



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES**

**ARAGÓN**

**PROPUESTA PARA ACTUALIZAR UN SISTEMA DE  
CONTROL ELECTROMECAÁNICO POR UN PLC EN  
UNA MÁQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
(ÁREA: MECÁNICA)**

**PRESENTA:**

**ABRAHAM JACOBO VALENCIA MARTÍNEZ**

**ASESORA: M. EN I. MARÍA DE LOURDES MARÍN EMILIO.**

**MÉXICO 2009**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## **AGRADECIMIENTOS**

A MIS PADRES

QUE SIEMPRE ME APOYARÓN EN TODO Y AUN LO SIGUEN HACIENDO.

A MI SEGUNDA MADRE

MARÍA EUGENIA MARTÍNEZ ÁLVAREZ

QUE AUNQUE YA NO SE ENCUENTRA CON NOSOTROS SE QUE ESTARÍA  
ORGULLOSA DE MI.

A MIS HERMANOS

CON LOS QUE TUVE EL PRIVILEGIO DE CONVIVIR MIS EXPERIENCIAS.

A MI HONORABLE ASESORA DE TESIS

MARÍA DE LOURDES MARÍN EMILIO.

A MIS AMIGOS

A LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO POR  
INSTRUIRME.

A MIS PROFESORES.

Y A TODAS LAS PERSONAS QUE CREYERÓN EN MÍ Y LAS QUE NO  
TAMBIÉN SIN ELLOS NO HUBIESE PODIDO LOGRAR ESTA META, GRACIAS  
POR SU APOYO, CARÍÑO, CRÍTICAS Y SOBRE TODO POR SOPORTARME.

**A TODOS USTEDES MIL ;GRACIAS!**

# PROPUESTA PARA ACTUALIZAR UN SISTEMA DE CONTROL ELECTROMECAÁNICO POR UN PLC EN UNA MÁQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICOS.

## ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	I

## CAPÍTULO 1

### *CONCEPTOS BÁSICOS DE PROGRAMADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).*

1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Definiciones de PLC.....	2
1.3 Oportunidades de aplicación.....	3
1.4 Ventajas y desventajas de los PLC's.....	3
1.5 Reseña histórica de los PLC's.....	4
1.6 Conceptos básicos de programación.....	6
1.7 La norma de la Comisión Electrónica Internacional (IEC 1131-3). ....	8
1.7.1 Elementos comunes. ....	9
1.7.2 Configuración, recursos y tareas. ....	10
1.7.3 Unidades para la organización del programa (POU).....	11
1.8 Lenguajes de programación.....	13
1.9 Grafico de Control Etapa-Transición (GRAFCET).....	15
1.9.1 Secuencia para desarrollar un GRAFCET.....	19
1.9.2 Asociación de las etapas con las acciones (salidas).....	22
1.9.3 Simultaneidad.....	23
1.9.4 La alternativa de selección.....	24

1.9.5 El salto (jump).....	25
1.9.6 El lazo o bucle (Loop).....	26
1.9.7 Operación condicionada en la acción.....	27
1.9.8 Secuencias combinatorias. ....	28

## **CAPÍTULO 2**

### ***DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.***

2.1 Antecedentes de la máquina. ....	29
2.2 Problemas de la máquina.....	33
2.3 Funcionamiento de la máquina.....	34
2.4 Componentes de monitoreo de la máquina. ....	40

## **CAPÍTULO 3.**

### ***PROGRAMACIÓN DEL PLC.***

3.1 Delimitación del problema.....	43
3.2 Desarrollo del GRAFCET.....	44
3.3 Selección del PLC.....	49
3.4 Documentación para el proyecto Inyectora de Plástico. ....	50
3.5 Programa PLC escalera (lad-Kop). ....	54
3.6 Programa PLC lista de instrucciones.....	63

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>69</b>
--------------------------	-----------

<b>ANEXO A.....</b>	<b>73</b>
---------------------	-----------

<b>ANEXO B. ....</b>	<b>98</b>
----------------------	-----------

<b>NOMENCLATURA.</b> .....	109
<b>REFERENCIAS.</b> .....	110

## INTRODUCCIÓN.

Históricamente el hombre ha procurado disminuir el esfuerzo y tiempo de trabajo, generando una gran diversidad de soluciones en todos los campos laborales, uno de ellos es el industrial, el cual tuvo su auge durante la revolución industrial y no ha dejado de evolucionar, ya que día tras día se generan grandes avances científicos y tecnológicos con un bien común “facilitar la vida a los humanos”.

México experimenta un crecimiento en la industria, debido a la alta competitividad mundial, por lo cual los ingenieros que egresan de las universidades deben de capacitarse en la automatización y así ofrecer soluciones que generen el crecimiento que necesita y exige la sociedad mexicana.

En nuestro país, especialmente en el sector de inyección de plásticos, los productores de piezas de plástico cuentan con maquinaria obsoleta, además de no contar con una política de financiamiento adecuada para competir a nivel mundial, lo tiene como consecuencias la producción de piezas de mala calidad y elevado costo.

Muchas empresas aún cuentan con máquinas de inyección de plásticos con sistemas de control electromecánico que en su época fue un sistema eficiente, pero en la actualidad han sido reemplazados por otros sistemas de control que proporcionan ventajas en espacio, mantenimiento, flexibilidad de modificaciones en los procesos, entre otras. Las empresas podrían reemplazar el sistema de control electromecánico por un otro sistema de control, en lugar de adquirir una máquina nueva que implica un elevado costo económico.

1. Los componentes electromecánicos siguen operando en la industria de los plásticos, actualmente las máquinas de inyección aún siguen usando contactores y relevadores, pero como sistemas de seguridad y no de control. Debido a los cambios que algunos sistemas de control requieren y a la compleja sustitución de las tarjetas electrónicas se han tomado medidas para hacer más eficiente el

funcionamiento de los sistemas de control, llegando a lo que se conoce como automatización por PLC.

Con base a lo anterior, en esta tesis se presenta una propuesta para la actualización del sistema de control electromecánico en una máquina de inyección de plásticos, que será reemplazado por un Controlador Lógico Programable (PLC).

**El objetivo general** es reemplazar el sistema electromecánico por un PLC en una máquina de inyección de plásticos General & Electric modelo 1981.

**Los objetivos particulares son:**

- 1) Identificar las variables que intervienen en el control del proceso de inyección.
- 2) Identificar e inspeccionar los componentes que controlan las variables de la máquina.
- 3) Identificar los defectos que genera la máquina inyectora de plásticos.
- 4) Reemplazar componentes obsoletos por nuevos, en caso de que no funcionen o se requiera implementar nuevos componentes adicionales para mejorar el control del proceso de inyección.
- 5) Seleccionar y programar el PLC.
- 6) Ventajas que ofrece la implementación del PLC.

La estructura de la tesis es la siguiente:

En el primer capítulo se presentan los conceptos básicos de PLC, los antecedentes de los PLC, conceptos esenciales de tipos de señales y diferentes formas de programar un PLC.

En el segundo capítulo, se describe el problema, el funcionamiento de la máquina y las fallas de control que presenta con el sistema electromecánico actual.

En el tercer capítulo, se presenta la programación el PLC 214 de Siemens y la selección del PLC.

Finalmente se presentan las conclusiones.

# CAPÍTULO 1

## CONCEPTOS BÁSICOS DE PROGRAMADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC).

### 1.1 ANTECEDENTES.

Anteriormente el control de procesos industriales se realizaba por medio de cableado de contactores y réles, por lo que se requería operadores muy capacitados para dar mantenimiento, modificar y reparar los sistemas de control.

La evolución tecnológica del control se ha verificado de acuerdo con la evolución industrial.

- Desde el año 0 d.C, a 1945 los sistemas de control eran totalmente mecánicos
- En la década de 1945 a 1955 se imponían los tubos al vacío sobre los sistemas electromecánicos.
- Desde 1955 a 1965, aparecen los semiconductores.
- De 1965 a 1980 aparece la electrónica medianamente integrada.
- Desde 1980 hasta hoy se impone la integración en alta escala, generando tecnologías relacionadas con el microprocesador, resultando un desarrollo paralelo íntimamente relacionado entre hardware y software.

En la actualidad es complejo entender un sistema de control desarrollado mediante técnicas cableadas.

El PLC se creó como solución al control de sistemas complejos de automatización. Por lo tanto, se puede decir que un PLC no es más que un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares de mando y actuadores de los sistemas automáticos. A él se conectan

los sensores y actuadores (finales de la carrera, pulsadores, bobinas, entre otros.), en la figura 1.0 se muestran algunos PLC.

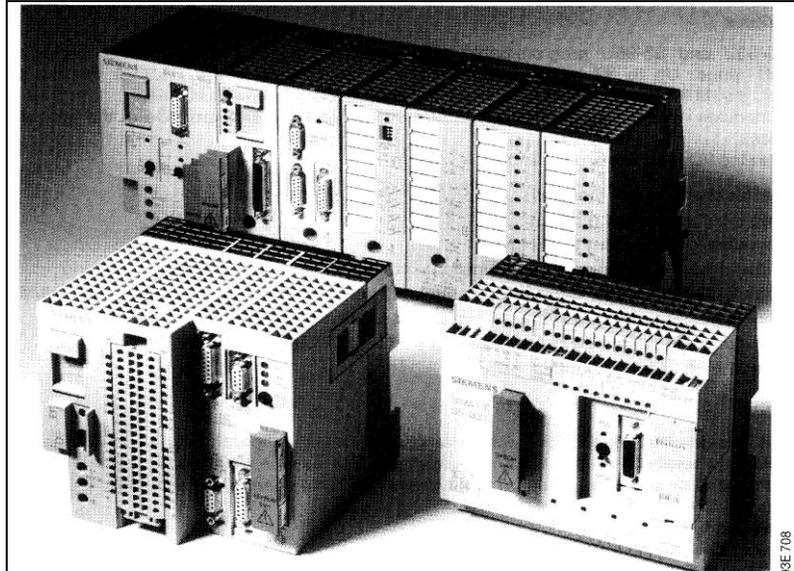


Figura 1.0 S5-90U, S5-95U y S5-1000 Controlador programable.

## **1.2 Definiciones de PLC.**

Según la norma IEC 1131 que trata sobre estandarización de los lenguajes de programación de los PLC fue diseñada para utilizarse en ambientes de trabajo pesado, los PLC's utilizan memoria programable, para realizar: secuencias lógicas, temporizado, conteo, funciones aritméticas, para controlar diversos tipos de procesos.

Un PLC (Programmable Logic Controller) es un dispositivo electrónico programable que se utiliza para el control de máquinas o procesos lógicos y/o secuenciales.

Básicamente un PLC es el cerebro de un proceso industrial de producción o fabricación, reemplazando a los sistemas de control de relés y temporizadores cableados. Se puede pensar en un PLC como una computadora desarrollada para soportar las severas condiciones a las que puede ser sometida en un ambiente industrial.

Para Siemens:

Un **PLC**, es una máquina electrónica capaz de controlar máquinas e incluso procesos a través de señales de entrada y salida, que pueden ser analógicos como digitales.

### **1.3 Oportunidades de aplicación.**

Un PLC suele emplearse en procesos industriales que tengan una o varias de las siguientes necesidades.

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

### **1.4 Ventajas y desventajas de los PLC's.**

Las ventajas que proporcionan los PLC's son:

- Menor tiempo para implementar proyectos.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de instalación.
- Control con indicaciones de diagnóstico.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de controlar varias máquinas con el mismo PLC.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
- Si el PLC queda pequeño para el proceso industrial puede seguir siendo de utilidad en otras máquinas o sistemas de producción.

Las desventajas que proporcionan los PLC´s son:

- Capacitación de técnicos.
- Costo en algunos casos.

El costo de los PLC es variable y puede ajustarse a diferentes presupuestos. Existen PLC´s pequeños de costo económico, hasta el PLC que alcanza cifras elevadas.

### **1.5 Reseña histórica de los PLC´s.**

Los PLC´s se introdujeron por primera vez en la industria en los años 60's. La principal razón fue la necesidad de eliminar el costo que se producía al remplazar el complejo sistema de control basado en réles y contactores.

