$, activándose el dispositivo

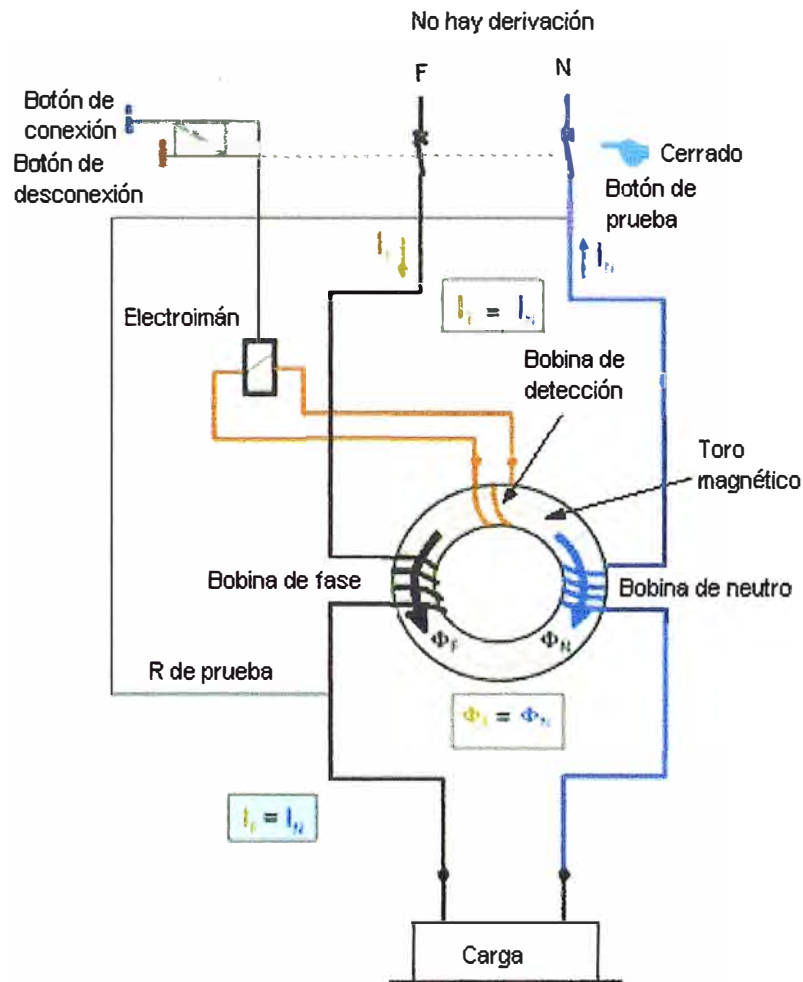


Figura 2.11 Funcionamiento del interruptor diferencial

2.3 Control de velocidad de los motores de inducción

Hasta el advenimiento de los accionamientos de estado sólido Los motores de inducción en general no fueron máquinas buenas para las aplicaciones en donde se requería un considerable control de velocidad. El límite de funcionamiento de un motor de inducción típico (diseños de clase A, B y C) se limita a menos del 5 % de deslizamiento y la variación de la velocidad sobre tal límite es mas o menos directamente proporcional a la carga sobre el eje del motor .Aún en el caso de que el deslizamiento pudiera hacerse mayor ,la eficiencia del motor disminuye ,puesto que las

pérdidas en el cobre del motor son directamente proporcionales al deslizamiento (recuerde que $\Delta P_{cu2} = s P_e$), donde:

ΔP_{cu2} = Pérdidas de cobre en el rotor.

P_e = Potencia transmitida en el entrehierro

s = Deslizamiento

Hay solamente dos técnicas por medio de las cuales puede controlarse la velocidad de un motor de inducción: Una es variar la velocidad sincrónica, que es la velocidad de los campos magnéticos del estator y del rotor, puesto que la velocidad del rotor siempre permanece cercana a " n_s " y La otra técnica es variar el deslizamiento del motor para una carga determinada [3].

La velocidad sincrónica de un motor se obtiene por medio de:

$$n_s = \frac{120 f}{P} \quad (2.1)$$

Por lo cual las únicas formas en que se puede variar la velocidad sincrónica de una máquina son: modificando la frecuencia eléctrica y cambiando el número de polos de la máquina. El control del deslizamiento puede lograrse variando, bien la resistencia del rotor, bien la tensión de los bornes del motor. Cada una de éstas técnicas comentaremos brevemente.

Hay tres formas principales para cambiar el número de polos de un motor de inducción:

- Método de los polos consecuentes
- Estatores con bobinados múltiples.
- Modulación de la amplitud polar **PAM**.

2.3.1 Método de los polos consecuentes

Es bastante antiguo para el control de la velocidad, se desarrolla originalmente en 1897. Se basa en el hecho de que el número de polos de los bobinados del estator de un motor de inducción pueden cambiarse muy fácilmente por un factor de 2 a 1 simplemente con cambios en la conexión de las bobinas. La figura 2.12 muestra un estator sencillo de dos polos, de un motor de inducción, apropiado para el cambio de polos. Obsérvese que las bobinas individuales tienen un avance ó paso corto (de 60° a 90°), la figura 2.10 muestra la fase "a" de estos bobinados por separado, para mayor claridad.

La figura 2.13 muestra el flujo de corriente de la fase de los bobinados del estator en una fracción determinada, durante la operación normal. El campo magnético deja el estator en el grupo de la fase superior (polo norte) y entra al estator en el grupo de la fase inferior (polo sur). El devanado está produciendo en esta forma dos polos magnéticos en el estator.

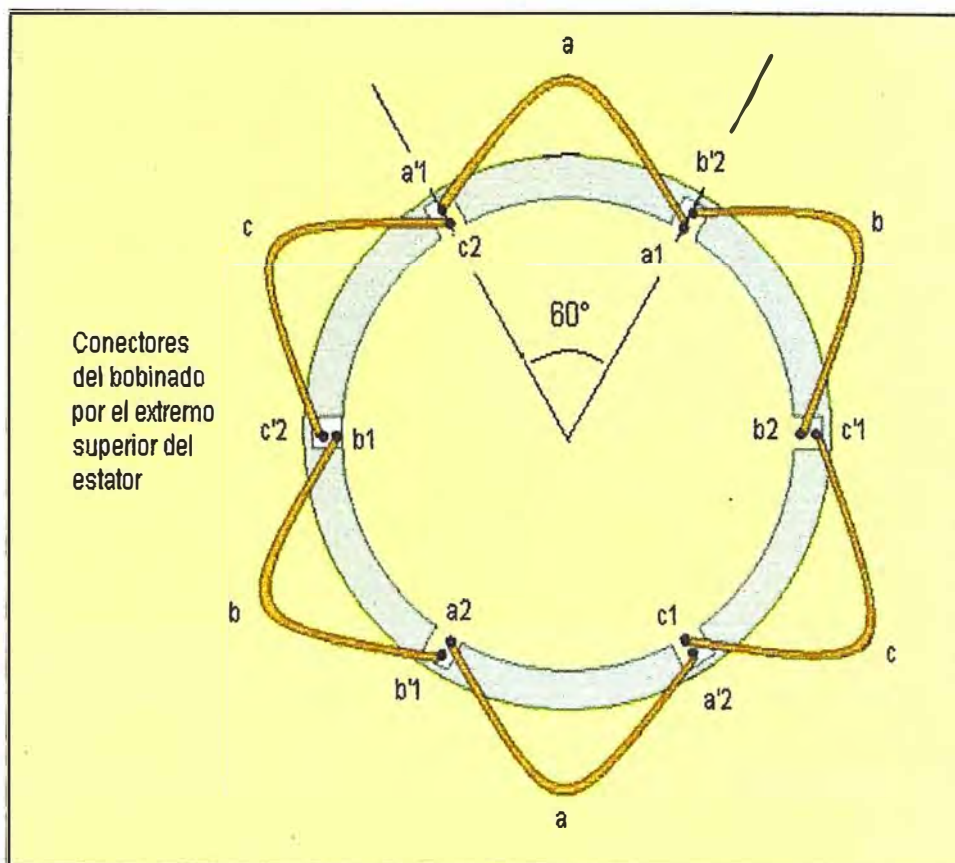


Figura 2.12 bobinado de estator de dos polos, apropiado para cambios de polos. Obsérvese el paso tan pequeño del rotor de éstos embobinados.

Ahora supóngase que la dirección del flujo de corriente en el grupo de la fase inferior del estator se invierte (véase figura 2.14.) .Entonces el campo magnético dejará el estator, tanto en el grupo de la fase superior como en el grupo inferior; cada una será un polo norte magnético. El flujo norte magnético de esta página debe regresar al estator por entre dos grupos de fase, produciendo un par de polos sur magnéticos, consecuentes, ahora el estator tiene cuatro polos magnéticos, el doble de los que tenía antes [3].

El rotor de tal motor es de diseño de jaula de ardilla, y como en éste tipo de rotor se tiene tantos polos inducidos como los hay en el estator, puede adaptarse cuando a éste se le cambia el número de polos.

Cuando el motor se reconecta, en una operación para cambiar de dos a cuatro polos, el máximo momento de torsión resultante del motor de inducción puede ser el mismo de antes (Torsión constante), puede ser la mitad de su valor anterior (conexión del momento de torsión, según la ley de los cuadrados, utilizada en ventiladores, etc.) o puede ser el doble de su valor anterior (conexión de potencia constante), que depende de cómo se reordenen los bobinados del estator. La figura (2.15) muestra las posibles conexiones del estator y su efecto sobre la curva de momento de torsión- velocidad [3].

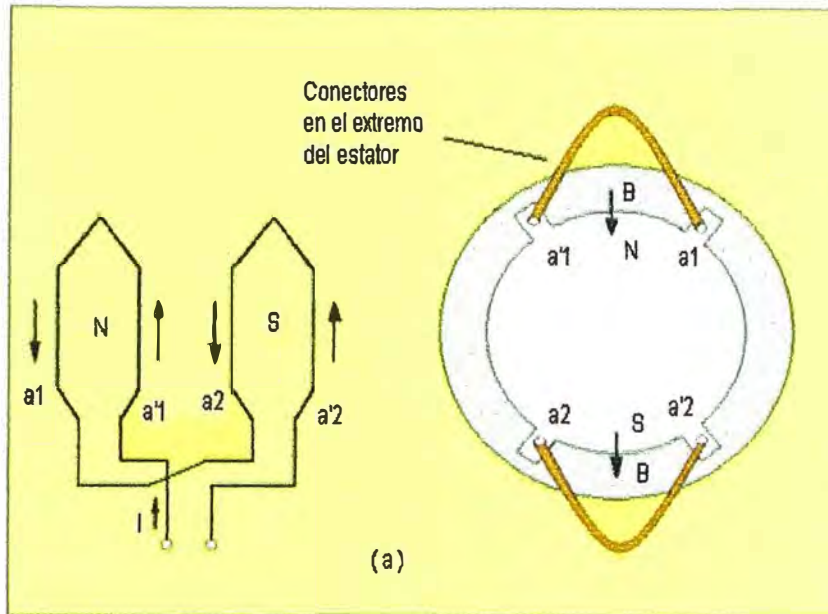


Figura 2.13 Vista interior de una fase de un bobinado en proceso de cambio del número de polos.
a) En la configuración de dos polos, una bobina es polo norte y la otra es polo sur.

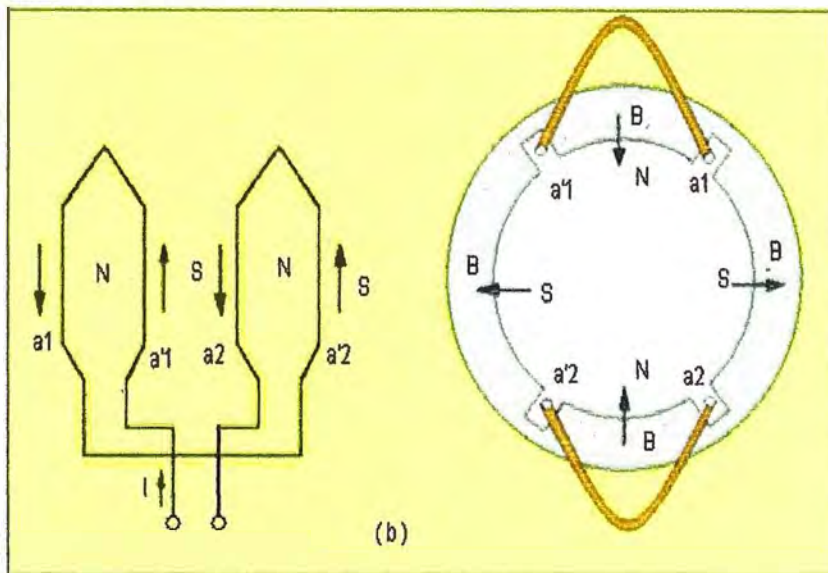


Figura 2.14 Cuando la conexión en una de las bobinas se invierte, ambas son polo norte y el flujo magnético vuelve al estator, a puntos a mitad de camino entre las bobinas. los polos sur se denominan polos consecuentes y el embobinado ahora es de cuatro polos.

La principal desventaja del método de los polos consecuentes para poder controlar la velocidad el motor consiste en que la velocidad está en la relación de **2: 1**

2.3.2 Estatores con bobinados múltiples

El método tradicional para superar la limitación de los polos consecuentes fue emplea bobinados múltiples en el estator, con diferente número de polos y energizar solamente un juego a la vez. Por ejemplo, un motor podría estar bobinado con un juego de cuatro o seis polos y su velocidad sincrónica en un sistema de 60 Hz, se

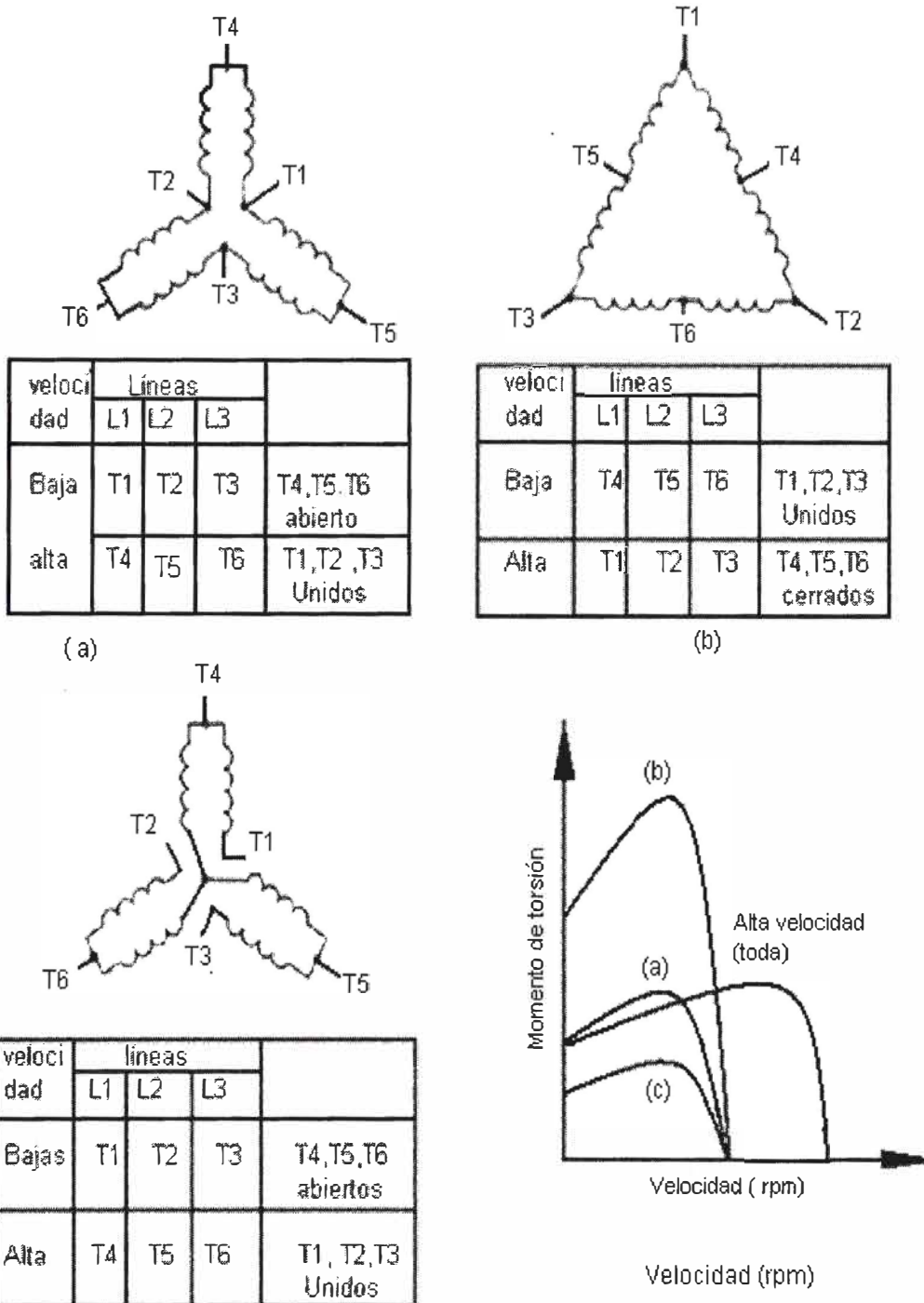


Figura 2.15 Posibles conexiones de las bobinas del estator en un motor de polos cambiantes, junto con la característica resultante del momento de torsión –velocidad: a) Conexión de momento de torsión constante, b) Conexión de potencia constante, c) conexión de momento de torsión de ventilador

podría cambiar de 1800 a 1200 rpm, simplemente mediante la entrega de potencia al otro juego de bobinas. Infortunadamente, los bobinados múltiples en el estator aumentan el costo del motor y por lo tanto solamente se usan cuando es absolutamente necesario. Si se combina el método de los polos consecuentes con el de los bobinados múltiples en el estator, es posible construir un motor de inducción de cuatro velocidades. Por ejemplo

con bobinados de cuatro y seis polos independientes puede producirse un motor de 60 Hz con posibilidad de marchar a 600,900, 1200, y 1800 rpm.

2.3.3 Modulación de la amplitud Polar

En 1957 , G.H. Rawcliffe , de la universidad de Bristol en Inglaterra ,inventó otra técnica para modificar el número de polos .Esta técnica general se conoce como Modulación de la amplitud Polar .El esquema del PAM es una forma de lograr múltiples juegos en un estator de embobinado sencillo ,en donde el número de polos resultante puede estar en relación diferente de 2:1 .En la figura 2.16 se muestran diversas relaciones polares típicas logradas con la técnica PAM .El cambio del número de polos en un embobinado se reduce a una cosa tan sencilla como cambiar las conexiones en seis terminales, en la misma forma del método de los polos consecuentes .Los embobinados con modulación de amplitud polar se prefieren a los embobinados múltiples en los estatores ,por haber logrado un motor con dos velocidades cercanas y porque solamente cuestan más o menos tres cuartas partes del precio de dos embobinados separados.

La teoría de la modulación de la amplitud polar es muy complicada, pero se puede resumir en forma sencilla de la siguiente manera:

Cuando se combinan dos sinusoides de frecuencias diferentes (múltiplos entre sí) en un aparato llamado mezclador .La energía de salida resultante contiene componentes con frecuencias iguales .Así si una señal de 100 kHz se multiplica (**modula**) por una señal de 1 kHz las frecuencias de la corriente de salida dependen del número de cambios en las conexiones de los grupos de una fase determinada ,entonces se producirán dos ondas de fuerza magnetomotriz en el bobinado del estator con P - N polos y la otra con P+ N polos .Si una de éstas formas de onda se puede preferir sobre otra ,entonces el motor tendrá ése número de polos en su estator y el mismo número de polos, naturalmente ,se inducirá en El rotor jaula de ardilla[3].

2.4 Como elegir un arrancador para motor de corriente alterna

Si la instalación se alimenta a baja tensión por la red de distribución. Determinar si la punta de intensidad en el arranque debe ser reducida, y adaptarse a los reglamentos de la red que fijan potencia límite a la que un motor puede ser arrancado sin reducción de la punta.

Si La instalación se alimenta por un transformador particular entonces verificar si la punta de arranque es susceptible de provocar:

- a) Un corte en el lado de alta tensión del transformador.
- b) Una caída de tensión importante en la distribución de la instalación, sobre todo si el motor está alejado de la fuente.

Si la instalación admite una elevada punta. El arrancador directo (motor jaula)

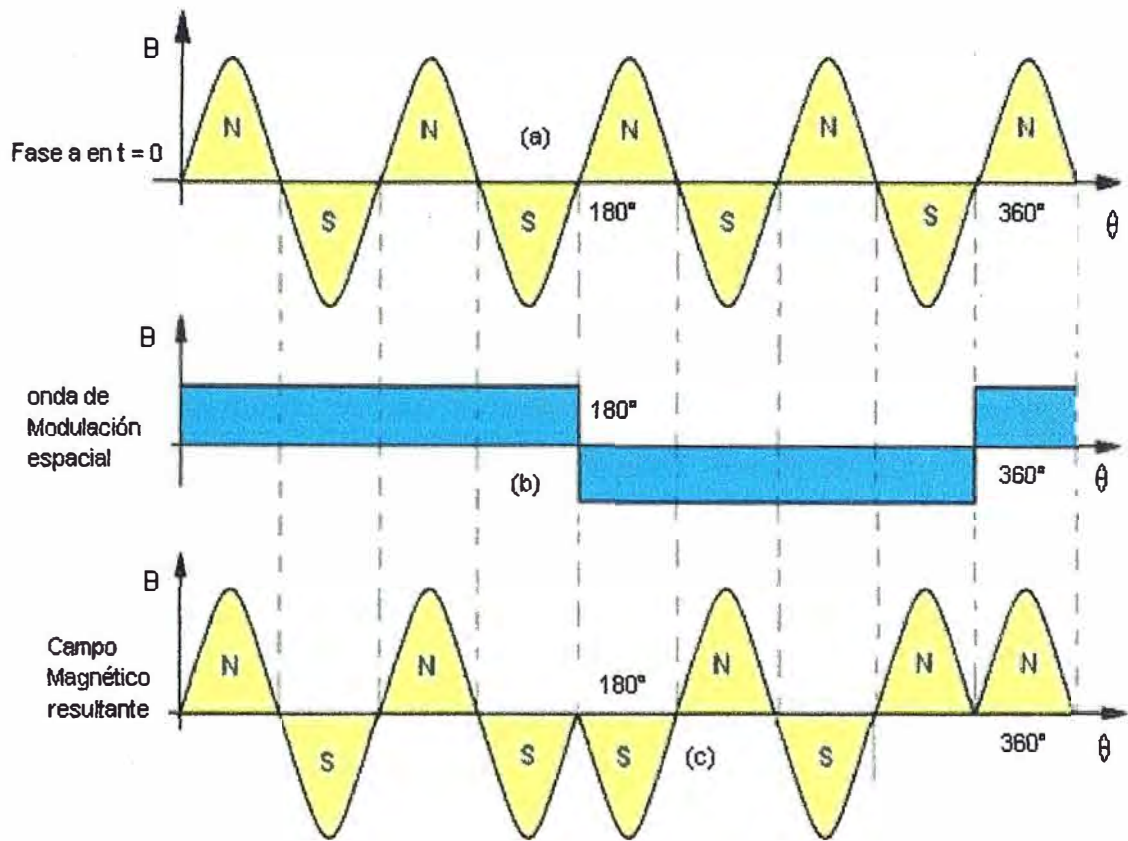


Figura 2.16 Modulación de la amplitud polar en el estator de un motor de inducción de ocho polos. Estos diagramas muestran solamente la fase a. a) Distribución física del campo magnético original del estator de ocho polos. b) Modulación espacial de la onda lograda por medio del cambio de conexiones de la mitad de los grupos de fase originales. c) distribución del flujo magnético resultante. Obsérvese que ahora hay seis polos de tamaños diferentes

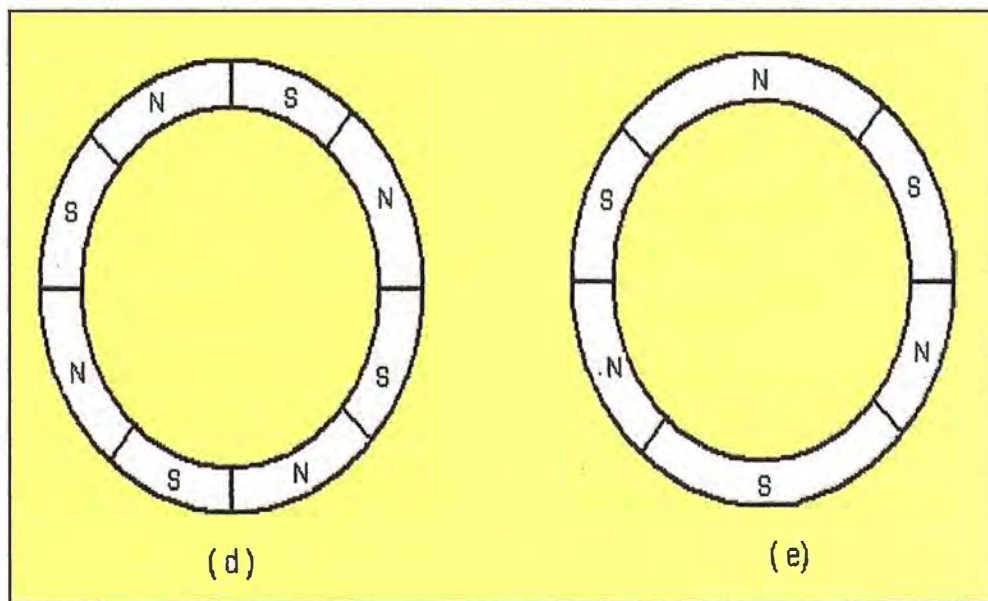


Figura 2.17 d) Distribución física de los polos magnéticos a lo largo de la superficie del estator, antes de la modulación, e) Distribución física de los polos magnéticos a lo largo de la superficie del estator, después de la modulación.

permite arrancar todas las máquinas a plena carga. Sin embargo, si la máquina exige un arranque suave y progresivo (problema de tensión de C.A, temor de deslizamiento de las transmisiones, balanceo de la carga, fragilidad de la máquina) conviene reducir el par. En este caso elegir como se indica a continuación, un tipo de arranque que permite reducir la punta. A menudo interesa utilizar un motor de anillos con un arrancador de varios tiempos calculados. En consecuencia si una instalación admite una elevada punta, elegir entonces un tipo de arranque que permita reducir la punta en función de las características de la máquina, de forma que el motor disponible en la puesta de tensión no sea inferior a los $5/3$ del par resistente. Por lo tanto ver en qué categoría de las máquinas enumeradas a continuación se encuentra la considerada y por comparación elegir el tipo de arranque basándose si es posible en las características exactas de la máquina y de los motores disponibles [1,5].

2.4.1 Cómo determinar el tipo de arranque en función de la máquina

a) Máquinas de par resistente pequeño y prácticamente constante durante el arranque. Es el caso de máquinas que arrancan en vacío:

- Grupos convertidores, máquinas de par resistente muy pequeño en vacío y fáciles de arrancar.
- Máquinas herramientas clásicas: cornos fresadoras, taladros con regulación de velocidad mecánica, prensa de volante, etc.
- Máquinas para trabajar con madera: sierras circulares, lijadoras, sierras de cinta, desbastadoras, etc.
- Máquinas diversas como tronzadoras de disco, electroesmeriles, depuradores centrífugos, etc.
- Máquinas agrícolas como batidoras, desnatadoras.

Motor de jaula arrancador estrella- triángulo. A partir de unos cientos de kW ó cuando la tensión es elevada mas de 500V, los riesgos de regímenes transitorios importantes conducen normalmente a adoptar una variante apropiada del arranque estrella –triángulo o bien otro tipo de arranque.

b) Máquinas que presentan durante el arranque un par resistente próximo a la mitad del par resistente en marcha normal.

Son las máquinas en los que los rozamientos en el arranque son importantes como por ejemplo:

- Una curtidora donde los rozamientos de las pieles crean un par resistente no despreciable.
- Una turbina o un tambor centrifugador donde los materiales rugosos rozan unos

Tabla 2.1 Resumen y características de los distintos métodos de arranque [1].

RESUMEN DE CARACTERISTICAS DE LOS DISTINTOS METODOS DE ARRANQUE						
	MOTORES DE JAULA				Motores de anillos	
	Arranque directo	Arranque triángulo	estrella	Arranque con estatórico	Arranque con autotransformador	Arranque rotórico
Corriente inicial de arranque	4 a 8 In	1,3 a 2,6 In		4,5 In	1,7 a 4 In	< 2,5 In
Para inicial de arranque	0,6 a 1,5 Cn	0,2 a 0,6 Cn		0,6 a 0,85 Cn	0,4 a 0,85 Cn	<2,5Cn
MOTOR DE JAULA ECONOMICO Y ROBUSTO						
Ventajas	* Arrancador simple *Par de arranque importante	*Arrancador relativamente barato		*Posibilidad de regulación de los valores de arranque *No hay corte en la alimentación durante el arranque	*Buena relación par/intensidad *Posibilidad de regulación de los valores de arranque. *No hay corte de la alimentación durante el arranque	*Muy buena relación par/intensidad. *posibilidad de regulación de los valores de arranque *No hay corte de la alimentación durante el arranque
Inconvenientes	*Punta de intensidad muy importante *Asegurarse que la red admite esta punta *No permite arranque lento y progresivo	*Pequeño en el arranque *No hay posibilidad de regulación *Corte de la alimentación en el cambio del acoplamiento y fenómenos transitorios *Motor devanado en delta para Un		*Pequeña reducción de la punta de arranque *Necesita resistencias de arranque	*Necesita un autotransformador costoso	*Motores de anillo más costoso *Necesita resistencias de arranque
Duración media de arranque	*2 a 3 segundos	*3 a 7segundos		7 a 12 segundos	*de 7 a 12 segundos	
Aplicaciones típicas	*Pequeñas máquinas arrancando a plena carga	*Máquinas arrancando en vacío *Ventiladores y bombas centrífugas de pequeña potencia.		*Máquinas de fuerte inercia sin problemas particulares de par y de intensidad en el arranque	* Máquinas de gran potencia o fuerte inercia en los casos donde la reducción de la punta de intensidad es un criterio muy importante.	*Máquinas de arranque en carga De arranque progresivo, etc.

con otros.

- Una máquina o un grupo de máquinas movidas por correa donde el rendimiento es pequeño.

Motor de jaula: arrancador "estatórico" o arrancador por autotransformador, si la punta de la corriente de arranque debe ser aún más reducida, principalmente para la máquinas de gran potencia.

- a) Máquinas de características centrífugas:

Motor de anillos: arrancador "rotórico", especialmente las bombas y los ventiladores.

- b) Máquinas de pequeña y mediana potencia (hasta 55 kW por ejemplo):

Motor de jaula: arrancador estrella triángulo.

- c) Máquinas de gran potencia (más de 55 kW por ejemplo):

Motor de jaula arrancador estátorico o arrancador por autotransformador (preferible en general sobre todo para máquinas de gran inercia.)

- d) Máquinas que arrancan a plena carga:

Son máquinas que arrancan en condiciones normales de trabajo, como por ejemplo:

- Cintas transportadoras diversos
- Máquinas de imprimir, cizallas.
- Mezcladoras y calandras, máquinas para papel.
- Compresores de pistón.
- Bombas volumétricas de pistón, etc.
- Elevadores o máquinas de elevación

Motor de anillos: arrancador "rotórico".

CAPITULO III

CONTROL DE MOTORES CON PLCs

3.1 Introducción

El nivel de automatización es hoy día cada vez mayor, desde las primeras funciones elementales conducidas por un operador de una máquina; pasando por el control de varias máquinas, hasta llegar al control total de un proceso productivo.

Las tecnologías empleadas en la automatización pueden clasificarse en dos grandes grupos como son la tecnología cableada y la tecnología programable ó programada. Esto lo esquematizamos en la figura 3.1

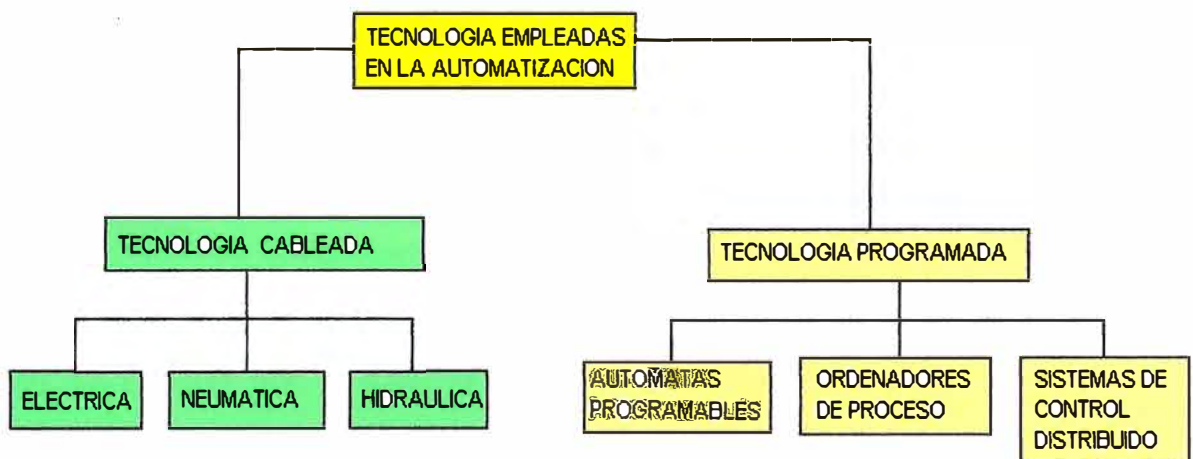


Figura 3.1 Cuadro esquemático de las tecnologías empleadas en la automatización

3.2 Tecnología cableada

Se realiza a base de uniones físicas de los elementos que componen el circuito de control de un determinado arranque, proceso o procesos. Estos elementos pueden ser eléctricos, neumáticos, electrónicos o la combinación de ellos. La forma en que se enlazan dichos elementos obedece a una lógica circuital que está determinada por la experiencia y los conocimientos teóricos sustentados en el álgebra de Boole.

La tecnología cableada es todavía muy usada en procesos simples, ó en los lugares en donde su necesidad no es relevante y presenta las siguientes características:

- a) Ocupa un espacio que depende del tamaño del dispositivo elemental y que está sujeto a las características eléctricas del proceso.
- b) Es poco flexible ante cualquier modificación. Que pudiera realizarse
- c) Es muy difícil de mantener (localización y reparación de fallas)

- d) No es útil en aplicaciones con controles complejos.
- e) Costo de mantenimiento elevado, pues en el transcurso del tiempo los dispositivos van perdiendo su vida útil.
- f) Posibilidad de errores al momento del cableado.

3.3 Tecnología programable

En la actualidad, la automatización se ha visto impulsada por el desarrollo de técnicas electrónicas confiables y baratas. Los objetivos de una planta industrial como son: Planificación de la producción, productividad, etc., cuentan con herramientas electrónicas e informáticas que permiten automatizarla en diferentes niveles de acuerdo a los requerimientos del usuario. Dentro de la tecnología programada, los fabricantes de tecnología de procesos ofrecen actualmente las siguientes soluciones [4].

3.3.1 Sistemas de aplicación específica en base a microprocesadores

Están orientados al control individual de variables físicas dentro de un proceso (temperatura, presión, velocidad, flujo, pH, etc.) .El avance de la técnica digital ha permitido la aparición de equipos de control. Capaces de realizar no solo la medición, sino también la generación de una señal de control para mantener la variable física dentro de una consigna o referencia .Estos sistemas al principio eran desarrollados por fabricantes de sensores con la finalidad de aplicar la electrónica digital a la instrumentación.

En la actualidad los sistemas con microprocesador permiten la lectura de un número apreciable de variables analógicas (más de 8) y la generación de señales (más de 2). En la figura 3.2, se muestra un sistema con microprocesador que permite la adquisición de señales analógicas y digitales; así como la posibilidad de comunicarse con un equipo remoto. Realizan funciones en tiempo real de adquisición de datos, control de proceso, y supervisión del mismo. Siendo programados en lenguajes de alto nivel.



Fig. 3.2 Sistema de aplicación en base a microprocesadores

3.3.2 Autómatas programables (PLC)

El Controlador lógico programable (PLC), es un sistema electrónico de aplicación industrial desarrollado en torno a un microprocesador. Recibe como información de entrada los estados de los sensores y/o transductores(de presión ,temperatura, velocidad, posición ,caudal ,presión, etc.), que se encuentran convenientemente distribuidos a lo largo de todo el proceso ; a partir de esta información , y de acuerdo a un programa de ejecución ,genera señales de salida que permiten activar actuadores , como pueden ser alarmas ,electroválvulas, contactores, relés, sistema neumáticos, oleodinámicos, etc. En la figura 3.3 se muestra desde un punto de vista global al PLC y su entorno.

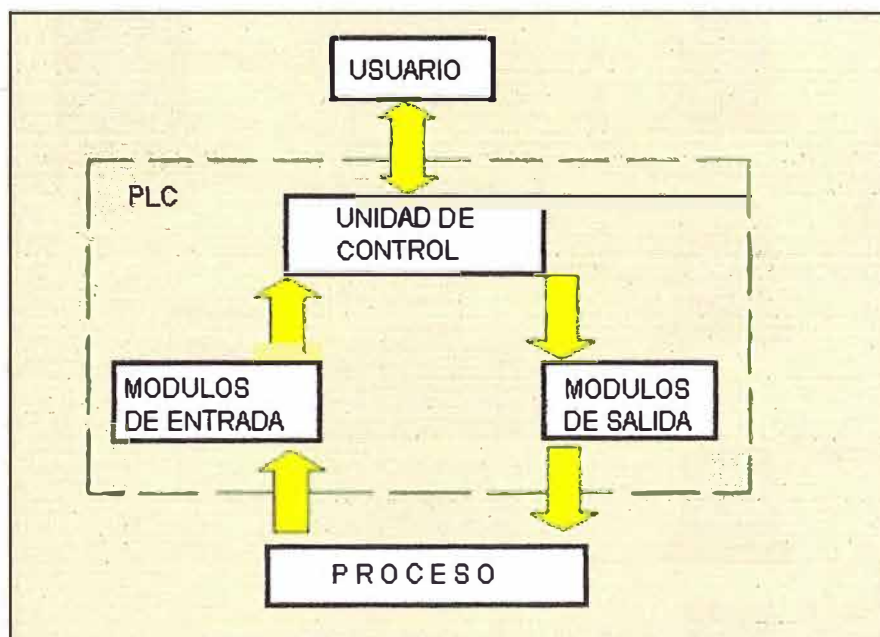


Figura 3.3 Partes de un PLC y sus entorno

3.3.3 Sistemas de control distribuido (DCS)

Estos sistemas (figura 3.4) surgen de la necesidad de integrar a través de un concentrador la información proveniente de instrumentación inteligente. Estos sistemas están basados en una estación central que supervisa todo el proceso, almacena los datos presenta los resultados en una o varias estaciones remotas situadas en el área del proceso que realizan los algoritmos de control, las estaciones remotas están constituidas por reguladores autónomos programables u ordenadores del proceso que se comunican con la estación central.

Son capaces de procesar provenientes de instrumentación de campo (transmisores de presión, nivel, caudal, termopares, analizadores, etc.,) y producir señales para posicionar válvulas de regulación ó señales on-off para accionar elementos finales a dos posiciones.

Estructuralmente los DCS están constituidos por unidades modulares, conectados entre ellos en modo serial. Las unidades modulares se pueden clasificar en:

- a) Unidad de regulación que controlan las tarjetas de ingreso / salida y, elaboran las funciones de control continuo y lógico / secuencial.
- b) Unidad de interfase con el operador que controla la estación de vídeo y de teclado con el usuario.
- c) Unidades de interfase serial destinado a la comunicación con sistemas externos PLCs, Monitores, etc.
- d) Unidad de cómputo destinado a funciones de archivo, grabación de datos, generación de reportes, control avanzado [6].