Bedford Associates, propuso algo denominado Controlador Lógico Modular (MODICON) Modular Digital Controller a un fabricante de automóviles. Otras compañías propusieron a la vez esquemas basados en computadora, uno de los cuales estaba basado en el PDP-8. El MODICON 084 resultó ser el primer PLC que se produjo mundialmente. El problema de los réles era que cuando los requerimientos de producción cambiaban, también lo hacía el sistema de control. Esto comenzó a incrementar el costo, cuando los cambios fueron frecuentes, dado que los réles son dispositivos mecánicos y que poseen una vida limitada, se requería una estricta mantenimiento planificada. Por otra parte era necesario realizar conexiones entre cientos o miles de réles, lo que implicaba un enorme esfuerzo de diseño y mantenimiento.

Los “nuevos controladores” debían ser fácilmente programables por ingenieros de planta o personal de mantenimiento. El tiempo de vida debía ser largo y los cambios en el programa tenían que realizarse de forma sencilla. Finalmente se requirió que funcionaran sin problemas en entornos industriales adversos.

A mediados de los 70's las tecnologías dominantes de los PLC eran máquinas de estados secuenciales y CPU basadas en desplazamiento de bit. Los AMD 2901 y 2903 fueron muy populares en el MODICON y PLC's A-B.

Los microprocesadores convencionales tienen la capacidad necesaria para resolver de forma rápida y completa la lógica de los pequeños PLC's. Por cada modelo de microprocesador había un modelo de PLC basado en el mismo.

Las habilidades de comunicación comenzaron a aparecer aproximadamente en 1973. El primer sistema fue el MODICON (Modbus). El PLC podía ahora dialogar con otros PLC's y en conjunto podían estar aislados de las máquinas que controlaban. También podían enviar y recibir señales de tensión variable, incluyendo así a las señales analógicas.

En los 80's se produjo un intento de estandarización de las comunicaciones con el protocolo MAP (Manufacturing Automation Protocol) de General Motors. También fue una época en la que se redujeron las dimensiones del PLC y se pasó a programar con programación simbólica usando computadores personales en vez de las clásicas terminales de programación.

Hoy en día el PLC más pequeño es el del tamaño de un simple relé, en algunos casos un chip.

Los 90's han mostrado una gradual reducción en el número de nuevos protocolos, y en la modernización de las capas físicas de los protocolos más populares que sobrevivieron a los 80's.

El último estándar de la Comisión Electrónica Internacional (IEC 1131-3) intenta unificar el sistema de programación de todos los PLC, en un único estándar internacional. Ahora se dispone de PLC's que pueden ser programados en: diagramas de bloques, lista de instrucciones y texto estructurado al mismo tiempo.

No será extraño que en el futuro el PLC desaparezca frente a la evolución tecnológica; como son los microcontroladores.

### **1.6 Conceptos básicos de programación.**

En este capítulo se habla sobre señales digitales y analógicas, pero quizá nos preguntemos, ¿para qué nos sirven las señales digitales?, para poder explicar esto de una forma más sencilla, es necesario definir los siguientes conceptos:

- Conceptos de lógica digital.
- Señales analógicas.

#### *Conceptos de lógica digital.*

En la lógica digital se utilizan solo señales enviadas por elementos de mando y actuadores (sensores, pulsadores, limitadores, flotadores, encoders, termostatos, etc.), los cuales reciben un potencial de manera común.

Las señales enviadas por los dispositivos de control, son señales de tipo digital, aunque realmente son niveles de tensión, donde un valor máximo equivale a lógico 1 (uno) y un valor mínimo equivale a lógico 0 (cero).

En algunos dispositivos electrónicos, se considera 5V como valor máximo y 0V como valor mínimo. Véase figura 1.1.

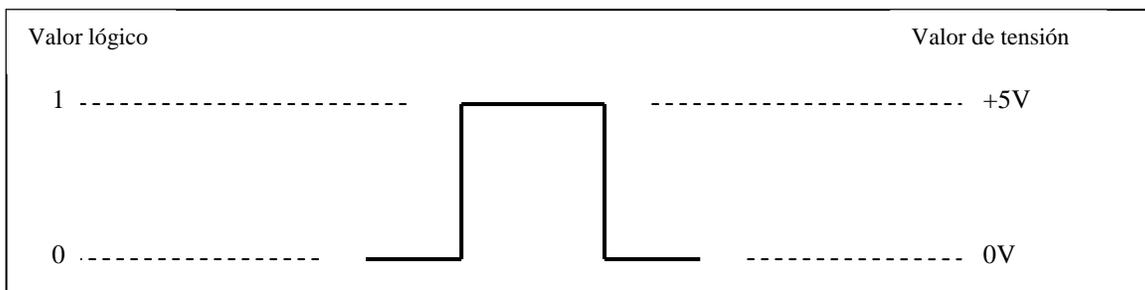


Figura 1.1 Señal digital.

Todos los elementos de control cuya operación se realiza con un interruptor, o un contacto del tipo todo-nada (ON-OFF) entregan señales tipo digital.

Todos los circuitos eléctricos pueden implementarse en una versión de dispositivo digital con las siguientes ventajas:

- Bajo consumo de energía.
- Operación a muy baja tensión (5 volts de CD), lo cual otorga mucha seguridad previniendo descargas eléctricas al operador.
- Bajo costo.
- Poco espacio de instalación.

Entre las desventajas de un control digital encontramos las siguientes:

- Inhabilitado para energizar cargas mayores a 10 mA, por lo cual se necesita otro elemento de mayor potencia a modo de interfaz.
- No es fácil determinar el tipo de control si no se tiene la información de los elementos o el diagrama de conexiones.

### ***Señales analógicas.***

La señal analógica es aquella que presenta una variación continua con el tiempo, es decir, que a una variación suficientemente significativa del tiempo le corresponderá una variación igualmente significativa del valor de la señal (la señal es continua).

Toda señal variable en el tiempo, por complicada que ésta sea, se representa en el ámbito de sus valores (espectro) de frecuencia. De este modo, cualquier señal es susceptible de ser representada descompuesta en su frecuencia fundamental y sus armónicos.

Es preciso indicar que la señal analógica, es un sistema de comunicaciones de las mismas características, mantiene dicho carácter y deberá ser reflejo de la generada por el usuario.

Esta circunstancia obliga a la utilización de canales lineales, es decir canales de comunicación que no introduzcan deformación en la señal original.

Las señales analógicas predominan en nuestro entorno (variaciones de temperatura, presión, velocidad, distancia, sonido, etc.) y son transformadas en señales eléctricas, mediante el adecuado transductor, para su tratamiento electrónico.

Algunas señales analógicas se muestran en la figura 1.2.

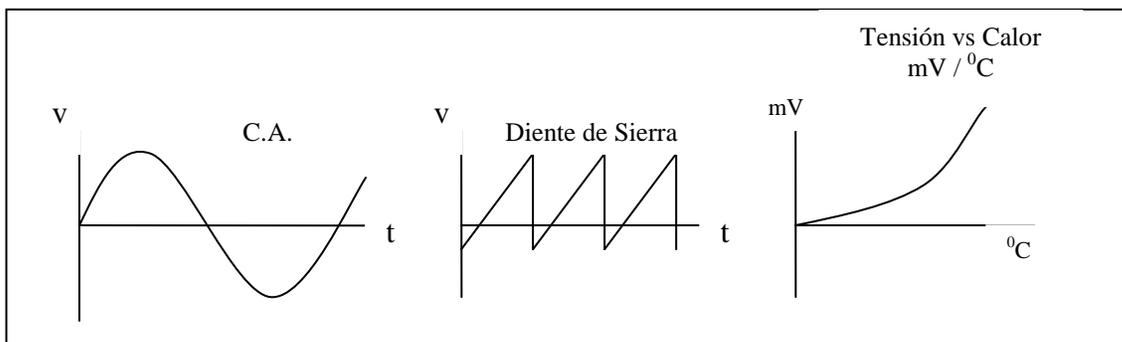


Figura 1.2 Señales analógicas.

Para que un PLC pueda operar con señales analógicas, debe contar con módulos convertidores analógico/digital de entrada y con módulos convertidores digital/analógico, y estas señales se conectan con sensores o actuadores (transductores).

### **1.7 La norma de la Comisión Electrónica Internacional (IEC 1131-3).**

La norma IEC 1131-3 es el primer esfuerzo formal para normalizar los lenguajes de programación usados en automatización industrial (lad-kop, lista de instrucciones, bloques funcionales, GRAFCET, etc.)

La recomendación TC65 SC65B, de la norma IEC 1131-3, la cual esta encargada de lenguajes de programación y donde han participado empresas internacionales con años de experiencia en el área de automatización industrial. Ha generado un texto de 200 páginas con 60 tablas que contienen características y especificaciones de sintaxis y semántica de

una suite unificada de lenguajes de programación, incluyendo el modelo de software global y sus lenguajes estructurantes.

Una visión elegante de ver la recomendación es dividiéndola en dos partes:

1. Elementos comunes
2. Lenguajes de programación.

### **1.7.1 Elementos Comunes**

Los tipos de datos son definidos dentro de los elementos comunes. La tipificación de datos previene errores en etapas tempranas de la programación. Es usada para definir los tipos de cualquier parámetro a ser utilizado. Esto evita por ejemplo dividir una Fecha por un Entero.

Los tipos de datos más frecuentes son: Binarios (Booleanos), Enteros o Reales, Octetos (byte), Palabras (doble octeto), así como también Fechas, cadenas tipo hora del día. Basado en estos tipos de datos se pueden construir y definir tipos de datos personalizados, conocidos como tipos de datos derivados. En esta forma se pueden definir señales de entrada analógicas.

El flujo de las señales (entradas y salidas) son asignadas explícitamente a las variables en la configuración de recursos o programas. De esta manera la programación crea un alto nivel de independencia que soporta la reusabilidad (reciclaje). El alcance de las variables son normalmente limitadas a la unidad de organización del programa en la cual se declaran variables locales. Esto significa que sus nombres pueden ser declarados en otras partes sin ningún conflicto, eliminando así otra fuente de errores (variables temporales).

### 1.7.2 Configuraciones, Recursos y Tareas

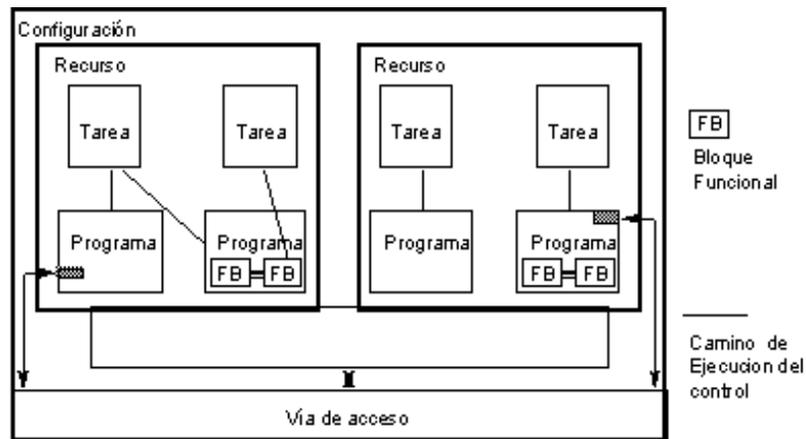


Figura 1.3 Recursos y tareas.

El modelo de software, de la figura 1.3 ilustra la definición de la norma.

En el nivel más alto, el software total requerido para solucionar un problema particular de control puede ser definido como una **Configuración**:

- Una configuración es específica de un tipo particular de sistema de control, incluyendo el arreglo de hardware, por ejemplo recursos de procesamiento, direcciones de memoria, canales de I/O y demás capacidades del sistema. Dentro de la configuración se pueden definir uno o más recursos.
- **Recursos:** Un recurso se puede ver como una “facilidad” que es capaz de ejecutar programas IEC. Así mismo dentro de los Recursos se pueden definir una o más tareas.
- **Tareas:** Las tareas controlan la ejecución de un conjunto de Programas y/o Bloques Funcionales.
- **Bloques Funcionales:** Estos últimos pueden ser ejecutados periódicamente o en la ocurrencia de un evento disparador específico, tal como el cambio de valor de una variable.

Los programas son construidos mediante el uso de un número de elementos de software diferentes, escrito en cualquiera de los lenguajes definidos por IEC. Un programa consiste típicamente, en un arreglo de funciones y bloques funcionales, los cuales son capaces de intercambiar datos. Las funciones y bloques funcionales son los elementos básicos de construcción, conteniendo la estructura de los datos y un algoritmo. Si comparamos esto con un PLC convencional, este contiene un recurso, ejecutando una tarea, controlada por un programa en un sistema de control de lazo cerrado.

IEC 1131-3 añade mucho más que esto, preparando para un futuro que incluye sistemas multitarea en tiempo real y programas accionados por eventos, esto ya está muy cercano si solo miramos dentro de los Sistemas de Control Distribuido actuales. IEC 1131-3 es adecuado para un amplio rango de aplicaciones de control, sin tener que aprender lenguajes de programación adicionales.

### **1.7.3 Unidades para la organización de programa (POU).**

Dentro de IEC 1131-3, los Programas, Bloques Funcionales y Funciones son llamados Unidades de Organización de Programa, o POU's.

#### **Funciones.**

IEC ha definido funciones normalizadas y funciones definidas por el usuario. Algunas funciones normalizadas son: ADD o suma, ABS (valor absoluto), SQRT (raíz cuadrada), SIN (seno) y COS (coseno). Las funciones definidas por el usuario, una vez definidas, pueden ser usadas repetidamente por el programador cuando la requiera.

## Bloques Funcionales (FB)

Estos pueden ser el equivalente a circuitos integrados (IC) o a módulos de control discretos analógicos, representando funciones de control especializado. Contienen datos y algoritmos, que mantienen estados pasados (lo cual es una de las diferencias con las funciones escritas). Estos FB's tienen una interfaz bien definida, así como un IC o un módulo de control discreto tipo caja negra. De esta manera los módulos dan una clara separación entre diferentes niveles de programadores o personal de mantenimiento.

Los bloques funcionales pueden ser escritos en cualquiera de los lenguajes IEC, y la mayoría de los casos hasta en lenguajes de alto nivel como el "C".

## Gráficos Funcionales Secuenciales (SFG)

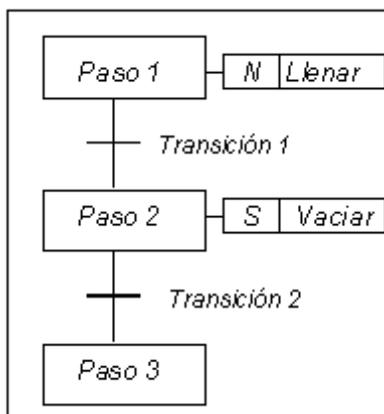


Figura 1.4 Gráficos funcionales

El SFC describe gráficamente el comportamiento secuencial de un programa de control. Es derivado de las Redes de Petri y la norma Grafset IEC 848, con las modificaciones necesarias para convertir la representación de una norma para documentación a un conjunto de elementos de control ejecutables.

El SFC estructura la organización interna de un programa, y ayuda a descomponer un problema de control en partes más manejables, manteniendo una visión del todo. El SFC consiste de **Pasos**, enlazados con **Bloques de Acción** y **Transiciones**. Cada Paso representa

un estado particular del sistema bajo control. Una Transición es asociada a una condición, la cual, cuando es cierta, causa que el paso anterior a la transición sea desactivada, y el siguiente paso sea activado. Los pasos son interconectados como Bloques de Acción, que ejecutan operaciones de control. En la figura 1.4 muestra como cada paso tiene una transición que debe de cumplirse para pasar al siguiente paso y ejecutar la acción o acciones que tenga enlazadas.

Cada elemento puede ser programado en cualquiera de los lenguajes IEC, incluyéndose a si mismo el SFC. Se pueden programar secuencias alternativas e incluso secuencias paralelas, como comúnmente se requiere en las aplicaciones por lotes (batch).

Debido a su estructura muy general, SFC provee también una herramienta comunicativa, combinando gente de diferentes disciplinas, departamentos o incluso de diferentes países.

### **1.8 Lenguajes de Programación**

Dentro de la norma IEC 1131-3 son definidos cuatro lenguajes de programación. Esto significa que su sintaxis y semántica se ha también definido sin dejar espacio para los dialectos. Una vez que se han aprendido, se pueden usar en una gran variedad de sistemas basados en esta norma.

Los lenguajes consisten de dos versiones textuales y dos gráficas:

Textuales.

- Lista de instrucciones, IL.
- Texto estructurado, ST.

Gráficos.

- Diagrama de escalera, LD.
- Diagrama de bloques funcionales, FBD.

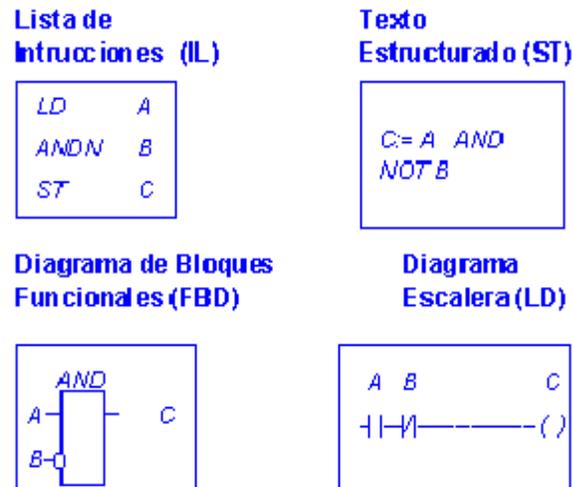


Figura 1.5 Lenguajes de programación.

En la figura 1.5, los cuatro lenguajes describen la misma parte de un programa sencillo. La selección del lenguaje a ser usado depende de:

Todos los lenguajes están interconectados: ellos proveen una suite de programación común, manteniendo una conexión con la experiencia existente. De esta manera se provee una herramienta comunicativa que combina gente con diferentes conocimientos y experiencias.

**Los Diagramas de Escalera** tienen sus raíces en los Estados Unidos. Se basan en una representación gráfica de arreglos lógicos de Escalera por Relevadores.

**Lista de Instrucciones** es su contraparte Europea. Como un lenguaje textual, que se asemeja al lenguaje ensamblador.

**Diagrama de Bloques Funcionales** es muy común en la industria de procesos. Esta expresa el comportamiento de funciones, bloques funcionales y programas como un conjunto de bloques gráficos interconectados, parecido a los diagramas de circuitos electrónicos. Se mira al sistema en términos del flujo de señales entre elementos de procesamiento.

**Texto Estructurado** es un lenguaje poderoso con sus raíces en el ADA, Pascal y "C". Se puede usar para la definición de bloques funcionales complejos, los cuales pueden ser usados en cualquiera de los otros lenguajes.

Para la forma de programación en escalera y lista de instrucciones véase anexo B.

### **Implementaciones.**

Como los requerimientos globales de la IEC 1131-3 no son fáciles de satisfacer, la norma permite implementaciones parciales de varios aspectos. De esta forma los diferentes fabricantes de PLC, pueden implementar sus propios comandos para la programación de sus componentes, esto aplica para el número de lenguajes, funciones y bloques funcionales soportados, el fabricante deberá otorgar un manual de la forma de programación de su PLC.

Muchos de los ambientes gráficos de programación ofrecen avances modernos, como son:

- Operación mediante ratón.
- Menús descendientes.
- Pantallas de programación gráfica.
- Soporte para multi-ventanas.
- Funciones de hipertexto.
- Verificación durante la fase de diseño.

Pero se advierte que esta funcionalidad no está especificada dentro de la norma por sí mismo, siendo uno de los aspectos donde los fabricantes pueden diferenciarse.

### **1.9 Gráfico de Control Etapa Transición (GRAFCET).**

El Gráfico de Control etapa-transición (GRAFCET) surge en 1977 como resultado del estudio y análisis para mejorar el control de los sistemas automáticos, realizados por la AFCET (Asociación Francesa Para la Cibernética, Economía, y la Técnica), en conjunto con a ADEPA (Asociación para el Desarrollo de la Producción Automática).

Con el GRAFCET, podemos desarrollar un control automático de manera secuencial, por etapas o pasos, de manera que no podrá iniciar una etapa si no se ha terminado la etapa anterior, con esto obtenemos mayor fiabilidad del proceso automático.

El GRAFCET, puede tener “n” número de etapas si el programa así lo requiere, véase la figura 1.6.

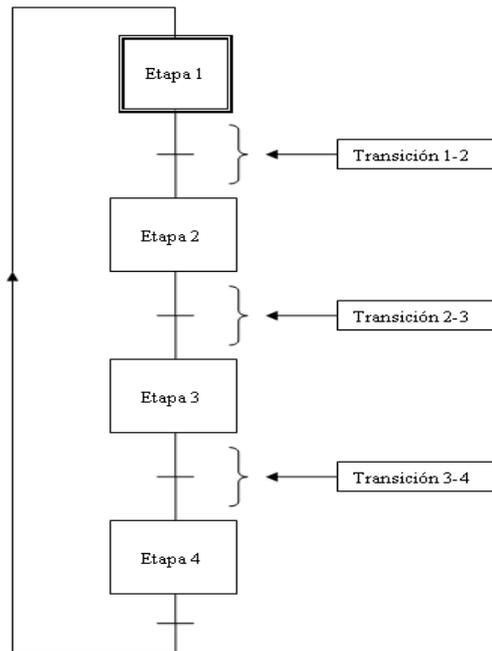
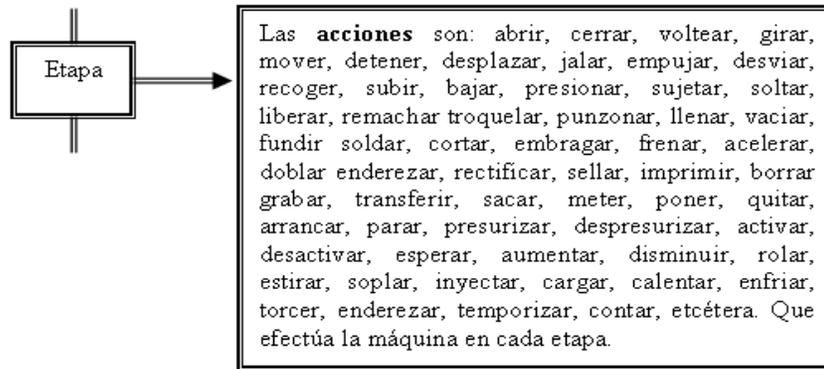


Figura 1.6 Pasos de un GRAFCET.

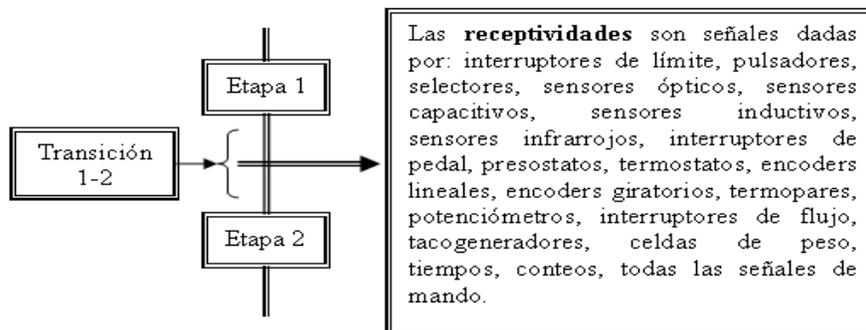
Cada una de las etapas se asocia con una o mas acciones que se realizarán al momento de que se active la etapa.