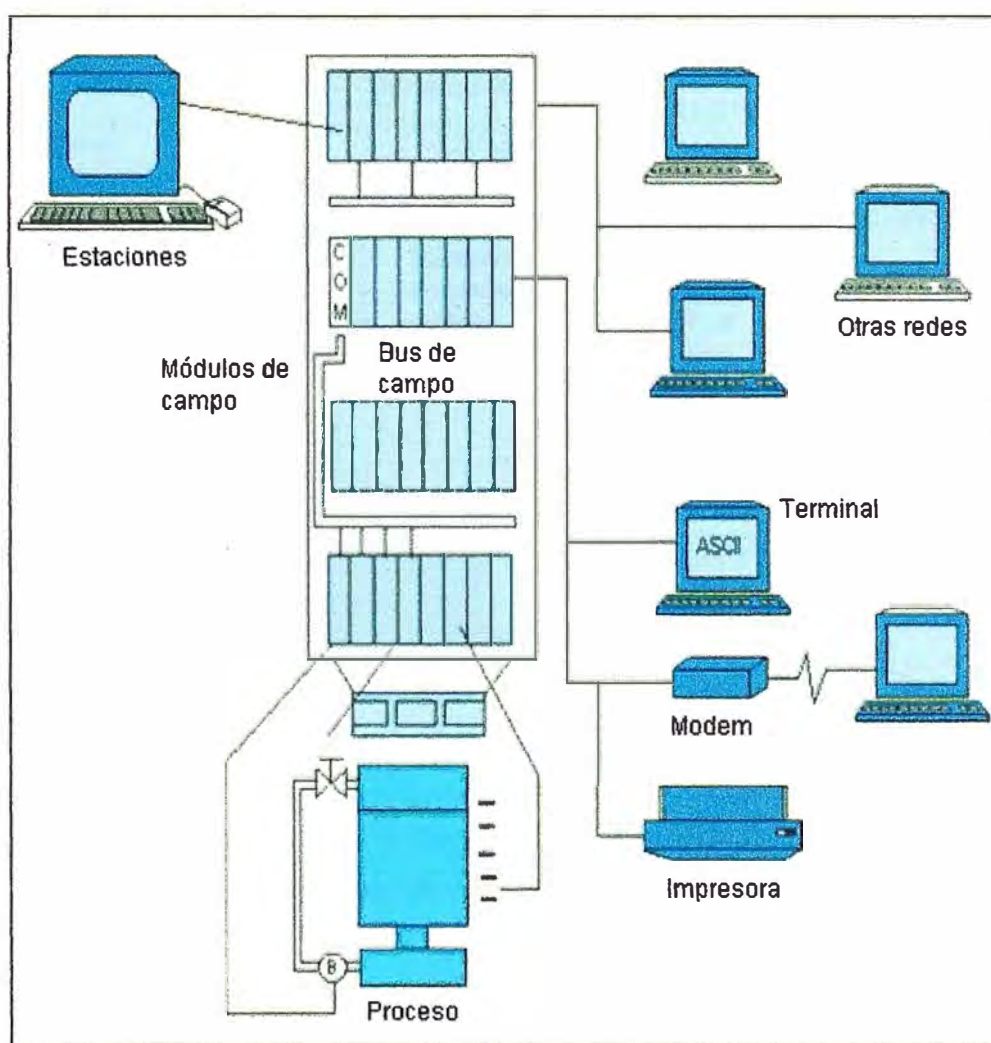


Figura 3.4 Sistemas de control distribuido

3.4 El controlador lógico Programable

Es un aparato electrónico digital basado en un microprocesador, con memoria programable para almacenar instrucciones que cumplan funciones especiales, tales como lógica secuencial, de tiempo de conteo, de cálculo, etc., desarrollados para el control de máquinas y procesos industriales.

Los PLCs incorporan interfases electrónicas que le permiten, por un lado recibir información proveniente de sensores, transductores y transmisores inteligentes, sistemas de monitoreo, etc.

La estrategia de control se define mediante el programa de aplicación, el cual se desarrolla usando lenguajes de programación específicos para aplicaciones de control.

3.5 Estructura Básica de un PLC

La figura 3.5 muestra la estructura básica de un PLC, que trabaja con señales de entrada / salida, de tipo digital [4].

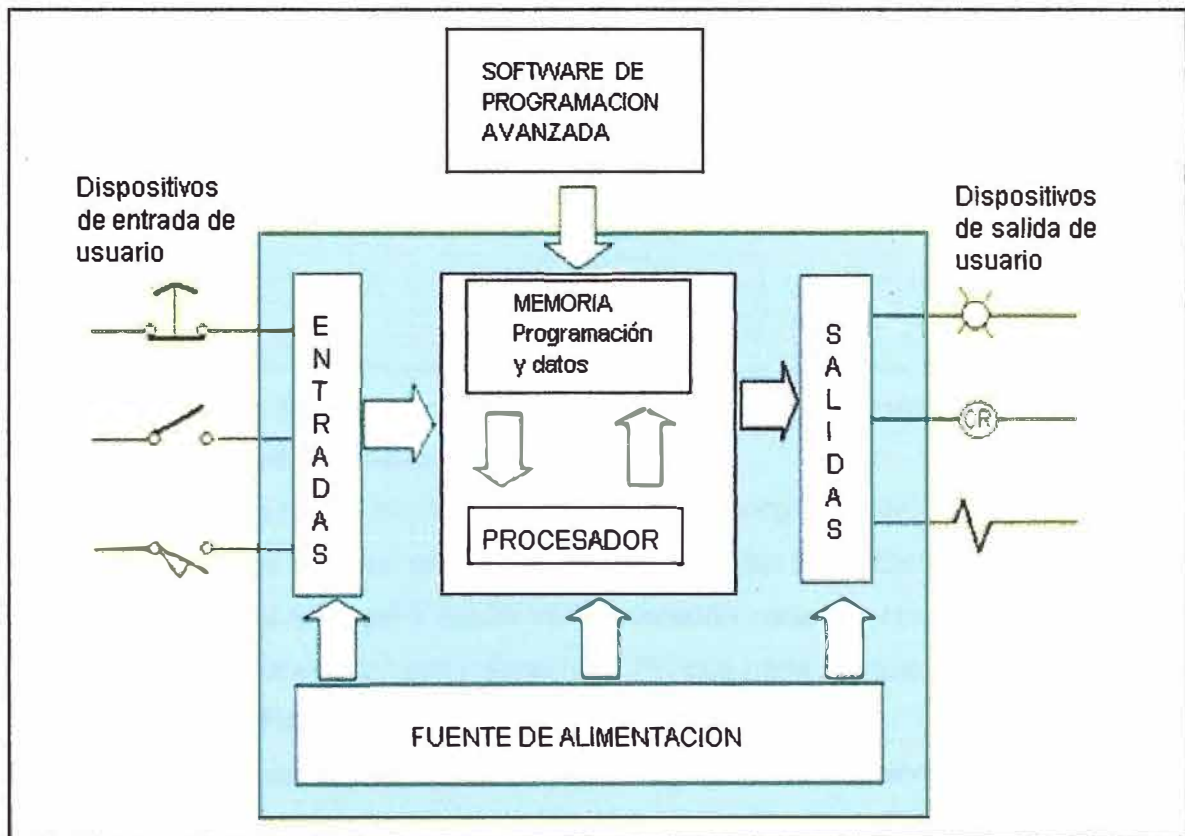


Figura 3.5 Estructura básica de un PLC

La estructura básica del hardware de un controlador programable propiamente dicho, está constituido por:

- a) Fuente de alimentación
- b) Unidad de procesamiento Central (CPU)
- c) Módulos de memoria
- d) Módulos de interfases de entradas ó salidas
- e) Unidad de programación.

En la figura 3.6 se muestra el esquema general de un automatismo gobernado con PLC, en el cual se pueden distinguir etapas fundamentales como adquisición de datos, tratamiento, y actuación.

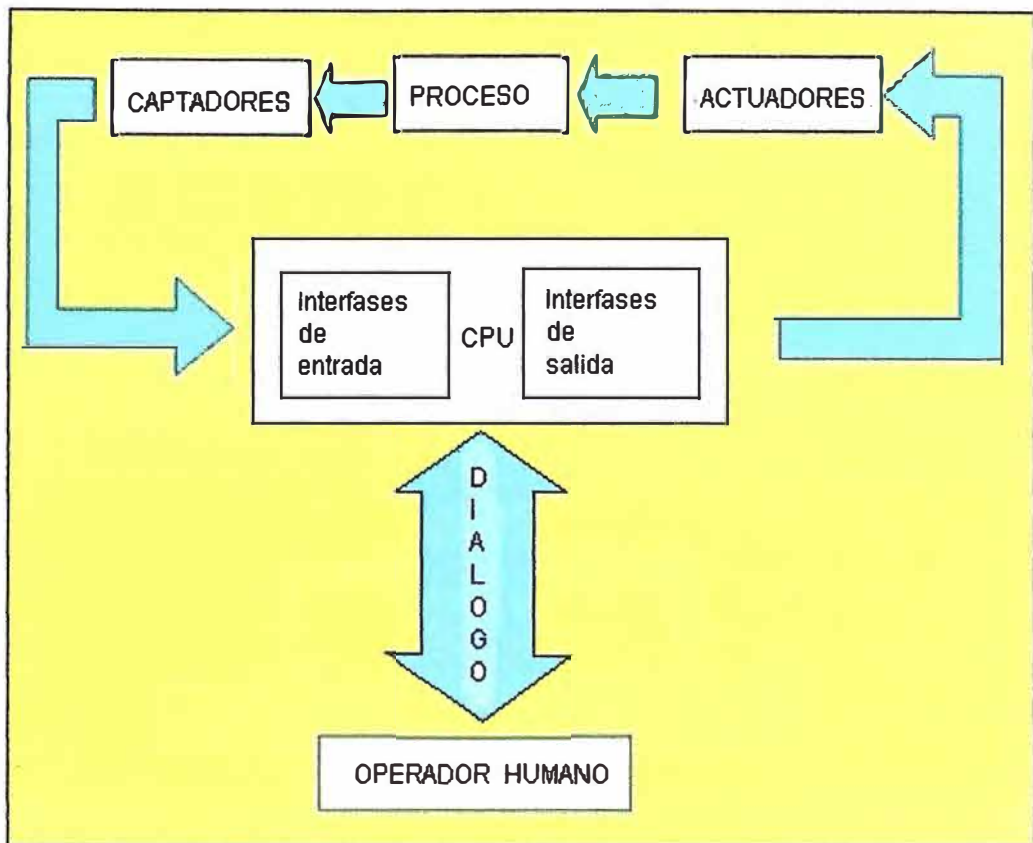


Figura 3.6 Esquema general de un automatismo gobernado con PLC.

3.5.1 Fuente de alimentación

Su función es la de suministrar la energía eléctrica necesaria en corriente continua a la CPU, y demás tarjetas según la configuración del PLC. Generalmente el nivel de tensión de la fuente no supera los 24 VDC, contando para ello con todos los dispositivos de protección adicionales a cada modelo de CPU que cada fabricante posee.

3.5.2 Unidad de Procesamiento Central (CPU)

Es la parte encargada del procesamiento de la información y está basado en un microprocesador y memorias. (Figura 3.7). Es la parte más compleja e imprescindible del controlador programable, que en otros términos podría considerarse como el cerebro del controlador.

Contiene una unidad de control, la memoria interna del programa RAM (memoria de acceso aleatorio), temporizadores, contactores, memorias internas del tipo relé, imágenes del proceso de E/S, etc. Su misión es leer los estados de las señales de entrada, ejecutar los programas de control y gobernar.

Otra de las funciones que realizan antes de la elaboración del programa, es depositar los estados de señal de todas a las entradas en un memoria denominada imagen del proceso de entradas, y durante la ejecución del programa guardar los resultados de las combinaciones en otra memoria denominada imagen del proceso de salidas.

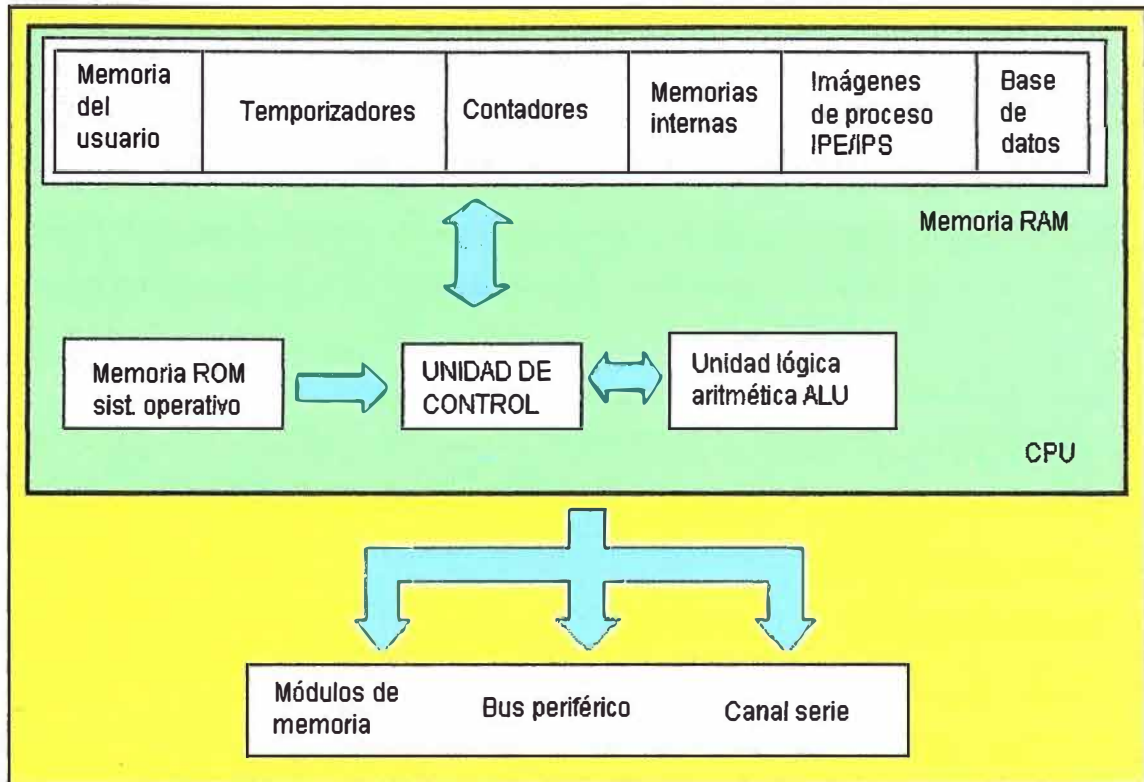


Figura3.7 Unidad de Procesamiento Central (CPU)

3.5.3 Módulos de memoria

Son aquellos dispositivos en donde se almacenan los datos de entrada para luego ser procesados por una unidad de procesamiento mediante un programa (software) de tal manera que son administrados hacia los puntos de salida para puedan utilizarse de acuerdo a las necesidades del usuario.

3.5.4 Módulos de interfase de entradas ó salidas

Es la parte del PLC por donde ingresan o salen todos aquellos datos necesarios después de haber sido manejados por la unidad de procesamiento central.

Vale decir que son los buses de entrada y salida de información que utiliza el usuario de acuerdo a sus necesidades.

3.5.5 Unidad de programación

Es aquella parte del PLC que está en el entorno y que sirve como un elemento de enlace entre el usuario y el programa que está dentro del CPU del PLC. Sirve para dar instrucciones mediante un programa al CPU del PLC y puede ser un monitor (Pantalla mas teclado) o un programador manual, que tiene un visor (display) para ingresar los datos que necesita el software. En otros modelos como el Pico PLC -1760 -118xxx está incorporado en la parte frontal.

3.6 Memorias, estructuración y tipos

La memoria es un dispositivo que nos permite almacenar información en forma de bits (ceros y unos). Se emplean con frecuencia tres tipos de representación para la

Información ya sea en forma de bit, byte o palabra.

3.6.1 Bit

Es la unidad elemental de información que puede tomar dos valores; en “ 1 “ o un “ 0 “ ,es decir ,un bit es un estado de señal o no señal que se puede sentir en algún dispositivo y enviar hacia otro punto donde puede ser útil. También puede considerarse como dos estados de carácter Booleano como son: **Verdadero o Falso**.

3.6.2 Byte

Es la unidad compuesta por una agrupación ordenada de 8 bit, es decir, ocho dígitos binarios. En un byte se pueden representar el estado de hasta ocho señales binarias, puede usarse para almacenar un número cuya magnitud como máximo sería: $11111111 = 2^8 - 1 = 255$.

3.6.3 Palabra

Se utiliza para obtener mayor capacidad de procesamiento .la palabra es una unidad mayor compuesta por 16 bits = 2 bytes. los bits de una palabra se agrupan de derecha a izquierda, tomando como número de bit 0 al 15. En una palabra se pueden representar hasta 16 señales binarias, puede usarse para almacenar un número cuya magnitud con máximo, sería $2^{16} - 1 = 65535$.

La cantidad de bits.de que consta una memoria se expresa en K siendo un K igual 1024 bytes. En la figura 3.8 se tiene estructura de una memoria [5,6].

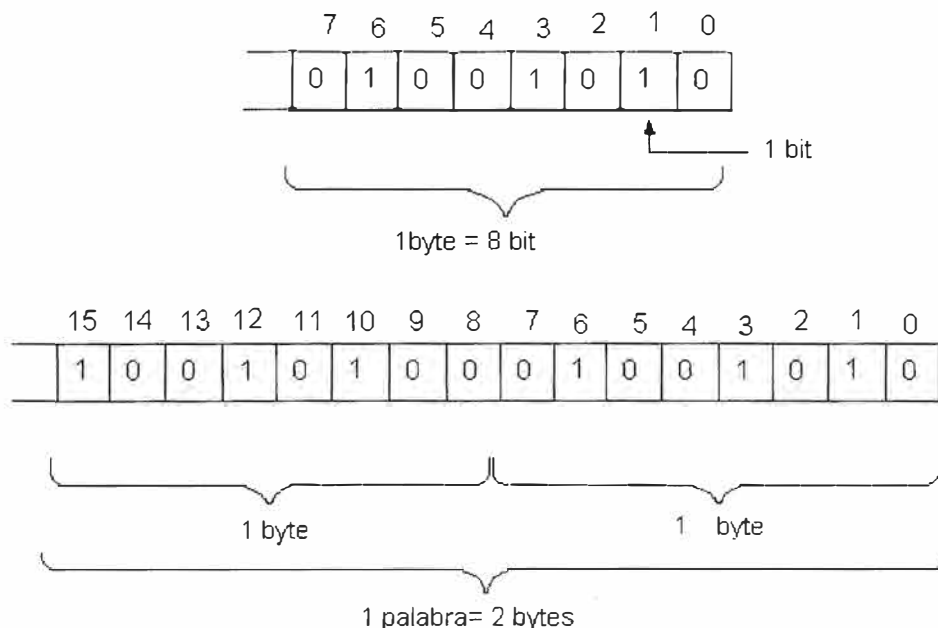


Figura 3.8 Representación de bit y bytes

A continuación mostramos brevemente los tipos de memoria:

- Unidad de memoria (RAM -ROM): La unidad de memoria se comunica con el microprocesador para leer y escribir información, tales como instrucciones, datos y direcciones por medio de las lecturas RAM (escritura –lectura) y ROM (lectura).

b) Memoria insertable (EPROM, EEPROM): Si se quiere garantizar totalmente el contenido de la información sin que se pierda el programa efectuado, éste deberá almacenarse y grabarse en memorias EPROM ó EEPROM cuyas características son:

- Pueden insertarse directamente enchufándolas al CPU en la memoria del programa.
- Guarda información de manera permanente.
- En una memoria EPROM puede modificarse el contenido del, programa borrándolo con luz ultravioleta y se puede volver a grabar con un aparato de programación de memorias.
- En una, memoria EEPROM se puede modificar el contenido del programa simplemente sobre escribiendo y se puede reprogramar directamente en la unidad central (función COPY) o con un aparato de programación de memorias.

Se expresa en K siendo un K igual 1024.

3.7 Módulos de Entrada (E)

Son los encargados de transmitir el estado del proceso a la unidad central de proceso, a éstos módulos se cablearán los sensores .Se les podría definir como los dispositivos básicos por donde se toma la información de los captadores, los cuales se acoplan al bus de datos por medio de su conductor y conector correspondiente, o bien a través de un bastidor, o rack que proporciona dicha conexión al bus y soporte mecánico.

Las entradas pueden ser fácilmente identificables debido a su número, por su identificación de input o entrada, por sus bornes de conexión para acoplar los dispositivos de entrada / salida y debido también a su indicación luminosa de activado por medio de un LED.

3.7.1 Captadores

Son en general aquellos elementos que se conectan o se acoplan a la entrada del autómata y pueden ser de dos tipos:

a) Digitales

Son señales que solo pueden tener dos niveles o estados:

- Contacto abierto o nivel 0, también puede ser considerado como no señal.
- Contacto cerrado o nivel 1, También puede ser considerado como señal.

Estas señales generalmente son de Tensión o de corriente que no varían con el tiempo (figura 3.9a)

b) Analógicas

Son señales que son variables en el tiempo (figura 3.9 b) que dura el proceso y

cuyo manejo puede necesitar de un elemento intermedio para su ingreso al

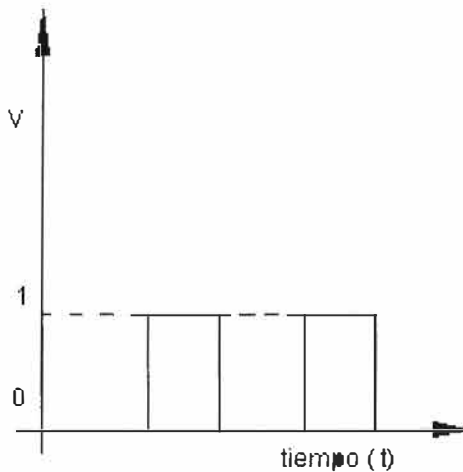


Figura 3.9a Señal digital

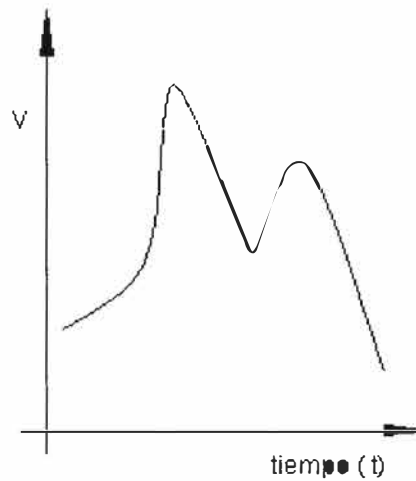


Figura 3.9b Señal analógica

autómata de un transductor. Así tenemos por ejemplo: Temperatura, velocidad, presión, caudal, densidad y humedad.

En los grandes procesos en donde intervienen éstas variables es más adecuado tener un autómata que tenga un ingreso directo para este tipo de señales. Evitándose adquirir un transductor para cada variable.

3.7.2 Captadores con señal.

Los captadores pueden ser de dos tipos teniendo en cuenta su tensión:

a) Captadores libres de tensión

Los captadores sin tensión que pueden conectarse a un autómata pueden ser de varios tipos los que podemos citar:

- Pulsadores
- Interruptores
- Finales de carrera
- Contactos de relés
- Contactores auxiliares del relé térmico diferencial

b) Captadores con tensión

Tenemos los siguientes más comunes:

- Detectores de proximidad
- Célula fotoeléctrica.

3.7.3 Tipos de módulos de entrada

Los módulos de entrada en cuanto al tipo de señal que reciben son de dos tipos

a) Módulos de entrada Digitales

Su Función es permitir el flujo de información digital (1 o 0) desde los captadores

hacia la CPU del PLC. las figuras 3.10 y 3.11 muestran esquemáticamente interfases de entrada discreta, tanto para entradas en DC como en AC. Ambas interfases, para AC o DC funcionan bajo el mismo principio. Se observa que las interfases para señales AC tienen una etapa previa de rectificación.

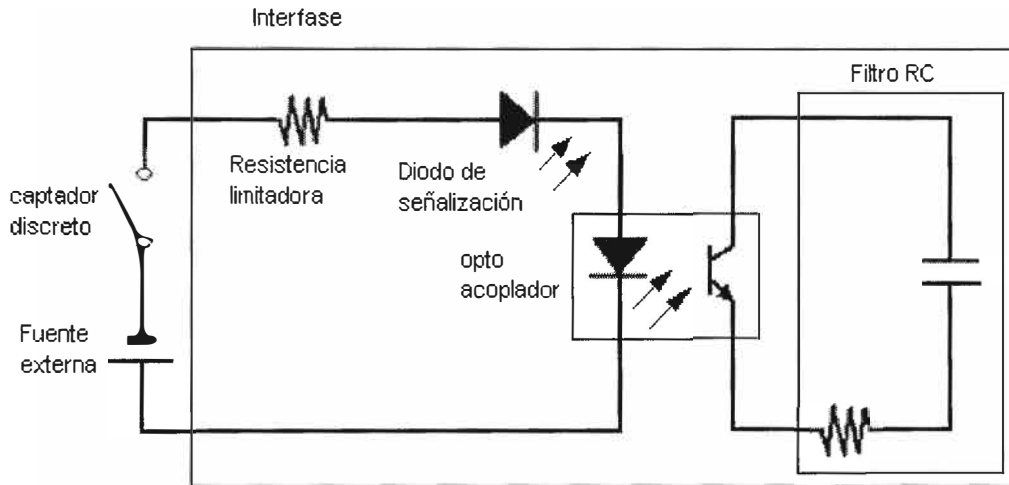


Figura 3.10 Interfase para entrada discreta en DC

Esta las hace más caras que las interfases para DC. Se recomienda usar entradas discretas en 24 VDC ya que éstas ofrecen mayor seguridad al personal, además de ser económicas y mucho más compactas

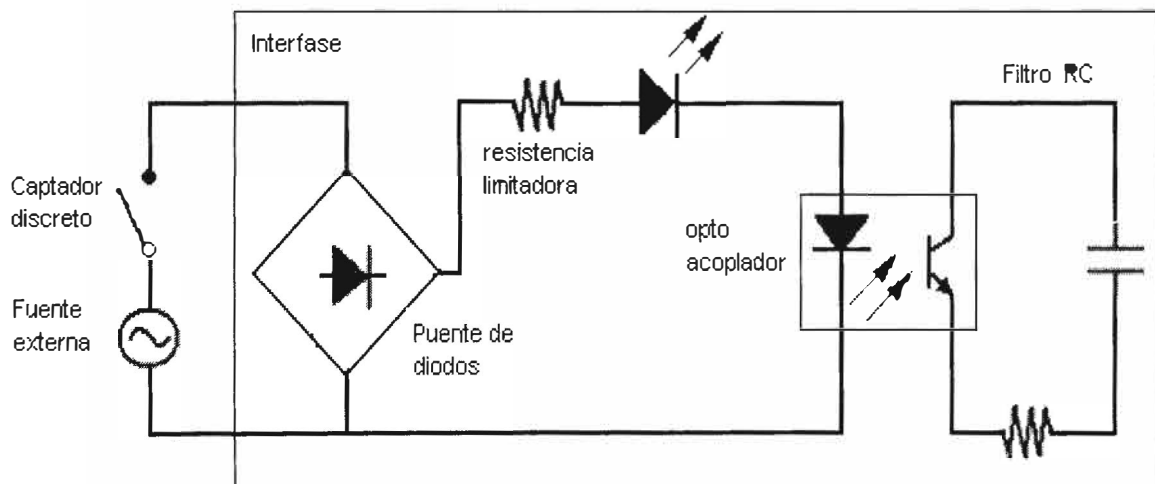


Figura 3.11 Interfase para entrada discreta en AC

b) Módulos de entrada analógicos.

Los módulos de entrada analógicos (figura 3.12) son básicamente un conjunto formado por un convertidor análogo digital (ADFC) y un multiplexor. El multiplexor hace las veces de un conmutador para seleccionar un canal al cual está conectada la señal analógica que se desea procesar, para luego transmitirlo al convertidor análogo-digital (ADC).

Este convertidor a su vez se encargará de digitalizar la señal que estará en función del nivel de la señal analógica que recibe, finalmente esta información es transmitida al controlador para ser depositada en una memoria denominada imagen del proceso de entrada, para que pueda ser accesada por el programa del usuario [6].

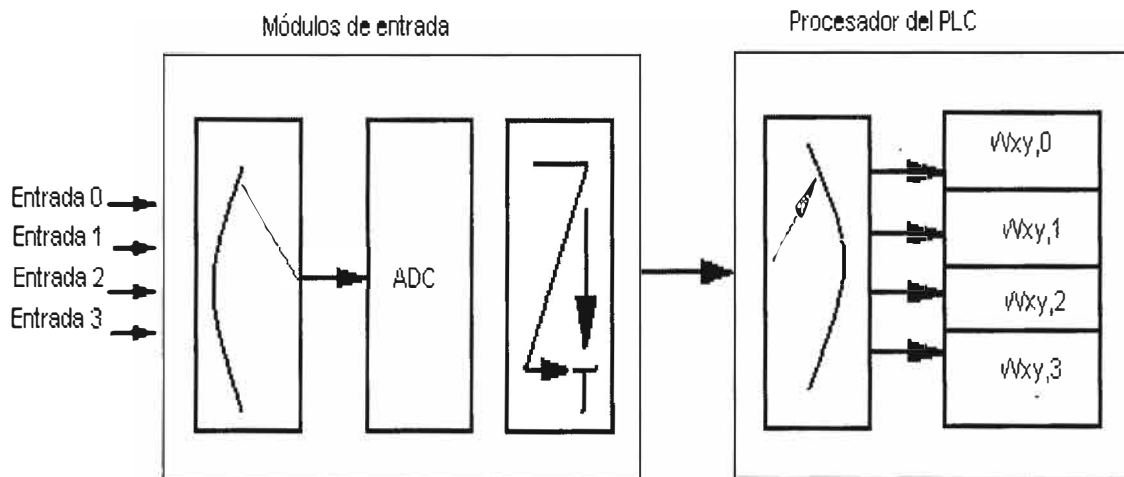


Figura 3.12 Módulos de entrada analógico

Los módulos de entrada analógicos de un PLC se pueden dividir en dos grandes familias en función del tipo de señal que reciben: señales de alto nivel y señales de bajo nivel.

- **Señales de alto nivel**

Son señales de tensión (V) o de corriente (mA), que evolucionan dentro de ciertos rangos de variación estandarizadas .generalmente este tipo de señales provienen de transductores (dispositivos que transforman cualquier parámetro físico, químico, o biológico en una magnitud eléctrica).

Algunos rangos típicos de las señales de alto nivel son las siguientes:

- ✓ Señal de corriente:

0,20 mA ,4-20 mA, +-10 mA

- ✓ Señal de tensión:

0-10 V, 0,5 V, 0-2 V, +- 10 V.

La ventaja de trabajar en señales de corriente respecto a la tensión, radica en que presenta los problemas de ruido eléctrico y la caída de tensión.

- **Señales de bajo nivel:**

Son generalmente de tensión del orden de los milivoltios. Proviene en su mayoría de las termocuplas, sondas de temperatura, celdas de carga, y de otros transductores similares. Los módulos de entrada analógicos por lo general son del tipo inteligente, es decir cuentan con su propio procesador y software especializado. Esto es

necesario ya que muchas veces la información proveniente del transductor debe ser procesada antes de la puesta a disposición del programa del PLC.

Por ejemplo en el caso de la medición mediante una placa de orificio, la señal enviada por el transmisor de presión diferencial debe ser procesada (extracción de raíz cuadrada) para tener una medida del caudal, similarmente en el caso de la temperatura es necesario realizar la compensación por una junta de agua fría.

3.8 Módulos de salida (S)

Los módulos de salida son los encargados de transmitir las órdenes, éstas órdenes las genera la unidad central de proceso en base a un algoritmo previamente definido para ese proceso en especial. Cada señal irá cableada a su correspondiente actuador. La identificación de las salidas se designa como OUTPUT, que incluye un indicador luminoso LED de activado, donde se conectan ó se acoplan los dispositivos de salida o actuadores

Estos módulos de salida pueden ser de dos tipos:

- Salidas digitales (discretas).
- Salidas analógicas.

3.8.1 Módulos de salida digital

Las salidas digitales de un controlador programable pueden ser de tres tipos:

a) Módulos de salida digital tipo relé

Estos módulos de salida (figura 3.13) conmutan mediante un pequeño relé electromagnético .Esto les permite conmutar tanto en AC como en DC dentro de ciertos límites en diversos niveles de tensión .Tienen la ventaja de manejar corrientes más elevadas y con el inconveniente de una corta vida útil debido Al desgaste de la parte móvil de los contactos

Durante su funcionamiento, estos módulos se caracterizan respecto a los de estado sólido, por el reconocible sonido de los contactos de conmutación que emiten los micros relés.

b) Módulos de salida digital tipo TRIAC

Los módulos de salida tipo TRIAC (figura 3.14) conmutan en base a un TRIAC. Este tipo de interfases se pueden usar únicamente en AC y dentro de ciertos rangos de tensión e intensidad especificados.

c) Módulos de salida tipo transistor

Los módulos de salida tipo transistor (figura 3.15) conmutan mediante un transistor que funciona en corte y saturación .Este tipo de salida se puede usar únicamente en DC y para los rangos de tensión e intensidad establecidos durante el diseño.

3.8.2 Módulos de salida analógicos

Los módulos de salida analógicos (figura 3.16) se basan en un convertidor digital /analógico (DAC). El DAC recibe un conjunto de bits, que refleja una variable numérica calculada por el programa del PLC y en función a éste genera una señal analógica, obviamente la señal de salida no evolucionará continuamente si no mediante pequeños saltos .A mayor cantidad de bits en el DAC más pequeños serán los saltos.

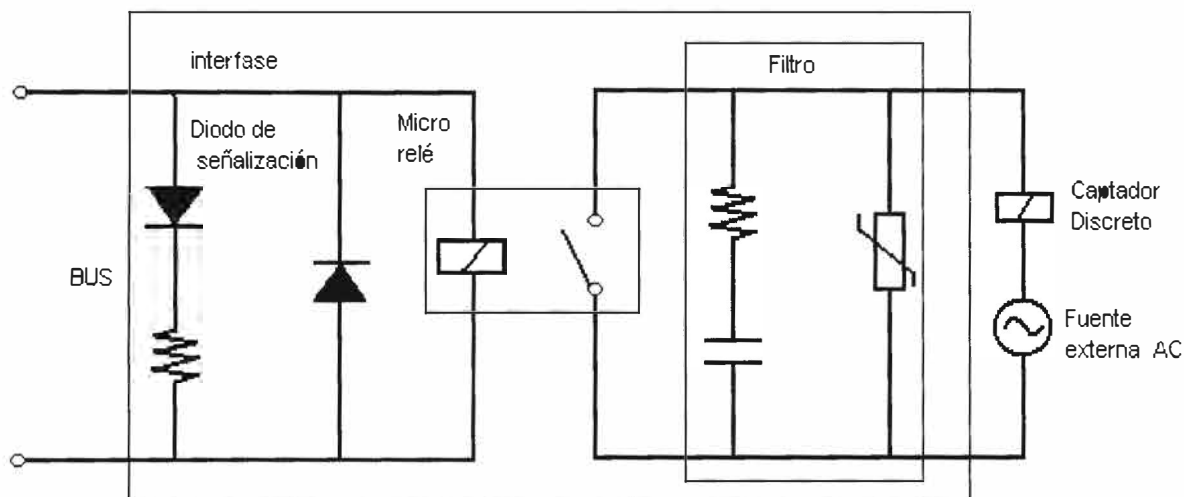


Figura 3.13 Interfase de salida digital tipo relé

Los PLCs utilizan las señales analógicas para comandar elementos de mando y de potencia a una válvula proporcional .Las señales analógicas de salida pueden ser de dos tipos: señal de tensión y señal de corriente. Las señales más frecuentemente utilizadas son las de 0 a 20 mA ó 4 a 20 mA y las de 0 a 10 V [8,9].

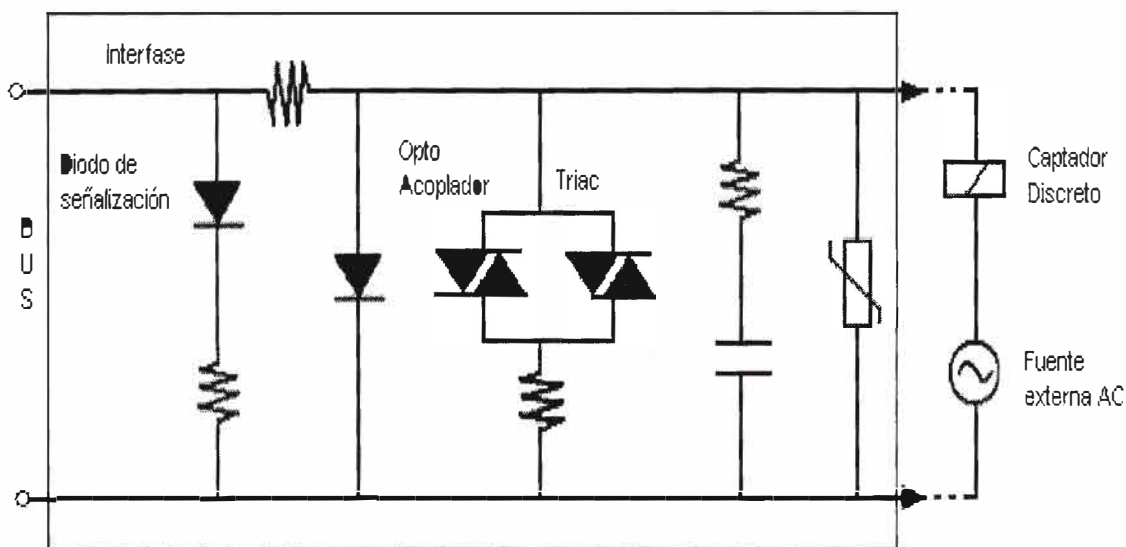


Figura 3.14 Interfase de salida tipo TRIAC

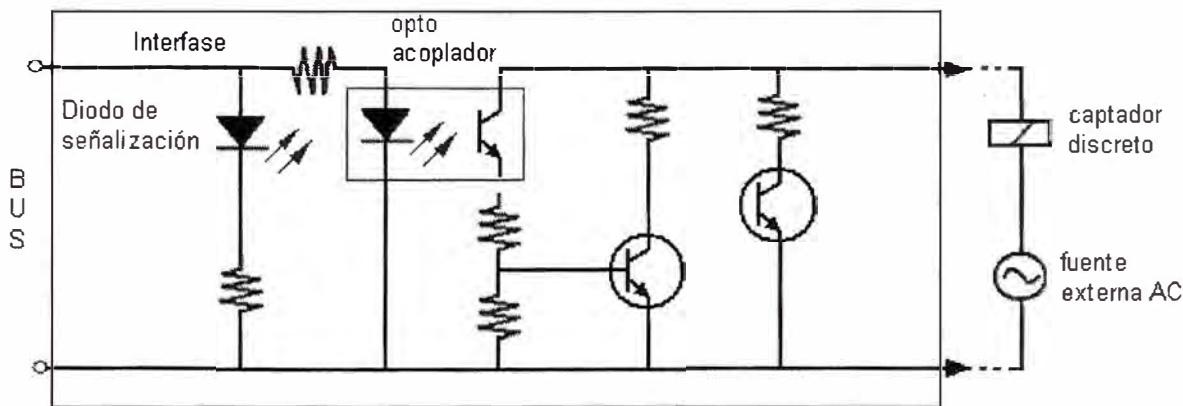


Figura 3.15 Interfase de salida digital tipo transistor

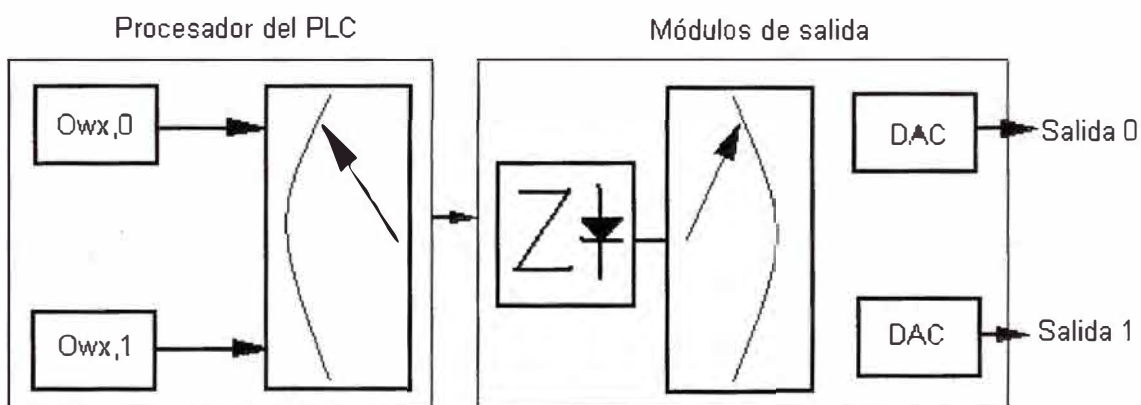


Figura 3.16 Módulo de salida analógica

3.9 Unidad de programación

Los aparatos de programación (figura3.17) denominados también terminales de programación, son el medio de comunicación entre el operador y la máquina, a través de la escritura, lectura, modificación, monitoreo forzado, diagnóstico y la puesta a punto de los programas [8].

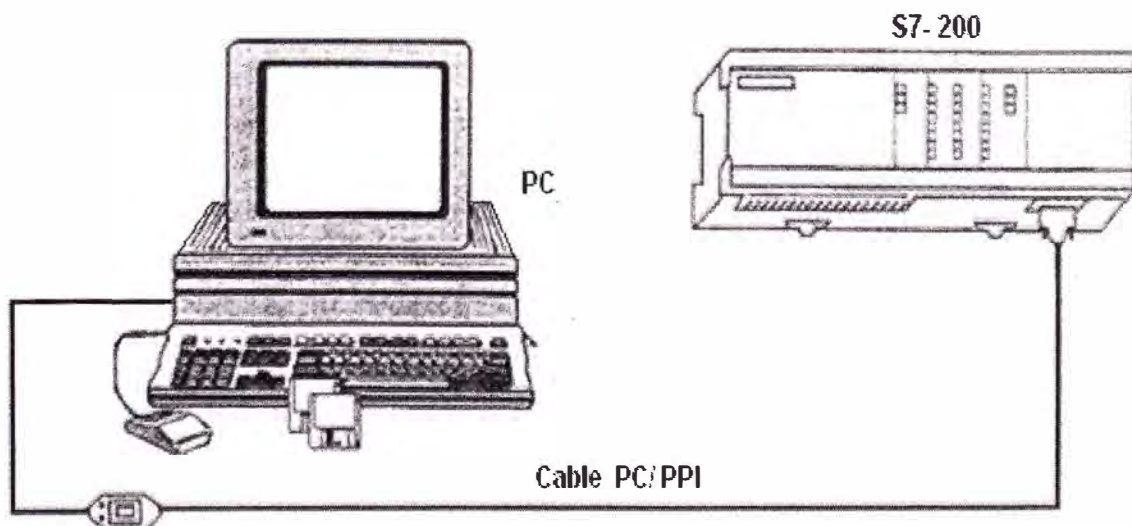


Figura3.17 Comunicación PC- PLC

Estos aparatos están constituidos por un teclado y un dispositivo de visualización, donde el teclado muestra todos los símbolos (numéricos, instrucciones, etc.) necesarios para la escritura de un programa. El visualizador o pantalla pone a la vista todas las instrucciones programadas o registradas en la memoria. Existen tres tipos de programadores: los manuales (hand Held) tipo calculadora, los de tipo video y la computadora.

Los programadores manuales se caracterizan por su fácil programación (lista de instrucciones y, LADDER) son portátiles y económicas; generalmente son usados en los PLCs compactos, en los que no se requiere mayor complejidad en la programación. El medio más completo de programación, incluyendo la detección de fallas son los programadores de vídeo y las computadoras personales, se pueden emplear todos los lenguajes de programación. Cuando se utiliza la computadora que por lo general es lo común, es necesario el software de programación

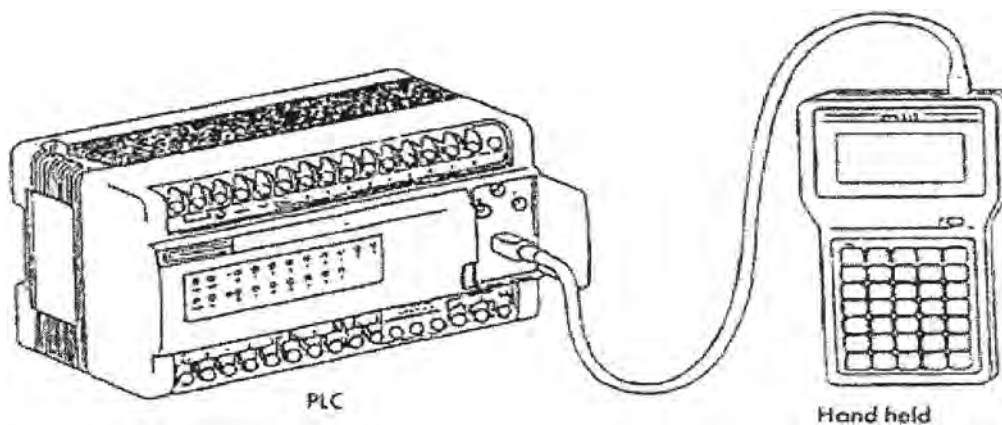


Figura 3.18 Comunicación PLC – Hand –Held

Los terminales de programación nos permiten:

- Escribir los programas, así como modificarlos ó borrarlos de manera parcial ó total.
- Simular la ejecución de las instrucciones programadas.
- Detectar y visualizar las fallas del programa.
- Visualizar en todo momento el estado de los captadores y accionadores en términos de tiempo real.
- Realizar la transferencia del programa a diferentes periféricos.

3.10 Tipos de PLC

3.10.1 PLCs Modulares

Estos PLCs (figura 3.21) se configuran (ensamblan) insertando los diversos componentes en los slots (compartimentos) de uno o más racks (cajas).

En este caso hay que seleccionar cada uno de los componentes del equipo, vale decir:

- a) El rack, que existen de diferentes tamaños, con o sin ventilación, etc.
- b) El módulo de alimentación, según sea la potencia.
- c) La CPU, según la capacidad de velocidad y funcionalidad del software requeridas.
- d) Los módulos de entrada y salida.
- e) Los módulos especializados (comunicaciones, posicionamiento, conteo rápido, etc.).

3.10.2 PLCs Compactos

Estos PLCs (figura 3.18 y 3.19) reúnen la estructura básica del hardware de un controlador programable, tal como la fuente de alimentación, la CPU, la memoria, batería de respaldo, interfases de entrada y salida, interfases de comunicaciones, etc.

Los PLCs compactos, son modularmente únicos, el hardware de éstos equipos no es flexible ya que poseen un número definido de entradas o salidas; discretas o análogas, pero sí es posible la conexión de módem a redes industriales etc.

Las principales ventajas de este equipo son las siguientes:

- Son muy económicos
- Tiene lenguajes de programación muy potentes.
- Ocupan poco espacio.
- Se pueden programar desde un terminal del tipo portátil (hand held) o desde una microcomputadora
- Son muy compactos físicamente.
- Soportan contingencias extremas de funcionamiento tales como; temperaturas $< 60^\circ$, fluctuaciones de tensión, vibraciones mecánicas, etc.
- Se pueden comunicar a través de una red con otros equipos (Figuras 3.22 y 3.23)

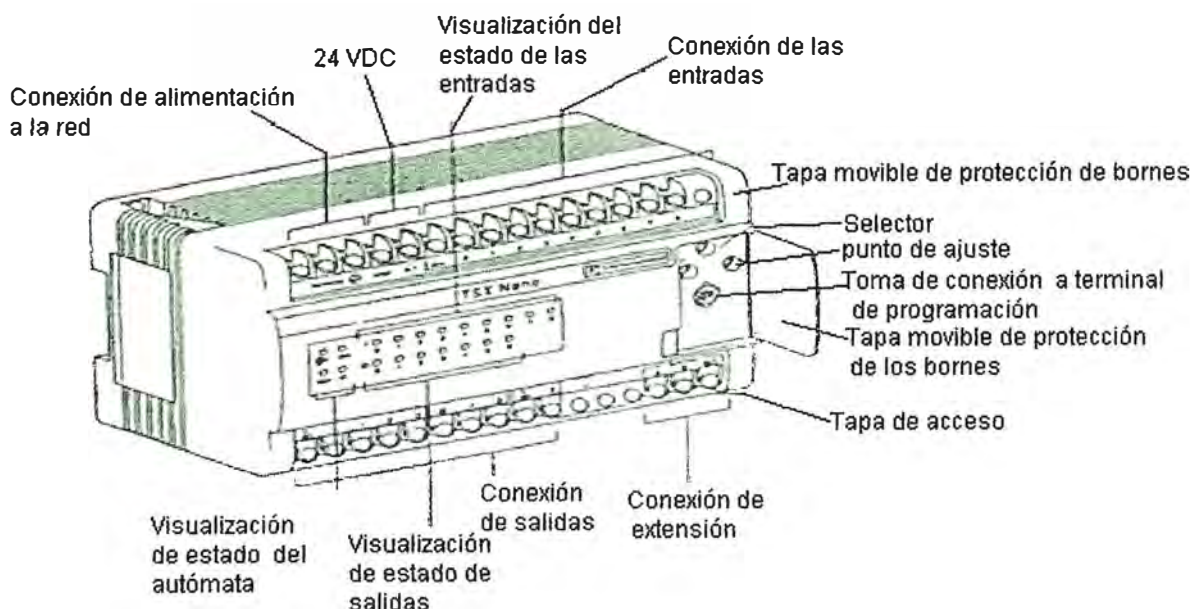


Figura 3.19 PLC de tipo compacto

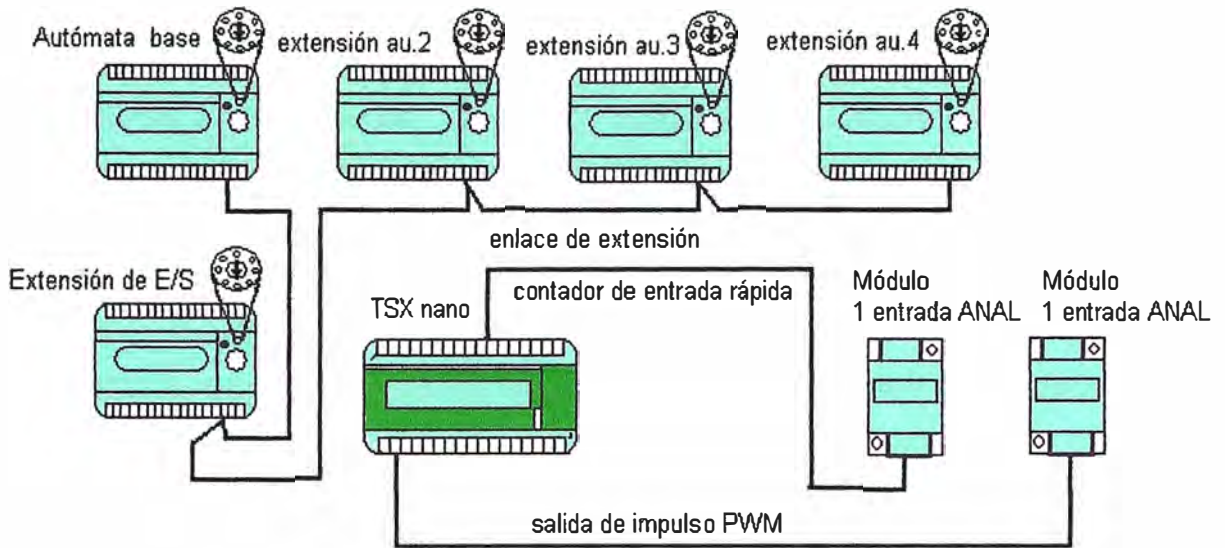


Figura 3.20 Módulo de extensión de los PLCs compactos

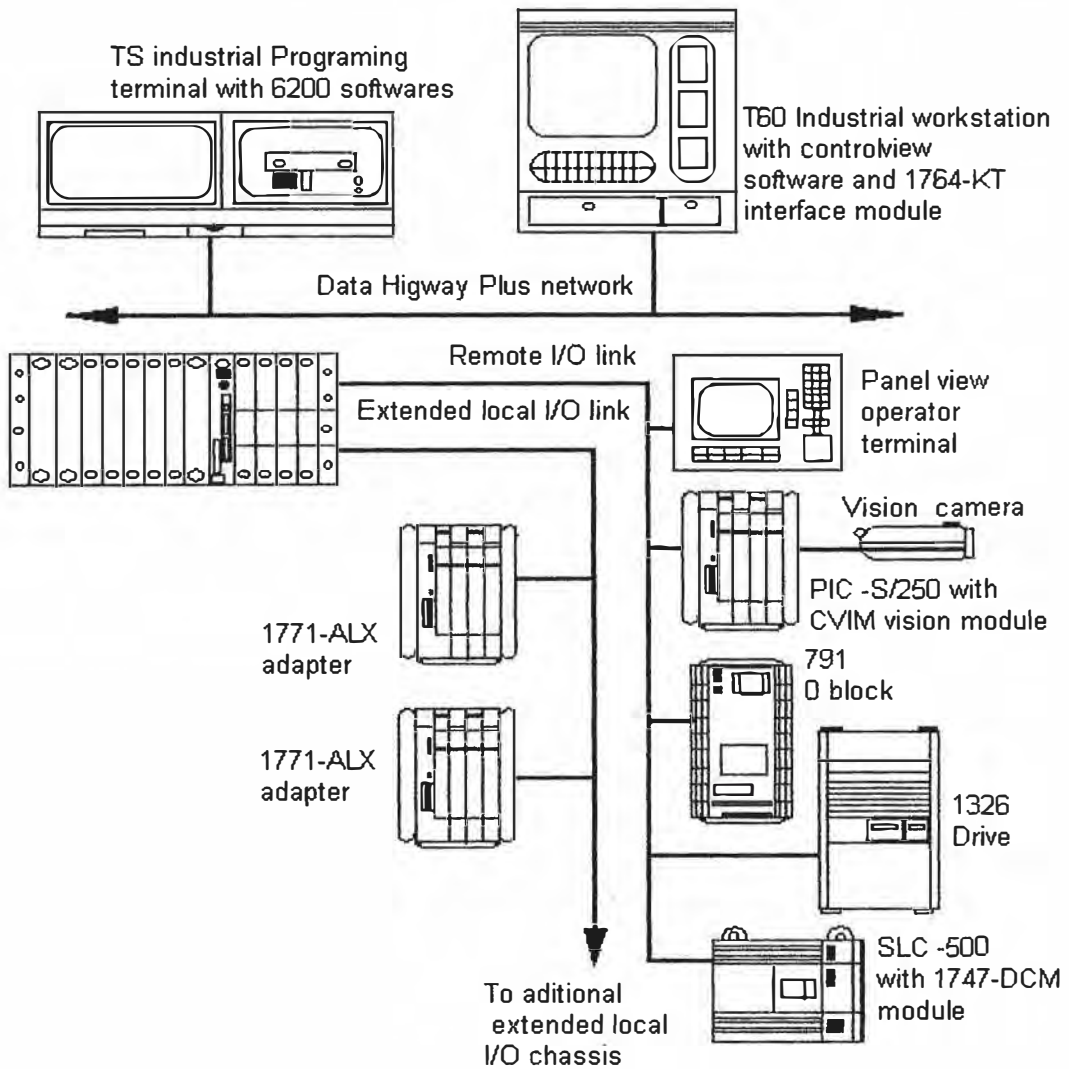


Figura 3.21 PLC Modular en red

3.11 Lenguajes de programación

Desde el punto de vista de un procesador, un programa es un conjunto de instrucciones o proposiciones claramente definidas que indican lo que se tiene que hacer. En donde cada instrucción tiene definidos los siguientes puntos:

- Qué operación realizará a continuación.
- De donde obtendrá los datos que necesita para realizar la operación.
- Dónde guardará los resultados de la operación.

Desde el punto de vista del usuario, un programa significa las especificaciones de un conjunto de operaciones que debe llevar a cabo un procesador para lograr resolver una determinada tarea. Un programa se escribe en lenguaje de programación, éste permiten simplificar la creación de programas debido a su fácil descripción de las instrucciones que ha de ejecutar el procesador en algunos casos agrupando varias

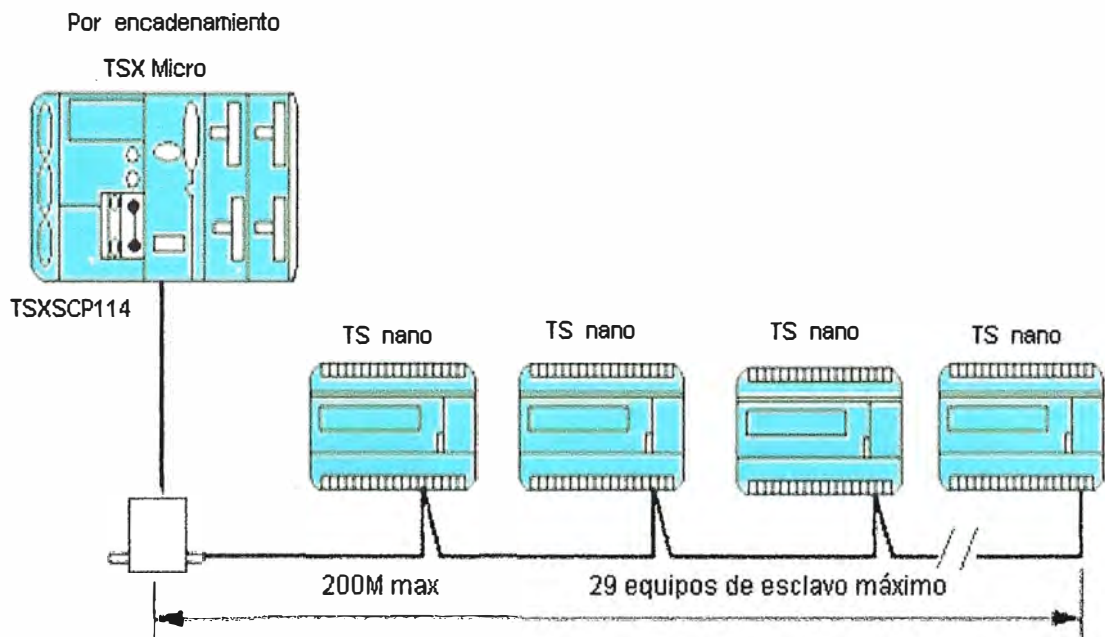


Figura 3.22 PLC compactos en red modular

Instrucciones y dando un solo nombre al conjunto, de tal forma que la lista de operaciones se reduce considerablemente, resultando fácil la comprensión y la resolución de los problemas. También varios cientos de instrucciones simples se pueden expresar con una lista de unas cuantas líneas. Podemos decir que un lenguaje de programación es un nexo entre el operador y aquellos dispositivos que deben ser controlados, supervisados o monitoreados de una manera simple y lógica el funcionamiento de una máquina(s). Finalmente a la acción de realizar un programa se le conoce con el nombre de programación. A menudo el lenguaje de programación se denomina software de programación,

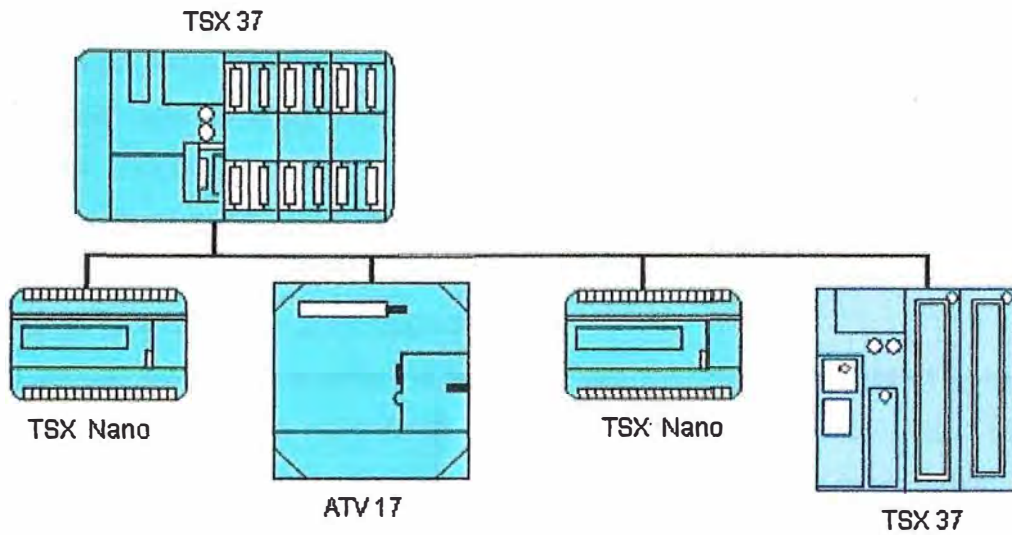


Figura 3.23 PLC compactos en red con equipos de control

Se definen dos tipos de programas (Figura 3.24):

- Programa de sistema.

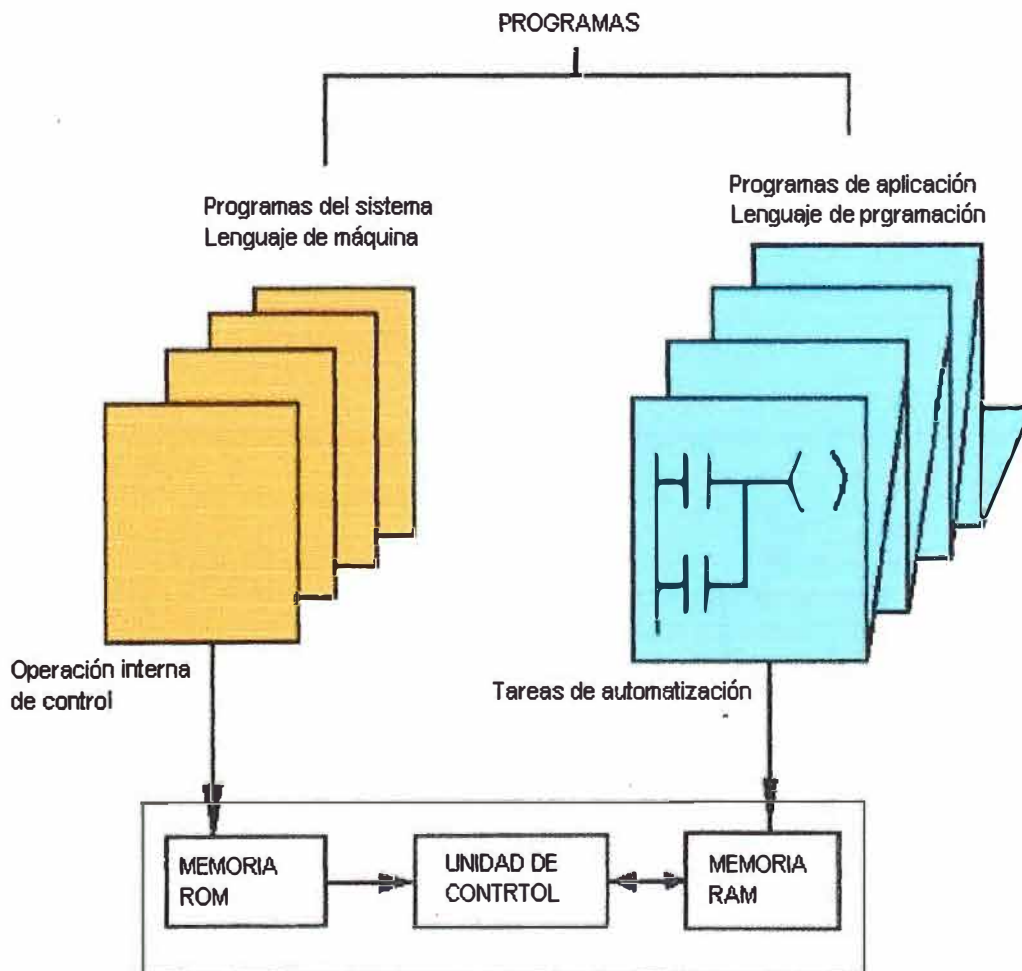


Figura 3.24 Tipos de programas utilizados por el PLC

- Programa de aplicación o de usuario.

En el presente informe haremos hincapié del lenguaje del tipo de aplicación o de usuario. Hace algunos años existían tantos lenguajes para PLCs como fabricantes los había, Este inconveniente se ha ido superando, tal que en la actualidad gracias a la aceptación y la vigencia, como a la necesidad de contar con un lenguaje normalizado, se ha establecido la norma internacional **IEC 1131-3**, que se encarga del tema de lenguajes de programación para PLCs [8,9].

La aceptación que ha tenido esta norma es tan basta que en **1992** se ha formado la organización **PLC OPEN**, cuya finalidad es la de promocionar la norma **IEC 1131-3** PLC OPEN es una organización que congrega a los principales fabricantes de PLCs, pero mantiene una total independencia de productos y fabricantes. La norma **IEC 1131-3** distingue dos tipos de lenguajes de programación: lenguajes gráficos y lenguajes textuales, y dentro de cada uno de éstos se estandariza lo siguiente:

a) Lenguajes Gráficos

- Carta de funciones secuenciales(SFC o GRAFCET)
- Diagrama de escalera (LADEER)
- Diagrama de bloques funcionales

b) Lenguajes textuales

- Lista de instrucciones
- Texto estructurado.

3.11.1 Diagrama de escalera (Ladder)

Este lenguaje gráfico (segunda figura 3.25) se asemeja a los circuitos eléctricos de control de la lógica eléctrica de relés (lógica cableada)

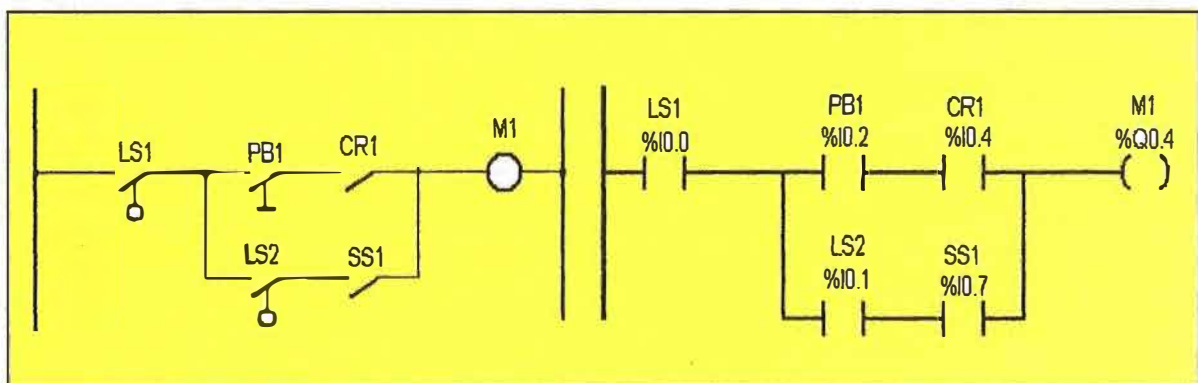


Figura 3.25 Lógica de relés Vs Diagrama de escalera

En las figuras anteriores, se ilustra el esquema simplificado de un circuito eléctrico y su equivalente en el diagrama de escalera. Obsérvese que en el diagrama de escalera todas las entradas asociadas con un dispositivo de conmutación en el esquema de lógica

de relés se muestran en forma de contactos. La bobina M1 queda representado por un símbolo de salida. Las referencias que aparecen encima de cada símbolo de contacto / bobina indica la ubicación de las conexiones de entrada / salida externa en el autómata. Un diagrama de escalera se compone de una serie de instrucciones específicas, relacionadas entre sí situadas entre las dos barras verticales que representan voltaje.

Las principales funciones que éste lenguaje permite implantar son las siguientes:

- Lógica booleana
- Conteo y temporización
- Comparaciones aritméticas
- Cálculo booleano sobre palabras de 16 bits.
- Transferencias de datos.
- Conservación de códigos (ASCII- BCD binario).
- Comunicación serial.
- Algoritmos de regulación. PID

Ejemplo

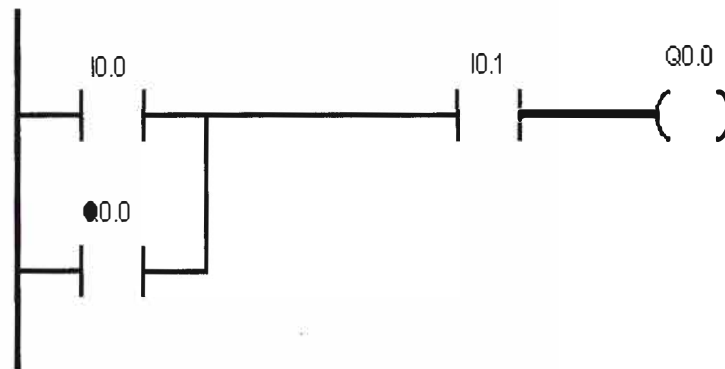


Figura 3.26 Esquema en lenguaje LADDER, del encendido y apagado de una lámpara

3.11.2 Carta de funciones secuenciales (Grafcet)

Es un lenguaje de tipo gráfico (figura 3.27) orientado a las aplicaciones de carácter secuencial las cuales quedan muy claramente establecidas en términos de etapas transicionales. Las etapas representan las acciones y las transiciones de las condiciones que deben cumplirse para ir realizando las acciones. Las acciones y las condiciones se pueden programar en cualquiera de los otros lenguajes definidos por la norma.

3.11.3 Diagrama de bloques funcionales

Este lenguaje es muy parecido a las compuertas lógicas que se utilizan en electrónica, tales como: AND, OR, NAND, NOR, etc. (Figura 3.28 a y 3.28b)

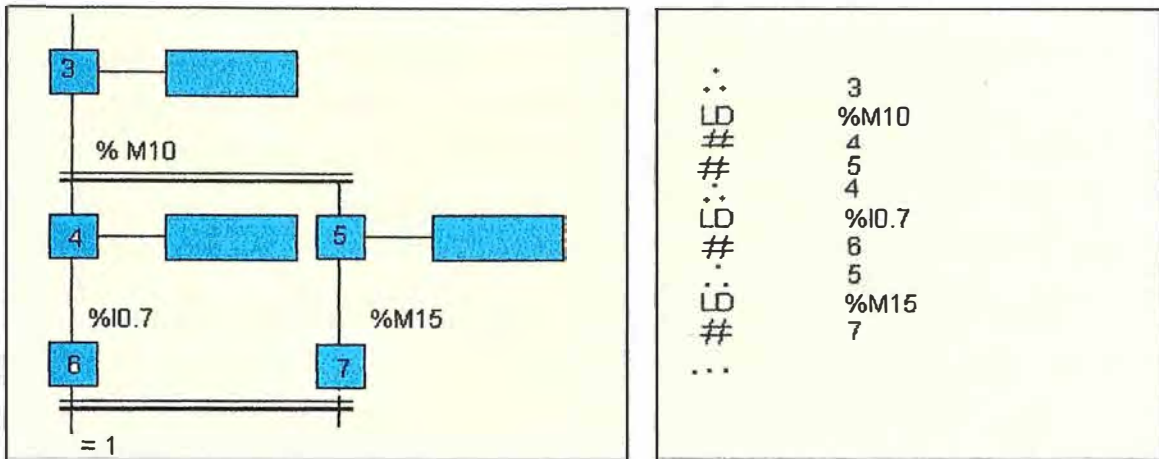


Figura 3.27a Diagramas en grafcet

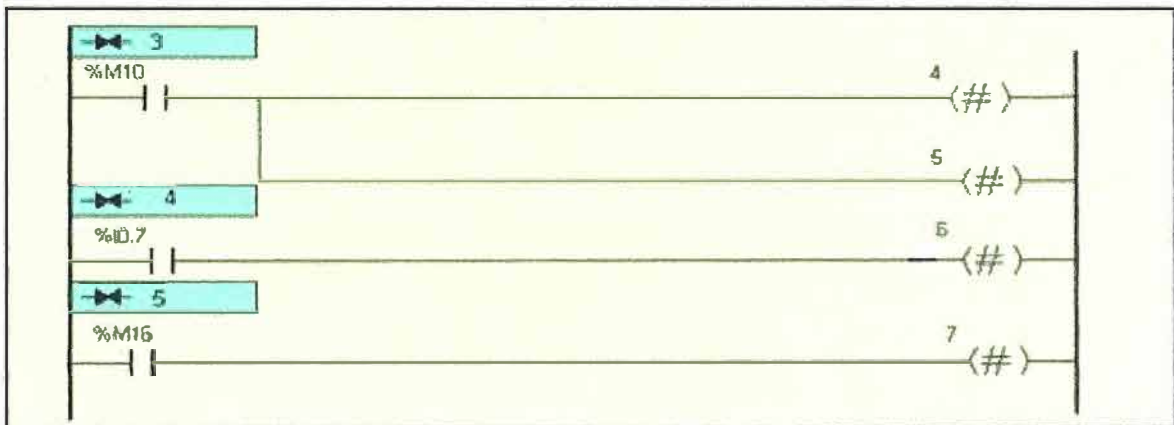


Figura 3.27b Diagramas en grafcet

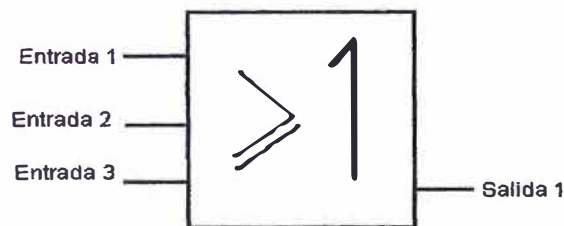


Figura 3.28 a Representación de una puerta lógica OR utilizada en bloque de funciones

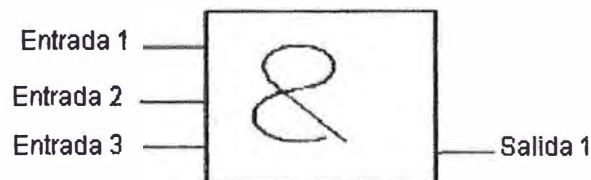


Figura 3.28b Representación de una puerta lógica AND utilizada en bloque de funciones

3.11.4 Lenguajes textuales

Este tipo de lenguaje presenta dos tipos totalmente diferentes en cuanto al nivel y tipo de aplicaciones, tales como:

a) Lista de Instrucciones

Este tipo de lenguaje (figura 3.29) permite desarrollar programas de tipo secuencial mediante una lista de instrucciones codificadas.

Cada fila de programas tiene un número generado de forma automática, un código de instrucción y un operando tipo bit o palabra.

Ejemplo

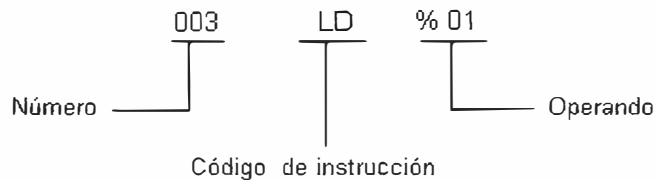


Figura 3.29 Lista de instrucción

El programa en lenguaje lista es una serie de expresiones lógicas escritas en forma de secuencia de instrucciones booleanas.

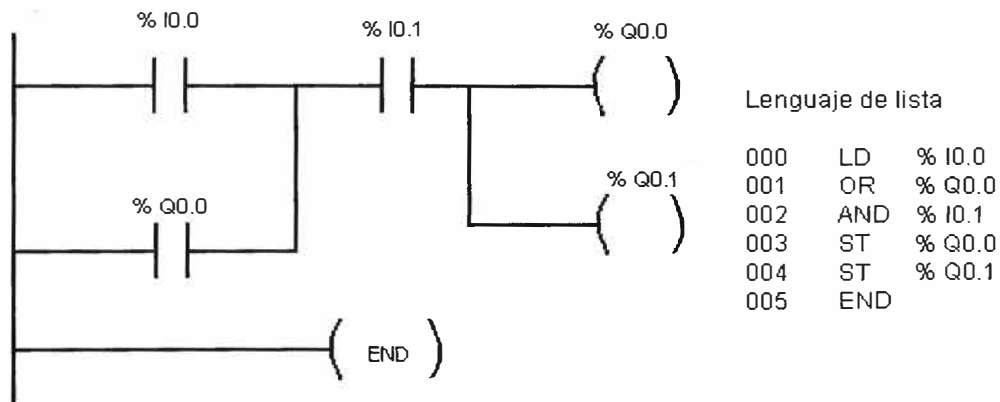


Figura 3.30 Diagrama ladder y su respectiva lista de instrucciones

b) Texto estructurado

Lenguaje de alto nivel y estructurado incluye típicas sentencias de selección (IF, THEN – ELSE) y de iteración (FOR, WHILE, REPEAT), además de funciones específicas para aplicaciones de control es ideal en las hay que realizar cálculos matemáticos elaborados, emular protocolos, etc.

3.12 Consideraciones de seguridad en la instalación de controladores Lógico Programables

3.12.1 Desenergización

El interruptor de potencia principal debe estar ubicado donde los operadores y el personal de mantenimiento puedan tener un acceso fácil y rápido al mismo. Además de desconectar la potencia eléctrica, todas las otras fuentes de alimentación deben desactivarse antes de trabajar en una máquina o proceso controlado por un PLC.

Antes de instalar cualquier dispositivo de E/S deberá desconectarse la energía que alimenta al controlador y cualquier otra fuente adicional que alimente a los dispositivos de campo en general.

3.12.2 Circuitos de seguridad

Los circuitos instalados en la máquina por razones de seguridad, como finales de carrera de seguridad, botoneras e interbloques, siempre deben estar cableados directamente al relé de control maestro (MCR). Estos dispositivos deben estar cableados en serie, de manera que cuando cualquiera de ellos abran, el relé de control maestro se desactiva, desconectándose por lo tanto la potencia a la máquina.

3.12.3 Transformador de aislamiento

Si se determina que existen altas frecuencia de ruido en los equipos de distribución (transformadores de potencia ,cables de energía, etc.) o alrededor de un sistema de control con PLC (motores, arrancadores, etc.) será necesario aislar el sistema de potencia en AC del cual se alimenta .En este caso se recomienda conectar un transformador de aislamiento(figura 3.31) que al mismo tiempo que aísla las perturbaciones existentes en la red sirve como acondicionador de la tensión de la fuente de alimentación al PLC ,donde por lo general es reductor .

Este circuito tiene las siguientes características:

- a) Siempre que cualquier dispositivo de emergencia (interruptor de parada de emergencia ,interruptor de seguridad ,etc.) es desconectada, la energía suministrada a los dispositivos de campo de E/S queda interrumpida por desconexión del relé de control principal ,y por ende ,desactivando todas las máquinas o aparatos eléctricos ,siempre y cuando éste no represente un peligro a las personas ó a los equipo que intervienen en un proceso de control[6,8].

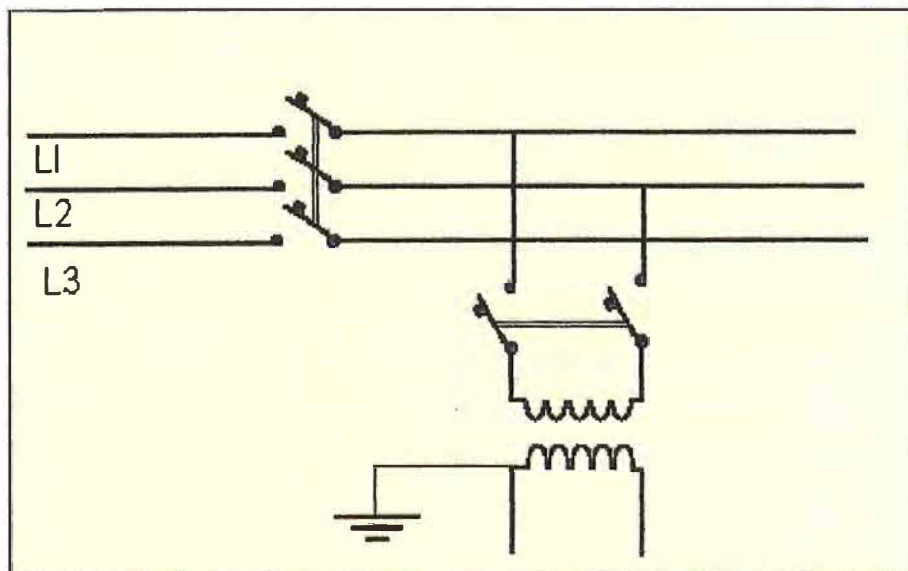


Figura 3.31 Transformador aislador para un PLC

- b) Todos los dispositivos de parada de emergencia están conectados en serie para un control desde diferentes puntos, ubicados en lugares de fácil acceso para el operador.
- c) Cuando retorna la energía de la red ante cortes inesperados, y al activar el circuito de control, no deberán arrancar automáticamente las máquinas por medida de seguridad. La inicialización debe ser ejecutada por el operador en forma manual.
- d) Cuando gobierna la parada de emergencia desactivada de E/S, una fuente de alimentación en DC deberá interrumpir su funcionamiento y poder evaluar en el programa la causa que originó la falla, asimismo observar las instalaciones de diagnóstico.
- e) En el programa de usuario no debe figurar ningún componente del circuito de control (interruptores parada de de emergencia y relés), ya que éstos dispositivos son transparentes al sistema controlado por el PLC.

3.12.4 Apantallamiento

El apantallamiento o blindaje (figura 3.32) es una forma de proteger a equipos o aparatos contra diferentes tipos de interferencia de naturaleza magnética, eléctrica o electromagnética. El apantallamiento de equipos se logra cuando se instalan los equipos en gabinetes metálicos protegiendo contra señales perturbadoras que puedan existir fuera de ella. Por ejemplo: motores, conductores de energía etc.

Las señales perturbadoras que ingresan a través de las líneas provenientes de conductores de energía, deberán derivarse a tierra pasando por el punto central de ubicación en el carril normalizado.