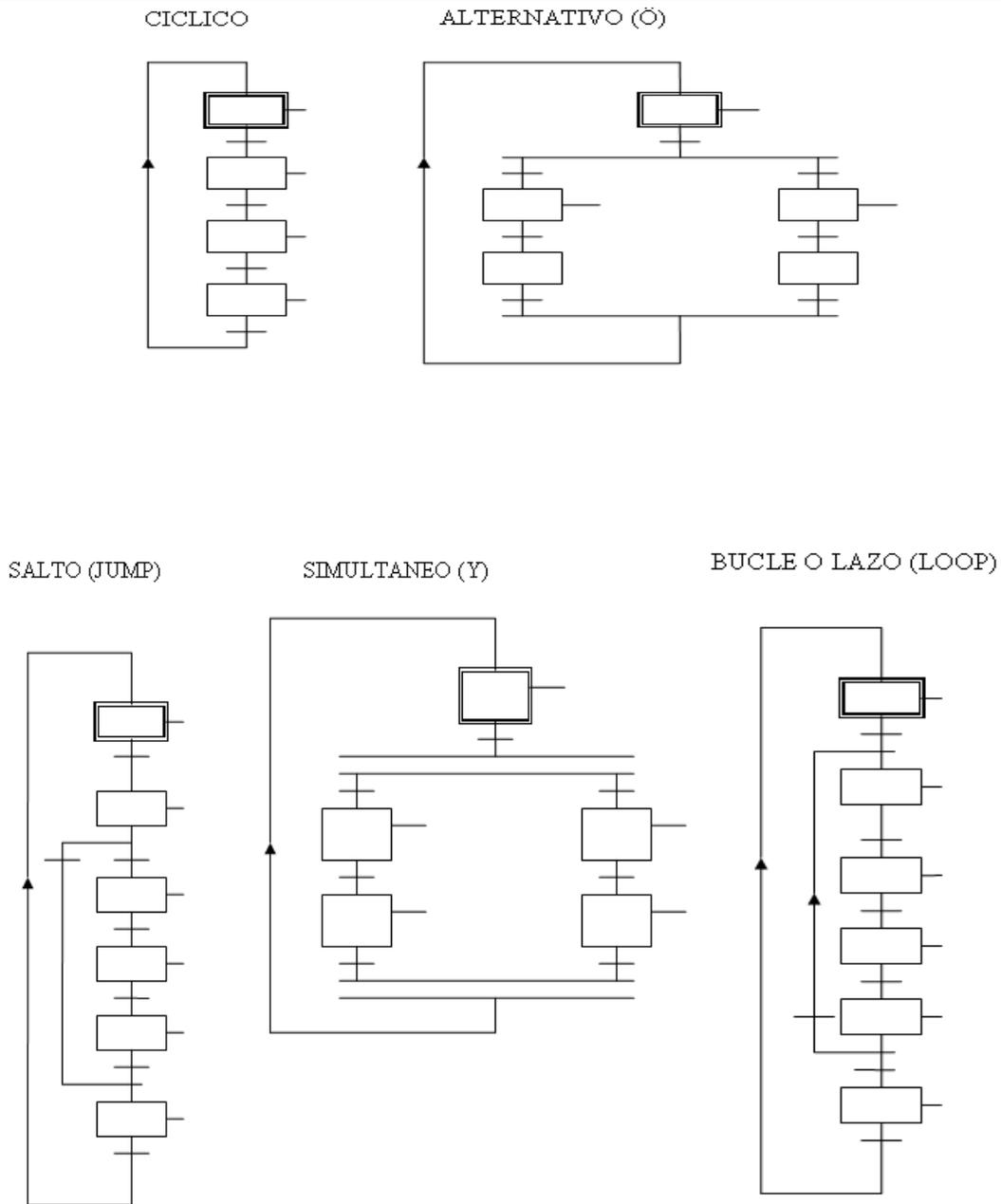
Cuando se han ejecutado las acciones de una etapa, debe entenderse que puede validarse la transición que permite el paso de la siguiente etapa.

A las receptividades se les asocian las transiciones (señales), que son producidas por elementos de mando, que indican el cumplimiento de las operaciones, convirtiéndose en señales condicionales para la siguiente etapa. Estas receptividades son asociadas en arreglos lógicos o booléanos (AND-OR-NOT) combinatorios.

Cuando se cumplen las condiciones, la función lógica implementada por el arreglo lógico, las transiciones son validadas y se pasa a la siguiente etapa.



El GRAFCET básicamente es de tipo cíclico, aunque también existen ciclos de tipo: alternancia, o (OR-Disyunción), simultaneidad “Y” (AND-Conjunción), Salto (Jump) y el Bucle o lazo, (Loop), teniendo cada una su aplicación.



Desarrollar programas por medio del GRAFCET, nos permite decidir la tecnología a utilizar en ese control, los cuales pueden ser a base de: réles (lógica alambrada), compuertas lógicas, válvulas lógicas y PLC's, los PLC's de TELEMECANIQUE y actualmente la serie 400 de Siemens aceptan de manera directa la programación en forma de GRAFCET, convirtiéndose así en un lenguaje más de programación.

### **1.9.1 Secuencia para desarrollar un GRAFCET.**

1. Dividir en pasos o etapas el proceso a automatizar.
2. Asocia a cada etapa la acción o acciones que ocurrirán en ese momento.
3. Unir las etapas con sus transiciones.
4. Asociar las transiciones con las receptividades (condiciones) necesarias para su operación, en arreglos lógicos.

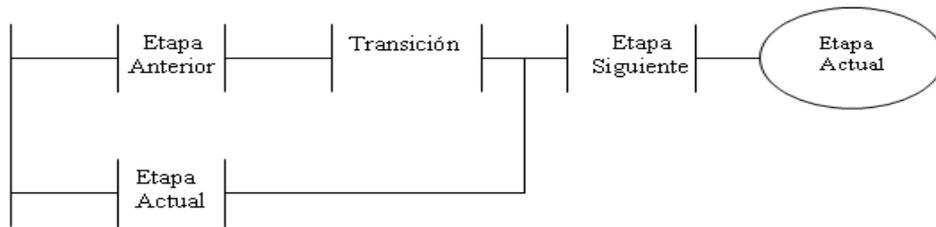
Se puede programar cualquier PLC sin importar la marca y después exportarlo como diagrama escalera (LAD-KOP) o en bloques de función (FUP), con los siguientes pasos:

1. Desarrollar el control para cada etapa.
2. Cada etapa equivale a un relé interno (Bandera, Bit, Marca, etc.).
3. Asociar las etapas réles internos con las acciones.



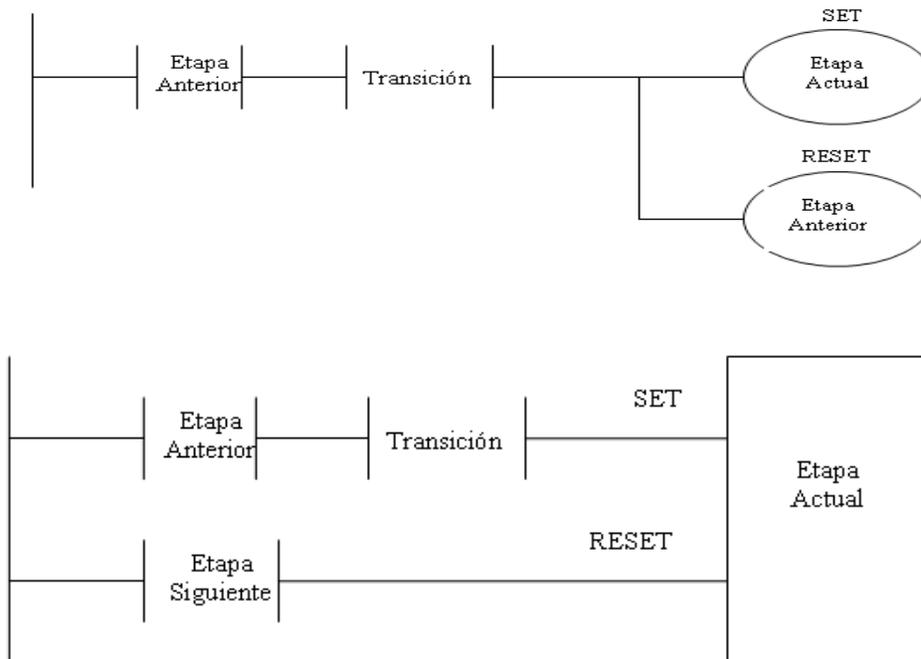
4. La activación de una etapa se condiciona a dos aspectos básicos:
  - a. Estar activa la etapa anterior y
  - b. Estar validada la transición.
5. La validación de una transición, sucede cuando se cumple la función con la lógica de las señales de salida asociadas a esta.
6. Al activarse una etapa debe desactivarse la etapa anterior.
7. Al desactivarse la etapa anterior, se desactiva la acción o acciones asociadas.
8. El control debe tener una etapa inicial.
9. Cada acción equivale a una salida, excepto aquellas acciones que son de índole interno del PLC, tales como: comparación, temporización, conteo, transferencias de datos, operaciones aritméticas, control PID y otras.

Arreglo que cumple con los puntos 3, 4, 5, como un control tradicional.



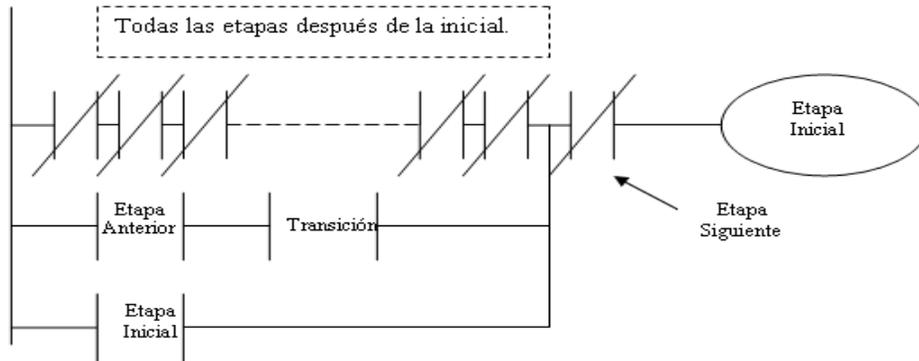
Este arreglo es el básico para programar en escalera utilizando un GRAFCET, en este arreglo lógico se garantiza que no pueden estar activadas dos etapas al mismo tiempo.

Arreglos que cumplen con los puntos 3, 4, 5, como un control SET- RESET.

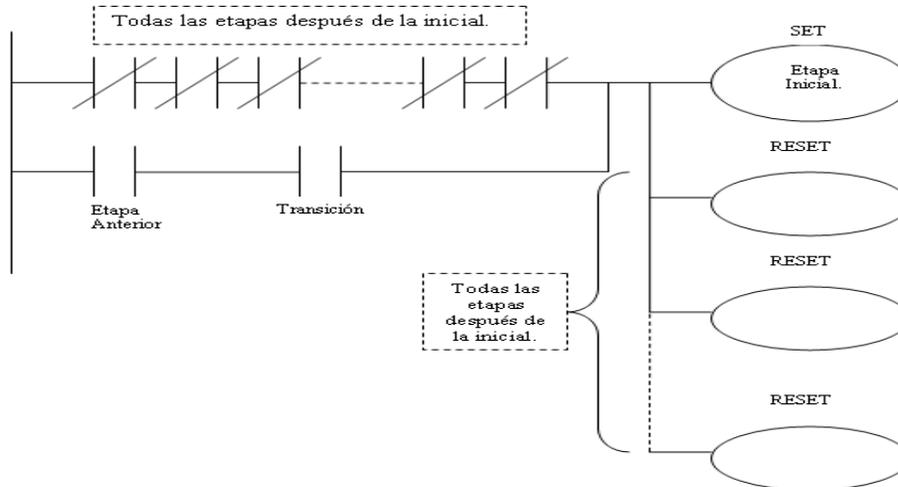


En este tipo de arreglo la función es la de activar o desactivar la función manualmente, se recomienda usar en procesos semiautomáticos.

Arreglos que cumplen con el punto 6.

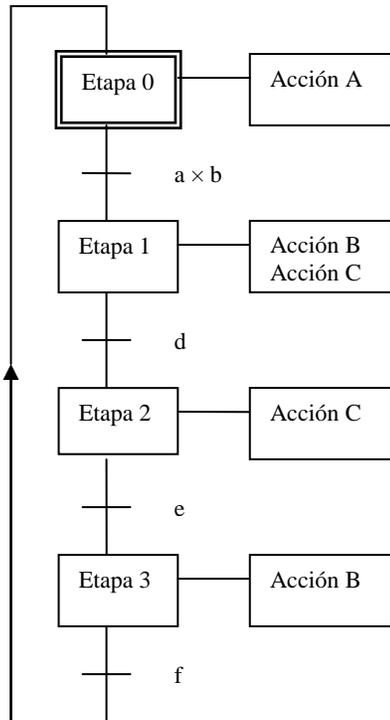


Este arreglo es el principal en todos los inicios de programas, cuando se utiliza un GRAFCET, porque garantiza que ninguna etapa antes de iniciar el programa pueda estar activada. En este caso el inicio lo generan las receptividades asociadas a las transiciones.



Este arreglo funciona como un paro general, el cual puede detener el proceso en cualquier punto del programa sin tener que repetir e cada etapa un SET-RESET.

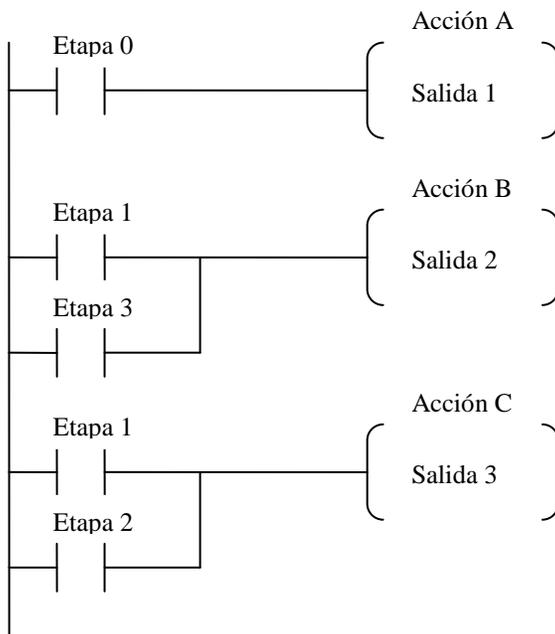
### 1.9.2 Asociación de las etapas con las acciones (salidas).