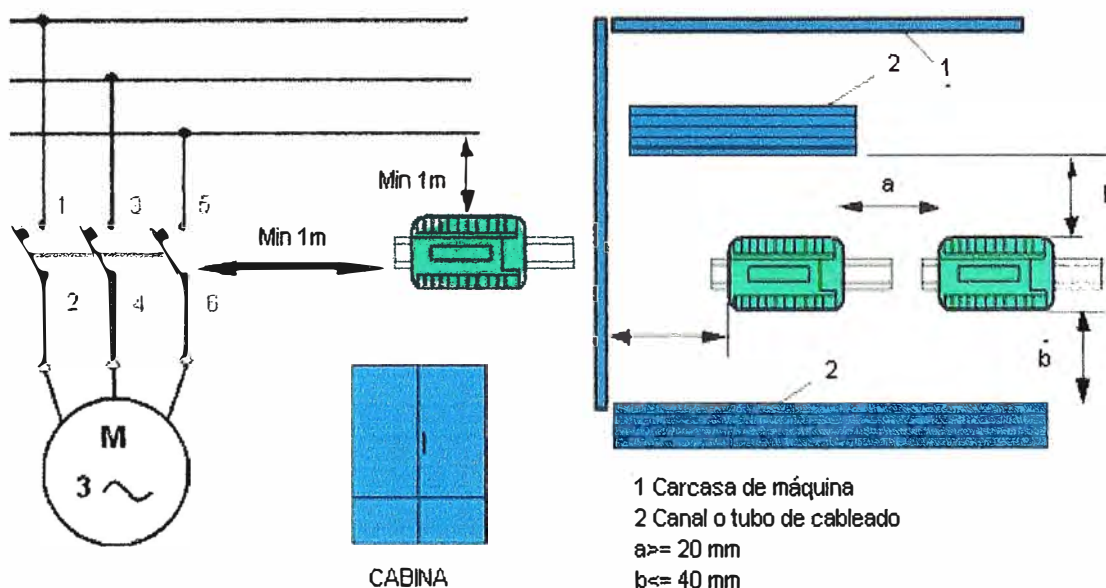


Figura 3.32 Distancias mínimas permitidas entre el PLC, líneas de señal y equipos generadores de ruido

3.12.5 Puesta a tierra

Es imprescindible conectar a tierra equipos o aparatos que contengan como parte de su diseño dispositivos de estado sólido (semiconductores), debido a que cargas electrostáticas o señales eléctricas de interferencia producidas por cualquier causa puede perjudicar a estos equipos. (figura 3.33 y 3.34).

Para ello es recomendable que se realicen conexiones a tierra de chasis o rack, y la fuente de alimentación del PLC para cada controlador y sus unidades de expansión así como también el gabinete si lo tuviera. En algunos casos, para una mejor puesta a tierra necesario instalar un bus de tierra, que viene a ser una barra de cobre colectora de todas las zonas a /o puntos de tierra, sea del controlador o también de otros dispositivos eléctricos ó electrónicos que se deseen proteger.

Luego todos los buses de tierra deberán conectarse al sistema de puesta a tierra exclusivo para el PLC, donde su valor aceptable es del orden de los 3 a 5 ohmios [9].

3.12.6 Protección contra sobretensión.

Existen diversas cargas en el ámbito industrial que son fuente generadora de sobretensiones como son los ruidos y tensiones altas transitorias, así por ejemplo tenemos:

- Contactores
- Solenoides
- Arrancadores de motores

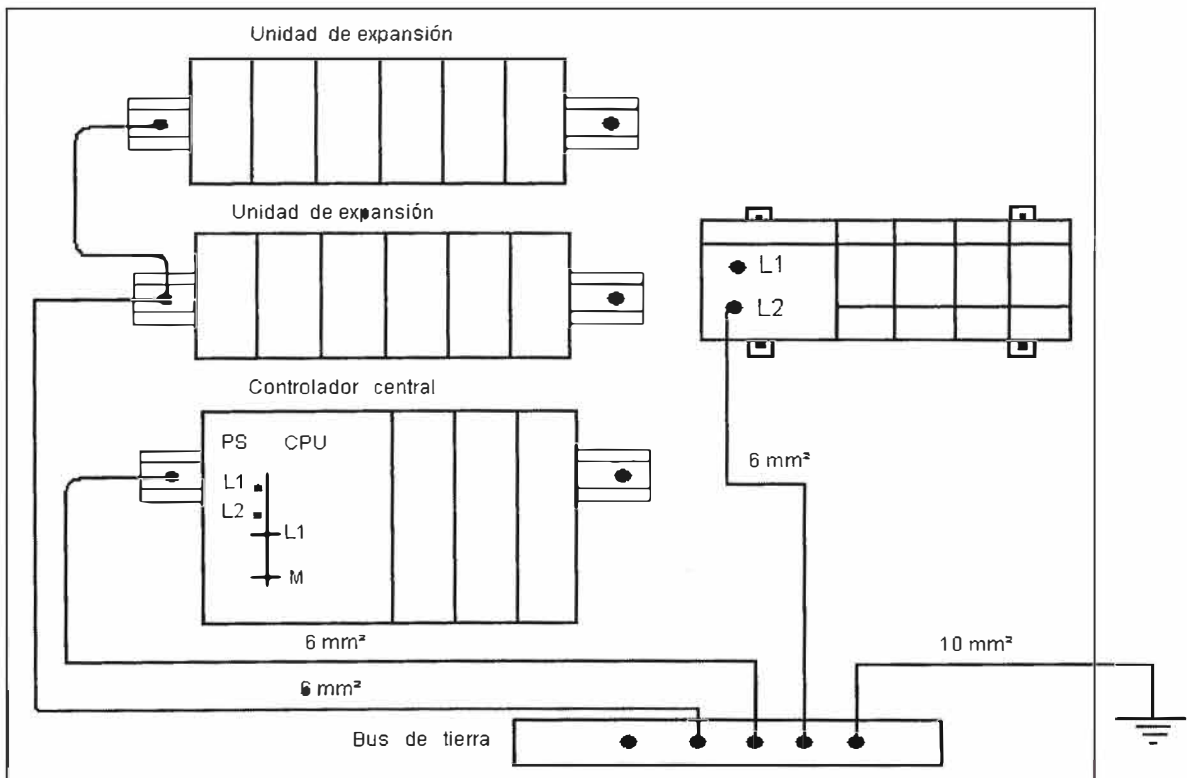


Figura 3.33 Sistema de puesta a tierra de un gabinete con PLCs

Los dispositivos de carga inductiva pueden requerir el uso de alguna forma de supresión de sobretensión para proteger los contactos de salida del controlador (figuras 3.35 3.36).El conector de carga de salida sin supresión de sobretensión puede reducir significativamente la duración del contacto del relé.

Estos circuitos de supresión de sobretensión se conectan directamente a través del dispositivo de carga .Esto reduce los arcos de contactos de salida (los fenómenos transitorios intensos pueden causar arcos que se producen cuando se desactiva un dispositivo inductivo).Los métodos de supresión apropiados para dispositivos de carga de CA inductiva incluyen un varistor, una red RC o supresor de tensión .Estos dispositivos deben tener una capacidad nominal apropiada para suprimir los fenómenos transitorios de conmutación del dispositivo inductivo particular.

Para dispositivos de cargas de CC inductivas, un diodo es aceptable .Un diodo 1n4004 es aceptable para la mayoría de las aplicaciones. Se recomienda colocar el dispositivo de supresión lo más cerca posible del dispositivo de carga

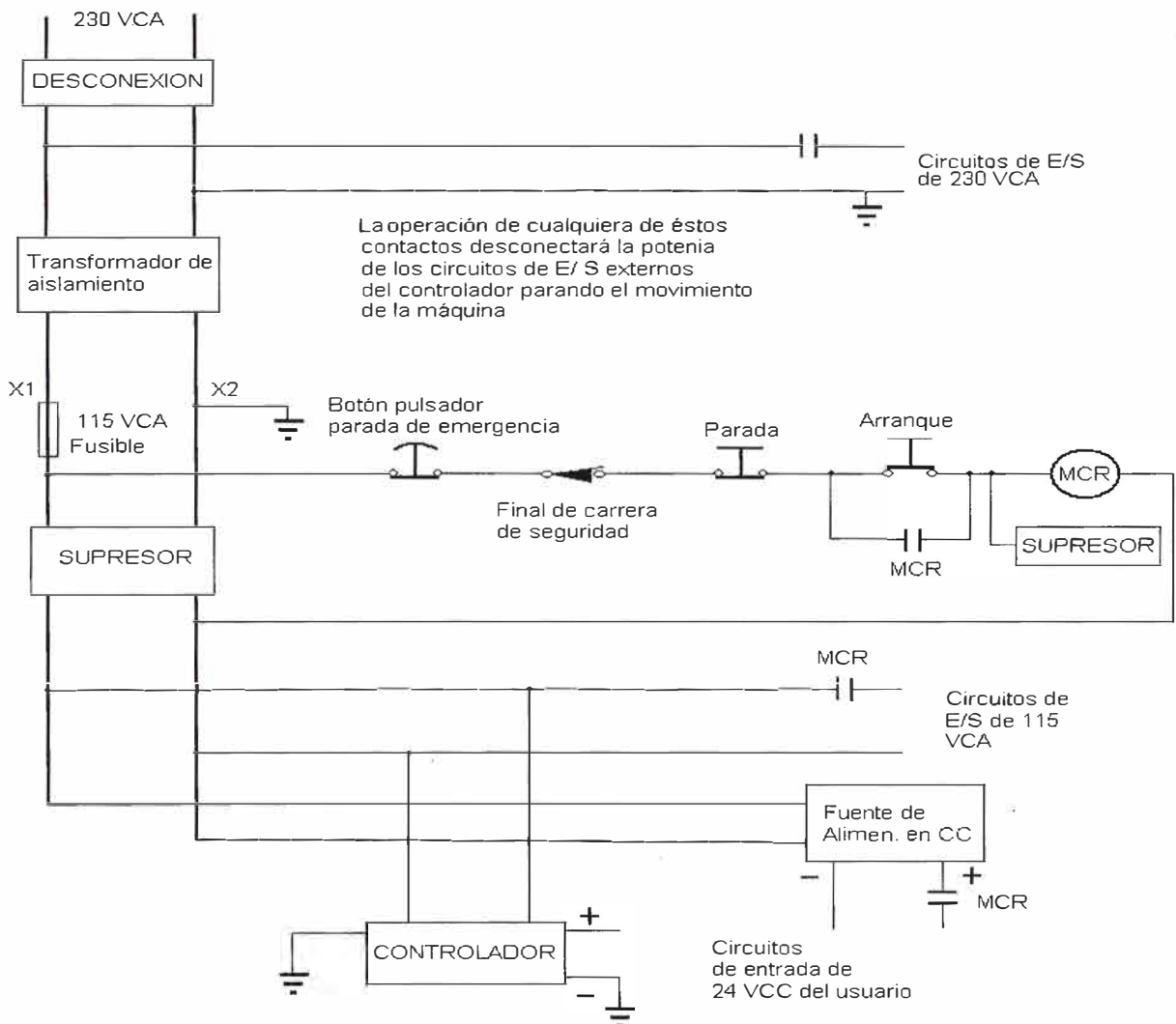


Figura 3.34 Sistema de seguridad del entorno de un PLC

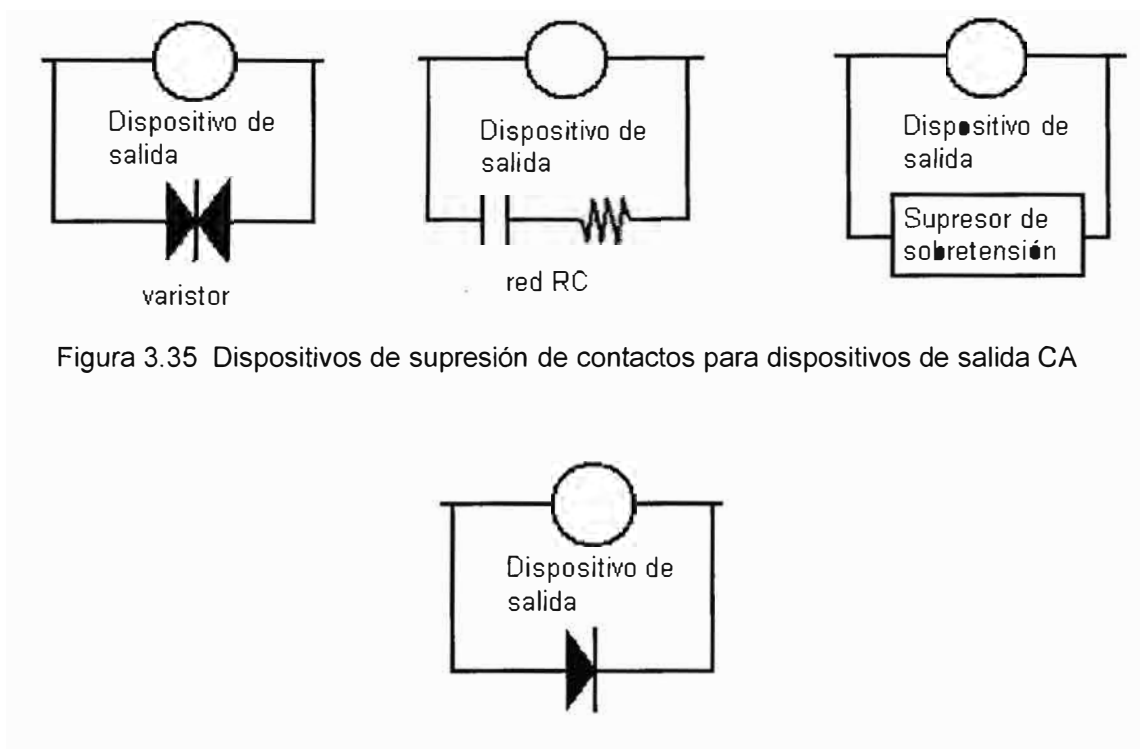


Figura 3.35 Dispositivos de supresión de contactos para dispositivos de salida CA

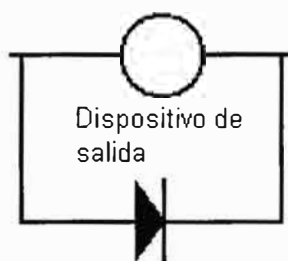


Figura 3.36 Diodo supresor de sobretensión

CAPITULO IV

INSTRUCCIONES BASICAS

4.1 Instrucciones de Bit

Una instrucción tipo bit es un estado “ 1” ó “ 0” , funcionan en un solo bit de datos (un solo estado).Durante la operación el procesador puede establecer o restablecer el bit, en base a la continuidad lógica de los renglones de escalera .El usuario puede direccionar un bit tantas veces como lo quiera su programa.

Las instrucciones del bit se usan en los siguientes archivos de datos:

- Archivos de datos de salida y entrada .Estos representan entradas y salidas externas.
- Archivo de datos de estado.
- Archivo de datos de bit (% Mi) éstas son las bobinas internas usados en su programa.
- Archivos de datos de temporizador, contador y registro (%Tmi, %Ci, %Ri). Estas instrucciones usan varios bits de control.
- Archivos de datos enteros.

4.2 Contacto normalmente abierto.

Cuando la instrucción se ejecuta, si el bit direccionado está activado (Valor 1), entonces la instrucción es evaluada como verdadera. Cuando se ejecuta la instrucción, si el bit direccionado está desactivado (Valor 0), entonces la instrucción se evalúa como falsa.

Tabla 4.1 estado lógico de un contacto normalmente abierto

Estado de dirección del bit	Instrucción
1	Verdadero
0	Falso

Tabla 4.2 Símbolo de un contacto normalmente abierto

Símbolo	Fabricante
— —	Telemecanique y siemens
—} {—	Allen Bradley



4.3 Contacto normalmente cerrado

Cuando la instrucción se ejecuta, si el bit direccionado está desactivado (0), entonces la instrucción se evalúa como verdadero. Cuando se ejecuta la instrucción si el bit direccionado está activado (1) entonces la instrucción será evaluada como falsa.

Tabla 4.3 Estado lógico de un contacto normalmente cerrado

Estado de dirección del bit	Instrucción
1	Falso
0	Verdadero



Tabla 4.4 Símbolo de un contacto normalmente cerrado

Símbolo	Fabricante
	Telemecanique y siemens
	Allen Bradley

4.4 Flancos ascendentes y descendentes

El contacto flanco ascendente permite que fluya la corriente durante un ciclo cada vez que se produce un cambio de 0 a 1 (de ONN a OFF).

Tabla 4.5 Símbolo de un flanco ascendente

Símbolo	Fabricante
	Telemecanique y siemens
	Allen Bradley

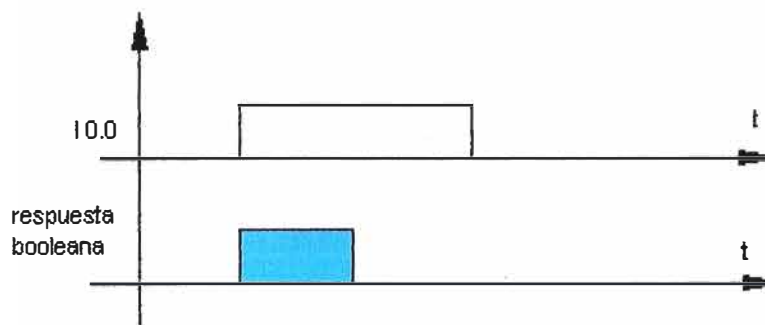


Figura 4.1 Diagrama de tiempo en un flanco ascendente

El contacto flanco descendente permite que fluya la señal durante un ciclo cada vez que se produce un cambio de 1 a 0 (de "on" a "off")

Tabla 4.6 Símbolo de un flanco descendente

Símbolo	Fabricante
	Telemecanique y siemens

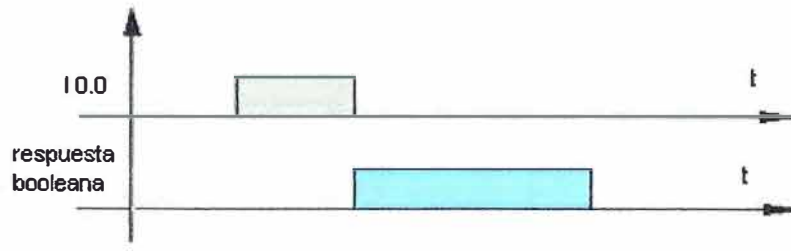


Figura 4.2 Diagrama de tiempo en un flanco descendente

4.5 Actuadores

4.5.1 Activación salida

Quando se asigna una dirección a esta instrucción, que corresponde a la dirección de una salida física, el dispositivo de salida cableada a este borne de salida se activa cuando se establece el bit. Cuando las condiciones de renglón se hacen falsas (después de ser verdadero), el bit se desactiva, y el dispositivo de salida correspondiente, se desactiva.

Símbolo



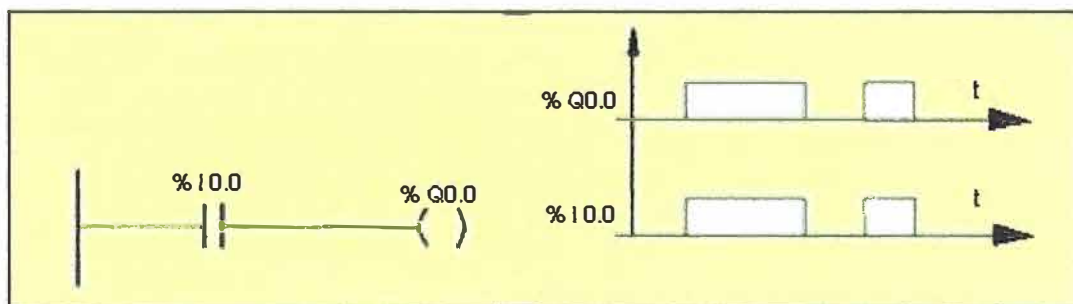


Figura 4.3 Diagrama de tiempo en un actuador

4.5.2 Enclavamiento y desenclavamiento

En la salida tipo enclavamiento la señal de salida se activa en forma permanente sin necesidad de realimentación (figura 4.5)



Figura 4.4 Símbolos de una salida tipo enclavamiento

Se comporta de manera similar que una marca ó memoria con la única diferencia que la marca es una salida tipo relé virtual. Mientras que la salida de desenclavamiento resetea a todo el sistema que la involucra es decir que actúa en forma opuesta a la señal de enclavamiento [8].

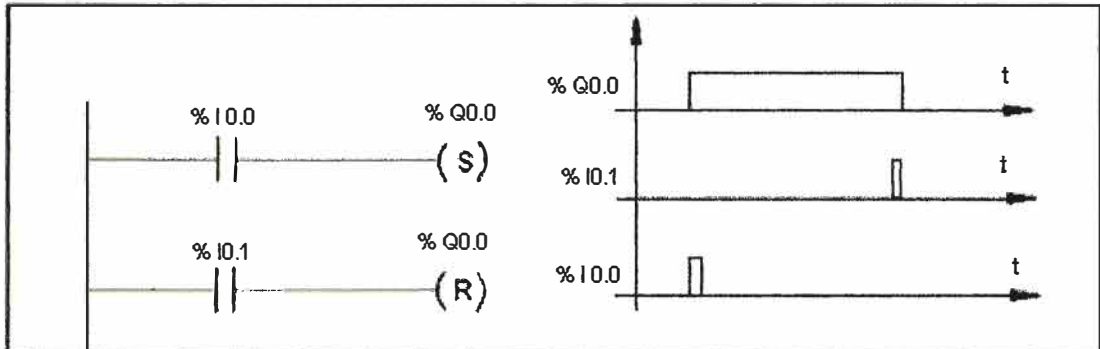


Figura 4.5 Comportamiento en el diagrama de tiempo de una salida tipo enclavamiento y desenclavamiento

4.6 Temporizadores (SIMATIC S7- 200)

Las operaciones de retardo a la conexión y temporizador de retardo a la conexión memorizado ,empiezan a contar hasta el valor máximo al ser habilitados .Si el valor actual (TXXX) es mayor o igual al valor de preselección (PT), se activa el bit de temporización.

Cuando se inhibe la operación, el temporizador de retardo a la conexión se pone a 0, en tanto, el temporizador de retardo a la conexión memorizado se detiene .Ambos temporizadores se detienen al alcanzar el valor máximo [8].

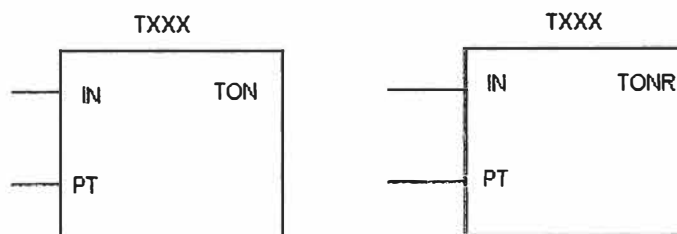


Figura 4.6 Bloques temporizados tipo TON y TONR en la marca SIMATIC

Tabla 4.7 Operandos del temporizador SIMATIC-S7-200 (ejemplo)

TXXX	TON	TONR
1ms	T32, T96	
T0, T64		
10 ms	T33 A T36	T1 a T4

	T97 a T100	T65 a T68
100ms	T37 a T63	T5 a T31
	T101 a T265	T65 A T95
PT	VW,T,QW,MW	SMW,AC,C
	AIW,CONSTANTE	*VD,*AC,*SW

Ejemplos:

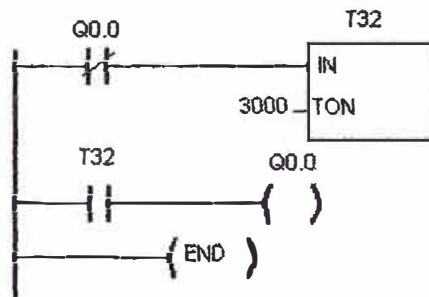


Figura 4.7 Diagrama ladder del funcionamiento de un temporizador T32 SIMATIC-S7-200 Usando un temporizador de 1 ms

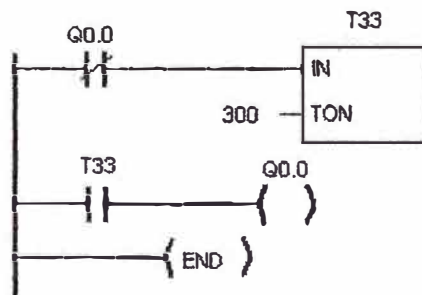


Figura 4.8 Diagrama ladder del funcionamiento de un temporizador T33 SIMATIC-S7-200, Usando un temporizador de 10 ms

4.6.1 Funcionamiento de los temporizadores

a) Temporizador de retardo a la conexión tipo TON

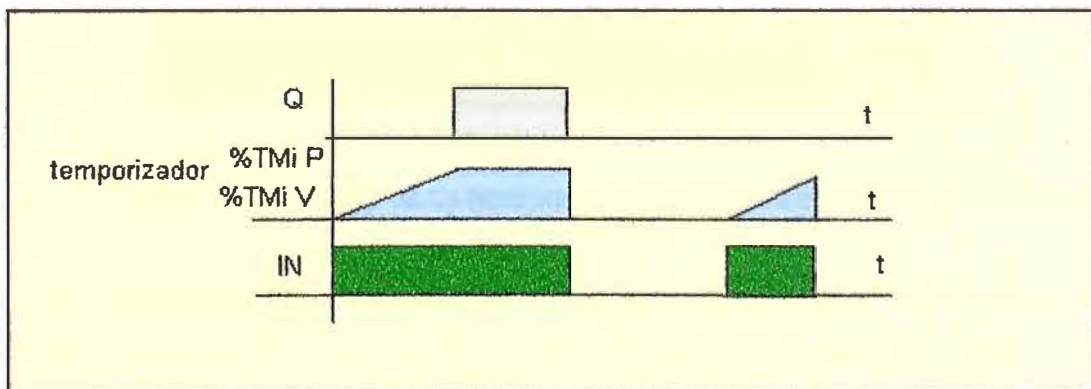


Figura 4.9 Diagrama de tiempo de un temporizador tipo TON para el caso de un PLC SIMATIC-S7-200

Al dar una señal de entrada, se activa el temporizador. Su valor actual % TMI V crece desde 0 hasta %TMI P, en una unidad por cada impulso de la base de tiempo. La salida del temporizador se activa cuando el valor alcanza % TMI P luego se mantiene mientras no se elimine la señal de entrada.

b) Temporizador de retardo a la desconexión tipo OFF

Al dar una señal de entrada al temporizador, el valor actual % TMI.V toma el valor 0 (aunque el temporizador esté en curso de evolución) .El temporizador se activa cuando se elimina la señal de entrada .El valor crece hasta el %TMI.P en una unidad a cada impulso de la base de tiempo. El bit de salida Q pasa a 1 al detectar una Señal de entrada de 1 y pasa de nuevo a 0 cuando el valor actual alcanza el %TMI.P.

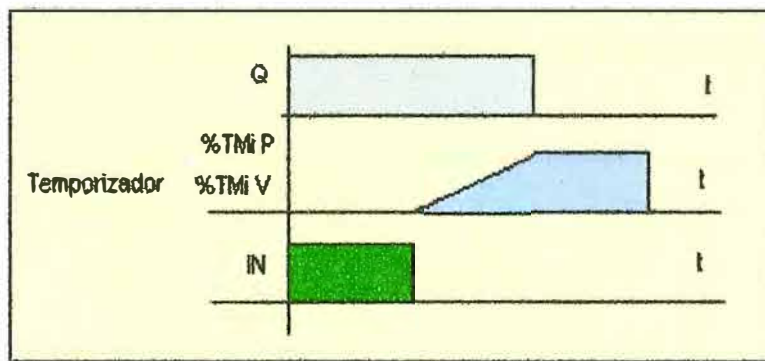


Figura 4.10 Diagrama de tiempo de un temporizador tipo TOFF para el caso de un PLC SIMATIC-S7-200

c) Temporizador monoestable tipo TP

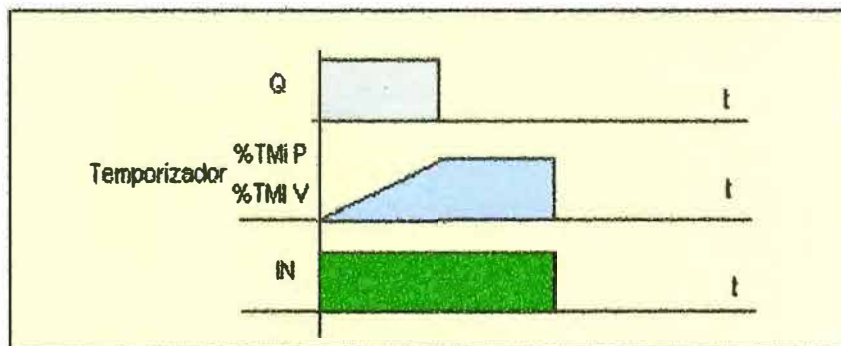


Figura 4.11 Diagrama de tiempo de un temporizador tipo TP para el caso de un PLC SIMATIC-S7-200

Al dar una señal de entrada, se activa el temporizador el valor actual %TMI.V crece de 0 hacia % TMI P una unidad a cada impulso de la base de tiempo. El bit de salida Q pasa a 1 cuando el temporizador se activa y pasa de nuevo a 0 cuando el valor actual alcanza %TMI P [8].

4.7 Contadores (SIMATIC S7- 200)

4.7.1 Características y tipos de contadores

- La operación contar adelante (CTU) empieza a contar hasta el valor máximo cuando se produce un flanco positivo en la entrada de contaje adelante (CU)
- Si el valor actual (Cxxx) es mayor o igual al valor de la preselección (PV), se activa el bit de contaje (Cxxx) .El contador se inicializa al desactivarse la entrada de desactivación(R).
- La operación contar adelante /atrás (CTUD) empieza a contar adelante cuando se produce un flanco positivo en la entrada de contaje adelante (CU) .por el contrario, empieza a contar atrás cuando se produce un flanco positivo en la entrada de contaje atrás (CD).
- El contador se inicializa al activarse la entrada de desactivación.

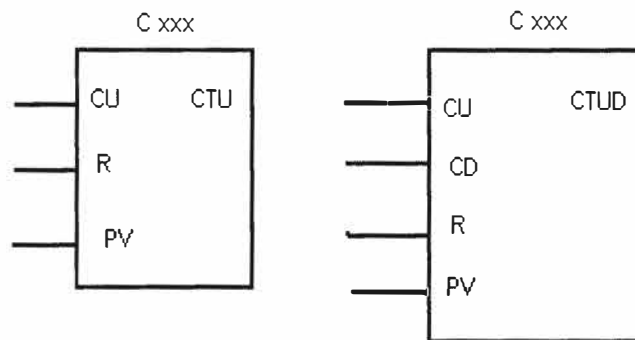


Figura 4.12 Diagrama de contadores de un PLC SIMATIC S7 -200 tipos CTU y CTUD

Tabla 4.8 Operandos del Contador SIMATIC-S7-200

Contador	Rango
Cxxx	0 a 255
PV	VW,T,C,QW,MW
	SMW,AC,AIW,CONSTANTE
	*VD,*AC,*SW

4.7.2 Operaciones de contaje

a) La operación contar adelante (CTU)

Empieza a contar adelante a partir del valor actual cuando se produce una flanco positivo en la entrada de contaje adelante .El contador se inicializa cuando se activa la entrada de desactivación al ejecutarse la operación poner a 0 .El contador para de contar cuando se alcanza el valor máximo (32767).

b) La operación contar adelante/atrás (CTUD)

Empieza a contar adelante a partir del valor actual cuando se produce un flanco positivo en la entrada de contaje adelante. El contador se inicializa cuando se activa la entrada de desactivación al, ejecutarse la operación poner a 0 .Cuando se alcanza el valor máximo (32767), el siguiente flanco positivo en la entrada de contaje adelante invertirá hasta alcanzar el valor mínimo (- 32768) .Igualmente cuando se alcanza el valor mínimo (-32768) el siguiente flanco positivo en la entrada de contaje atrás invertirá el contaje hasta alcanzar el valor máximo (327676).

Cuando se inicializa un contador con la operación poner a 0, se desactiva tanto el bit de contaje como el valor actual del contador.

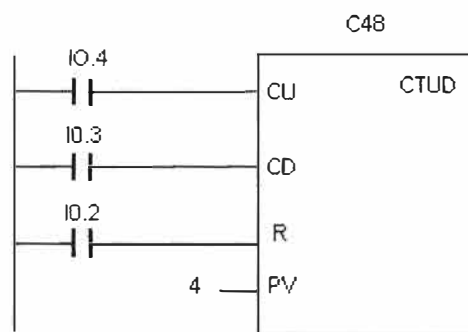


Figura 4.13 Esquema de contactos en un contador tipo CTUD SIMATIC-S7-200

4.8 Instrucciones de comparación

4.8.1 Comparar byte (Simatic-S7-200)

La operación comparar byte se utiliza para comparar dos valores: n1 y n2. Se puede comparar $n1=n2$, $n1 \geq n2$ ó $n1 \leq n2$.

Operandos: n1, n2: VB, IB, QB, MB, AC, constante, *VD,*AC, SB.

En KOP el contacto se activa si la comparación es verdadera.

Las comparaciones de bytes no llevan signo [8].

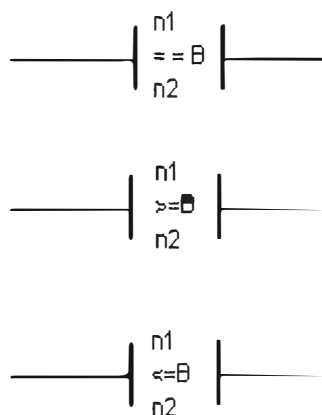


Figura 4.14 Diagrama de contactos de una instrucción de comparación tipo byte (Simatic S7-200)

4.8.2 Comparar entero palabra. (Simatic-S7-200)

La operación comparar entero palabra se utiliza para comparar dos valores: n1 y n2. Se pueden comparar $n1=n2$, $n1 \geq n2$ ó $n1 \leq n2$.

Operandos: n1, n2: VW, T, IW, QW, MW, SMW, AC, AIW, constante, *VD,*AC, SW.

En KOP el contacto se activa si la comparación es verdadera.

Las comparaciones de palabra llevan signo

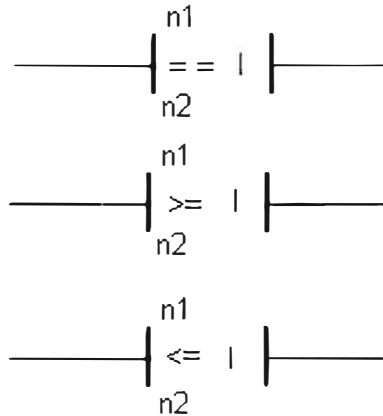


Figura 4.15 Diagrama de contactos de una instrucción de comparación tipo entero palabra (Simatic S7-200)

4.8.3 Comparar entero palabra doble (Simatic-S7-200)

La operación comparar entero palabra doble se utiliza para comparar dos valores. n1 y n2. Se puede comparar $n1 < n2$, $n1 > n2$ ó $n1 \leq n2$.

Operandos: n1 y n2: VD, ID, QD, MD, SMD, AC, HC, constante, *VDS,*AC, SD.

Las comparaciones de entero palabra doble llevan signo.

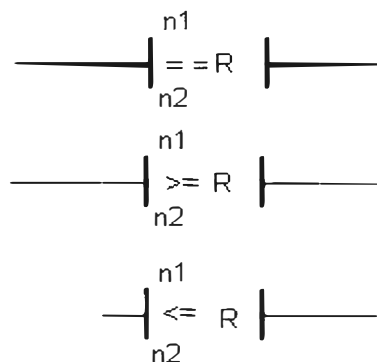


Figura 4.16 Diagrama de contactos de una instrucción de comparación tipo entero palabra doble (Simatic S7-200)

4.8.4 Comparar real (Simatic-S7-200)

La operación comparación real se utiliza para comparar dos valores reales n1 y n2. Se pueden comparar $n1=n2$, $n1 \geq n2$, $n1 \leq n2$

Operandos: n1, n2: VD, ID, QD, MD, SMD, AC, *VD, *AC, SD.

Las comparaciones de número real llevan signo.

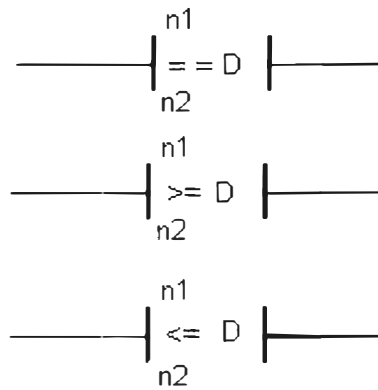


Figura 4.17 Diagrama de contactos de una instrucción de comparación tipo real (Simatic S7-200)

Ejemplo de operación de comparación en KOP

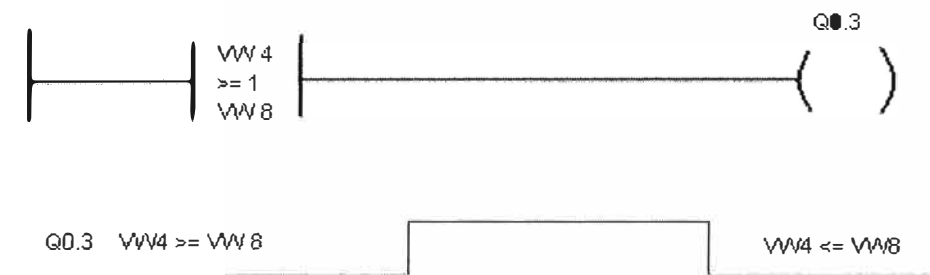


Figura 4.18 Diagrama de funcionamiento de un instrucción tipo comparación

4.9 Memorias internas (marcas)

Son memorias del tipo dinámico, es decir por asignación y se usa cuando se tiene combinaciones binarias muy complejas donde es necesario memorizarlas a fin de poder consultarlas a lo largo del programa. Una memoria interna se considera desde el punto de vista técnico como una salida virtual, esto quiere decir que no se exterioriza. También a la memoria virtual se le puede considerar como una marca; sin utilizar una salida física a fin de economizarlas.

Marca y operando de una memoria interna para tres fabricantes conocidos:

- Nano Tsx %M0
- SIMATIC S7 -200 M0.0
- MICROLOGIC 1000 B3.0

Las ventajas del uso de las memorias son:

- Simplificar la programación
- Emplear menor número de salidas para el programa del usuario
- Una mejor visión en la interpretación del programa.
- Proporcionar un mejor diagnóstico del programa.etc.

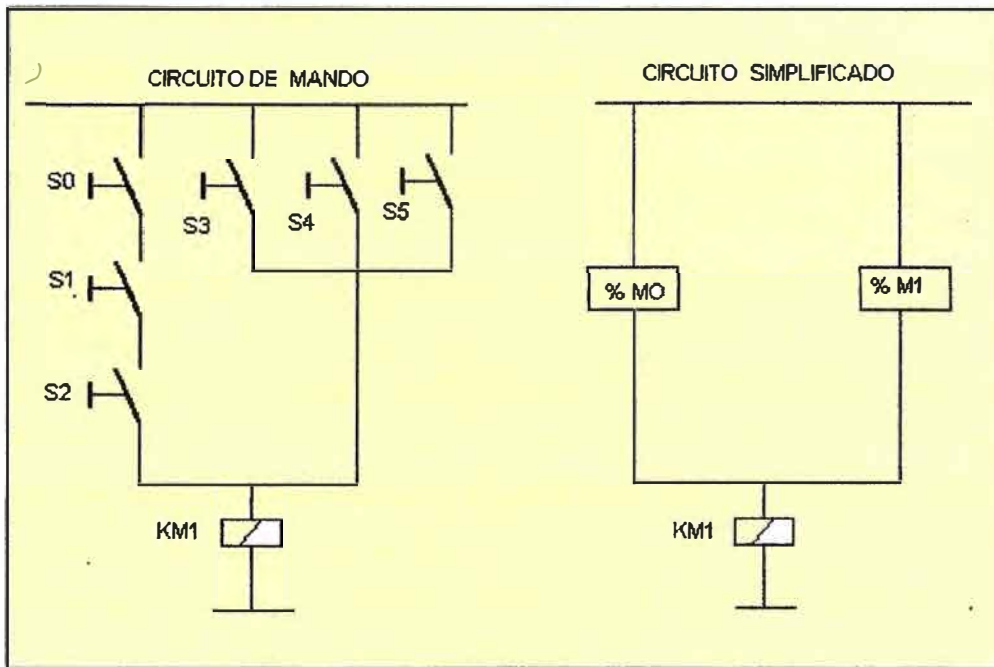


Figura 4.19 Representación de un circuito eléctrico de mando y su equivalente ladder utilizando dos salidas virtuales (memorias ó marcas)

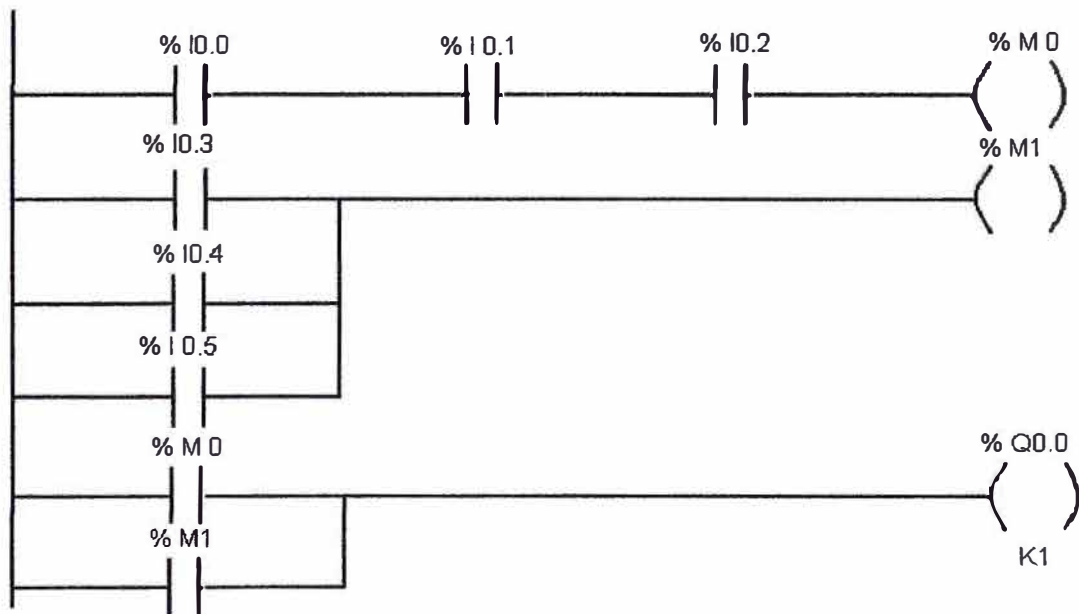


Figura 4.20 Representación en diagrama ladder del circuito anterior utilizando dos marcas (salidas virtuales)

4.10 Optoelectrónica

Los componentes optoelectrónicos son aquellos capaces de convertir energía luminosa en eléctrica y viceversa. Se dividen en dos grupos:

a) Fotosensibles

A partir de una excitación luminosa producen o controlan cambios de energía eléctrica. Entre estos componentes se encuentran los LDR, fotopilas y fototiristores.

b) Electroluminiscentes

Basados en la excitación por una corriente eléctrica que provocan en ellos una emisión de energía luminosa en forma de radiaciones visibles. Son componentes electro luminiscentes los LEDs y todas sus configuraciones, Los diodos LASER, que producen la emisión estimulada de fotones como una radiación monocromática y los visualizadores de cristal líquido (LCD).

4.10.1 Fotodiodos

Son diodos encapsulados de tal forma que la unión P_N queda expuesta, a través de una ventana, a la incidencia de radiaciones luminosas que transmiten energía suficiente, cuando la unión se polariza inversamente, para crear pares electrón –huevo capaz de generar un flujo de corriente.

Cuando la polarización es directa, la incidencia luminosa apenas modifica la conductividad debido al efecto predominante de los portadores mayoritarios.



Figura 4.21 Símbolo de un fotodiodo

Las características principales de un fotodiodo, aparte de sus especificaciones eléctricas propiamente dichas son:

a) Sensibilidad espectral (S_e)

expresa la relación entre la sensibilidad y la longitud de onda (λ) de la radiación incidente, la sensibilidad en forma genérica, es la relación entre la corriente generada y el flujo luminoso incidente y se expresa en amperios /lumen (A / Lm), la sensibilidad espectral depende fundamentalmente de los materiales semiconductores y la dopación del mismo.

b) Directividad

Es una gráfica que representa la respuesta de cada componente en función del ángulo de incidencia de la radiación y depende, casi exclusivamente, de la forma de la ventana de exposición y su capacidad para convertir las radiaciones incidentes.

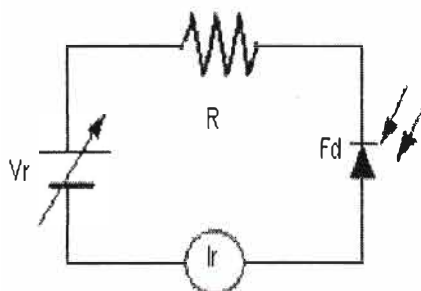


Figura 4.22 Circuito experimental para determinar curvas características de un fotodiodo

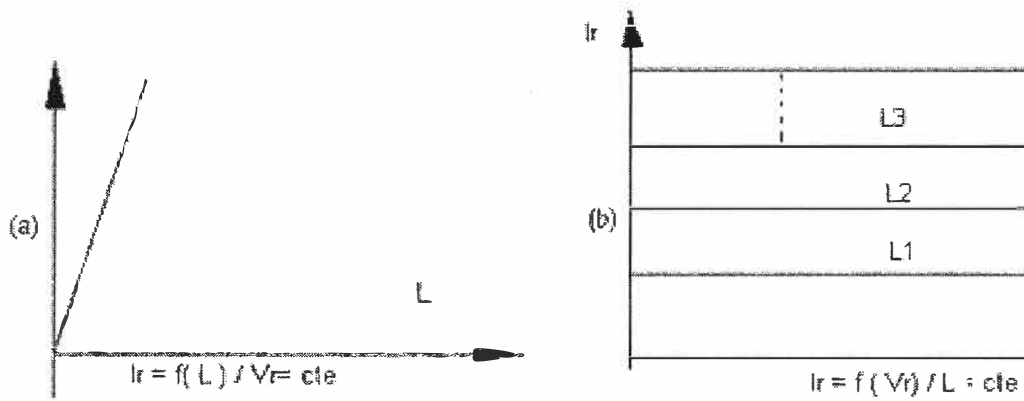


Figura 4.23 Curvas características de un fotodiodo

4.10.2 Fototransistor

De forma similar al fotodiodo, su estructura es semejante al de un transistor bipolar o unipolar en su caso, en el que se deja incidir las radiaciones sobre la unión colector-base, provocando, igualmente pares electrón-hueco que propicia la corriente inversa de colector y, por lo tanto aumentan aproximadamente β veces la corriente directa del colector.

Presentan como ventaja, frente a los fotodiodos, una mayor sensibilidad y así una mayor corriente de salida para la misma radiación luminosa incidente. Su principal desventaja es que tiene una menor velocidad de conmutación.

Al igual que el fotodiodo, tiene la sensibilidad espectral y la directividad como características propias.

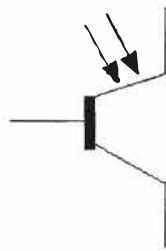


Figura 4.24 Símbolo eléctrico de un fototransistor

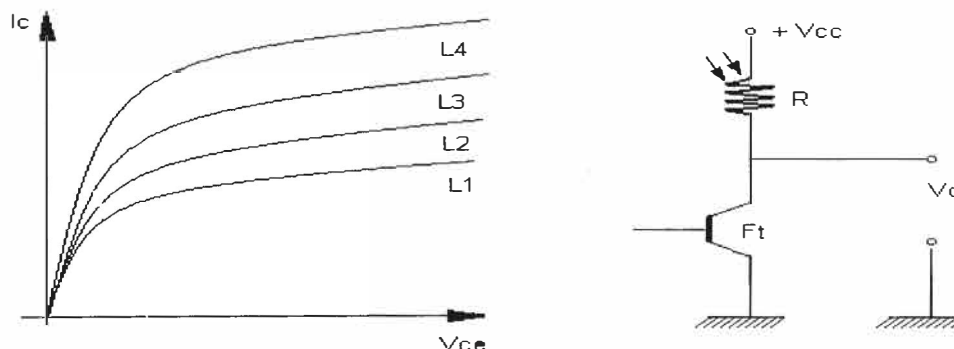


Figura 4.25 Curvas características de corriente de colector versus tensión colector emisor y el circuito de utilización respectiva.

4.10.3 Leds

Cuando la unión P_N se polariza directamente, los electrones atraviesan para recombinarse con los huecos, al pasar de un nivel de energía superior a otro inferior liberan energía que en los diodos normales, se disipa en forma de calor (figura 4.26).

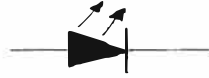


Figura 4.26 Diodo LED o IRED

Cuando la composición del semiconductor es apropiada, dicha energía aparece en forma de radiaciones visibles (fotones), que son de diferente longitudes de onda en función de dicho material. Así el Arseniuro de galio AsGa emite luz roja, cuya longitud de onda es de 850 nm; el Fósforo de galio (PGa) emite luz verde de longitud de onda de 565 nm y el Arseniuro-fosfuro de galio emite luz amarilla, cuya longitud de onda es de 590 nm.

Por supuesto que existen muchos compuestos que emiten radiaciones de distinta frecuencia ofreciendo distintos colores o distintos tonos dentro de un mismo color. Su principal utilidad está en la sustitución de lámparas incandescentes y de gas (pilotos de señalización), debido a su mayor vida útil, velocidad rápida de encendido –apagado y menor tensión de trabajo. Combinaciones de diodos sirven para representar datos como indicadores numéricos o alfanuméricos. Las forma más habituales de dichos indicadores son los Display de siete segmentos que presenta un aspecto como el de la figura 4.27y su esquema interno es de la figura 4.28 a y b.

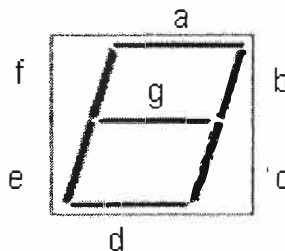


Figura 4.27 Display de 7 segmentos

La distribución de los segmentos está normalizada, así como el nombre que recibe cada uno de ellos (a, b, c...f, g) pudiendo presentar un punto llamado decimal, empleado cuando se han de representar cifras decimales. Cada segmento es un LED en forma de barra (excepto el punto) y polarizado convenientemente, con un número adecuado de ellos se puede representar los diez dígitos del 0 al 9 y algunas letras mayúsculas por ejemplo, polarizando los segmentos a, b, c, d y g se obtiene el número 3.

Se encuentra en dos forma de conexiones: con los cátodos unidos (fig. 4.27 a), con ánodos unidos (figura 4.27b), recibiendo el nombre de cátodo común ó ánodo común respectivamente.

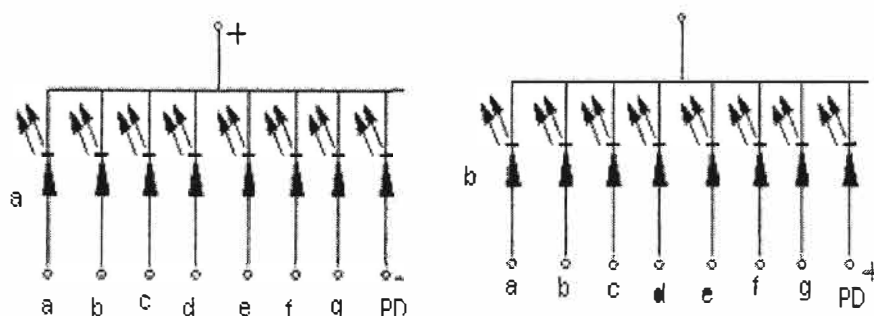


Figura 4.28 Esquema interno de cátodo común(a) y de ánodo común (b)

4.10.4 Matrices de Leds ó displays alfanuméricos:

Su constitución es similar al de los displays de 7 segmentos, pero presentan una matriz que puede variar su número de elementos: 3×5 , 4×6 , ó 7×5 , siendo mucho más utilizado esta última porque presenta la ventaja de disponer de 35 elementos y así poder representar, con resolución muy aceptable, caracteres alfanuméricos, de puntuación y especiales (puntos, interrogaciones, etc.).

4.10.5 Diodos IRED

Sus fundamentos son los mismos que para los diodos LED, encontrando la única diferencia en su espectro de radiación, su longitud de onda se sitúa por debajo del espectro visible. Se emplean cuando se requiere una radiación no visible, por ejemplo en control remoto, detectores, etc. Su símbolo es igual al del LED.

4.10.6 Opto acopladores

Aunque se consideren un solo componente, en realidad están compuestos por un diodo LED o IRED (generalmente éste último) y un foto transistor. Dichos componentes se encapsulan conjuntamente y de tal forma que las radiaciones emitidas por el diodo incidan sobre el fototransistor.

Cuando el diodo se polariza directamente, emite radiaciones que inciden sobre el fototransistor provocando una corriente de salida proporcional a la radiación incidente. De ésta forma se transmite información de un componente a otro, están eléctricamente aislados, encontrando en ésta característica su principal aplicación. Su símbolo es de la figura 4.29a y su encapsulado más usual es el de figura 4.29 b.

4.11 Selección de controladores programables

Para elegir un PLC se debe de contar con toda la información necesaria respecto al sistema que se desea automatizar. Puede ser una tarea asignada en función de las exigencias de la aplicación en particular. Los criterios esbozados a continuación son los básicos a tener cuenta, No nos referimos únicamente a los PLCs del tipo compacto/modular en Los criterios técnicos de hardware y software del PLC. Esta información se encuentra en catálogos y/o manuales del fabricante

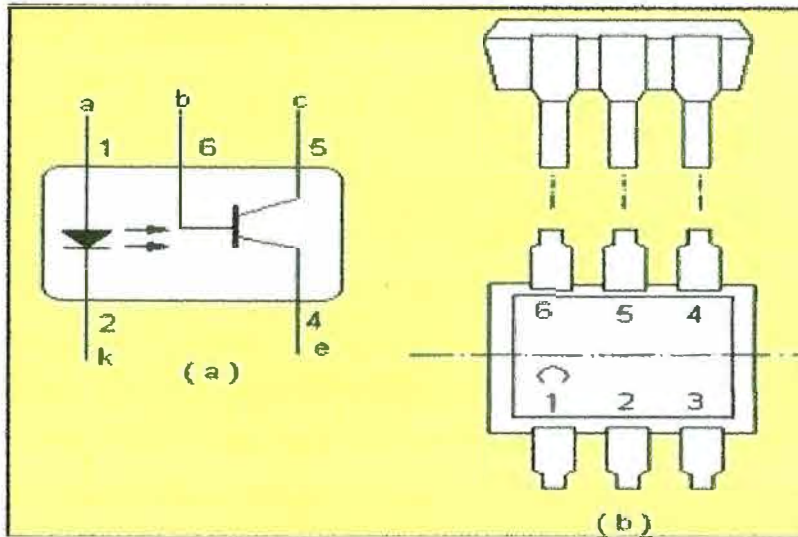


Figura 4.29 Opto acoplador (a) símbolo, (b) encapsulado

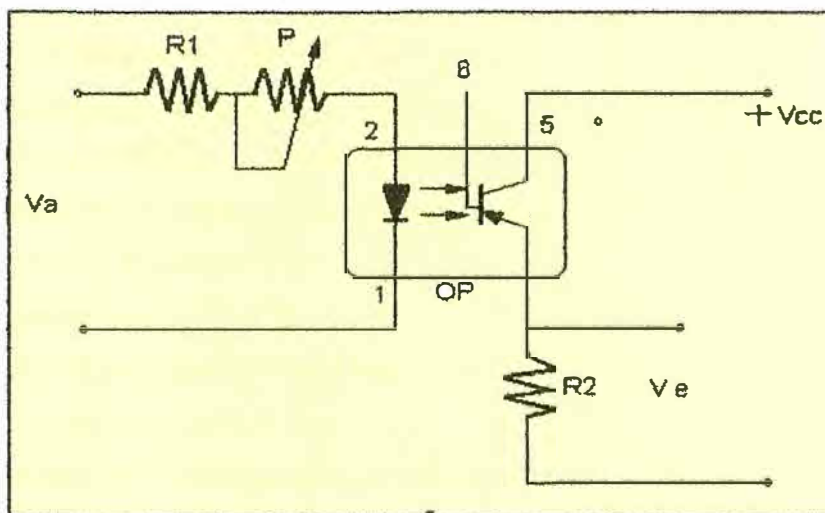


Figura 4.30 Circuito práctico con opto acoplador

4.11.1 Alimentación eléctrica

Este punto puede parecer trivial pero tiene su debida importancia. Debe entenderse en cuenta el tipo de suministro de energía (AC o DC) así como la calidad del mismo (tolerancias a las fluctuaciones). Existen equipos para alimentación eléctrica tanto en AC como en DC. Estos últimos son usados principalmente en aplicaciones de naturaleza tal que el PLC va a estar alimentado permanentemente desde un banco de baterías. Un ejemplo de este tipo de aplicaciones podría ser un tablero de transferencia automática.

Para el caso de los equipos de AC son mucho más adecuados a nuestra realidad los equipos del tipo auto voltaje. Estos equipos se alimentan en AC en un rango muy amplio de tensiones. Su fuente de poder es un fuente conmutada que se adecúa a las variaciones de la tensión de alimentación. La mayoría de estos PLCs se pueden alimentar con cualquier nivel de tensión entre los 110 y 240 VAC.

Esta característica es muy importante si tenemos en cuenta que en nuestro medio el suministro eléctrico es de muy mala calidad y que los equipos son sensibles a las sobretensiones.

4.11.2 Unidad de procesamiento Central

En esta parte consideraremos las siguientes características que debe poseer para trabajar con el usuario en forma adecuada y óptima:

- a) Capacidad de memoria.
- b) Tiempo de ejecución (SCAN TIME).
- c) Tiempo de vigilancia de ciclo.
- d) Cantidad de entradas discretas.
- e) Cantidad de E/S análogas.
- f) Cantidad de memorias internas.
- g) Cantidad de temporizadores
- h) Cantidad de contadores.
- i) Cantidad e entradas de alta frecuencia.
- j) Cantidad de contadores de alta frecuencia.
- k) algoritmo de regulación PID.
- l) Canales de comunicación.
- m) Posibilidad de integración a la red.
- n) Condiciones ambientales.
 - Temperatura en montaje vertical / horizontal
 - Humedad.

4.11.3 Entradas discretas

Es necesario definir el número de entradas discretas entre ellas el tipo de nivel de tensión de cada una (CA/DC) Es preferible usar entradas discretas en 24 VDC, ya que éstas, comparadas con las de 110 o 220 VAC ofrecen mayor seguridad al personal además de ser más económicos y mucho más compactas. La mayoría de los sensores y detectores que envían las señales de entradas discretas al PLC no son otra cosa que un contacto electromecánico que puede operar tanto en AC como en DC.

Así tenemos dentro de éstos tipos de sensores que son los presostatos, termostatos, e interruptores de posición [8].

4.12 Ventajas de la aplicación de controladores programables en un proceso industrial

Diseñado para realizar funciones de automatización (operación, supervisión, regulación) . El PLC puede usarse en muchas aplicaciones industriales, desde aquellos que requieren un simple control ON /OFF, hasta los más exigentes y complejos requerimientos en

sistemas secuenciales de entradas y salidas analógicas, en manipulación de datos y regulación de variables físicas que controlan un proceso.

Entre las ventajas tenemos:

- a) Previsto para operar en tiempo real de ejecución de una instrucción. Está en el orden de los microsegundos lo que garantiza una recolección casi instantánea de las señales de entrada y un procesamiento en tiempo real de las variables de control.
- b) Diseñado para trabajar en un ambiente industrial: La tecnología electrónica utilizada por los fabricantes de PLCs, garantizan su operación dentro de un ambiente industrial, el cual se caracteriza por condiciones especiales de trabajo (ruido eléctrico, alta y baja temperatura, vibraciones mecánicas, etc.).
- c) Son flexibles es decir Los PLCs. se adaptan a una amplia gama de aplicaciones, debido a que su operación depende directamente del programa que se diseñe con el fin de controlar cada una de las operaciones que conforman un proceso. Si por algún motivo el proceso es ampliado y las tareas de control se ven incrementadas, el PLC puede ser reprogramado y reconfigurado con la finalidad de ajustarse a los nuevos parámetros.
- d) Programable por usuarios que no necesariamente posean conocimientos de informática pero si conocimientos de automatización. La programación de un PLC no requiere de conocimientos de un lenguaje sofisticado, son capaces de funcionar en el medio industrial con versiones que utilizan los electricistas (contactos “normalmente abierto” y contactos “normalmente cerrado”) .Incluyen funciones internas que facilitan la introducción de un programa, detectan, corrigen errores y supervisan la puesta en marcha del sistema.
- e) Son confiables pues se puede programar el PLC para reemplazar muchos circuitos analógicos y dispositivos de control (relés, temporizadores, secuenciadores, etc.). El reemplazar circuitos con software significa que se requieren menos partes, lo que se traduce directamente en mayor confiabilidad del sistema .Un sistema con microprocesador puede monitorear el rendimiento de componentes individuales del, sistema y avisar al usuario a tiempo para que se corrija problemas antes de que el sistema falle (Led).
- f) Bajo precio relativo, esto se da sobre todo cuando se trata de reemplazar en un nuevo diseño ó en uno ya existente: relés, temporizadores, contadores, resets, todos ellos electromecánicos que implican un mayor costo tanto de implementación como de mantenimiento, esto sumado a las eventuales fallas electromecánicas derivadas de su vida útil.

- g) Ayuda a mejorar la calidad de la producción al mantener a través de esquemas de control más exactos y complejos los estándares de calidad requeridos en la manufactura de un producto, garantizando el cumplimiento con las normas de calidad durante todo el proceso productivo, como los ahorros en costos operativos para minimizar reprocesamientos productivos.
- h) Ahorro de fallas en los equipos y ahorro en las costosas paradas de la planta, fallas que son derivadas de una operación sin un esquema apropiado de monitoreo y control de parámetros operativos críticos. Así con la incorporación de PLCs se garantiza un mayor tiempo medio entre fallas de control, al disponerse en software a los elementos de control que en los sistemas tradicionales de relés, se hallan individualmente instalados en tableros de control y que están sometidos a una frecuencia proporcional a su uso, y a factores externos operativos imprevistos, como a sus características electromecánicas de operación.
- i) Reducción en los costos operativos tanto en la energía como en ahorro por tiempos de operación consumidos para una producción dada, incrementando la eficiencia y productividad de la planta.

4.13 Aspectos técnico-económicos en la implementación de PLCs en un control de motores

Esta parte de la evaluación económica para la factibilidad y la toma de decisiones en la implementación de un Controlador Lógico Programable para el control de motores en el Laboratorio de Ciencias e Ingeniería de la Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica. Realizaremos un método comparativo entre un sistema clásico versus un sistema en base a un equipo que utiliza un software determinado.

Para la implementación de un control de motores tendremos en cuenta los siguientes costos que se necesitan para sostener a ambos sistemas; dejando de lado los cálculos para justificar el aspecto productivo (**VAN, TIR, etc.**) en una planta industrial, que no es materia de nuestro estudio.

El análisis que realizaremos estará dirigido principalmente a los costos de inversión relacionados básicamente al activo fijo (**tablero**) los cuales son:

4.13.1 Costo de equipamiento del tablero (CE)

Estos precios han sido tomados considerando valores promedio en el mercado de esta ciudad ya que podemos tener una variedad de ellos que dependen de la marca y los lugares de ventas.

4.13.2 Costo de instalación (CI)

Es aquél desembolso de efectivo en mano de obra que representa de un 43% a

47% del costo de equipamiento, se puede considerar el precio de la mano de obra de un proyecto. En el caso de tableros eléctricos se puede asumir como el valor tope que puede tener todo el conjunto del proyecto.

4.13.3 Costo de supervisión. (Cs)

Costo que se desembolsa al inicio del proyecto siendo un porcentaje del costo de equipamiento. 10% a 20%. Costo que está relacionado al aspecto cognoscitivo (Ingeniería), que no necesariamente tienen que ser los estudios de factibilidad de un proyecto.

4.13.4 Costo de mantenimiento (Cm)

Costo que se tiene a lo largo de un período de tiempo programado, relacionado a un programa de mantenimiento preventivo o correctivo del equipo a partir de un año inicial (referencia) para llevar a cabo dicho programa.

a) Mantenimiento preventivo

Es aquel conjunto de operaciones de diagnóstico, que se realiza a las máquinas considerando su naturaleza; y el proceso que desarrolla en un determinado procesos(s). Este procedimiento se basa en el pronóstico de una falla, que puede producirse como consecuencia del trabajo rutinario a que está sometido el equipo.

b) Mantenimiento Correctivo

Son las labores de reemplazo de equipos o componentes, cuando se ha producido fallas al interior de los equipos; como consecuencia de trabajos no apropiados, o desgaste que se produce en los componentes de un equipo dentro de su vida útil.

A partir de ése año de referencia (punto de partida) debemos de considerar un incremento en el costo del mantenimiento a todo el(los) equipo involucrado en un proceso. Dicho incremento se puede asumir no con mucho error al **índice de precios al consumidor**, tomado de los datos que da el **BCR**. Siendo por supuesto éstos un promedio anual de todos los valores mensuales.

También consideraremos una programación de mantenimiento del equipo de dos veces al año (**K**) en las dos alternativas de automatización para un tablero de control de motores que hemos de implementa como son:

- Alternativa de control en base a una lógica de relés.(A)
- Alternativa de control en base a un programa.(B)

Costo de reemplazo (Cr)

Viene a ser aproximadamente el 30% de **CE**. Para Calcular el costo de inversión total debemos de sumar todos aquellos costos que están involucrados en el Proyecto (en este caso es el tablero)[10].

$$C_{\text{TOTAL DE INVERSION}} = CE + CI + Cs + Cm + Cr \quad (4.1)$$

4.13.1 Análisis para la alternativa A

Tabla 4.9 Costos de equipamiento para la alternativa A

ítem	UN.	CANT	DESCRIPCION	P.UNITARIO (nuevos soles)	SUBTOTAL (nuevo soles)
1	UN	7,0	CONTACTOR PRINCIPAL DE 220 V / 10 A , MARCA TELEMECANIQUE	50,00	350,00
2	UN	5,0	CONTACTOR AUXILIAR DE 220 V / 5 A MARCA TELEMECANIQUE	50,00	250,00
3	UN	7,0	RELE TERMICO DE 220 V / 10 A	40,00	280,00
4	UN	4,0	TEMPORIZADOR NEUMATICO MARCA TELEMECANIQUE , 0 - 30 S	50,00	200,00
5	UN	3,0	INTERRUPTOR AUTOMATICO-MERLIN GERIN K60 / 32 A	60,00	180,00
6	UN	3,0	CAJA TERMO PLASTICA P / PULSADOR	15,00	45,00
7	UN	5,0	PULSADOR RASANTE ROJO LUMINOSO	15,00	75,00
8	UN	5,0	PULSADOR RASANTE VERDE LUMINOSO	15,00	75,00
9	UN	5,0	PULSADOR RASANTE AMBAR LUMINOSO	15,00	75,00
10	UN	6,0	LUZ PILOTO VERDE	15,00	90,00
11	UN	3,0	LUZ PILOTO ROJO	15,00	45,00
12	UN	3,0	LUZ PILOTO AMARILLO	15,00	45,00
13	Piez a	1,0	REGLETA METALICA TIPO DIN	15,00	15,00
14	Piez a	6,0	BORNERA TERMOPLASTICA	10,00	60,00
15	Piez a	2,0	CANALETAS TERMOPLASTICAS DE 25X25 mm	10,00	20,00
16	m	20,0	CONDUCTOR ELECTRICO TIPO AUTOMOTRIZ 1.6 mm ²	0,80	16,00
17	m	3,0	CONDUCTOR ELECTRICO TIPO VULCANIZADO- 3* 2.5 mm ²	2,00	6,00
				TOTAL CE	1827,00

Tabla 4.10 Cuadro de índices de inflación promedio [11].

AÑO	INFLACION (% Promedio anual)
2007°	3,9
2008	6,67
2009	3,69
2010*	2,4
2011*	2,5

Tabla 4.11 Factor k, representa el número de labores de mantenimiento al año.

Costo de mantenimiento inicial	40 Nuevos soles
Número de tareas por año	K = 2

Tabla 4.12 Costos de mantenimiento en los años mostrados

AÑO	INFLACION (%)	INFLACION (%/100)	Cmi (nuevos soles)	K ^o Cmi(nuevos soles)
2006 ^o	0	0	40,00	80,00
2007	3,9	0,039	41,56	83,12
2008	6,67	0,06	44,05	88,11
2009	3,69	0,0369	45,68	91,36
2010*	2,4	0,024	46,78	93,55
2011*	2,5	0,025	48,50	97,00
			CM PARCIAL	533,14
CAMBIO DE DISPOSITIVOS = 30 % DE CE				1402,18
			CMTOTAL	1935,32

Tabla 4.13 Cuadro resumen de los costos obtenidos para la alternativa A en nuevos soles

COSTO DE EQUIPAMIENTO (nuevos soles)	1827,00
COSTOS DE INSTALACION (nuevos soles)	803,88
COSTOS DE SUPERVISION (nuevos soles)	365,40
COSTO DE MANTENIMIENTO (n. soles)	1935,32
COSTO DE INVERSION TOTAL (n. soles)	4931,60

- (^o) Es el año en el cual se toma como punto de partida, para elaborar los cálculos de los costos de mantenimiento anuales considerando un porcentaje de inflación que influye en el costo anual del mantenimiento.
- (*) En estos años se considera una proyección del índice inflacionario promedio para poder tener un pequeño horizonte de cálculo en los costos de mantenimiento.

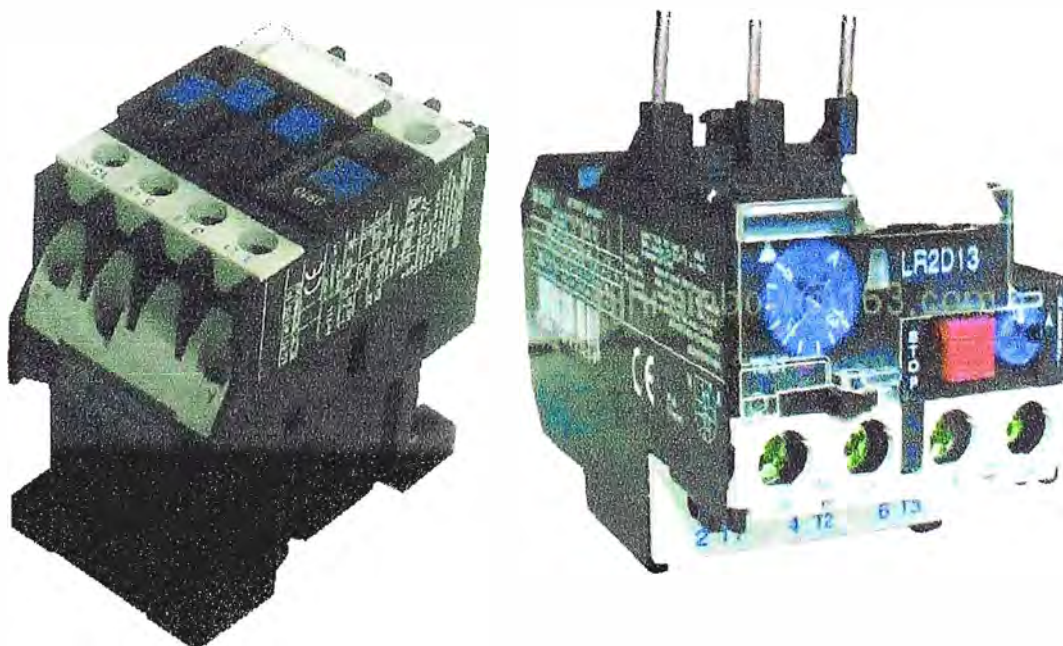


Figura 4.31 Contactor principal y relé térmico (telemecanique) utilizados en los circuitos de fuerza

4.13.2 Análisis para la alternativa B

Tabla 4.14 Costos de equipamiento para la alternativa B

ítem	UN.	CAN T.	DESCRIPCION	P.UNITARIO (nuevos soles)	SUBTOTAL (nuevos soles)
1	UN	7,0	CONTACTOR PRINCIPAL DE 220 V / 10 A , MARCA TELEMECANIQUE	50,00	350,00
2	UN	7,0	RELE TERMICO DE 220 V / 10 A	40,00	280,00
3	UN	3,0	INTERRUPTOR AUTOMATICO-MERLIN GERIN K60 / 32 A	60,00	180,00
4	UN	3,0	CAJA TERMO PLASTICA P / PULSADOR	15,00	45,00
5	UN	3,0	PULSADOR RASANTE ROJO LUMINOSO	15,00	45,00
6	UN	3,0	PULSADOR RASANTE VERDE LUMINOSO	15,00	45,00
7	UN	5,0	PULSADOR RASANTE AMBAR LUMINOSO	15,00	75,00
8	UN	3,0	LUZ PILOTO VERDE	15,00	45,00
9	UN	3,0	LUZ PILOTO ROJO	15,00	45,00
10	UN	3,0	LUZ PILOTO AMARILLO	15,00	45,00
11	Pieza	1,0	REGLETA METALICA TIPO DIN	15,00	15,00
12	Pieza	4,0	BORNERA TERMOPLASTICA	10,00	40,00
13	Pieza	2,0	CANALETAS TERMOPLASTICAS DE 25X25 mm	10,00	20,00
14	m	20,0	CONDUCTOR ELECTRICO TIPO AUTOMOTRIZ -1.65 mm ²	0,80	16,00
15	m	6,0	CONDUCTOR ELECTRICO TIPO VULCANIZADO- 3* 2.5 mm ²	2,00	12,00
16	Pieza	2,0	PICO PLC MARCA ALLEN BRADLEY - 1760-L18xxx	900,00	1800,00
				TOTAL CE	1258,00

Tabla 4.15 Cuadro de índices de inflación promedio [11]

AÑO	INFLACION (% Promedio anual)
2007°	3,9
2008	6,67
2009	3,69
2010*	2,4
2011*	2,5

Tabla 4.16 Factor k, representa el número de labores de mantenimiento al año

Costo de mantenimiento inicial	40 Nuevos soles
Número de tareas por año	K = 2

Tabla 4.17 Costos de mantenimiento en los años mostrados, adicionado el cambio de dispositivos para alternativa B [10]

AÑO	INFLACION (%)	INFLACION (%/100)	Cmi(nuevos soles)	K*Cmi(nuevos soles)
2006	0	0	40,00	80,00
2007	3,9	0,039	41,56	83,12
2008	6,67	0,06	44,05	88,11
2009	3,69	0,0369	45,68	91,36
2010	2,4	0,024	46,78	93,55
2011	2,5	0,025	48,50	97,00
			CM PARCIAL	533,14
			CAMBIO DE DISPOSITIVOS = 30 % DE CE	909,77
			CMTOTAL	1442,91

Tabla 4.18 Cuadro resumen de los costos obtenidos para la alternativa B en nuevos soles

COSTO DE EQUIPAMIENTO	1258,00
COSTOS DE INSTALACION	553,52
COSTOS DE SUPERVISION	251,60
COSTO DE MANTENIMIENTO	1442,91
COSTO DE INVERSION TOTAL	3506,03

Observando los dos cuadros de resumen en cada alternativa notamos que La Alternativa A Es ligeramente mayor que la alternativa B. Por lo tanto podemos concluir de este análisis simple que el sistema con Software es conveniente para cualquier proyecto automatizado. Ahora estos cálculos que se tienen son nada más que para un solo equipo (módulo) a implementarse. Si tuviéramos que realizar a nivel de una planta industrial en donde se tienen un gran número de motores, **valdría la pena entonces decidirse por la alternativa B.**

CAPITULO V

ASPECTOS FUNDAMENTALES EN EL MANEJO DEL SOFTWARE DEL PICO PLC-1760-L18xxx--ALLENBRADLEY

5.1. Requisitos del sistema

- a. CPU > Pentium 3
- b. Previsto para operar en tiempo real: El tiempo real de ejecución de una instrucción
- c. Memoria de trabajo \geq 128 MB
- d. Memoria de disco duro: aproximadamente 50 MB + 120 MB de memoria temporal.
- e. Tarjeta gráfica VGA: Se recomienda modo true color
- f. Resolución de pantalla: mínimo 1024x 768 píxeles
- g. Dispositivo de CD-ROM indispensable.
- h. Sistema operativos : Windows 2000 a partir de SP4, Windows XP a partir de SP1

Excel: a partir de la versión 2000, para importar/exportar textos en idiomas extranjeros.

Nota: Para poder trabajar con este software de forma óptima es necesario que su pantalla utilice una resolución de 1024 x768 píxeles y fuentes pequeñas (96 dpi): los ajustes pueden realizarse mediante Inicio, opciones, panel de control, visualización, opciones

5.2 Características externas del Pico Controller 1760-L18xxx.

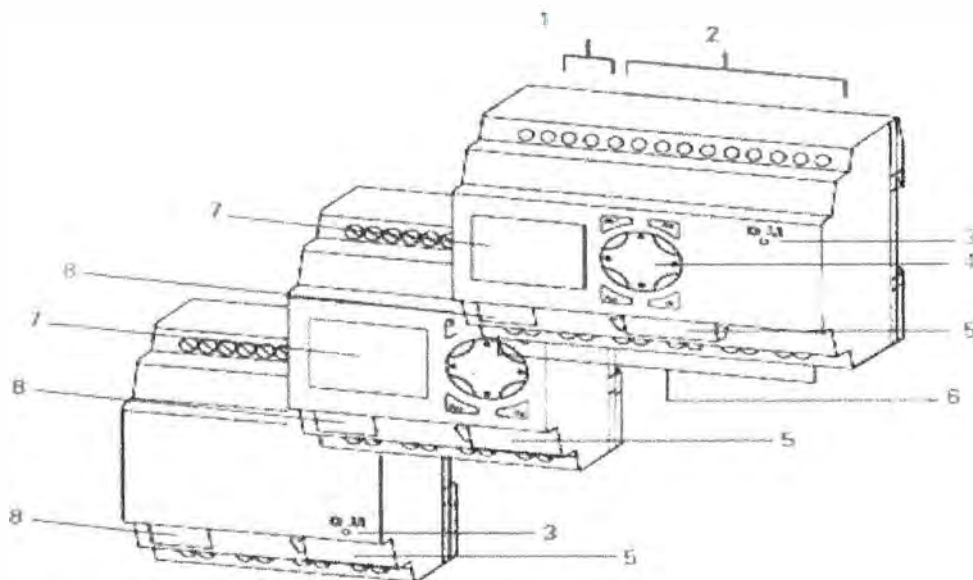


Figura 5.1 Vista externa del Pico controller 1760-L18xxx

Tabla 5.1 Cuadro de las partes físicas del Pico controller 1760- L18 xxx

Ítem	Descripción
1	Ingreso de potencia (alimentación)
2	Borneras de entradas
3	Led Fuente de modo RUN
4	Pad de llaves(comandos)
5	Socket para el módulo de memoria o cable de interfase de PC
6	Salidas
7	Display LCD de ingreso de la programación
8	Escritura (etiqueta)

5.3 Aplicaciones del Pico controller 1760-L18xxx en el campo industrial

- Automatización en edificaciones residenciales, controladores para luces de puertas, y ventanas.
- Control de ventiladores, rotación de puertas, casas ecológicas, luces exteriores, control de ventanas.
- Control de temperatura, ventilación y nivel de iluminación
- Control de máquinas y plantas industriales, presas, bombas y surtidores

5.4 Pico Soft

Picosoft es un programa de PC que crea, guarda y administra diagramas de circuito. Transferir los diagramas de circuito desde una PC a la unidad pico o viceversa mediante un cable de interface de de PC especial [12].