Todas las etapas son asociadas con las acciones que en ese momento deberán de ocurrir.

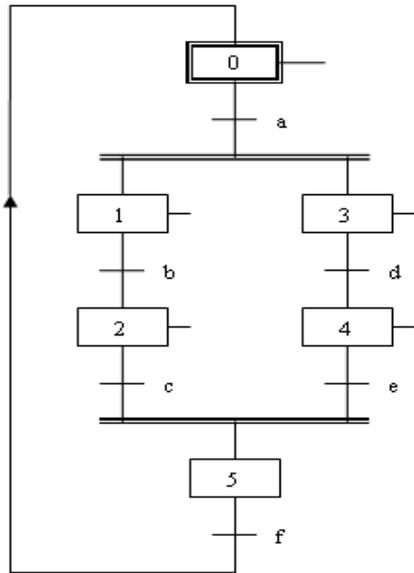
Las acciones son operaciones que realizan los elementos actuadores que están conectados en las salidas de los PLC.

Por lo tanto, debemos asociar los réles internos de cada etapa con cada salida del PLC (en correspondencia con los actuadores).



Acción A => Salida 1  
Acción B => Salida 2  
Acción C => Salida 3

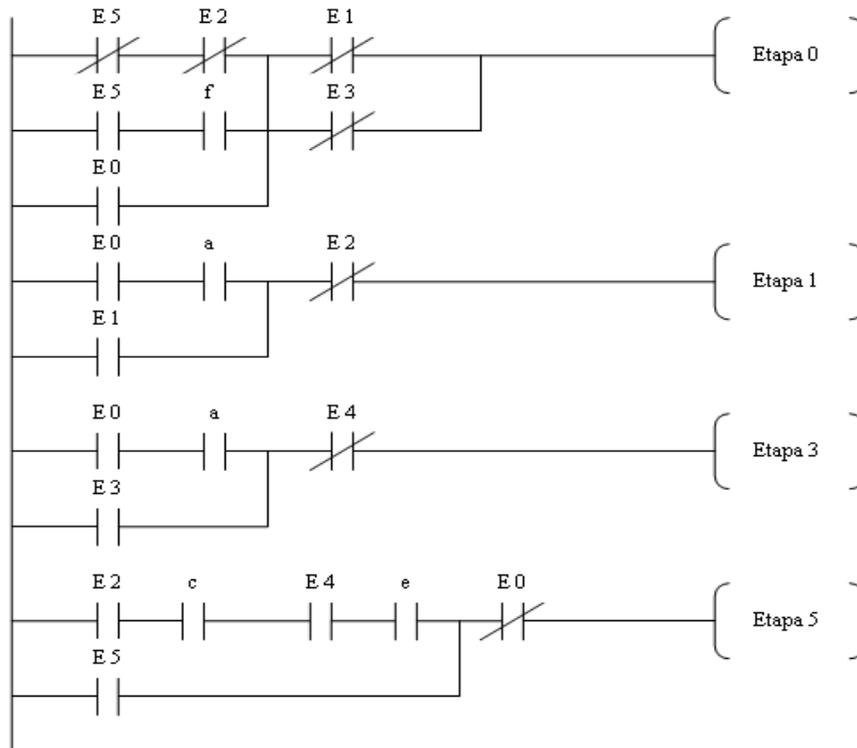
### 1.9.3 La Simultaneidad.



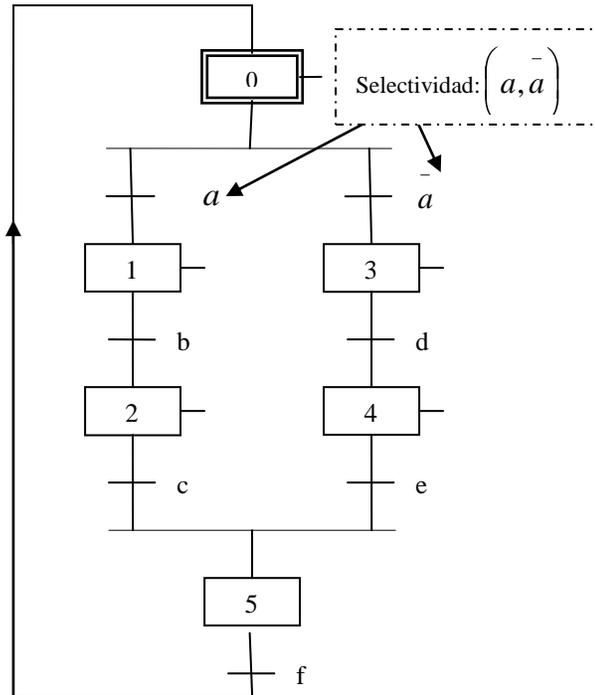
Esta función permite que dos o más procesos se puedan operar al mismo tiempo.

Esos procesos se activan simultáneamente y ocurren al mismo tiempo.

Aunque alguno de ellos termine antes, éste espera a que terminen los demás procesos.



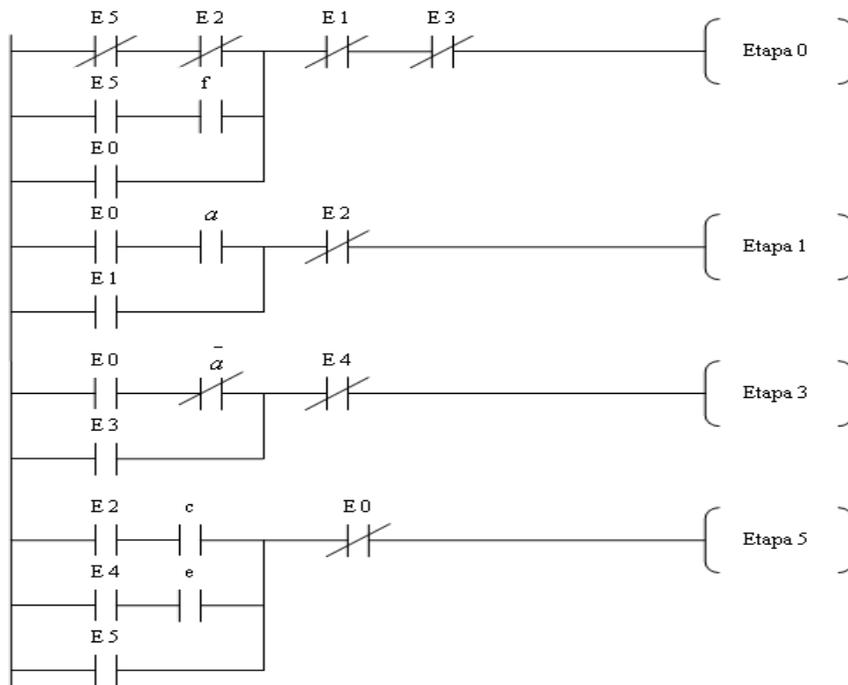
### 1.9.4 La Alternativa de Selección.



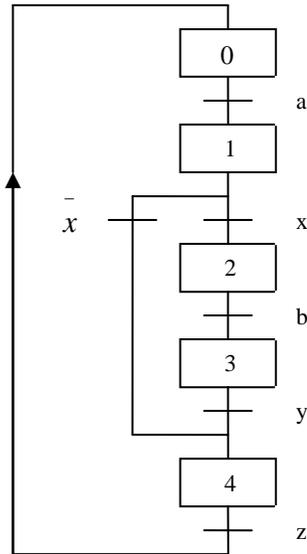
Esta función presenta la opción de decidir entre dos o más procesos de los disponibles.

Seleccionando uno y solo uno de ellos.

Esto se logra con una señal de receptividad, colocada en las transiciones de los ramales donde se bifurcan, una de las señales debe ser complementaria a la otra ( $a, \bar{a}$ ), o sea debe ser negada, para evitar la activación simultanea de las transiciones.

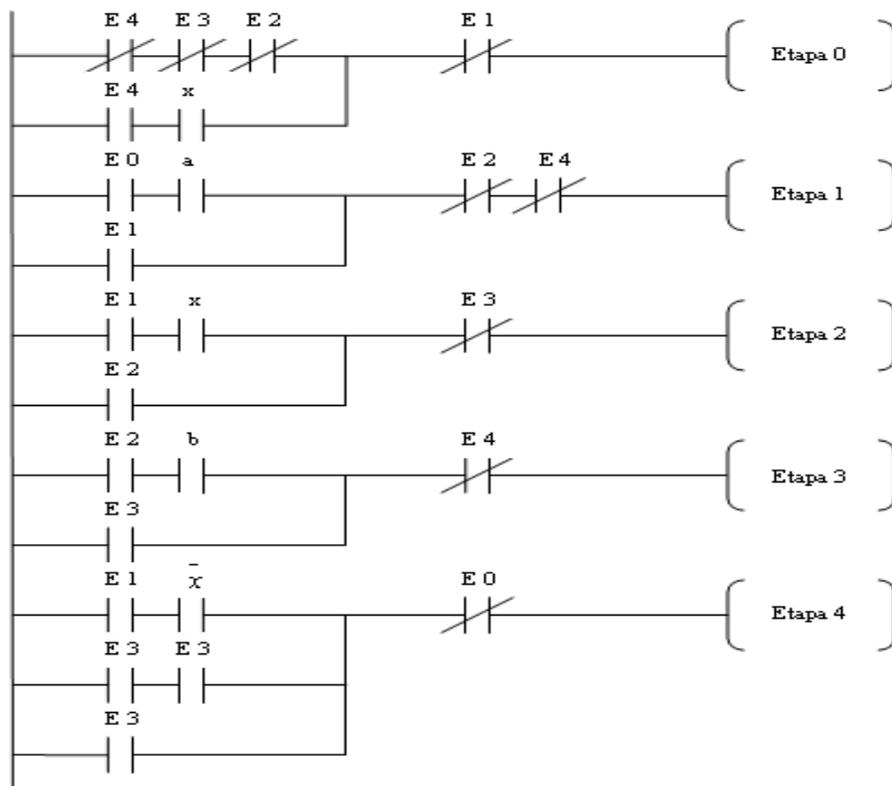


### 1.9.5 El Salto (Jump).

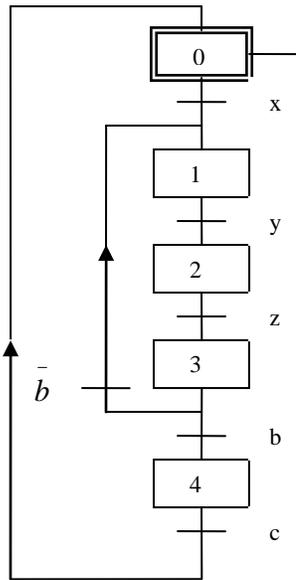


Este control es utilizado en casos donde existan varios productos cuyos procesos son similares en operación, pero no en cantidad de pasos.

Esto quiere decir que en alguno de los productos no se efectuara uno o varios pasos, "saltándolos".