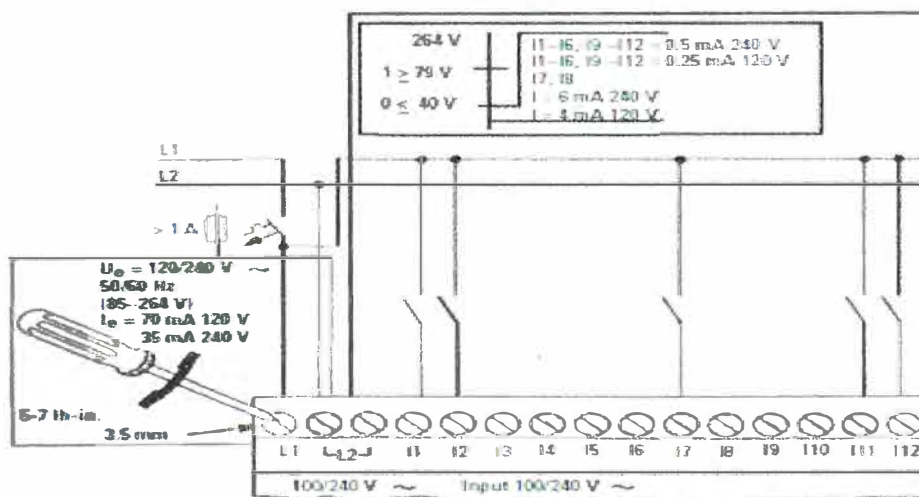


Figura 5.2 Diagrama de conexiones de la fuente de energía y de las entradas en el PLC PICO 1760-L18AWA-XX

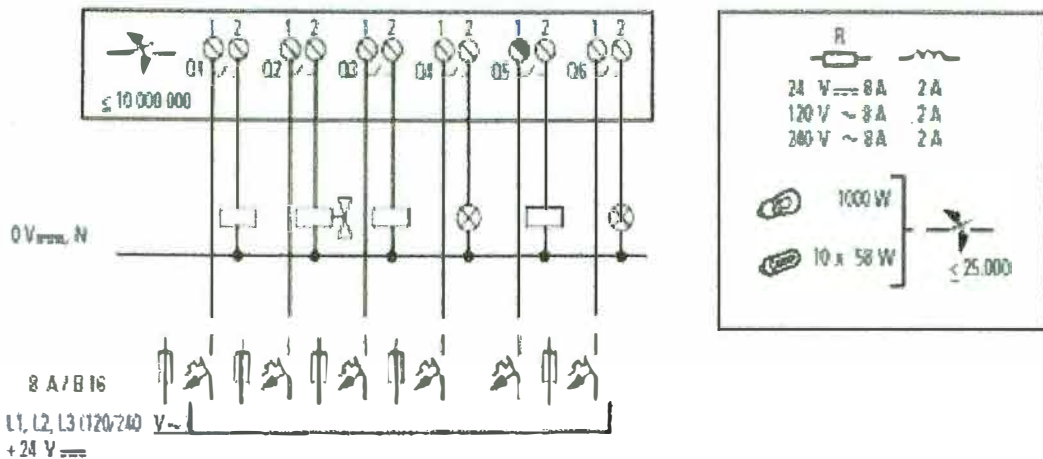


Figura 5.3 Diagrama de conexiones de las salidas en el PLC PICO 1760-L18AWA-XX

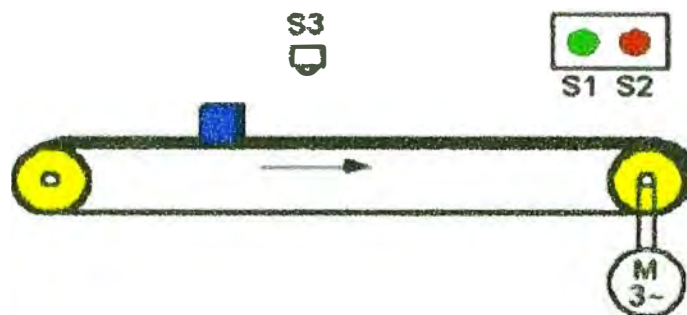


Figura 5.4 Sistema de cinta transportadora

En el siguiente ejemplo utilizaremos los diagramas de conexiones 5.2 y 5.3 para la instalación de cinta transportadora, accionada mediante un motor trifásico, arranca con un retardo de 3 segundos tras la conexión. La cinta transportadora sirve para el transporte de paquetes. Una vez transportado un número determinado número de paquetes, la instalación deberá desconectarse tras haber transcurrido el tiempo de marcha en inercia. En el ejemplo que ofrecemos el número de paquetes a transportar es igual a cinco y el tiempo de marcha en inercia es de 4 segundos. S1 conecta la instalación, S2 desconecta inmediatamente la instalación. La barrera óptica S3 sirve para registrar el número de paquetes ya transportados.

Entradas

- S1 Pulsador de arranque
- S2 pulsador de parada
- S3 Sensor óptico que registra los paquetes

Salidas

- T1 Temporizador de marcha tipo ON DELAY que retrasa el tiempo de arranque del conteo.
- T2 Temporizador tipo OFF DELAY que sirve para que el motor se desconecte después de la parada.
- C1 Contador que registra el número de paquetes.

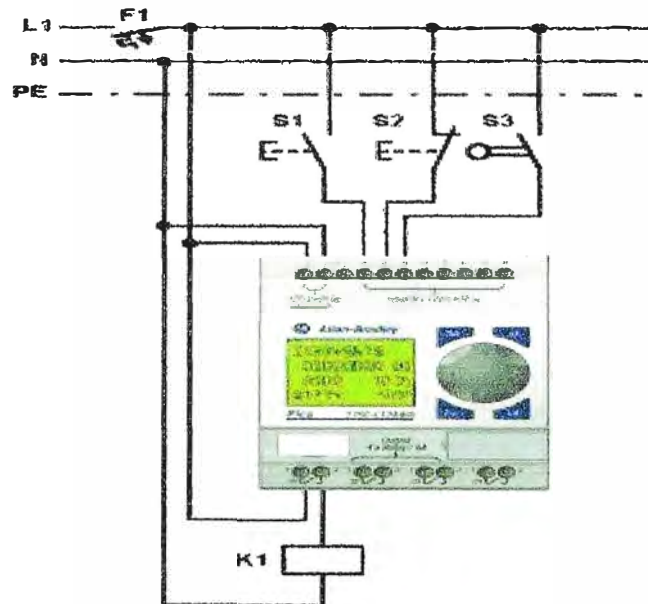


Figura 5.5 Ejemplo de conexiones en el Pico PLC 1760-L8XXX para el caso del ejemplo mencionado anteriormente

El software de programación Picosoft ofrece la posibilidad de programas (esquemas de contacto) se pueden:

- Crear.
- Guardar.
- Simular.
- Documentar.
- Transferir a un aparato Pico conectado y listo para el funcionamiento y programa para visualizar los estados de oper4andos durante el funcionamiento (online).

5.5 Creación de un Proyecto

Para poder crear un programa (esquema de contactos) con el software de programación Picosoft, en primer lugar se debe abrir un proyecto y aceptar un aparato en el banco de trabajo (2). Para ello, el software de programación se abre de forma estándar en la vista Proyecto (figura 5.6). Desde esta vista, podrá cambiar mediante el botón Proyecto situado en la parte inferior de la caja de herramientas ó la opción menú **Ver, Proyecto**.

Un proyecto es una combinación de aparato, parametrización de interface, programa y en caso de utilizar un aparato de visualización, la correspondiente aplicación de visualización con sus máscaras [12].

En la caja de herramientas (1) puede ver los aparatos disponibles para su proyecto.

5.6 Insertar un aparato en el proyecto

En la caja de herramientas (1) haga clic sobre el aparato deseado.

En la ventana Banco de trabajo (2) se visualizará el aparato seleccionado.

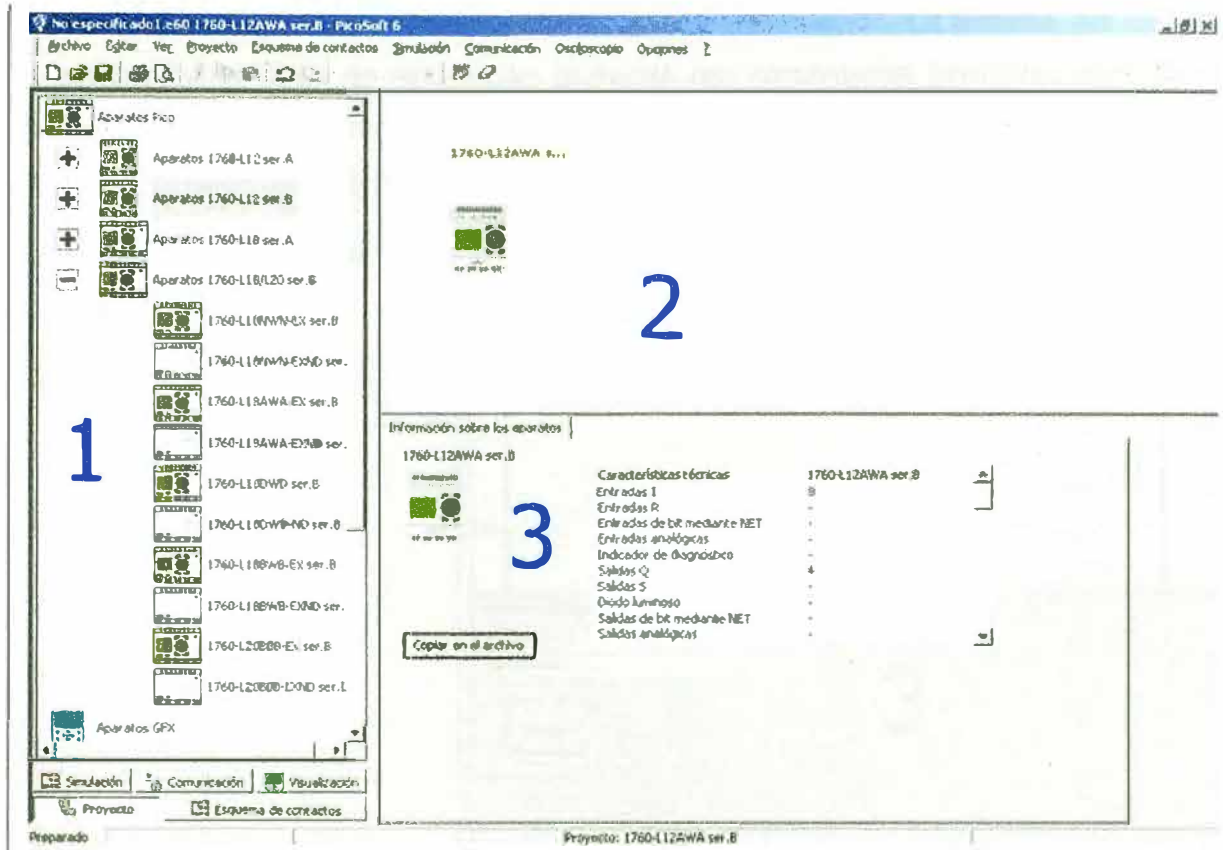


Figura 5.6 Ventana para elaborar un esquema de contactos

A continuación, en la ventana Campo de propiedades (3) se mostrarán las correspondientes informaciones del aparato (características técnicas). Entre las cuales se encuentran por ejemplo el número de entradas y salidas, así como el número de marcas, relés temporizadores y contadores que posee.

En este campo compruebe si el aparato seleccionado es adecuado para su aplicación. Mantenga pulsado el botón izquierdo del ratón sobre el aparato seleccionado y dirija el curso del ratón (que solo representa un ícono del aparato) hacia la parte superior derecha en el banco de trabajo (2).

5.7 Entrada de programa

Con la entrada de programa en la vista de Esquema de contactos que está a su disposición en el menú de opciones que facilita el cableado. De este modo, el esquema de contactos podrá crearse a partir de la selección de contactos y bobinas, relés de función ó módulos de función que aparecen en la ventana caja de herramientas, y que usted puede arrastrar mediante la función Drag and drop hasta la ventana del esquema de contactos.

Adicionalmente a las conexiones que se crean automáticamente, podrá establecer conexiones entre los elementos del esquema de contactos con la ayuda del ratón.

Si lo desea, el esquema de contactos (figura 5.7) también puede insertarse mediante los comandos del teclado.

Los comentarios para los operandos constituyen la introducción. La portada, los campos de escritura y las listas de referencias cruzadas con comentarios permitirán disfrutar de una excepcional documentación.

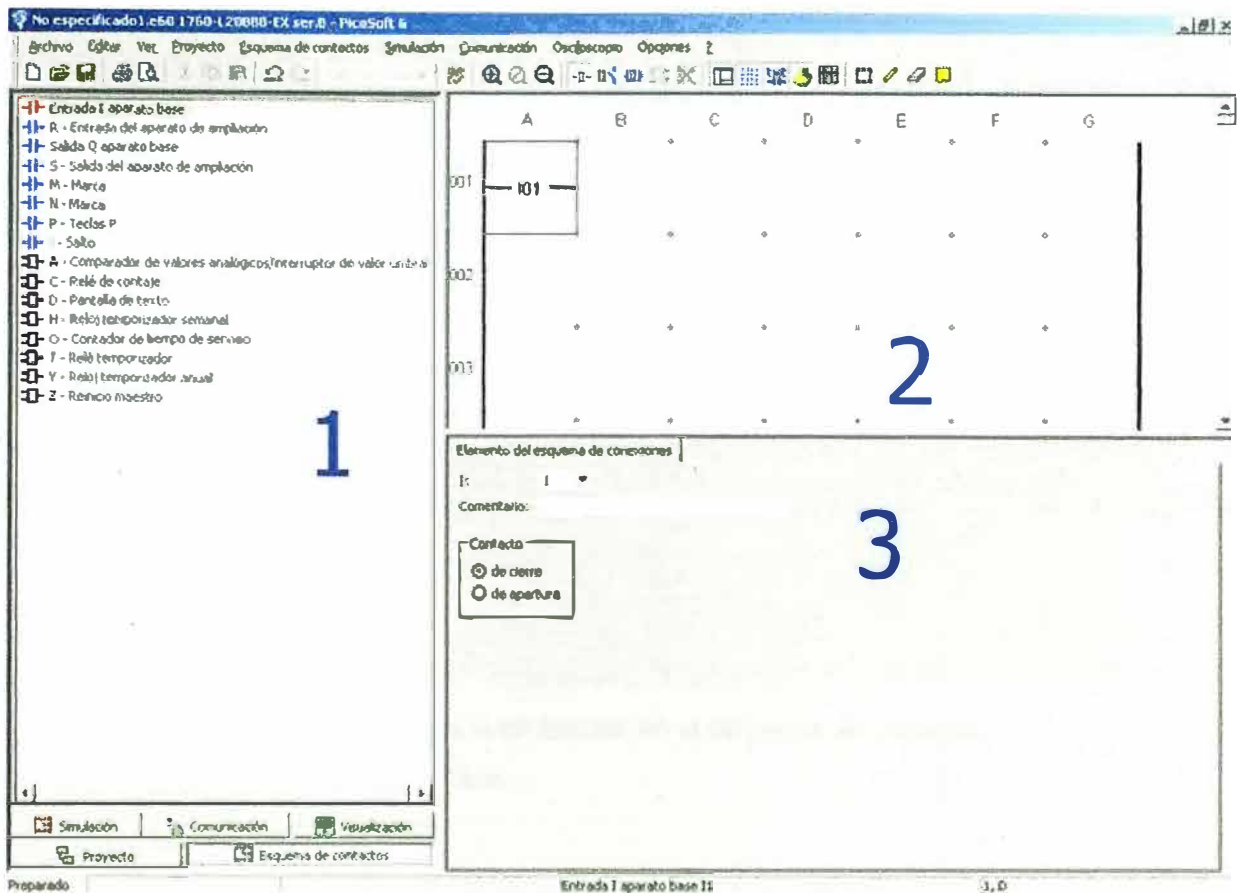


Figura 5.7 Vista esquema de contactos

El software de programación permite solo entradas de programas que sean compatibles con las funciones del aparato seleccionado. Aparte de la verificación de la posibilidad le muestra si el programa introducido ó la aplicación de visualización son correctos, y por tanto si son adecuados para la simulación y transferencia al aparato. Esto le servirá de ayuda para la creación de esquema de contactos y para evitar errores antes de la transferencia del esquema de contactos al aparato.

5.8 Simulación

La simulación (figura 5.8) le permitirá trabajar por el momento independientemente del aparato y de su modo de conexión. En este indicador de estado online puede comprobar su esquema de contactos, para lo que le servirán de ayuda las entradas, salidas, puntos de interrupción y funciones de forzado y de visualización simulados.

5.9 Puesta en servicio

Para poner en funcionamiento un módulo de control ó un aparato de visualización con el software de programación, éste debe conectarse en primer lugar mediante un cable de conexión adecuado al PC. Para conectar el cable de conexión, retire primero la

tapadera abatible del aparato o bien la tarjeta de memoria, en caso de que éste se encuentre enchufada.

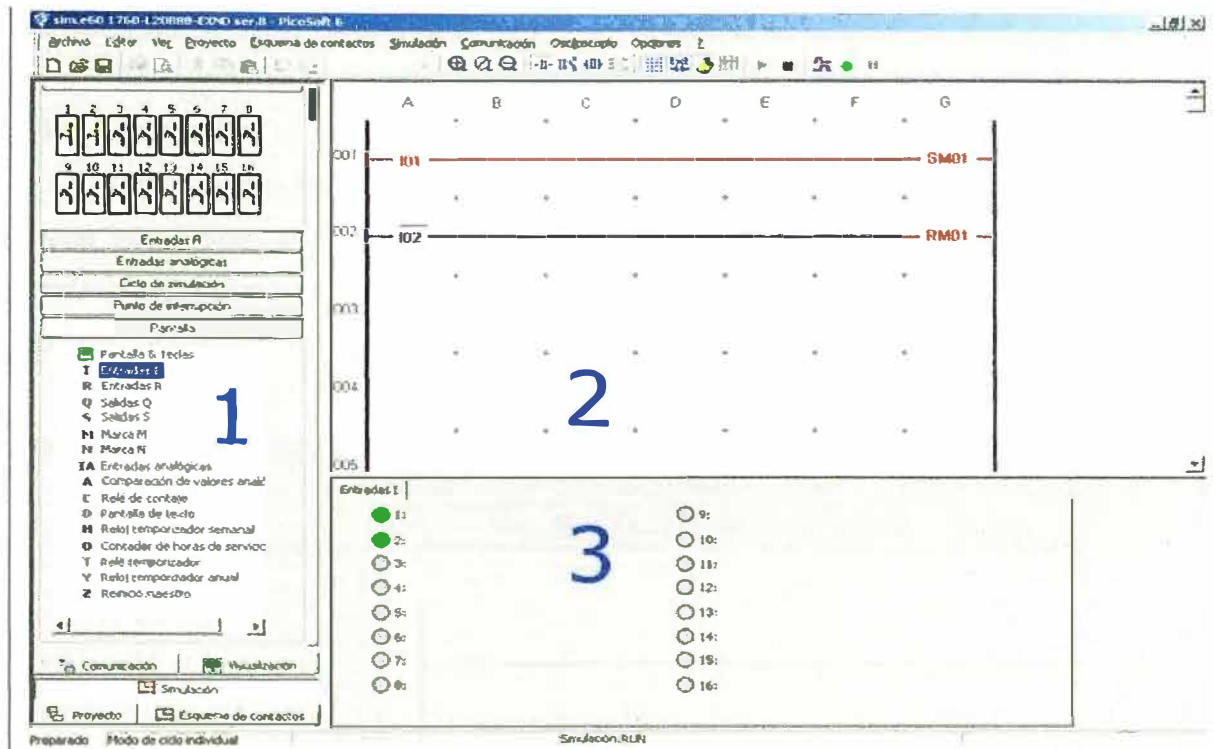


Figura 5.8 Vista para la simulación en el esquema de contactos

5.10 Conector de la interfase Pico



Figura 5.9 Parte frontal del Pico controller en los modelos 1760-L12xxx y L18xxx

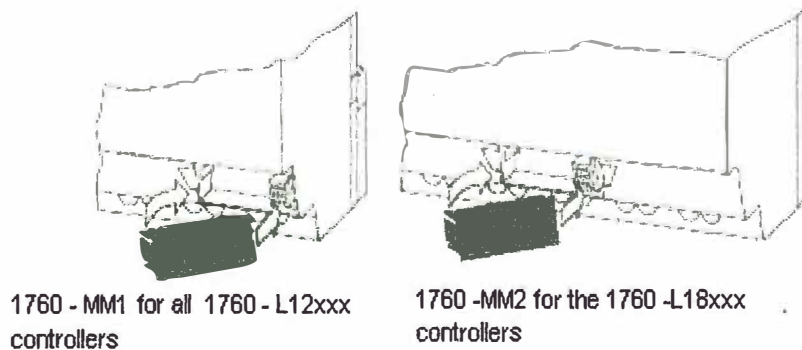


Figura 5.10 Conexión de la interfase del Pico a un PC

El conector de la interface Pico ,el cual se encuentra debajo de una cubierta protectora, acepta el módulo de memoria Pico opcional o conecta la unidad Pico a una PC mediante el cable de interfase de PC opcional y el software Pico Soft. Esto le permite copiar los diagramas de circuito hacia y desde la PC y/o al módulo de memoria.

5.11 Conexión

Este cuadro de diálogo desplegable contiene comandos, mediante los cuales puede establecer una conexión desde La PC al aparato conectado a través de la interfase seleccionada (On line) o bien volver a desconectarla. Después del cambio a la vista comunicación durante la información del proyecto hasta iniciar una nueva función.

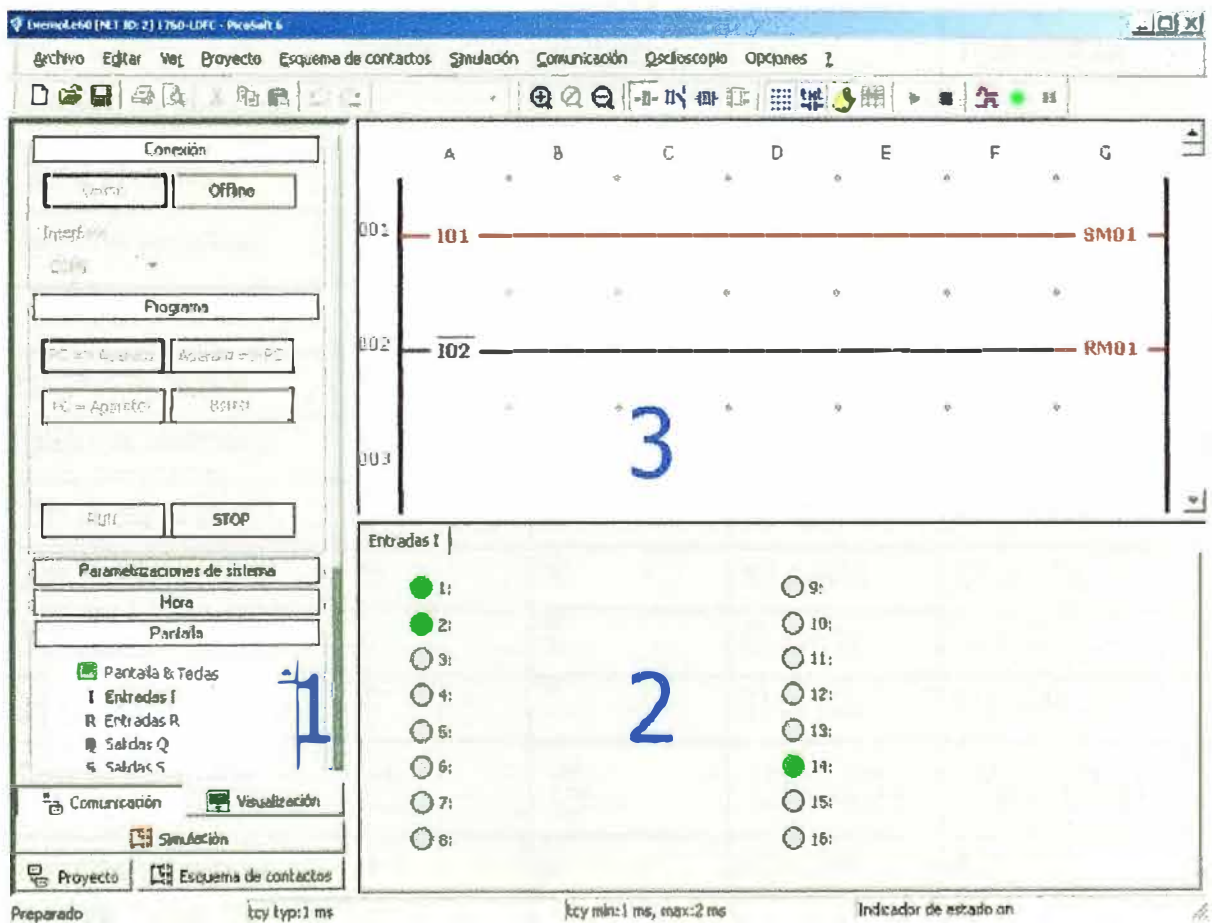


Figura 5.11 Ventana de comunicación

5.12 Elementos del diagrama del circuito Pico

5.12.1 Contactos







Los contactos se usan para modificar el flujo de corriente en el diagrama del circuito. Los contactos en el diagrama de circuito son contactos de cierre o apertura. Los contactos de cierre (NA) están abiertos cuando están desactivados (desenergizados) y cerrados cuando están activados los contactos de apertura (NC) están cerrados cuando están desactivados y abiertos cuando están energizados.

Tabla 5.2 De contactos que muestran el estado de los contactos del Pico controller

Contacto	Representación de Pico PLC
Contacto de cierre abierto cuando está desactivado	I, Q, M, A, T, R, D, S, R
Contacto de apertura cerrado cuando está desactivado	$\bar{I}, \bar{Q}, \bar{M}, \bar{A}, \bar{C}, \bar{T}, \bar{P}, \bar{D}, \bar{S}, \bar{R}$






La unidad pico funciona con diferentes contactos .Los cuales pueden usarse en cualquier orden en los campos de contactos del diagrama de circuito.

Tabla 5.3 Muestra todos los contactos que posee el Pico controller en los modelos que tiene

Tipo de contacto	Contacto de cierre	Apertura de contacto	1760-L12xxx	1760-L18xxx 1760-L20xxx
Entrada de controlador	I	\bar{I}	I1 to I8	I1 to I12
Señal desactivado			I13	I13
Estado de expansión			—	I14 ⁽³⁾
Corto circuito/sobrecarga			I16	I15 to I16
Entradas de teclado	P	\bar{P}	P1 to P4	P1 to P4
Salidas de controlador	Q	\bar{Q}	Q1 to Q4	Q1 to Q8
Bits de marca interna	M	\bar{M}	M1 to M16	M1 to M16
Bits de marca interna	N	\bar{N}	N1 to N16	N1 to N16
Contadores	C	\bar{C}	C1 to C16	C1 to C16
Temporizadores	T	\bar{T}	T1 to T16	T1 to T16
Reloj de tiempo real ¹			 ₁ to  ₈	 ₁ to  ₈
Comaparador de punto de ajuste	A	\bar{A}	A1 to A16	A1 to A16
Texto de pantalla	D	\bar{D}	D1 to D16	D1 to D16
Salidas de expansión de bits de marca interna	S	\bar{S}	S1 to S8	S1 to S8
salto de etiqueta	:	—	:1 to :8	:1 to :8
Entradas de expansión	R	\bar{R}	—	R1 to R12
Detección de sobrecarga de expansión	R	\bar{R}	—	R15 and R16 ⁽³⁾







5.12.2 Relés

Tabla5.4 Relés del Pico en los modelos disponibles

Tipo de relé	Símbolo Pico	1760-L12xxx	1760-L18xxx 1760-L20xxx	Función Bobina	Parámetro
Salida de controlador	Q	Q1a Q8	Q1a Q8	X	-
Bits de marca interna	M	M1 a M16	M1 a M16	X	-
Bits de marca interna	N	N1a N16	N1a N16	X	-
Contadores	C	C1 a A16	C1 a A16	X	-
Temporizadores	T	T1 a T16	T1 a T16	X	X
Reloj en tiempo real ¹		 1a 	 1a 	X	X
Contadores en horas	O	O1 Ao4	O1 Ao4	-	X
Comparador analógico de punto de ajuste ²	A	A1 a A16	A1 a A16	X	X
Pantalla de texto	D	D1 a D16	D1 a D16	-	X
Salida de etiqueta	:	:1 a : 8	:1 a : 8	X	-
salidas de expansión o bits de marca interna	S	S1 a S8 (como marcador)	S1 a S8 (como marcador)	X	-
Interruptor de tiempo anual	Y	Y1 Ay8	Y1 Ay8	-	X
Reset maestro	Z	Z1 a Z3	Z1 a Z3	X	-

5.12.3 Tipos de relés de función

Tabla 5.5 Relés que utiliza el Pico controller y su respectiva función dentro de los esquemas de control equivalente

Símbolo del diagrama de circuito	Tipo de relé de función
	Relé de temporización con retardo a la activación y sin conmutación aleatoria
	Relé de temporización con retardo a la desactivación con y sin conmutación aleatoria
	Relé de temporización , un solo pulso Relé de temporización ,parpadeante
	Relé de contador, contador progresivo / regresivo
	Interruptor horario, día de la semana, hora, solo en modelos Pico con reloj en tiempo real.
	Relé comparador analógico (solo en modelos Pico de 24 VCC)

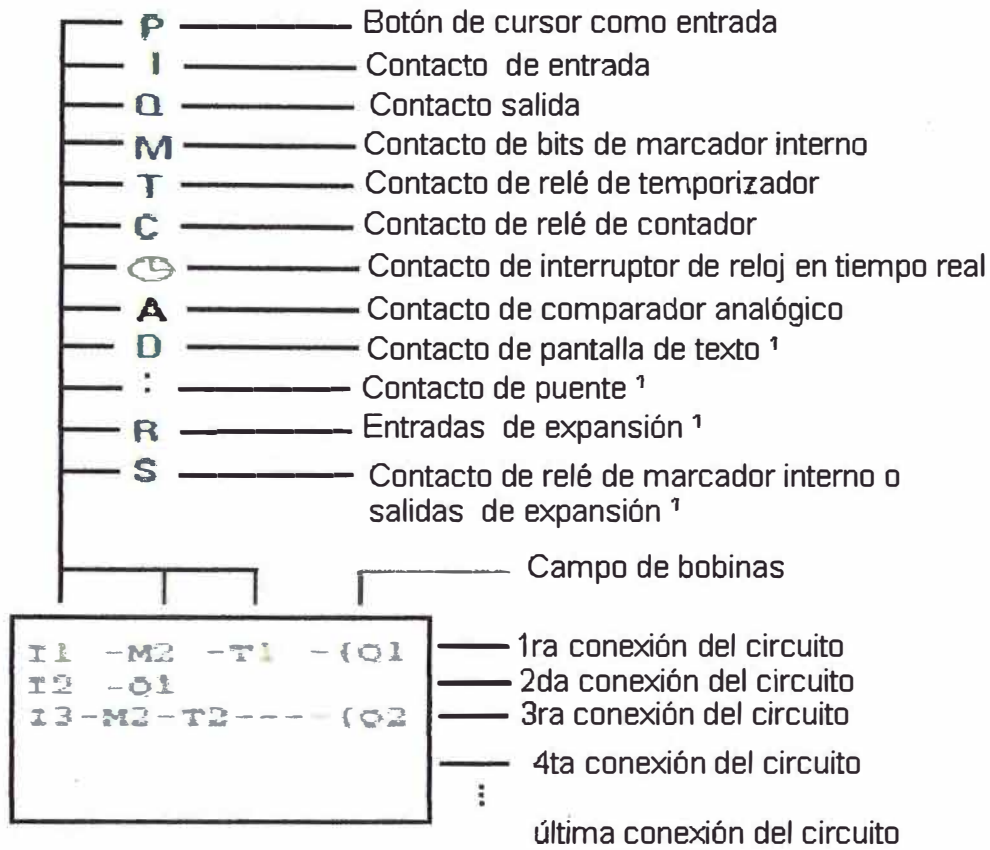


Figura 5.12 Símbolos utilizados en el diagrama de circuito del Pico controller

5.13 Principio de operación de la unidad Pico (Programación)

Se entiende por programación a la introducción de un circuito. Un programa equivale sencillamente a un esquema de circuitos, pero representado de manera algo diferente.

Toda programación se realiza haciendo uso de los comandos de operación que están situados en la parte frontal del panel de la unidad pico.

Botón	Función
Del	Eliminar objeto en el diagrama del circuito
Alt	Funciones especiales en el diagrama del circuito
Botones de cursor	Mover curso
	Seleccionar item del menú
	Seleccionar número de contactos, valores, tiempos, etc.
Ok	Siguiente nivel del menú, guardar introducción
Esc	Nivel anterior del menú, cancelar introducción

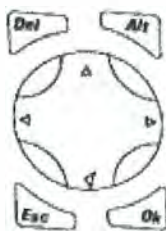


Figura 5.13 Botones de operación del Pico Controller

La visualización del programa, estado de entradas y salidas, parámetros, etc., se realiza a través de una pantalla LCD de forma gráfica en la parte frontal del Pico PLC.

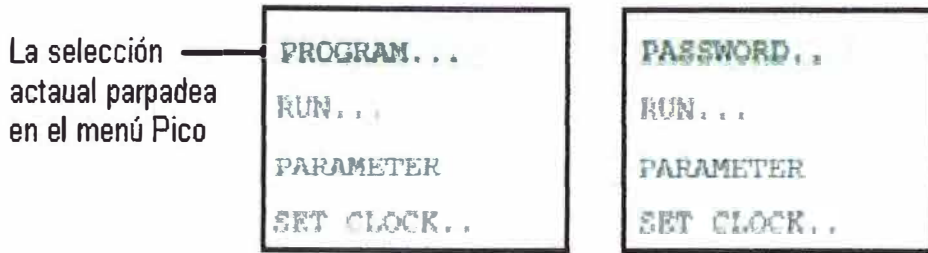


Figura 5.14 Pantalla de menú con y sin contraseña habilitada

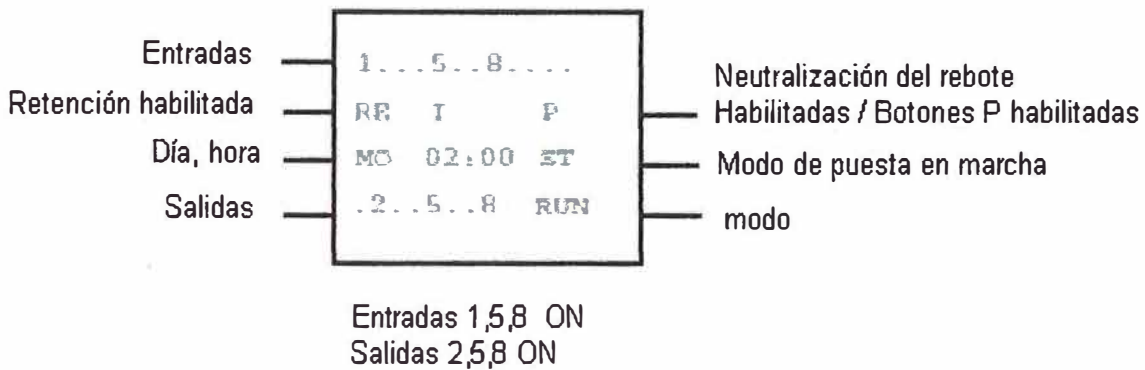


Figura 5.15 Pantalla de estado del Pico Controller

5.14 Proceso de ejecución

5.14.1 Primer ejemplo

A continuación mostraremos gráficamente los pasos importantes en la elaboración de un sistema de control utilizando el Pico Soft. **Los pasos que se muestran tendrán un encabezado superior, esto lo hacemos con la finalidad de que la secuencia de trabajo sea más comprensible** para el participante. En el presente ejemplo utilizamos un contacto de memoria y un contador en tiempo real, para el arranque directo de un motor trifásico Tipo Jaula de ardilla [12].

Creando un diagrama de circuito uniendo contactos y relés.

a) Conectando contactos y relés

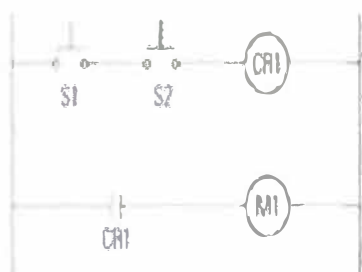


Diagrama de circuito Pico

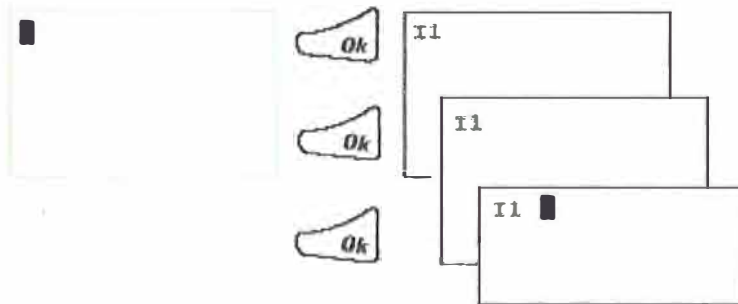
Conectando Pico

1. Conectando S1 al terminal de entrada I1
2. Conectando S2 al terminal de entrada I2
3. Conectando la carga M1 a la salida Q1

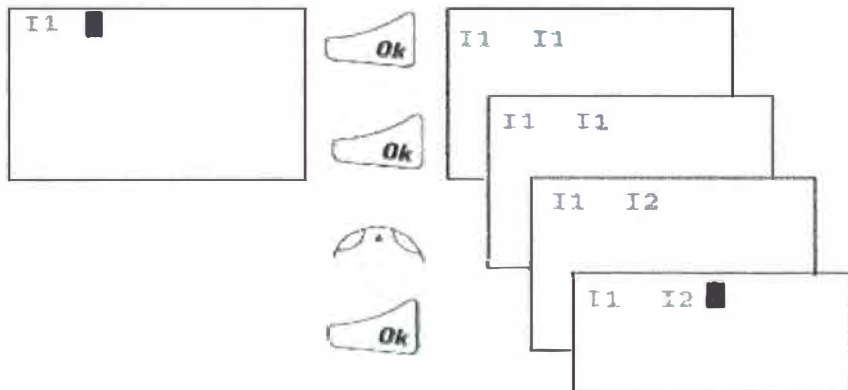
b) Diseñar circuito en el diagrama de circuito



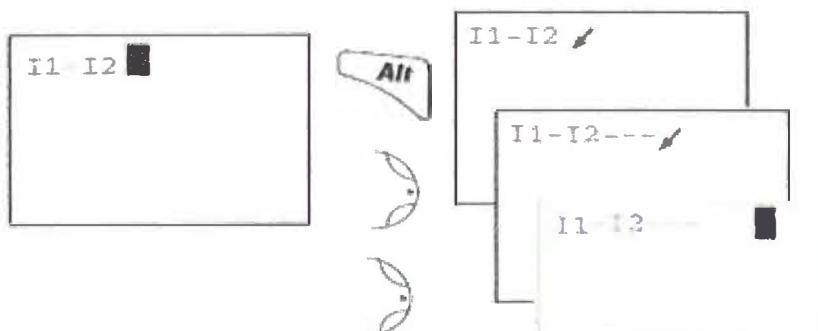
c) Insertando contacto " I1 "



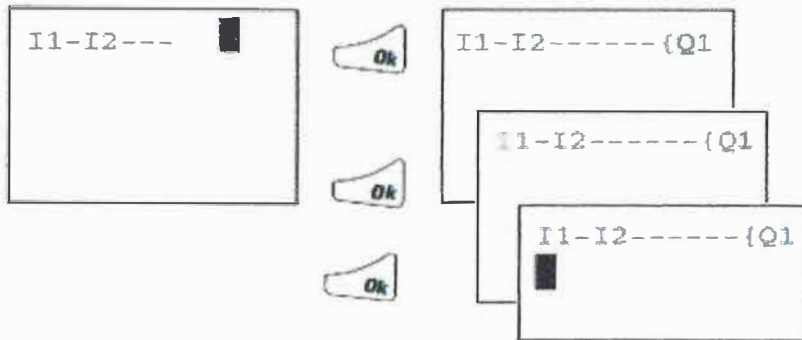
d) Insertando contacto " I2 "



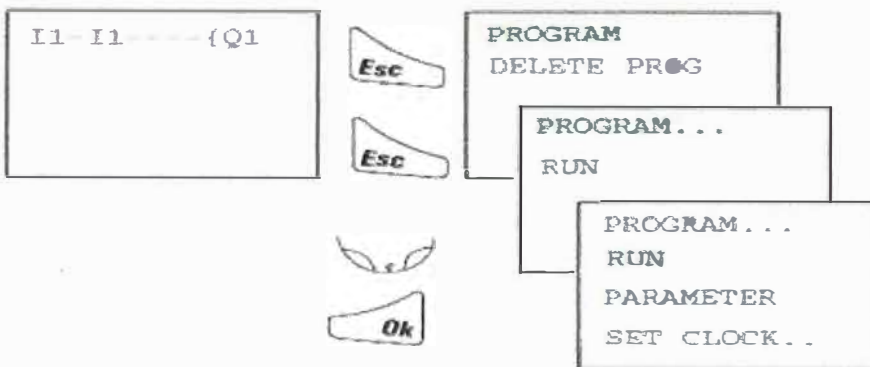
e) Dibujando conexión entre el contacto y la bobina del relé



f) Ubicando la bobina del relé

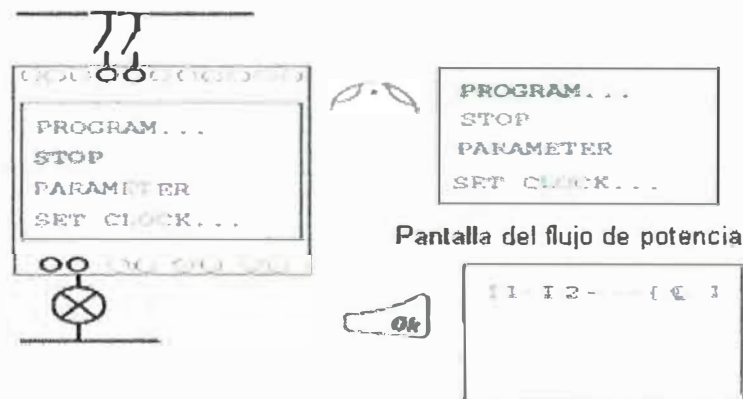


g) Cambiando de modo de operación

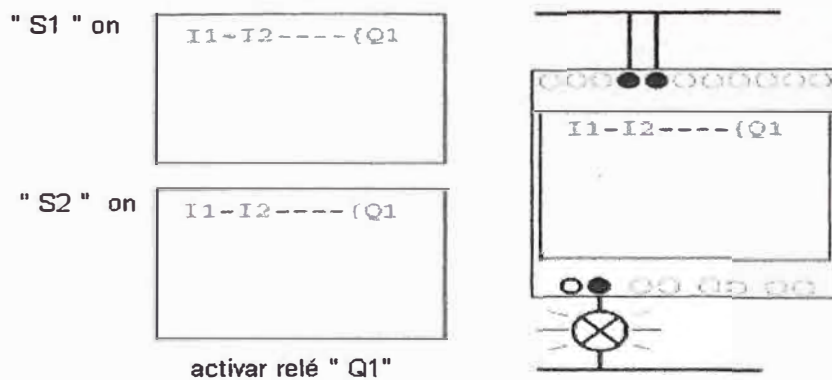


El pico ahora se encuentra en modo RUN

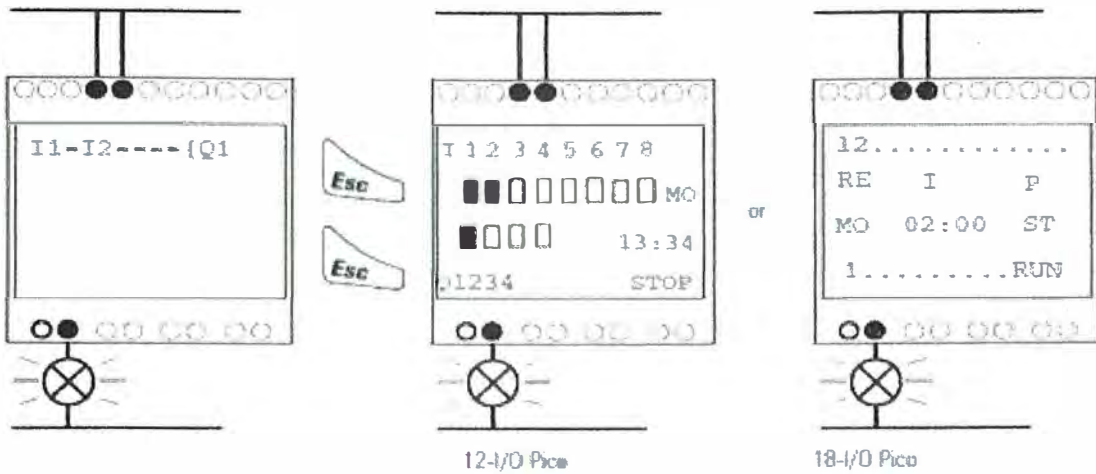
h) Probando el circuito



i) Operar interruptor "S1" y "S2"



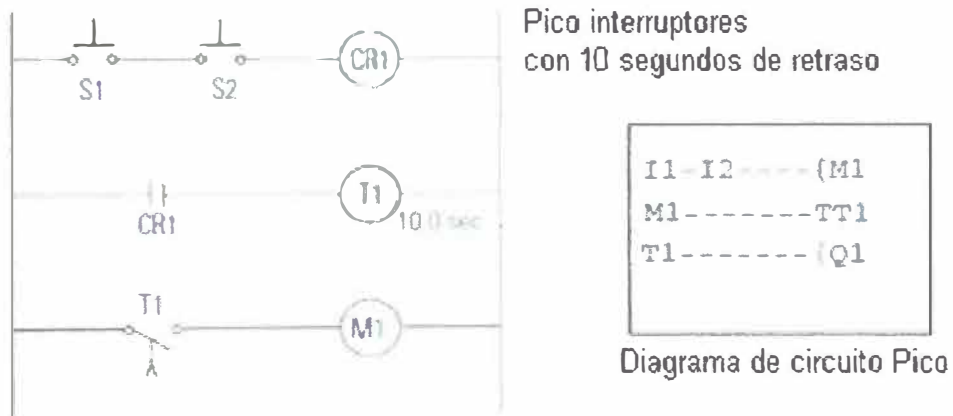
j) Regresar a la pantalla de estado con ESC



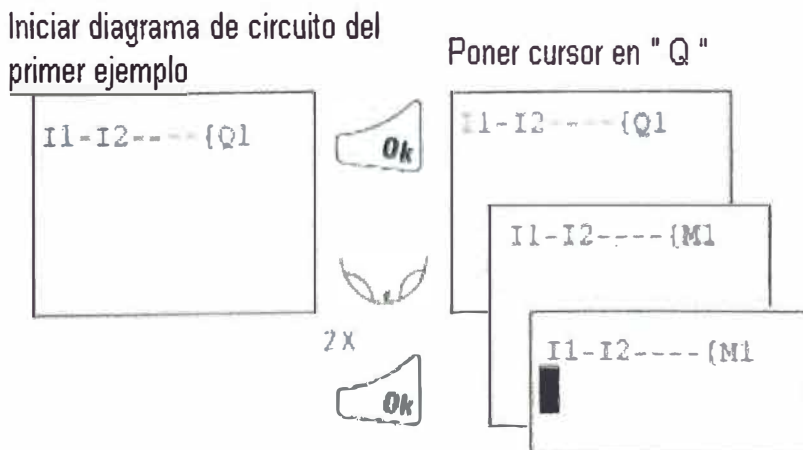
5.14.2 Segundo ejemplo

Esta vez usaremos el ejemplo anterior pero usando relés de función como son temporizadores ó contadores.

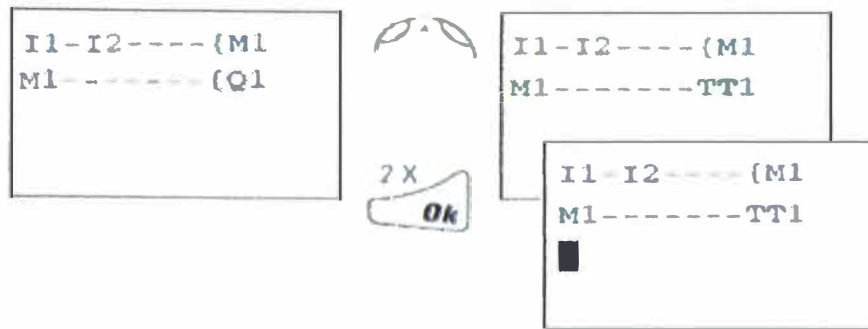
a) Circuito convencional



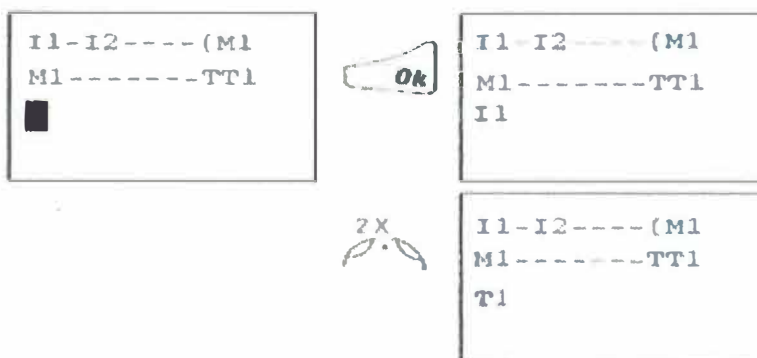
b) Elegir relé de marca interna



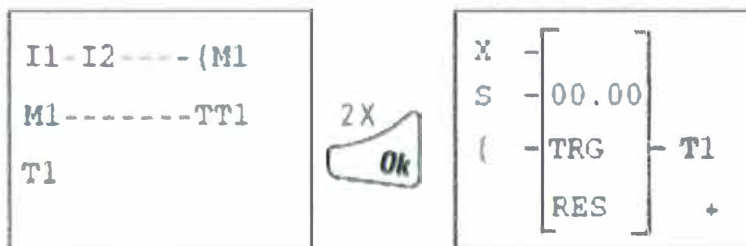
c) Elegir disparo del relé para el tiempo.



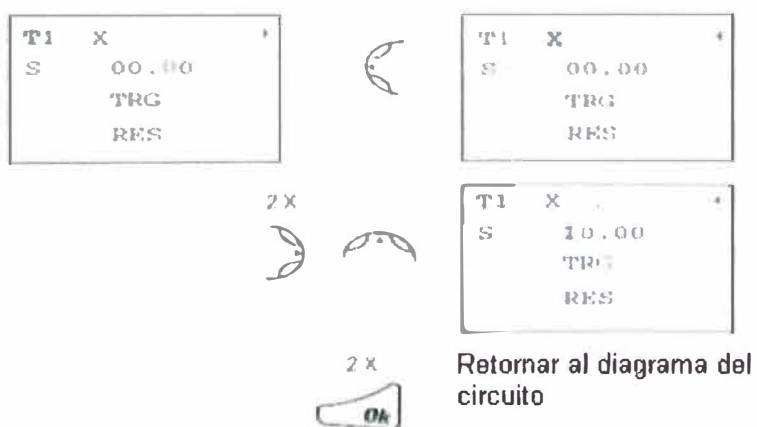
d) Insertar el tiempo del relé de contacto



e) Elegir parámetros de acceso



f) Ajustar en 10 segundos



g) Conectar el contacto del relé temporizador a una nueva salida de relé



Cambie el Pico al modo **RUN** para probar el programa, de forma similar tal como se muestra en el primer ejemplo. En el display y el acceso de los parámetros para el relé temporizador, cambie el valor del tiempo en modo RUN, la posición del cursor en el diagrama del circuito en "T" a "T1" y presione **ok**.

CAPITULO VI

ALGUNAS APLICACIONES DEL PICO CONTROLLER 1760-18xxx EN EL CONTROL DE MOTORES DE INDUCCION (12)

6.1 Control de semáforo

6.1.1 Descripción tecnológica

Automatizar el control del funcionamiento de un semáforo haciendo uso del SET y RESET de una memoria. Además utilizando temporizadores para fijar los tiempos de permanencia y cambio de verde, ámbar y rojo respectivamente.

6.1.2 Ciclo de funcionamiento

Cuando se pulsa el botón de inicialización I1 se activa el SET de la memoria M1; luego se encenderá la luz verde, manteniéndose durante 60 segundo, después de haber transcurrido 57 segundos, se encenderá la luz ámbar; 3 segundos más tarde se realizará el cambio a rojo durante 60 segundos. Mas tarde después de 57 se encenderá la luz ámbar durante 3 segundos, para dar paso a la luz verde, dando inicio nuevamente a un ciclo completo.

El pulsador de paro será I3, el RESET de la memoria M1, desactivando el funcionamiento del semáforo en cualquier etapa en donde se encuentre; retornando al momento inicial en espera del pulso I1, para el inicio de un nuevo ciclo.

Tabla 6.1 de direccionamiento para el control de semáforos

DESIGNACION	DESCRIPCION	OPERANDO
S1	Interruptor de marcha (N.A.)	I1
S2	Interruptor de parada (N.C.)	I3
KM1	Lámpara de luz verde	Q1
KM2	Lámpara de luz ámbar	Q2
KM3	Lámpara de luz roja	Q3

Nota:

- Debemos de tener en cuenta que no necesariamente las soluciones aquí presentadas son las únicas. Pueden plantearse otras; dependerá del tipo de software que se tenga que implementar
- En el diagrama de control equivalente que presentamos para cada arranque, **valga la redundancia es el equivalente dentro del software del Pico PLC**. Que en el sistema clásico no necesariamente tiene que ser el mismo; ello estará sujeto a los dispositivos que tendremos que usar en los mencionados arranque, al sistema (llámese DIN, NEMA, etc) para poder representarlos.

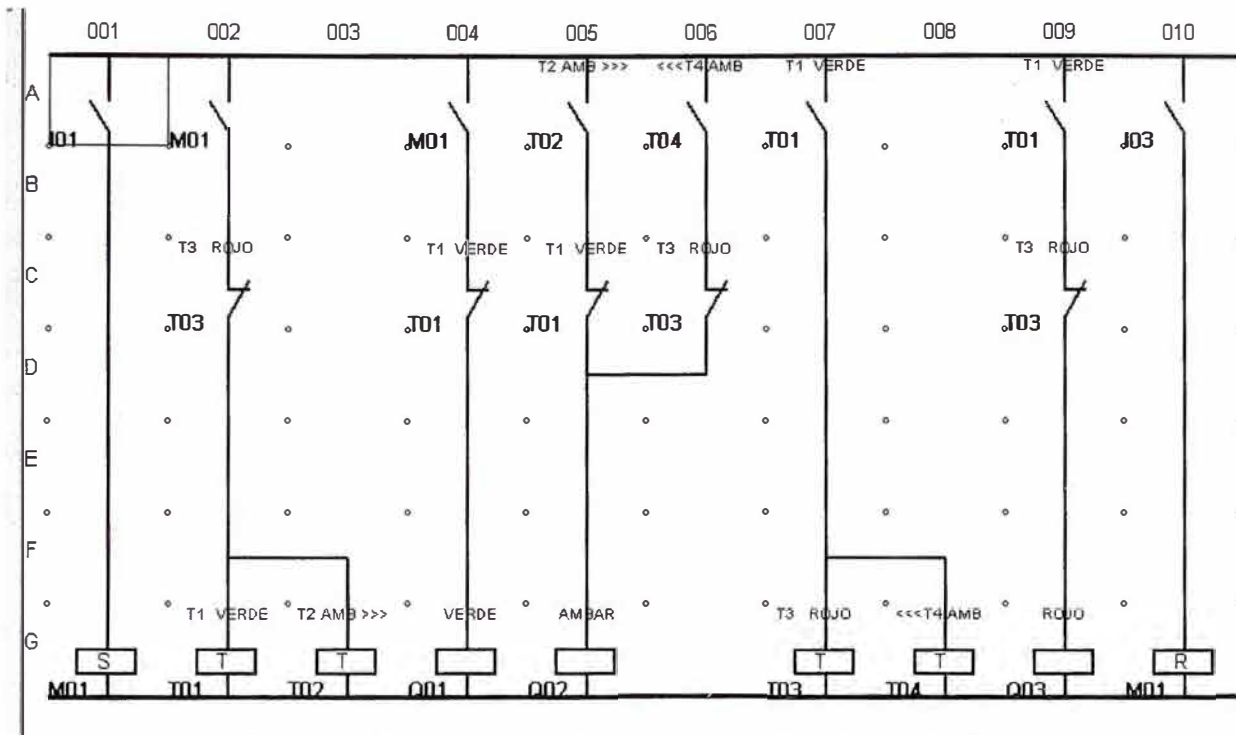


Figura 6.1 Esquema equivalente de control del Pico Controller

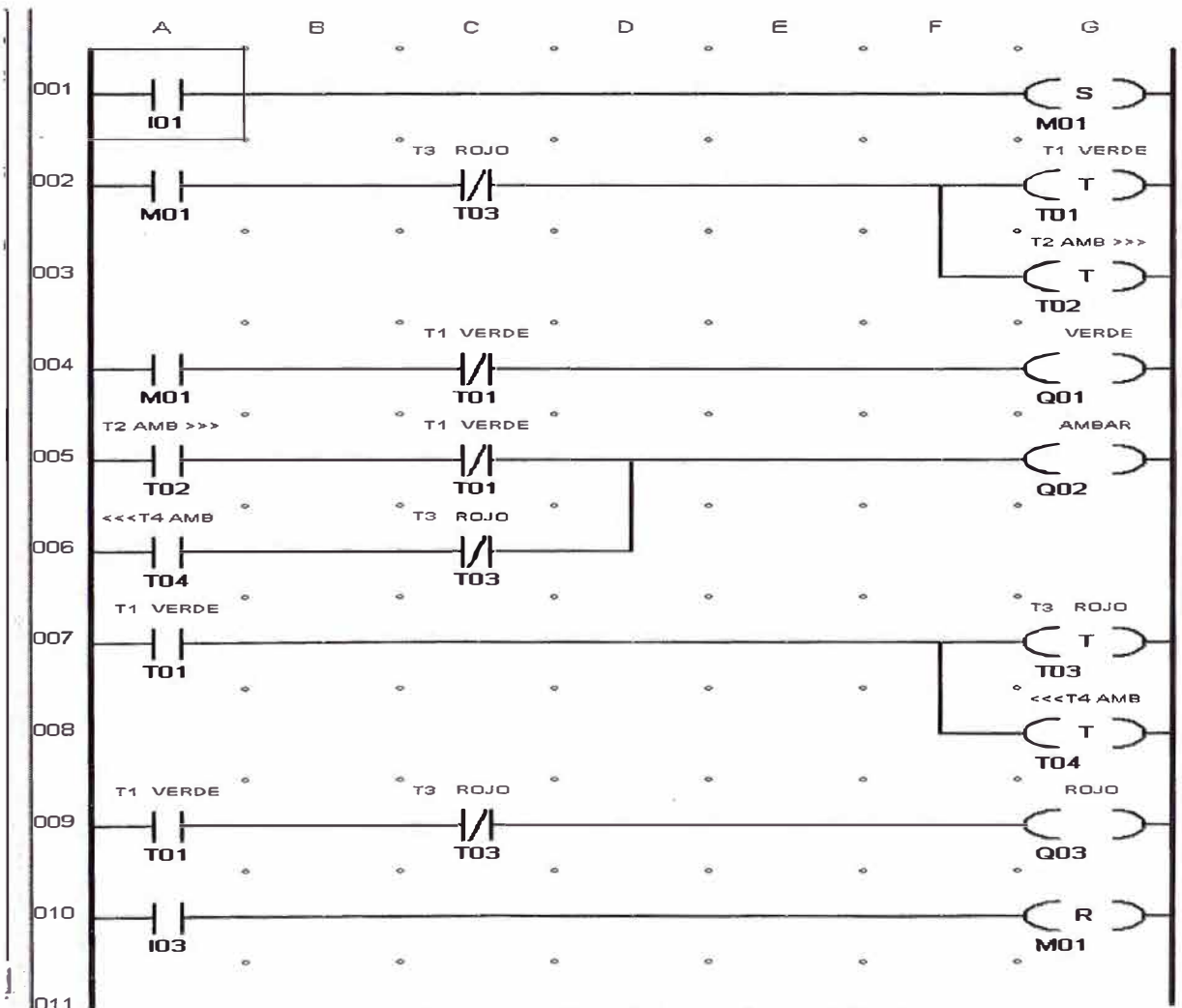


Figura 6.2 Diagrama Ladder del control de semáforos

6.2 Arranque de dos bombas alternadas

6.2.1 Descripción Tecnológica

Se requiere automatizar el arranque de dos bombas que trabajan en tiempos diferentes alimentando de agua a un tanque elevado, trabajando en modo semiautomático.

6.2.2 Ciclo de funcionamiento

Al pulsar I1 se activa la primera bomba (Q01), durante un tiempo determinado y suficiente, al concluir éste intervalo de tiempo la bomba 1 cesa de trabajar para dar paso a la bomba 2 (Q02) durante otro tiempo igual que el de la primera bomba. Cuando se pulse el interruptor de parada I2 se resetea el sistema

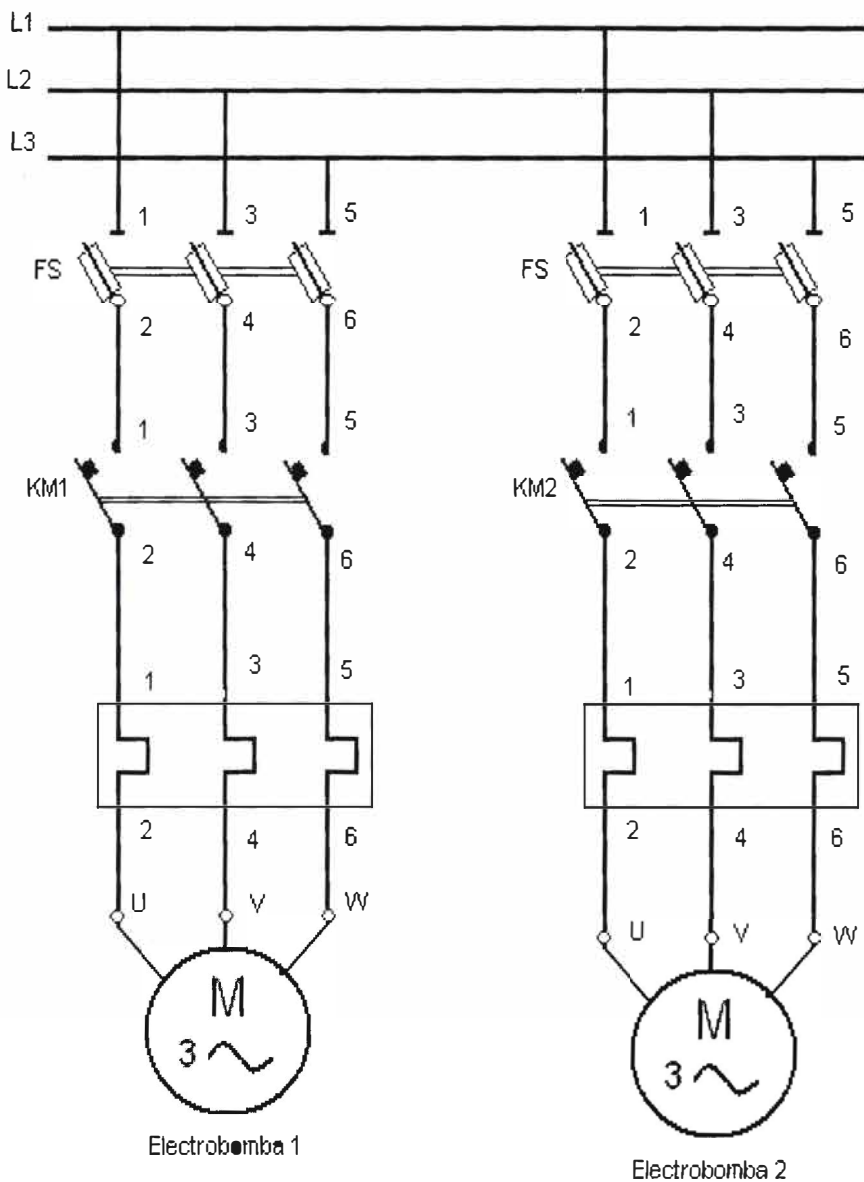


Figura 6.3 Diagrama de fuerza de dos electrobombas que trabajan en forma alternada

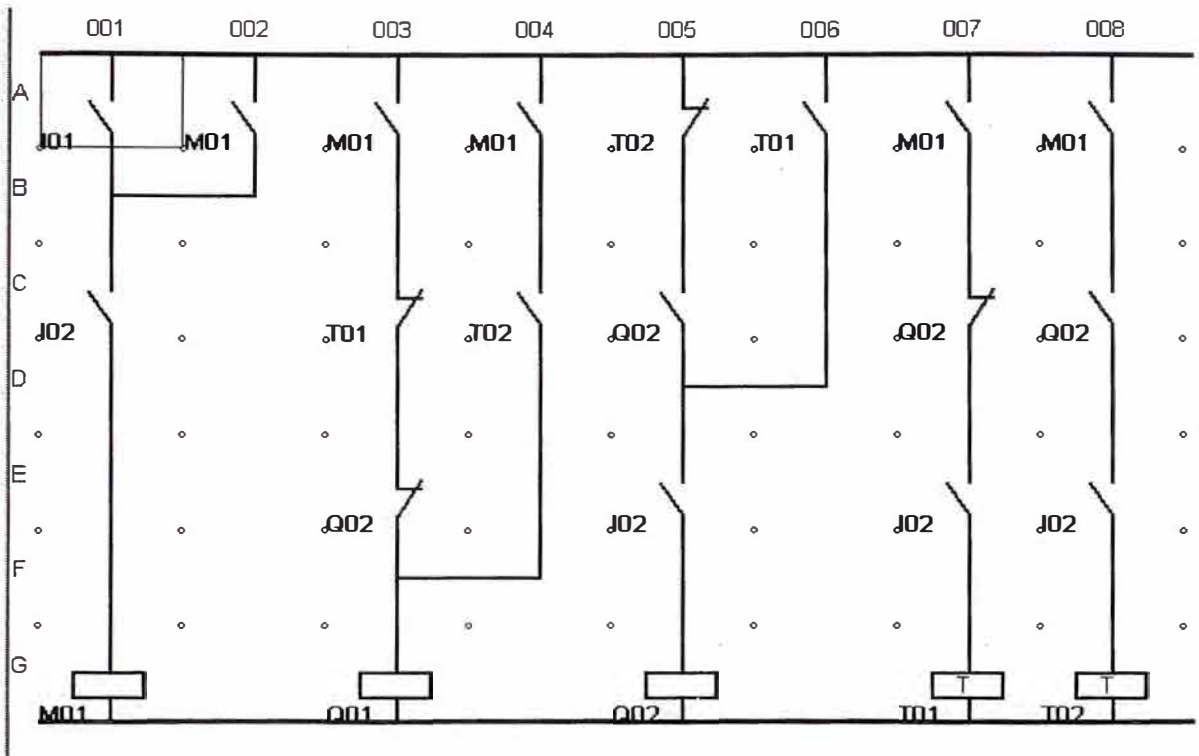


Figura 6.4 Diagrama de control equivalente de dos electrobombas alternadas

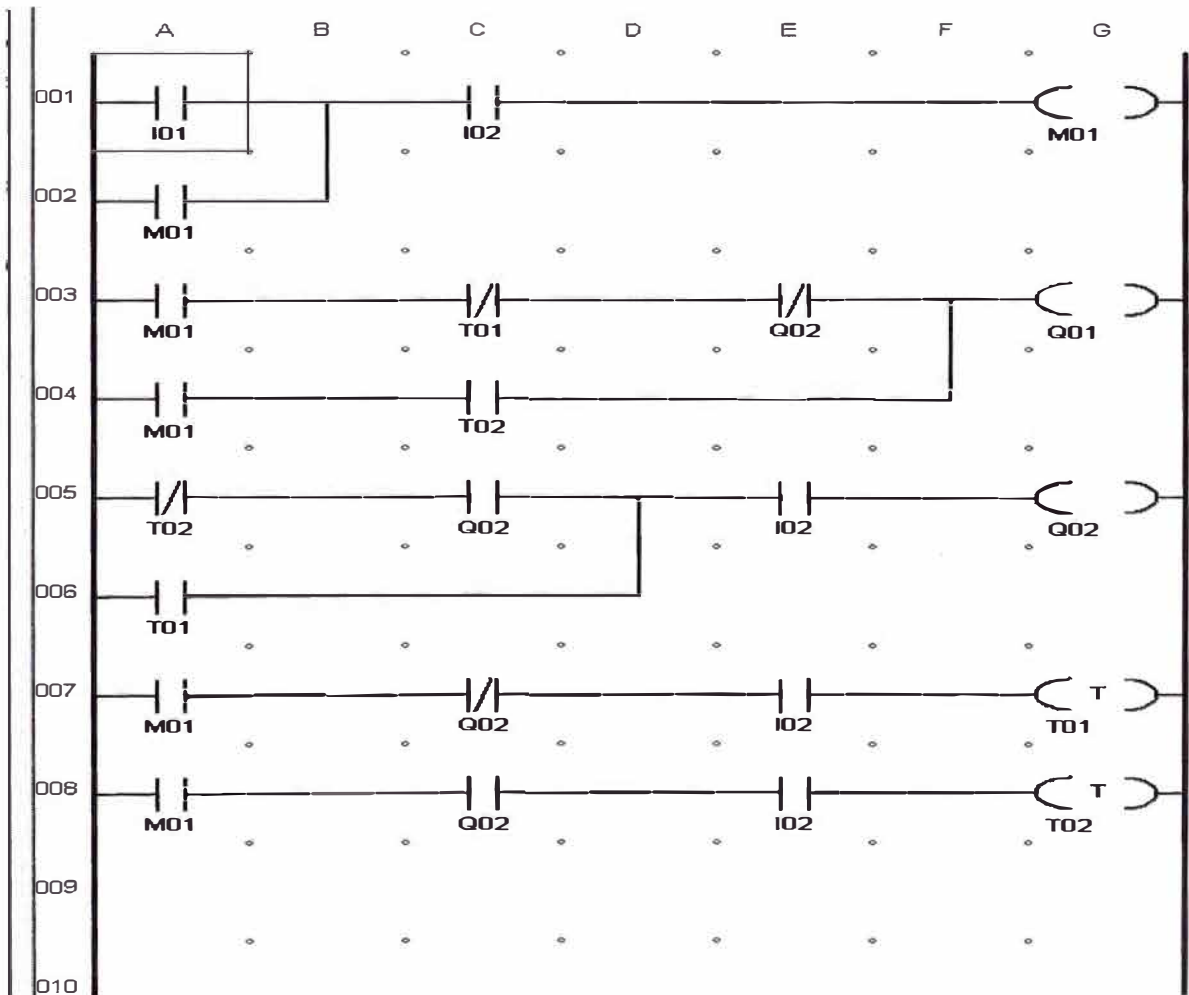


Figura 6.5 Diagrama ladder del control de dos electrobombas alternadas

Tabla 6.2 Direccionamiento del control de dos bombas alternadas

DESIGNACION	DESCRIPCION	OPERANDO
S1	Interruptor de parada "NC"	I2
S2	Interruptor de arranque "NA"	I1
KM1	Contactador de bomba 1	Q1
KM2	Contactador de bomba 2	Q2

6.3 Arranque secuencial de tres motores

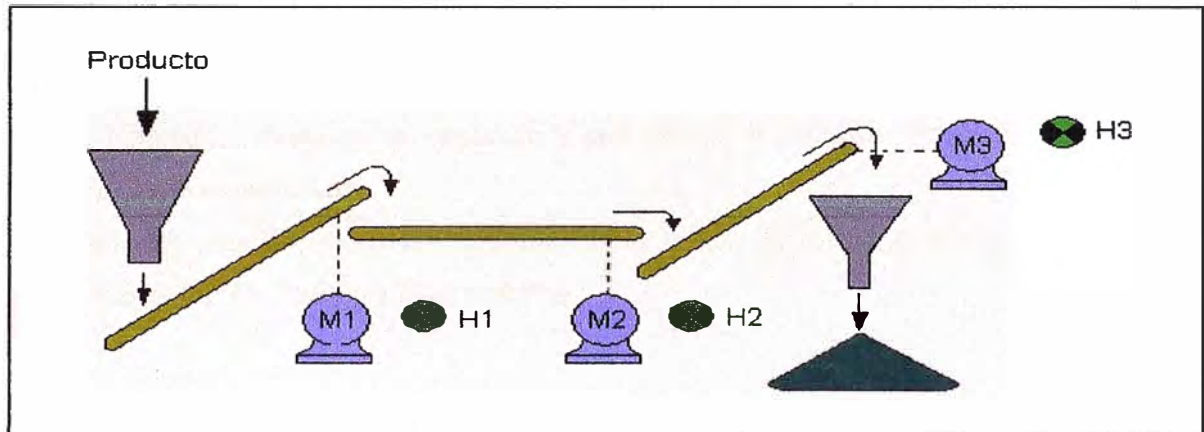


Figura 6.6 Cuadro pictórico del trabajo de tres motores que arrancan en forma secuencial

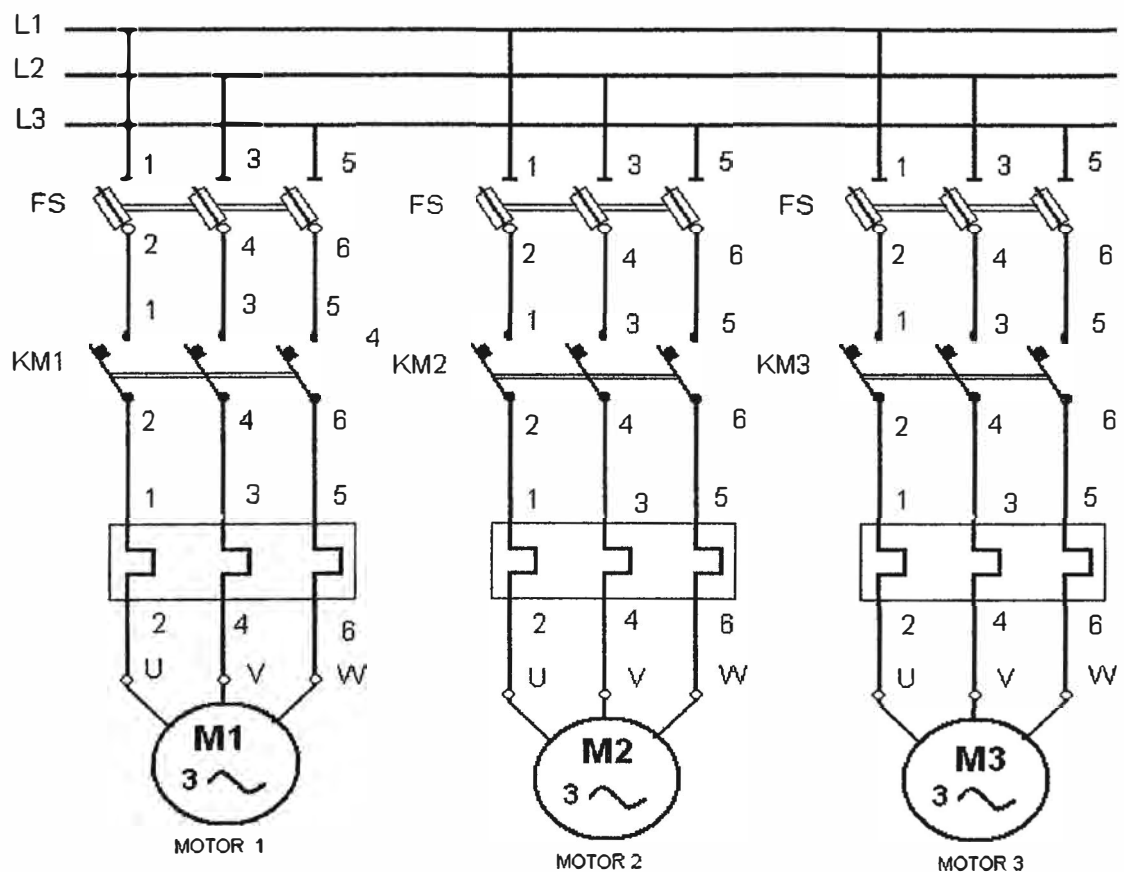


Figura 6.7 Diagrama de fuerza de tres motores que trabajan en forma secuencial [1]

6.3.1 Descripción tecnológica

Se requiere automatizar el arranque de 03 motores en forma secuencial uno tras otro, usando temporizadores y haciendo uso también del SET/RESET para enclavar y desenclavar el sistema.

6.3.2 Ciclo de funcionamiento

Se inicia el arranque del primero motor con el pulsador abierto I1 enclavando el SET de la memoria M1, con tiempos predeterminados entre cada arranque de los demás motores .Encendiéndose primero el motor 1 luego de un tiempo t1 el motor 2 y después de otro tiempo t2 el motor 3.

Cabe resaltar en esta parte que este arranque tiene otra solución, en la cual el motor 3 arranca primero, después el segundo y por último el primero. Por supuesto que ésta solución no la mostramos.

Los motores estarán en funcionamiento mientras no se presione el pulsador de paro I2 activando el RESET para todo el sistema.