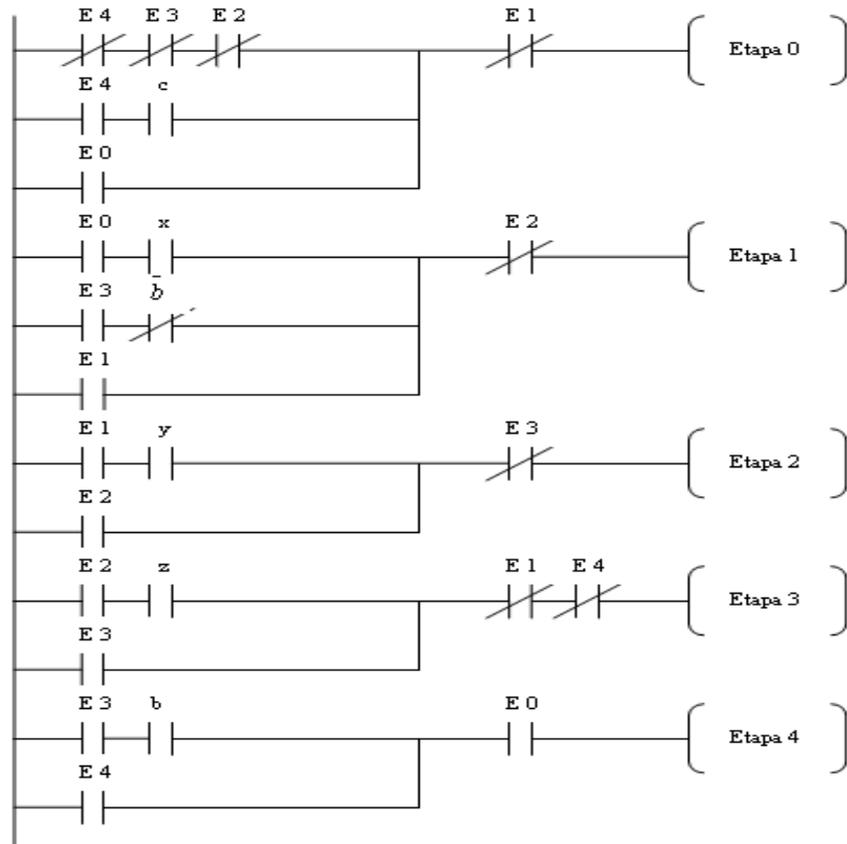


### 1.9.6 El lazo o Bucle (Loop).

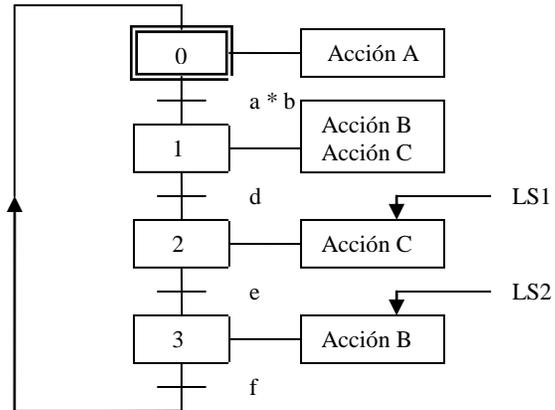


Esta forma de control se utiliza cuando sea necesario que algunos pasos se operen repetidamente.

Una vez cumplidas las condiciones que obligaron a las repeticiones, el gráfico se dirige hacia la etapa inicial, según el gráfico.

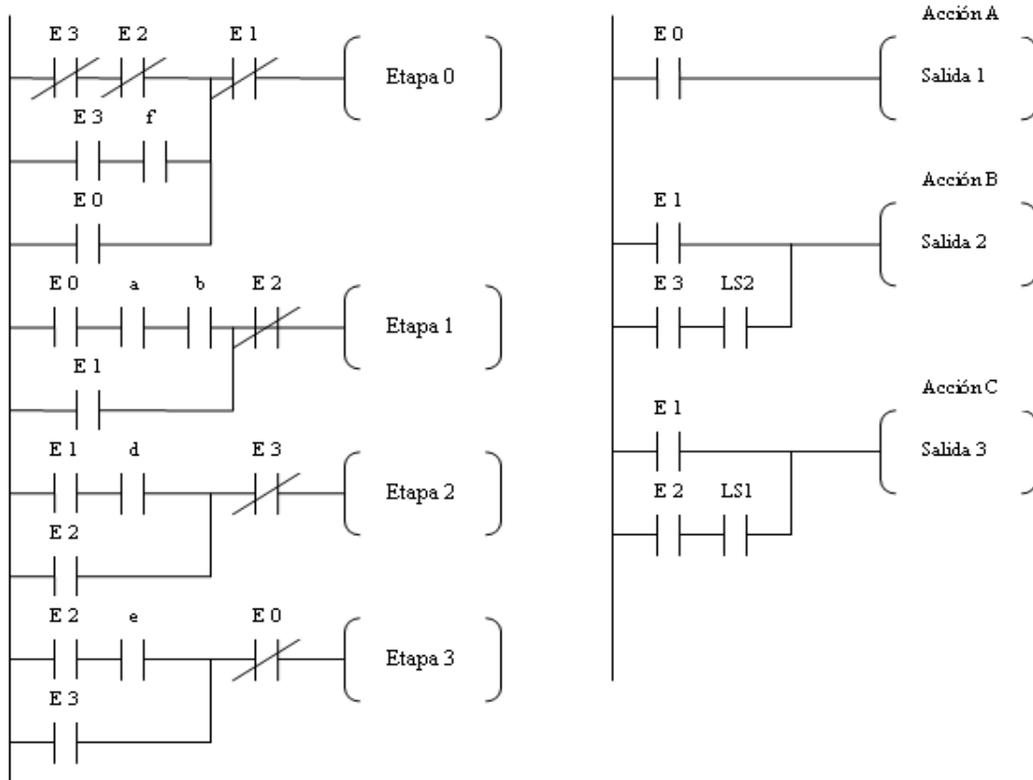


### 1.9.7 Operación condicionada en la acción.



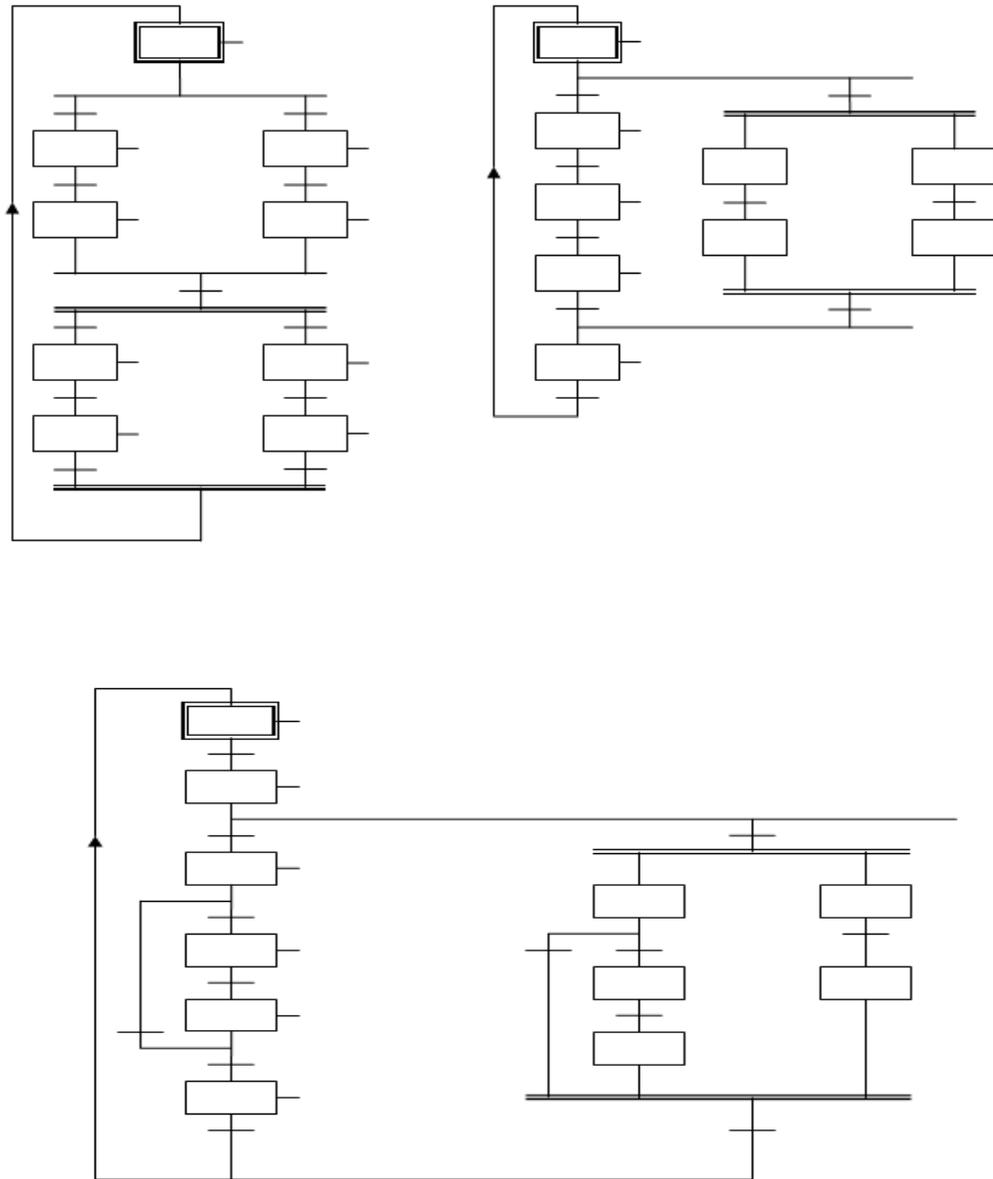
Se refiere a la operación de una acción que se encuentra condicionada por alguna receptividad adicional y que solo tiene efecto en esa acción, sin afectar ninguna transición del GRAFCET.

En el gráfico la acción "C" es afectada por "LS1", mientras la acción "B" es afectada por LS2.



### 1.9.8 Secuencias combinatorias.

A continuación veremos una de las muchas formas de secuencias combinatorias que podemos realizar en los GRAFCET, utilizando los principales conceptos de este.



## CAPÍTULO 2.

### *DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.*

#### 2.1 Antecedentes de la máquina.

La mayoría de los sistemas de inyección de plástico en el país, están completamente automatizados, ya sea a base de réles o PLC's.

La Maquiladora de Plásticos de PVC, PAPSA. S.A. de C.V. Se dedica a la fabricación de piezas de drenaje y cuenta con máquina de inyección de plásticos desde 1980 de marca General & Electric, que opera con problemas de: tiempo, presión y temperatura. La máquina se muestra en la figura 2.0.



Figura 2.0 Inyectora de plástico General & Electric año 1980.

A pesar de que la máquina esta automatizada con tarjetas electrónicas y relés, sigue generando errores en la producción como son:

- Piezas incompletas.
- Paro de la máquina por reemplazo de relés.

El 35% de la producción total es rechazada por algún problema de inyección (llenado del molde), el promedio es de 150 piezas defectuosas por día.

Se determinó en la primera inspección, que las resistencias del cañón de inyección están fallando, motivo por el cual las piezas salen incompletas, el material PVC no logra fundirse y por consiguiente no pasa la cantidad adecuada para llenar el molde.

En la figura 2.1 se muestra el producto defectuoso.



Figura 2.1 Producto defectuoso.

El proceso de inyección es complicado por lo que debe seguir el orden que se muestra en la figura 2.2.

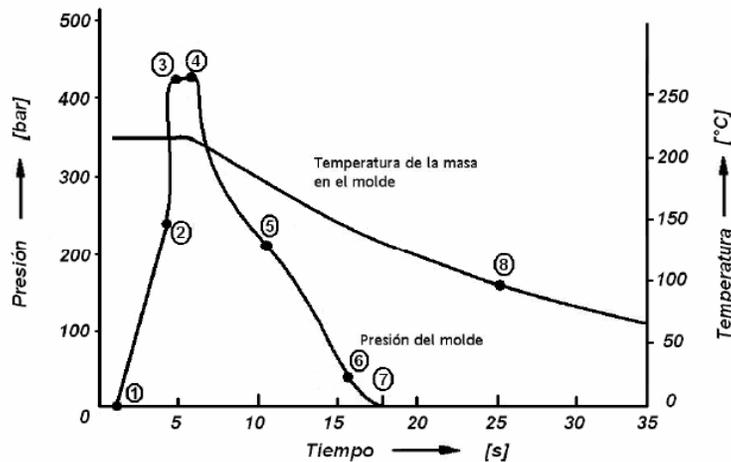


Figura 2.2 Grafica de control presión, temperatura y tiempo.

Donde:

- En 0 el husillo empieza a avanzar.
- De 0 a 1 tiempo muerto: plastificación previa de la masa en la cámara del husillo; movimiento de la masa a través del sistema de llenado.
- En 1 la sonda alcanza la sonda de presión.
- De 1 a 2 llenado de molde.
- En 2 cavidad llenada volumétricamente.
- De 2 a 3 densificación de la masa.
- En 3 se alcanza el máximo de presión.
- En 4 cambios de presión; presión de inyección a presión residual.
- De 4 a 5 pérdida de presión en virtud del cambio; cambio de materia en la cámara del husillo.
- En 5 se alcanza el nivel de presión residual.
- De 5 a 6 nuevo descenso de presión, compensación de la contracción volumétrica durante el enfriamiento por descompresión. La presión residual sigue

comprimiendo la masa a volumen constante en la cavidad, con lo que desciende el volumen específico.

- En 6 punto de obturación, es decir, la masa entra tan solidificada que termina el movimiento del material en la precámara del husillo.
- De 6 a 7 pérdida de presión solo por enfriamiento.
- En 7 se alcanza la presión atmosférica; la pieza se separa de la pared; inicio de la contracción.
- De 7 en adelante enfriamiento isóbarico.

Debe ser preciso en el control de la temperatura de entrada de la materia prima, así como en el control de la presión de inyección y el tiempo, éste no debe de variar puesto que es fundamental para el acabado de las piezas.

Cabe mencionar que la máquina fue adquirida sin diagramas eléctricos e hidráulicos que hace el análisis del problema difícil de solucionar, la máquina tiene interruptores manuales en las resistencias eléctricas del cañón de inyección, el cañón de inyección es el encargado de introducir el PVC caliente, para que sea llenado el molde.

También posee un contador de ciclos, el cual no funciona y es necesario reparar para cotejar el número de ciclos con las piezas producidas semanal o mensualmente dependiendo del control de la empresa y así determinar la productividad económica además del tiempo de vida de la máquina.

La máquina funciona con materia prima de tercera calidad PVC, ya que la empresa no hace uso de la norma correspondiente para la fabricación de piezas para drenaje, razón por la cual piezas como codos de 45 y 90<sup>0</sup>, pueden inyectarse sin necesidad de ser precalentadas a diferencia de la rejilla para coladera la cual por su acabado requiere un proceso más refinado, debido a que esta pieza es cromada en su etapa final y es fundamental eliminar la humedad y las impurezas de la materia prima, si no se eliminaran estos factores las rejillas tendrían defectos de:

- Líneas de flujo.

- Degradación por aire atrapado.
- Rechupados y huecos.

En la figura 2.3 se muestra el acabado de la rejilla.



Figura 2.3 Rejilla.

## **2.2 Problemas de la máquina.**

Aunque la máquina se encuentra funcionando, presenta los siguientes problemas para el correcto funcionamiento:

- La máquina requiere de 50 minutos para ser puesta en marcha.
- Una de las resistencias no sirve (se encuentra quemada).
- La máquina tiene que ser parada continuamente para hacer el reemplazo de algunos componentes eléctricos y electrónicos “tarjetas y réles”.
- La identificación de fallas es muy compleja para los operadores, debido a que no cuenta con un tablero de monitoreo específico de los pasos de la máquina, por lo que seguido para la máquina para ser revisada por un técnico.
- Los temporizadores son maltratados debido al ajuste del tornillo de tiempo al momento de modificar el tiempo para los diversos procesos en los que funcionan.
- Flexibilidad para las modificaciones necesarias del sistema.
- Se necesita otra máquina para generar tubos, debido a que su control no permite hacer modificaciones muy grandes, en este caso solo a los temporizadores.

Como se mencionó la máquina tiene factores detallados por controlar los cuales son necesarios para hacer más eficiente el funcionamiento de la máquina, aunque estos factores ya son controlados de cierta manera, pero no ejecutan la acción con precisión.

No es necesario reemplazar los componentes de control existentes, se puede lograr una mejor eficiencia con estos mismos agregándoles transductores para que puedan conectarse al PLC.

### **2.3 Funcionamiento de la máquina.**

A continuación se describirá el funcionamiento de la máquina considerando los datos proporcionados por el operador para cada uno de los procesos de inyección de las diferentes piezas que se producen en esta maquiladora.

La materia prima utilizada es PVC de tercera calidad (reciclado), el cual debe ser triturado antes de fundirlo en el tiempo estipulado por la máquina y el proceso, aunque en algunos casos, este debe ser precalentado antes de depositar el PVC en la tolva, como en el caso de las rejillas para coladera.

La temperatura del precalentamiento es de 80<sup>0</sup>C, en un horno de gas, donde el PVC, es introducido para eliminar las impurezas y humedad, es indispensable sustraer toda la humedad ya, que si esta no se excluye puede causar accidentes al momento de cromar la pieza, brincando al personal el cromo caliente. Puesto que su forma de cromar es por inmersión de pieza.



Figura 2.4 Termómetro de la tolva.

La temperatura a la entrada de la tolva debe de ser de  $50^{\circ}\text{C}$ , antes de entrar al cañón, la figura 2.4 muestra la ubicación del termómetro. El cañón esta conectado a tres resistencias eléctricas, la tercera justo debajo de la tolva, la cual produce una temperatura de  $243^{\circ}\text{C}$ , a la entrada de la materia prima, posteriormente se encuentra la segunda resistencia exactamente a la mitad del cañón de inyección, “esta no funciona”, su termómetro marca una temperatura de  $240^{\circ}\text{C}$ , debido a que se quedo pegada la manecilla del termómetro, la primer resistencia esta en la parte de inyección, proporcionando una temperatura de  $250^{\circ}\text{C}$ , las resistencias pueden verse en la figura 2.5.

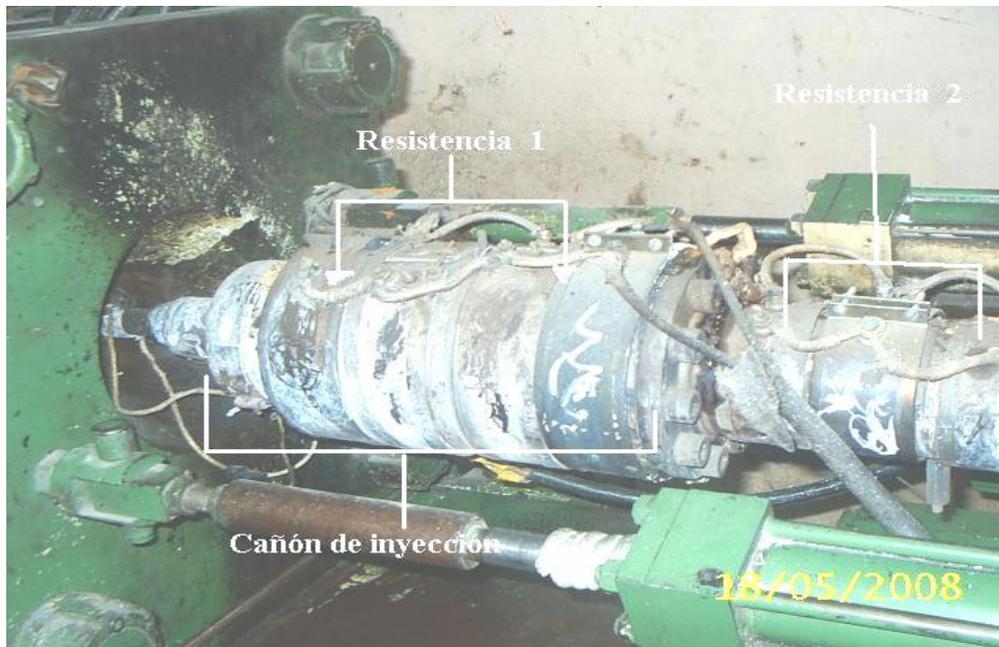


Figura 2.5 Resistencias y Cañón de inyección.

Una vez que conocemos la parte de inyección, podemos hablar de la parte de presión en este caso el carro, el cual nos proporciona el movimiento lineal para abrir y cerrar el compartimiento de inyección, las presiones que maneja son de 1000 PSI en baja presión y 1200 PSI en alta presión, este es movido por electro-válvulas hidráulicas y válvulas direccionales con un pistón de doble acción (abrir-cerrar). El manómetro de la figura 2.6 muestra la presión de operación de la máquina.



Figura 2.6 Manómetro de presión.

Las electro-válvulas, son las encargadas de dar el movimiento a cada una de las partes de el carro, como los son los botadores, las partes mecánicas (buelas, manivelas) para abrir y cerrar este, en pasos subsecuentes, controlados por micro-switchs, en cada uno de los movimientos. Las válvulas direccionales (4x3), son aquellas que permiten el retorno de los pistones a su posición inicial PMI (punto muerto inferior), estas son de doble acción y conductos cruzados. Los diagramas de las figuras 2.7 y 2.8 ilustran el funcionamiento de estos componentes en la inyectora de plástico.

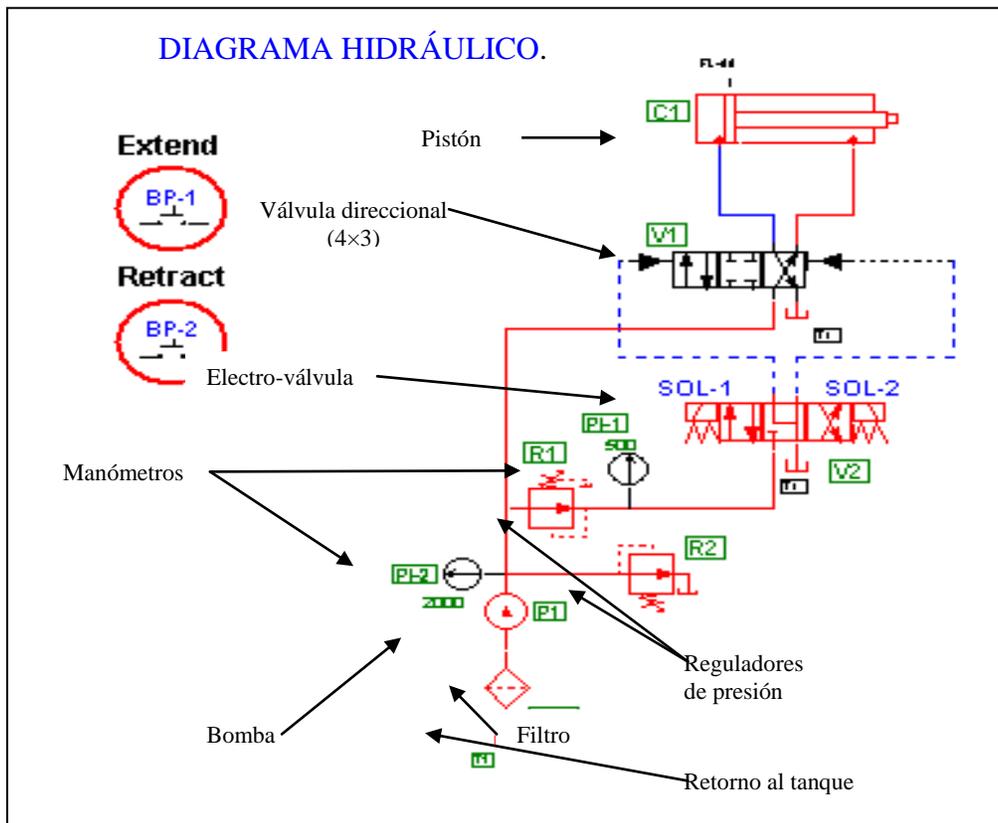


Figura 2.7 Pistón en Punto muerto superior (PMS).

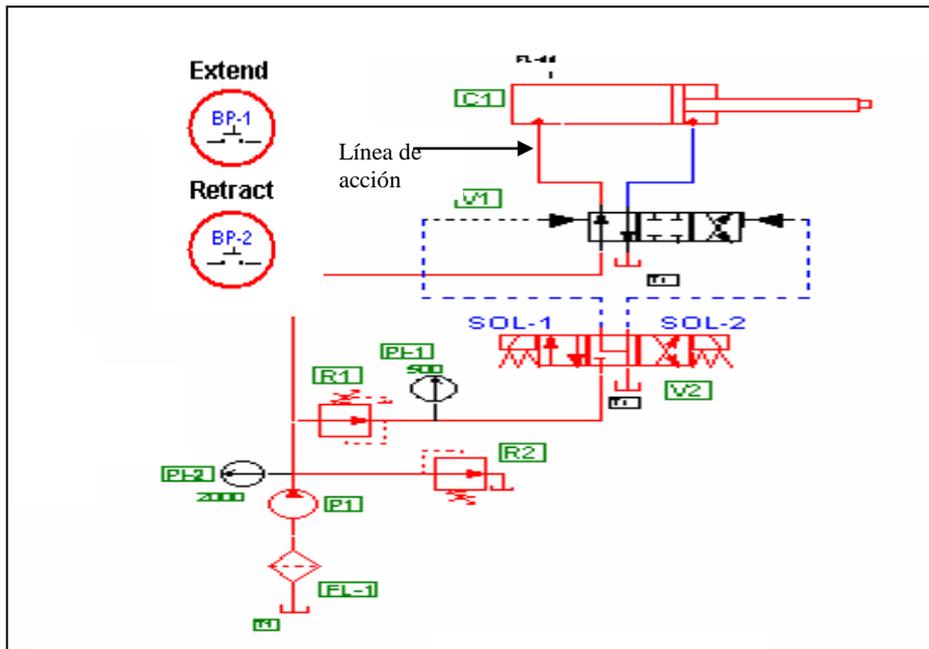


Figura 2.8 Pistón en Punto muerto inferior (PMI).