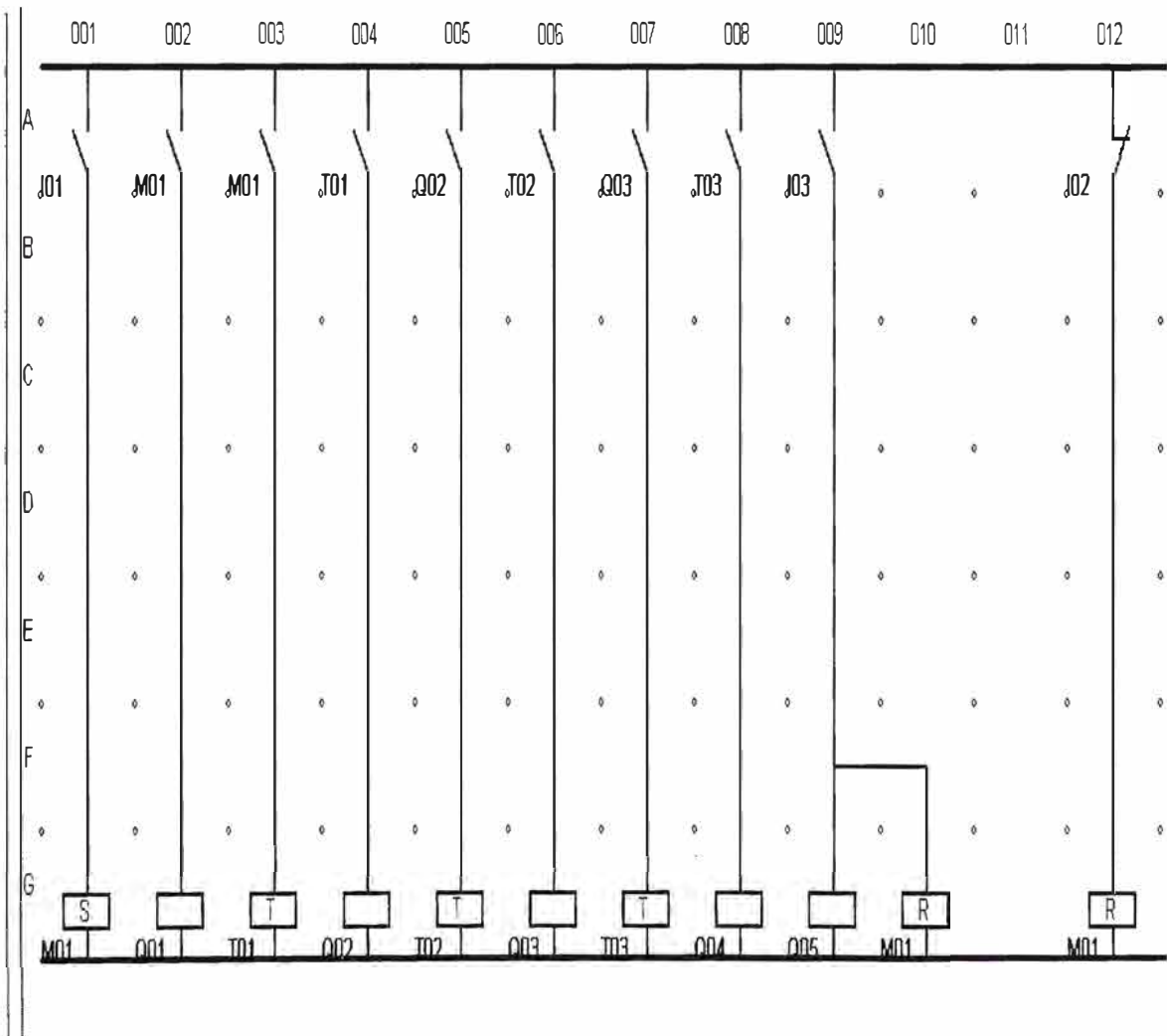


Figura 6.8 Diagrama de control equivalente de tres motores que arrancan en forma secuencial en el Pico Controller

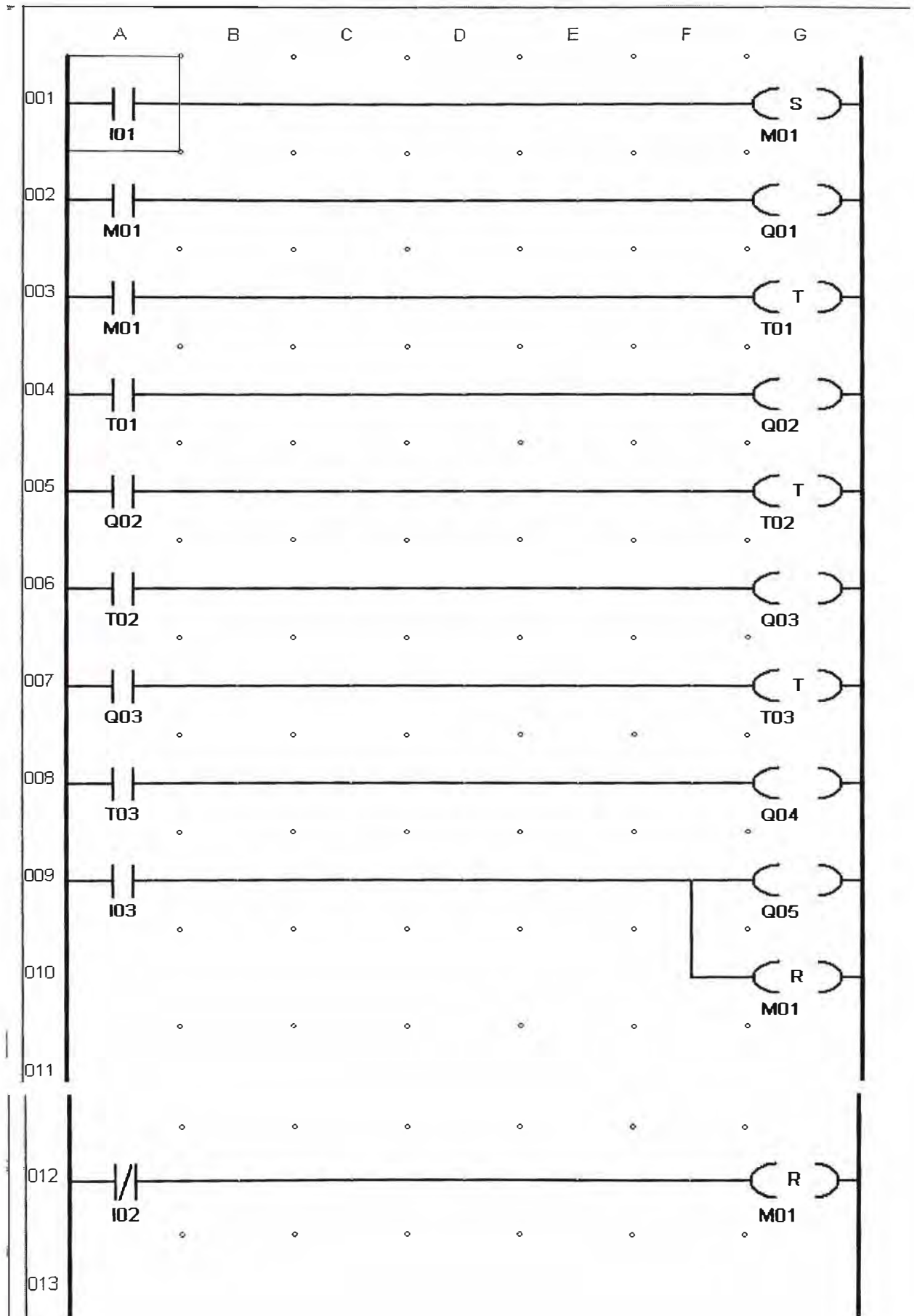


Figura 6.9 Diagrama Ladder del arranque de tres motores que arrancan en forma secuencial en el Pico controller

Tabla 6.3 Direccionamiento de tres motores que arrancan en forma secuencial

DESIGNACION	DESCRIPCION	OPERANDO
S1	Pulsador de parada N.C.	I2
S2	Pulsador de marcha N.A.	I1
KM1	Contactador N° 1	Q01
KM2	Contactador N° 2	Q02
KM3	Contactador N° 3	Q03

6.4 Arranque de un motor en conexión Dahlander

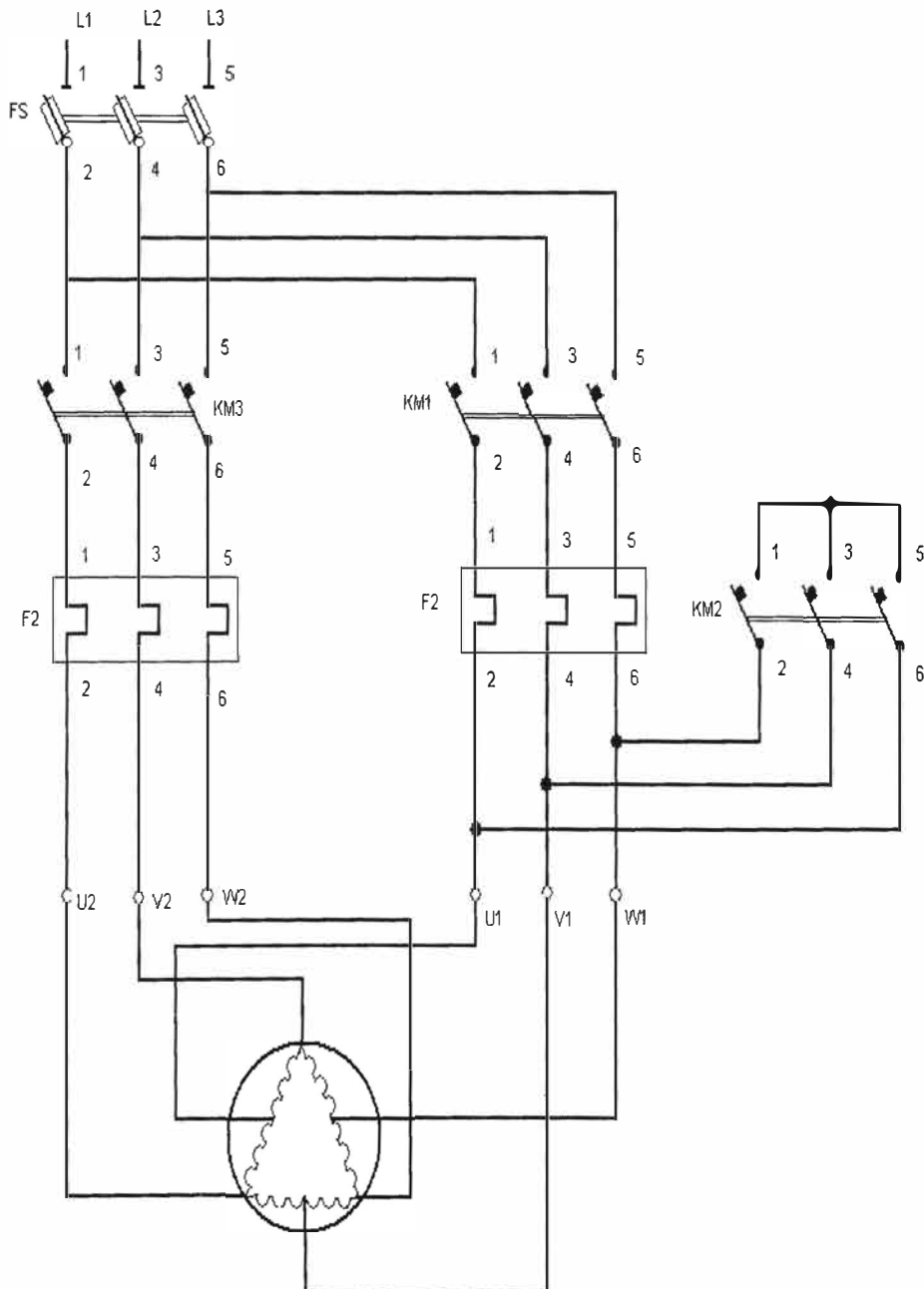


Figura 6.10 Diagrama de fuerza de un motor de dos velocidades en conexión DAHLANDER

6.4.1 Descripción Tecnológica

Se requiere automatizar el control de un motor de dos velocidades diferentes, cada una de las cuales tiene un consumo independiente de intensidad que sean proporcionales a su velocidad para los cuales se les da un intervalo de tiempo determinado para realizar el cambio de velocidades.

6.4.2 Ciclo de funcionamiento.

Al pulsar el interruptor I1 se inicia el ciclo, colocándose la salida que involucra al puente de las líneas del motor, después de un tiempo de 300 milésimas de segundo, la salida que contiene a las líneas de alimentación se activan; para después de 1 segundo, desactivarse la salida del puente y después de 300 milésimas se activará la otra velocidad.

Tabla 6.4 Direccionamiento del arranque de un motor de dos velocidades

DESIGNACION	DESCRIPCION	OPERANDO
S1	Pulsador de parada N.C.	I2
I2	Pulsador de marcha N.A.	I1
KM1	Contactador N°1	Q01
KM2	Contactador N° 2	Q02
KM3	Contactador N°3	Q03

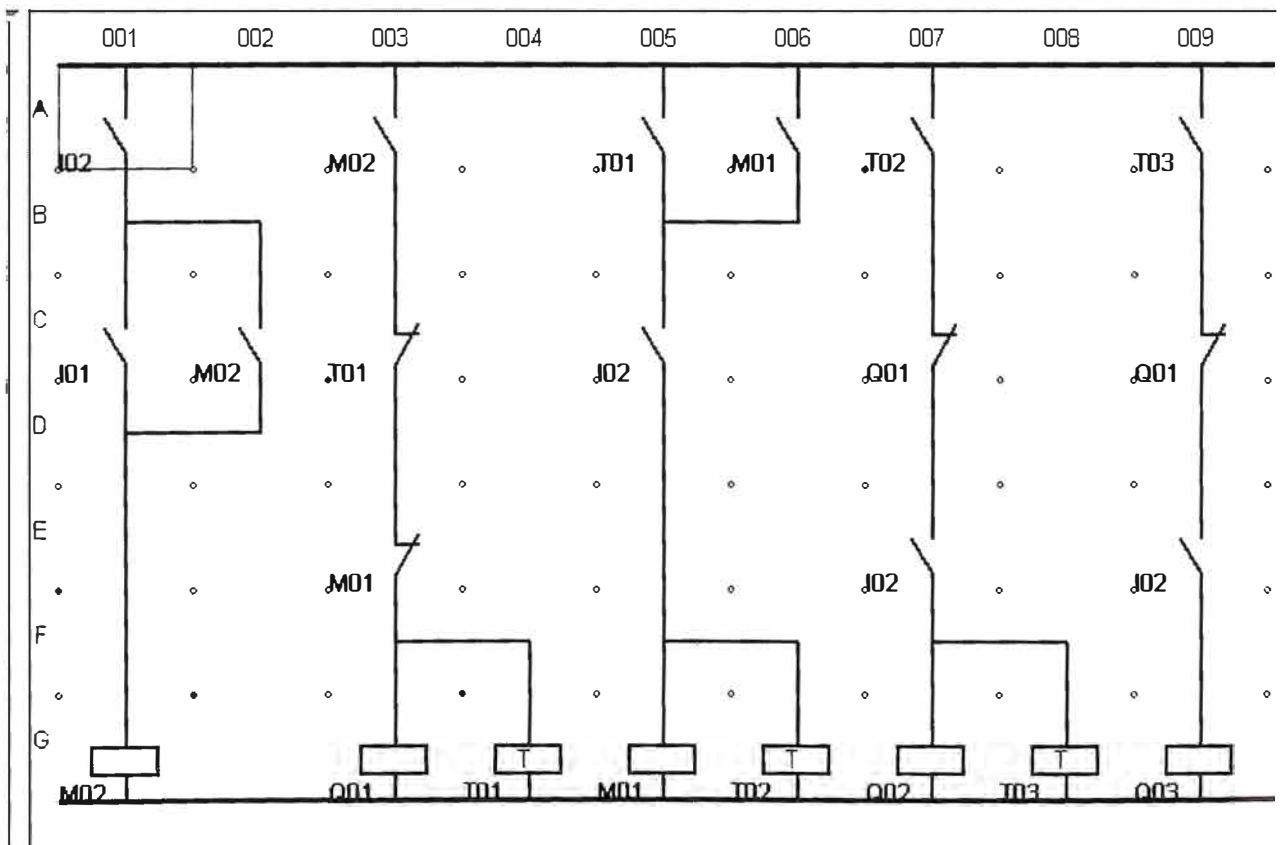


Figura 6.11 Diagrama de control equivalente del arranque de un motor en conexión DAHLANDER

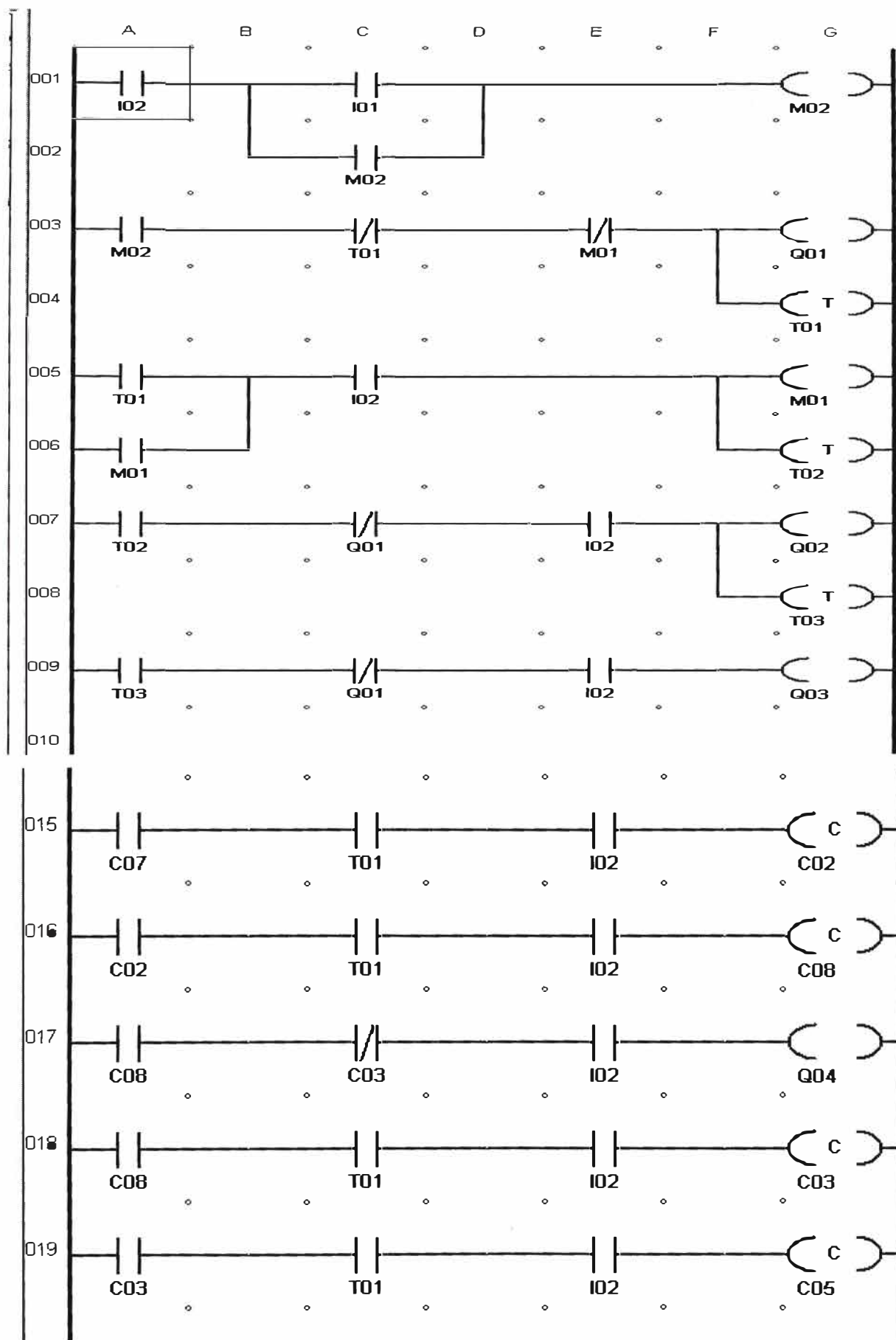


Figura 6.12 Diagrama Ladder del arranque de un motor en conexión DAHLANDER (Final del programa).

6.5 Arranque estrella- triángulo con inversión de giro

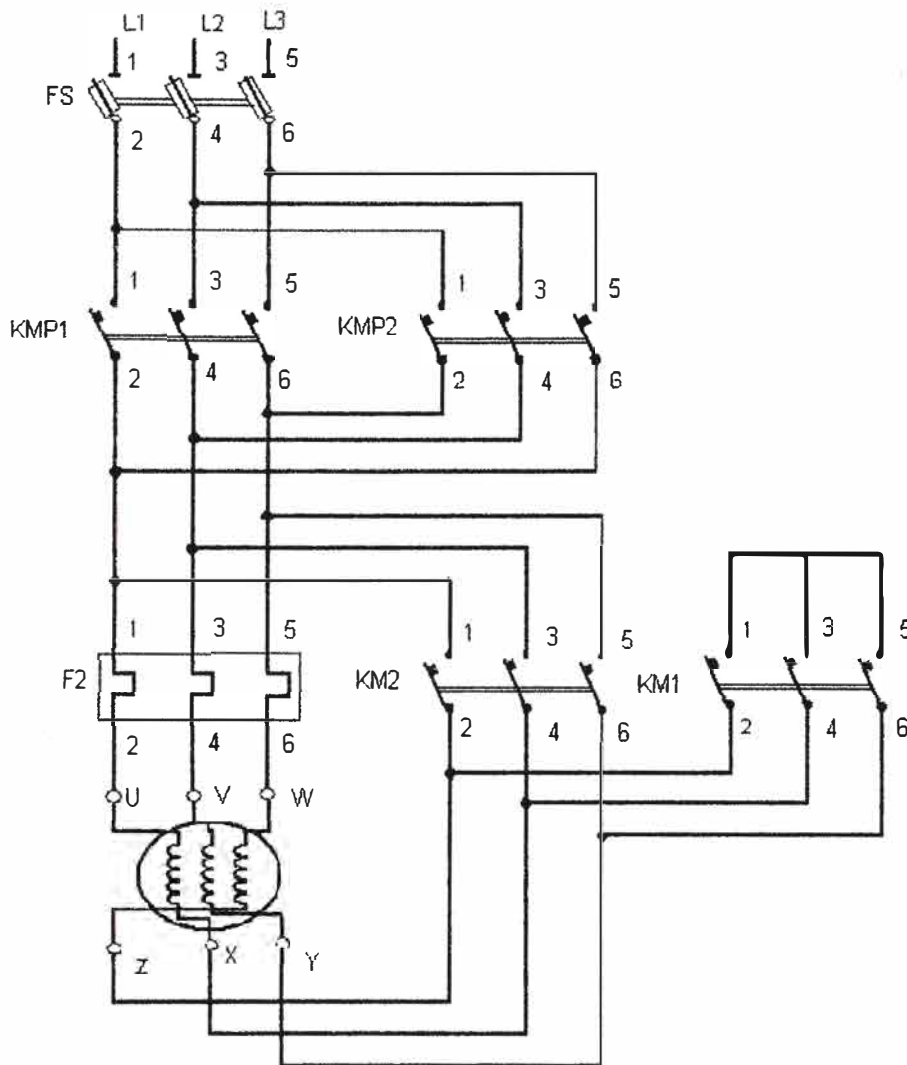


Figura 6.14 Diagrama de fuerza del arranque estrella-triángulo con inversión de giro

6.5.1 Descripción Tecnológica

Se requiere automatizar un arranque Estrella –Triángulo con solo dos pulsadores; uno de marcha (I1) y otro de paro (I2), para que cumpla con todo el sistema de arranque en un tiempo determinado para el cambio de estrella a triángulo. Con la condición de que primero se active el contactor del puente para que los arcos que se generen no sean demasiado altos, evitando así el desgaste de los contactos metálicos en los disyuntores.

6.5.2 Ciclo de funcionamiento

Al pulsar I1 el motor se pone en marcha y se activa el puente estrella, después de un tiempo determinado (9s) el arranque estrella se desactiva y tras unas milésimas de segundos se activará el arranque en triángulo.

Para el giro en sentido contrario se pulsa I3. El funcionamiento está diseñado para que el giro no sea simultáneo. El interruptor I2 activa el paro del motor para iniciar el giro deseado.

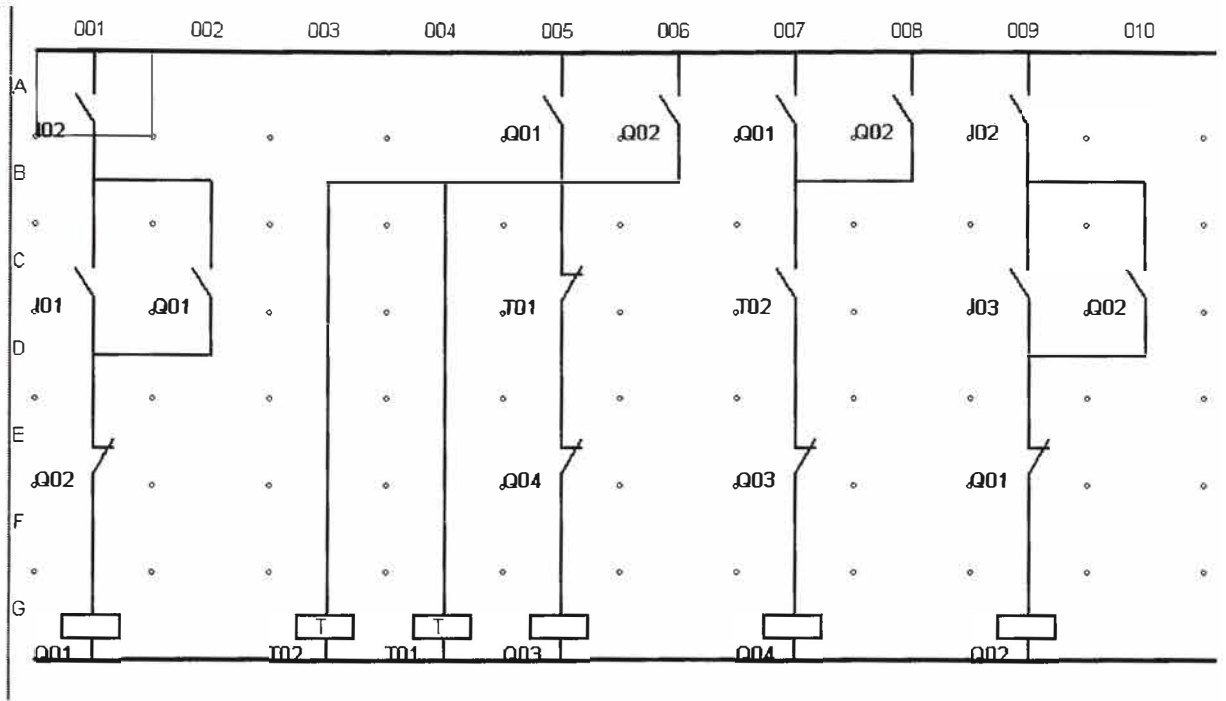


Figura 6.15 Diagrama de control equivalente del arranque estrella – triángulo con inversión de giro

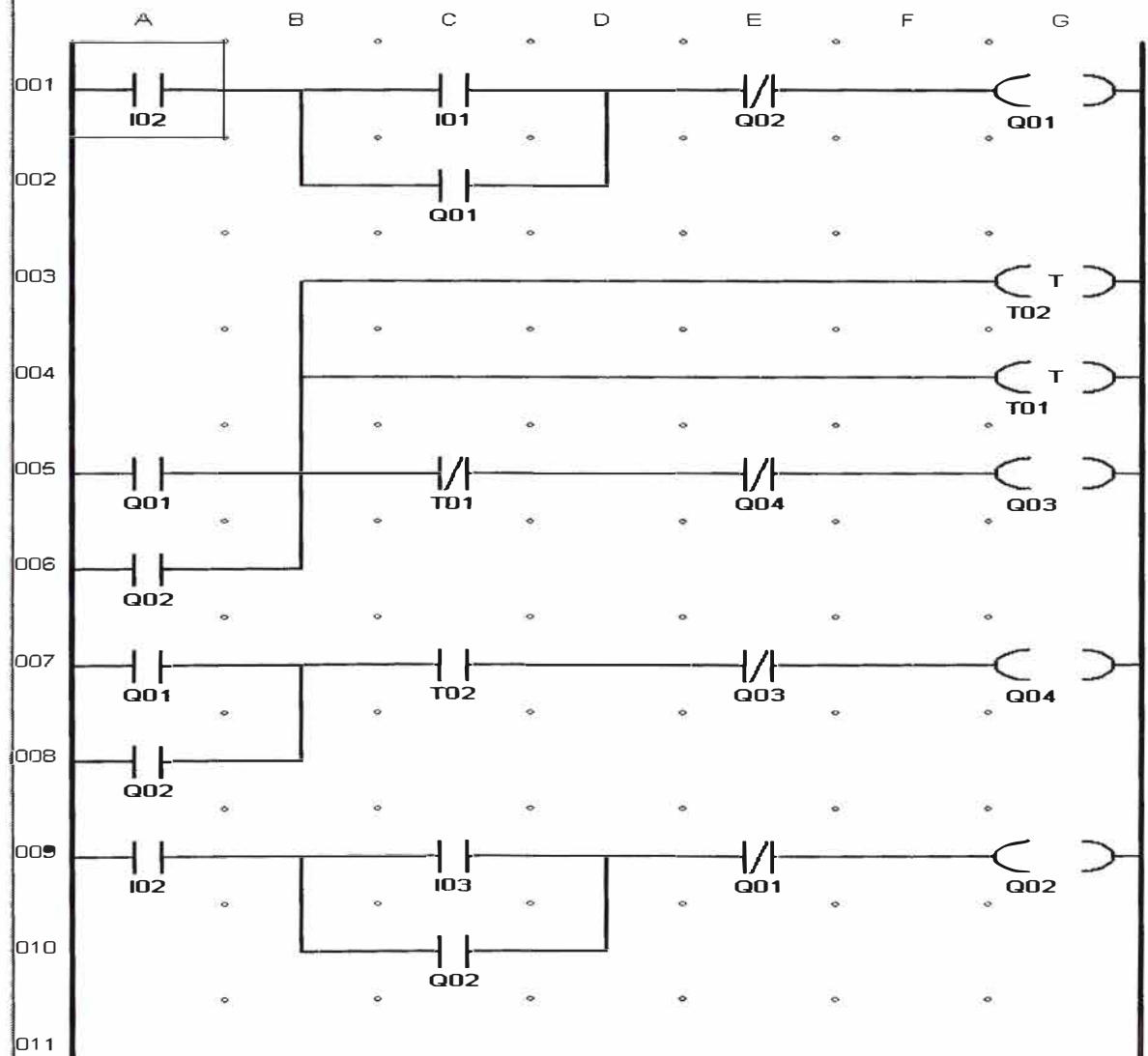


Figura 6.16 Diagrama Ladder del arranque estrella triángulo con inversión de giro

Tabla 6.5 Direccionamiento del control en el arranque de un motor en estrella –triángulo

DESIGNACION	DESCRIPCION	OPERANDO
S1	Pulsador de parada N.C.	I02
S2	Pulsador de marcha horaria (N.A.)	I01
S3	Pulsador de marcha antihoraria (N.A.)	I03
KMP1	Contactador principal (giro horario)	Q01
KMP2	Contactador principal (giro antihorario)	Q02
KM1	Contactador de trabajo en estrella	Q03
KM2	Contactador de trabajo en triángulo	Q04
	Temporizador –desconecta marcha en estrella	T01
	Temporizador –conecta marcha en triángulo	T02

CONCLUSIONES

El avance de la electrónica está cambiando nuestra óptica de los sistemas de control que se presenta en una planta industrial. La automatización se justifica hoy en día cuando se tiene que buscar ahorro de energía, ahorro en materiales, mejoramiento de los programas de mantenimiento y todo ello redundando en la reducción de costos; por consiguiente hace necesario la inversión de sistemas inteligentes que administren los procesos de trabajo que se presentan en la vida cotidiana.

Los controladores lógicos programables solo son la punta del Iceberg en cuanto se refiere a la automatización en sí. Cada día se están renovando muchos aspectos que maneja el operario al interior de un proceso o procesos.

Esto no nos debe asustar ni mucho menos, al contrario debemos de estar pendiente a los cambios que se presentan. No debe de preocuparnos. La automatización en sí nos obliga a mejorar nuestros conocimientos para poder enfrentar los cambios que se presentan.

El análisis económico simple que realizamos nos demuestra claramente que un proyecto de automatización a largo plazo es conveniente en la industria.

Los ejemplos de arranque de motores que se ha visto en esta obra, pretende de una manera sencilla resaltar las grandes ventajas que se tiene cuando utilizamos un sistema mediante un software.

Este trabajo pretende de una manera sencilla realizar un aporte a la infraestructura del laboratorio mostrando con ello que es posible mejorar la formación práctica del estudiante de nuestra Facultad.

ANEXOS

ANEXO A - DISEÑO Y CONSTRUCCION DEL MODULO

a) Características

El soporte físico del módulo está hecho de un perfil metálico cuadrado de 1.5"x1.5"x6m y 3 mm de espesor. Sus dimensiones son de 1.20mx0.60mx0.80m de la mesa y de 1.50m de altura para la placa de soporte de los dispositivos

Las placas horizontales y verticales son de madera laqueada del mismo color. El soporte metálico ha sido pintado con una capa de base zincromato anticorrosivo de color verde caqui, el acabado es de color plomo esmalte.

También en la parte inferior se ha dispuesto un soporte para tres motores de prueba. El soporte ha sido construido por el que escribe este trabajo, La computadora, los motores, el PLC y los dispositivos de fuerza y mando ha sido facilitados por el laboratorio de la Facultad.

b) Alcance

Este módulo está diseñado para realizar prácticas de control de motores con controladores lógicos programables. Las tareas que se pueden ejecutar están relacionadas a todos los arranques clásicos en base a contactares como son:

- Directo
- Inversor –Directo
- Estrella triángulo
- Estrella triángulo con inversión de giro.
- Motor en conexión DAHALANDER
- Mediante resistencias estáticas
- Mediante resistencias rotóricas

Podemos seguir enumerando la lista pero sería ocioso. Añadiendo más dispositivos (contactores, relés, interruptores, fines de carrera,) se puede realizar otros arranques ó simular procesos que se pueden presentar en la industria.

Por supuesto que no es la panacea, ya que en la actualidad con el avance de la electrónica existen en el mercado diversos softwares que se complementan con los PLCs. Las tareas enunciadas anteriormente se requieren realizar en el laboratorio para que el estudiante de ingeniería eléctrica se familiarice con los principios básicos de

automatización con PLCs, puesto que es muy fundamental que salga al trabajo con los criterios prácticos necesarios.

Es posible mejorar este trabajo si se le añade un variador de velocidad que podría complementar las tareas antes mencionadas.

c) Vistas

En esta parte mostramos el aspecto del acabado del módulo con su vista frontal y lateral, éstas están dibujadas sin escala pero guardando la proporción que existe entre sus componentes, no están dibujadas las conexiones eléctricas de los dispositivos para el control de los motores. Las conexiones que han sido realizadas para la demostración son el del arranque estrella-triángulo con inversión de giro y de los tres motores en arranque secuencial

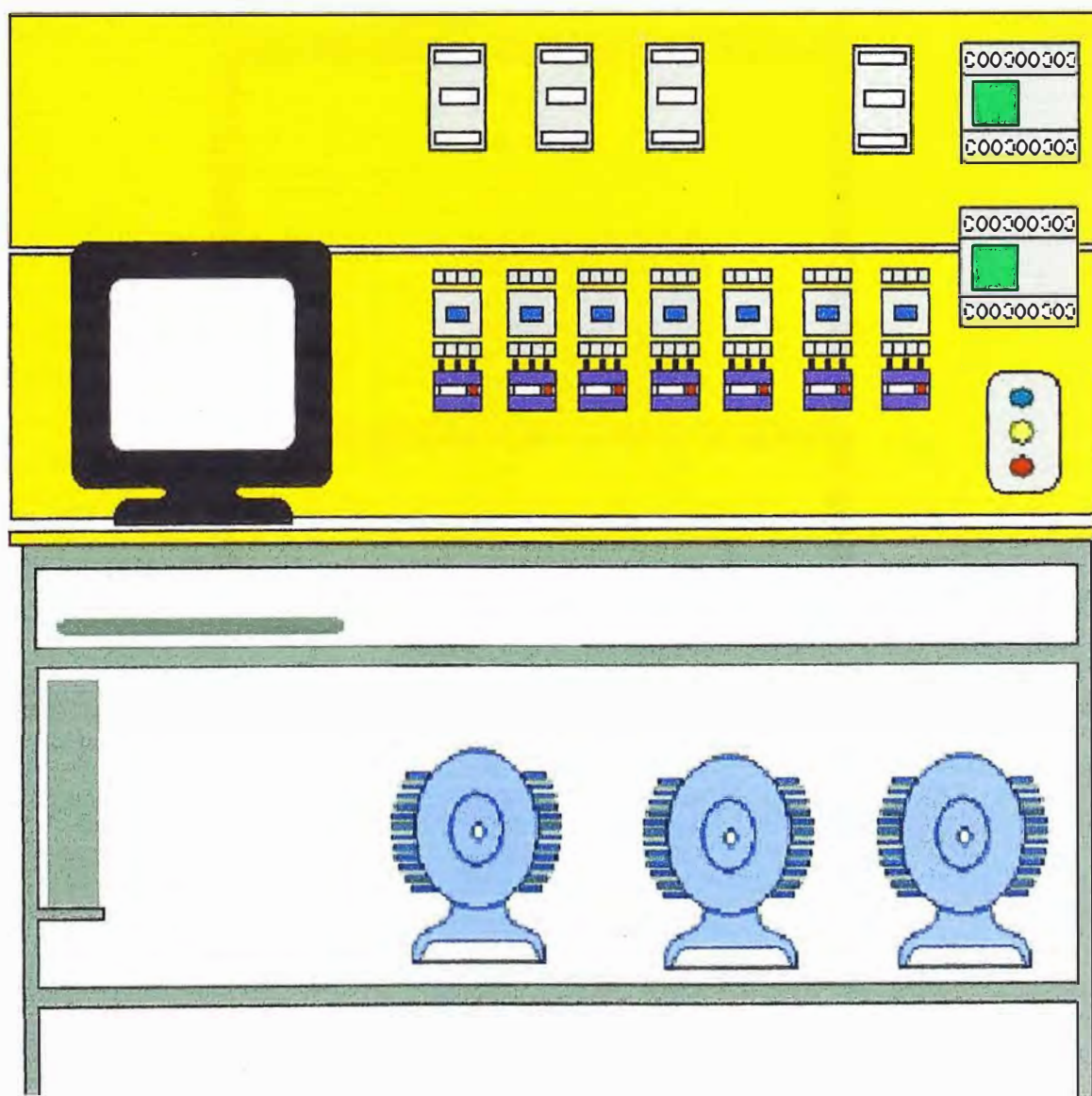


Figura a.1 Vista frontal del módulo

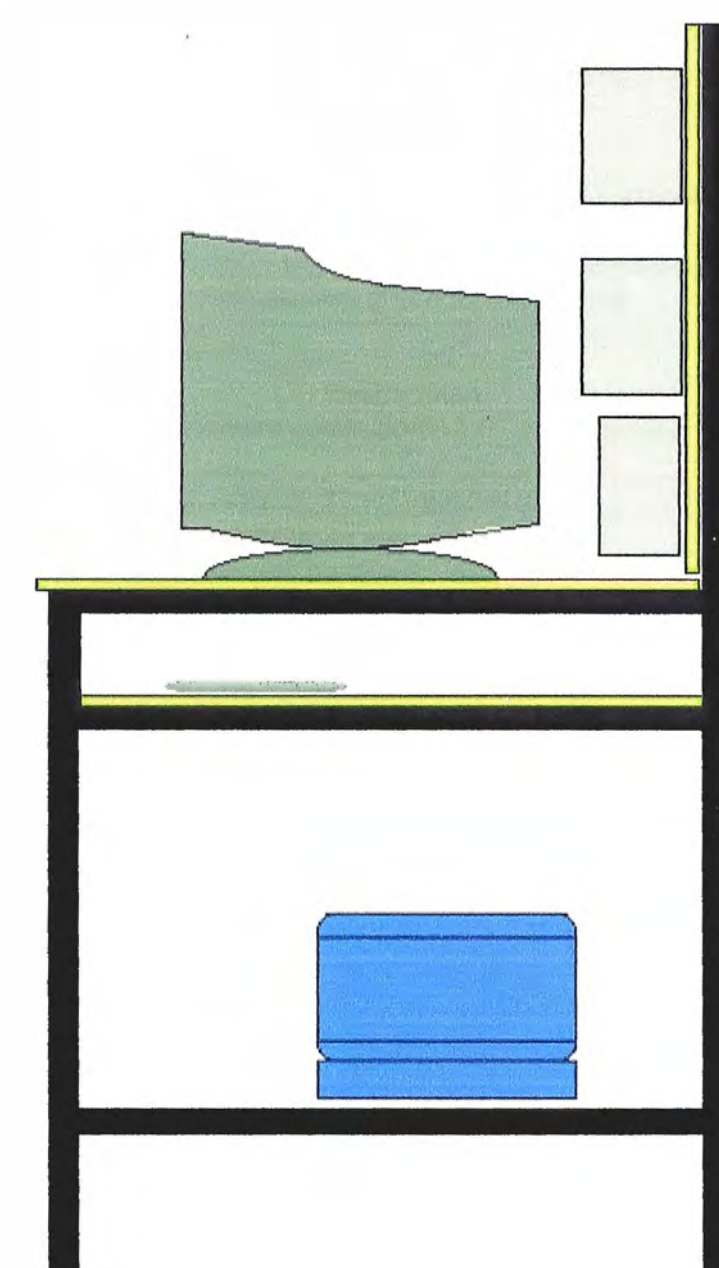


Figura A.2 Vista lateral del módulo de control

Nota: los dibujos de las vistas lateral y frontal han sido realizadas sin escala, solamente están representando el aspecto artístico

ANEXO B - COSTO DEL MODULO DEL LABORATORIO

Tabla b.1 Muestra los materiales y dispositivos que se han empleado en la infraestructura del módulo para el control de motores.

ítem	Unid.	Cant	descripción	P unitario (n. soles)	Subtotal(n. soles)
1	unidad	1,00	Perfil metálico cuadrado de 1.5 " x 6m- espesor 3mm	68,50	68,50
2	ciento	0,50	autorroscantes 1/8"x3/4"-galvanizados	10,00	5,00
3	kg	0,25	Varilla de soldadura tipo unto azul	10,00	2,50
4	galón	0,50	Pintura esmalte de color	36,00	18,00
5	galón	0,25	Base zincromato -anticorrosivo	34,00	8,50
6	galón	1,00	thinner acrílico	14,00	14,00
7	pieza	5,00	Plancha de madera de 120*25*1.7 cm	12,00	60,00
8	unidad	7,00	Contactador	50,00	350,00
9	unidad	7,00	relé térmico	40,00	280,00
10	unidad	1,00	Caja de pulsadores	15,00	15,00
11	unidad	3,00	luz piloto rojo	15,00	45,00
12	unidad	3,00	luz piloto verde	15,00	45,00
13	unidad	3,00	luz piloto amarillo	15,00	45,00
14	unidad	3,00	Pulsador rasante rojo	15,00	45,00
15	unidad	3,00	Pulsador rasante verde	15,00	45,00
16	unidad	3,00	Pulsador amarillo	15,00	45,00
17	galón	0,25	laca cristal	36,00	9,00
18	galón	0,25	Laca selladora	28,00	7,00
19	unidad	3,00	Disjuntores	60,00	180,00
20	m.	5,00	Conductor tipo automotriz 1.6 mm ²	0,50	2,50
21	m.	30,00	Conductor 2.5 mm ² THW	0,80	24,00
22	pieza	4,00	Bornera	8,00	32,00
23	unidad	1,00	canaletas	10,00	10,00
TOTAL S/.				1356,00	1356,00

Tabla b.2 Cuadro resumen del costo total del equipamiento del soporte, más los dispositivos de control del módulo.

COSTO DE MATERIALES	S/. 1356,00
COSTO DE MANO DE OBRA	S/. 200,00
COSTO DE TRANSPORTE	S/. 40,00
COSTO TOTAL	S/.1596,00

Nota:

El costo que se ha realizado en estas tablas. Está referido al módulo que se ha implementado en el laboratorio, que difiere de los cálculos que se realizaron en los análisis técnico- económicos para conocer la factibilidad de las alternativas que se tienen en un proyecto de automatización

ANEXO C – FOTOGRAFIAS



Fotografía C.1 Vista Superior del módulo de pruebas



Fotografía C.2 Vista isométrica del módulo de pruebas



Fotografía C.3 Verificando con el voltímetro las tensiones de entrada a los circuitos de fuerza ,de mando y del PLC.



Fotografía C.4 Revisión de las bobinas por fase, conductores y terminales de los motores



Fotografía C.5 Comprobación de los principales parámetros del PLC.



Fotografía C.6 Puesta a prueba de uno de los arranques que controla el PLC



Fotografía C.7 Prueba del PLC con los motores por parte del Técnico Fernando



Fotografía C.8 Supervisión del arranque de los motores con el Pico PLC por parte del ingeniero Luis Rojas



Fotografía C.9 Observaciones y sugerencias realizadas por parte del Ing.Luis Rojas al módulo de pruebas

BIBLIOGRAFIA

- 1 Telemecanique
Manual de Automatismos por Contactores
Tabla 6.5 Direccionamiento del control en el arranque de un motor en estrella - triángulo
- 2 Timothy J. Maloney
Electrónica Industrial Moderna -Tercera Edición
- 3 Stephen J. Chapman
Máquinas Eléctricas – Segunda Edición
- 4 José Roldán V. Loria
Automatismos de Control, Editorial Paraninfo- Segunda edición
- 5 Juan Gil Espinoza
Manual de Mecánica industrial-Editorial Cultural –Segunda edición
- 6 National Instruments
Sistemas de control Industrial- Edición 1980
- 7 Jesús Pareja García
Prácticas de Electrónica, Mcgraw –Hill, Segunda edición.
- 8 Siemens-Simatic
Sistema de Automatización S7 – 200- Manual del Sistema.
- 9 Festo
Manual de Electroneumática
- 10 Emilo Porras
Economía de Procesos – Edición 2008 – UNI
- 11 Banco Central de Reserva del Perú
w w w.bcrp.gob.pe , Reporte anual del BCR.
- 12 Allen Bradley
Manual del PLC PICO 1760-L18xxx, Publicación del 2005