Cuando el micro-switch (BP-1), la posición de la electro-válvula es (SOL-2), de esta manera la válvula direccional (4x3) se mueve a la posición que se muestra en la figura 2.8, permitiendo que la línea de acción (línea roja) mueva el pistón hacia delante, regresando el aceite hacia el depósito.

De la misma forma cuando el micro-switch (BP-2) es accionado, la posición de la electro-válvula es (SOL-1), de esta manera la válvula direccional se mueve a la posición que muestra la figura 2.7, cambiando la línea de acción permitiendo la entrada de aceite al cilindro generando el movimiento del pistón.

La siguiente parte será “el sin fin”, que es el encargado de inyectar y cargar de materia prima, este es manipulado por otro micro-switch, el cual es controlado por un relé con temporizador, que controla el tiempo preciso para que el sin fin inyecte, recargue y dé un tiempo de espera para el enfriado de la pieza. La figura 2.9 muestra el sin fin.



Figura 2.9 Sin fin (vista lateral)

La máquina funciona con un motor eléctrico trifásico marca Westinhouse y algunas de las especificaciones técnicas son:

- Volts: 230/460.
- Amperes: 64/32
- Ciclos: 60
- Código: K
- Potencia nominal: 14.7 KVA.

Está acoplado a una bomba hidráulica, ambos son los encargados de proporcionar la presión al fluido y de mover todas las partes móviles de la máquina.

Ahora que ya se conocen las partes principales de la máquina, mencionaremos que está tiene dos modos de operar, “Automático y Semiautomático”.

El modo automático se utiliza para la fabricación de las rejillas para coladera, todo el proceso se realiza en la máquina, el inspector de calidad se encarga de revisar la calidad de la pieza, además de separarlas y eliminar los excesos (sobrantes).

El modo semiautomático se utiliza para la fabricación de codos de 90°, 45°, T, coples, reducciones, campanas, coladeras etc., el operador realiza la función de botador debido al tamaño y peso de las piezas, que con frecuencia son dañadas con el golpeo del botador, por lo que en el sistema operativo desactiva un relé, que es el que controla el botador de la máquina dejando la puerta en opción de ser abierta y manipulada por el operador, ésta tiene un micro-switch que se encarga de iniciar el siguiente ciclo, en el ciclo de arranque el control cambia algunos aspectos sobre el tiempo de enfriado de las piezas y recarga del sinfín, por lo que las temperaturas de las resistencias también se modifican de 250 a 278°C.

#### **2.4 Componentes de monitoreo de la máquina.**

Los relevadores son los encargados de controlar el tiempo de inyección, recarga y el tiempo de enfriado, antes de que los botadores ejecuten su acción solamente para el modo automático. La máquina cuenta con tres relevadores de la marca Siemens. Véase la figura 2.10.



Figura 2.10 Relevadores de control.

Además cuenta con un termómetro analógico, para el control de las temperaturas de entrada a la tolva del material.

Propuesta para actualizar un sistema de control electromecánico por un PLC en una máquina de inyección de plásticos.

Para el resto de la máquina, cuenta con tres termómetros más con los que se monitorean las tres resistencias eléctricas y el cañón de inyección, como se muestra en la figura 2.11.



Figura 2.11 Termómetros de monitoreo.

También cuenta un manómetro, para controlar la presión del fluido. Como ya se mencionó en el tema anterior esta máquina trabaja con electro-válvulas hidráulicas. Además de indicar el nivel de aceite en la parte inferior de la máquina, la temperatura del fluido (aceite), es de 115<sup>0</sup>F.

La máquina esta protegida contra cortó circuito con un interruptor magnético (pastilla). Al igual que todos los demás componentes de tarjeta electrónica del tablero de operación. Los componentes mencionados se muestran en las figuras 2.12 y 2.13.



Figura 2.12 Tarjetas electrónicas.



Figura 2.13 Protector térmico.

## CAPÍTULO 3.

### PROGRAMACIÓN DEL PLC.

#### 3.1 Delimitación del problema.

Las fallas que genera la máquina son las siguientes:

- Enchucamiento de pieza.
- Líneas de flujo.
- Piezas incompletas.
- Rebabas en la pieza.
- Rechupados y huecos.
- Líneas de unión.
- Fracturas o grietas en la superficie de la pieza.
- Tiempo muerto.

La inspección permitió detectar los componentes con fallas de la máquina y determinar los componentes a reemplazar para un adecuado control de la máquina, también se enlistan los nuevos componentes necesarios para la implementación del PLC.

- Termostato, para controlar la temperatura.
- Presostato, para controlar la presión.
- Pantalla TD 200, para modificar los tiempos de la máquina.
- Transductores, analógico/digital, para el caso de las resistencias que funcionan.
- Resistencia, para reemplazar la que no funciona.
- Contador de ciclos.
- PLC.

### **3.2 Desarrollo del GRAFCET.**

A continuación se enlistan los pasos o etapas que conforman el ciclo de la máquina, que fueron analizados y ordenados de manera secuencial, para facilitar el diseño con GRAFCET. Ver diagrama de flujo de la figura 3.0



Figura 3.0 Diagrama de flujo del proceso de inyección.

De acuerdo con el diagrama de flujo del proceso de inyección cumple con los requisitos para generar un GRAFCET de manera secuencial automática, para el caso de usar el modo semiautomático, se le hará un arreglo especial a la estructura del GRAFCET, de manera que un solo programa pueda regir las dos condiciones sin tener la necesidad de cambiar el programa cada vez que se quiera seleccionar un de los dos modos (automático-semiautomático).

Así el GRAFCET, preliminar queda de la siguiente manera. Ver figura 3.1.

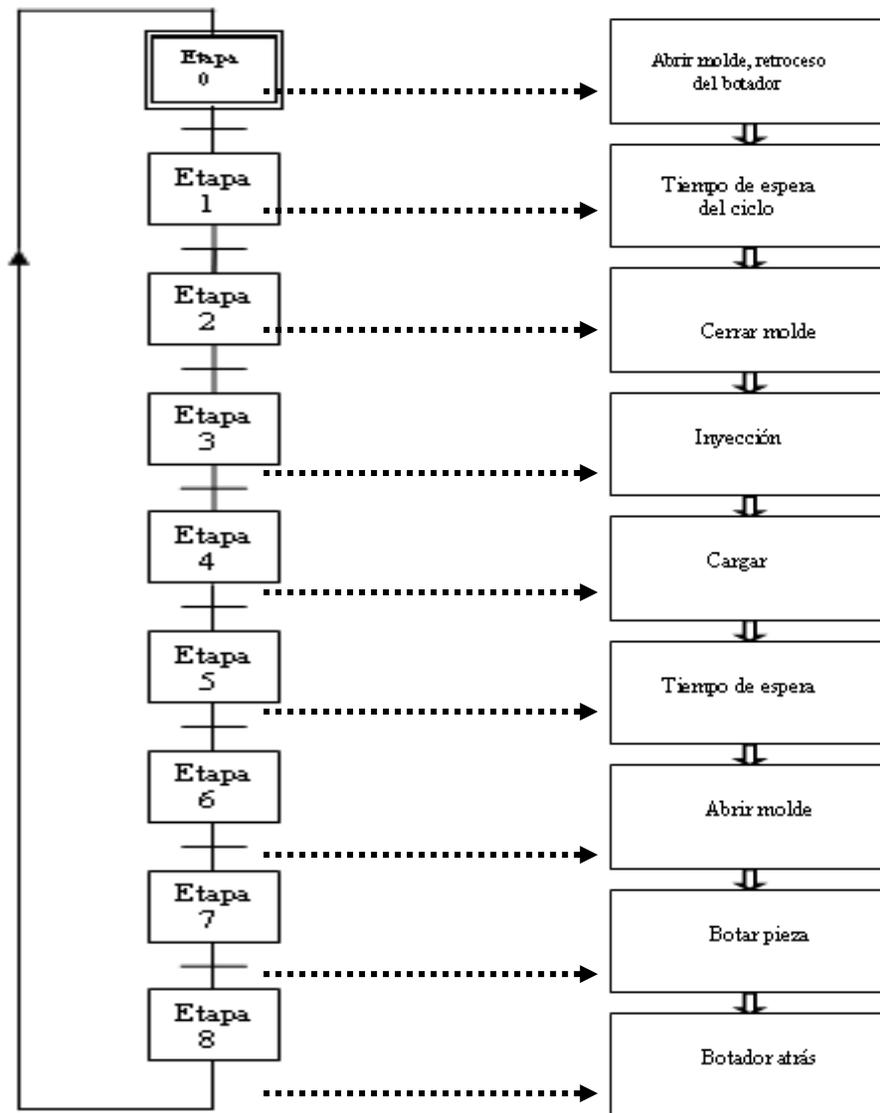


Figura 3.1 GRAFCET preliminar.

A continuación se asocian las acciones a las etapas, (son las acciones que se realizarán mientras permanezca activa la etapa). Ver figura 3.2.

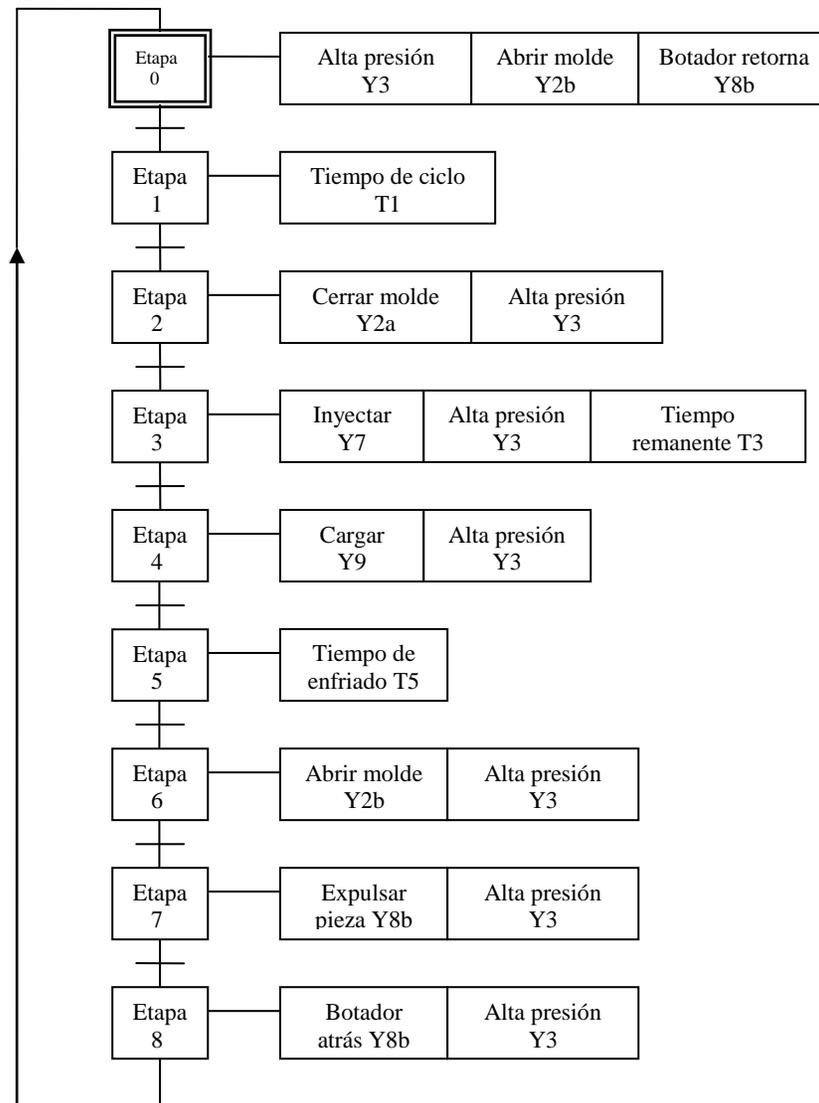


Figura 3.2 Asociación de acciones a etapas.

Ahora a las transiciones se asocian con las receptividades (señales de salida y entrada). Como se muestra en la figura 3.3.

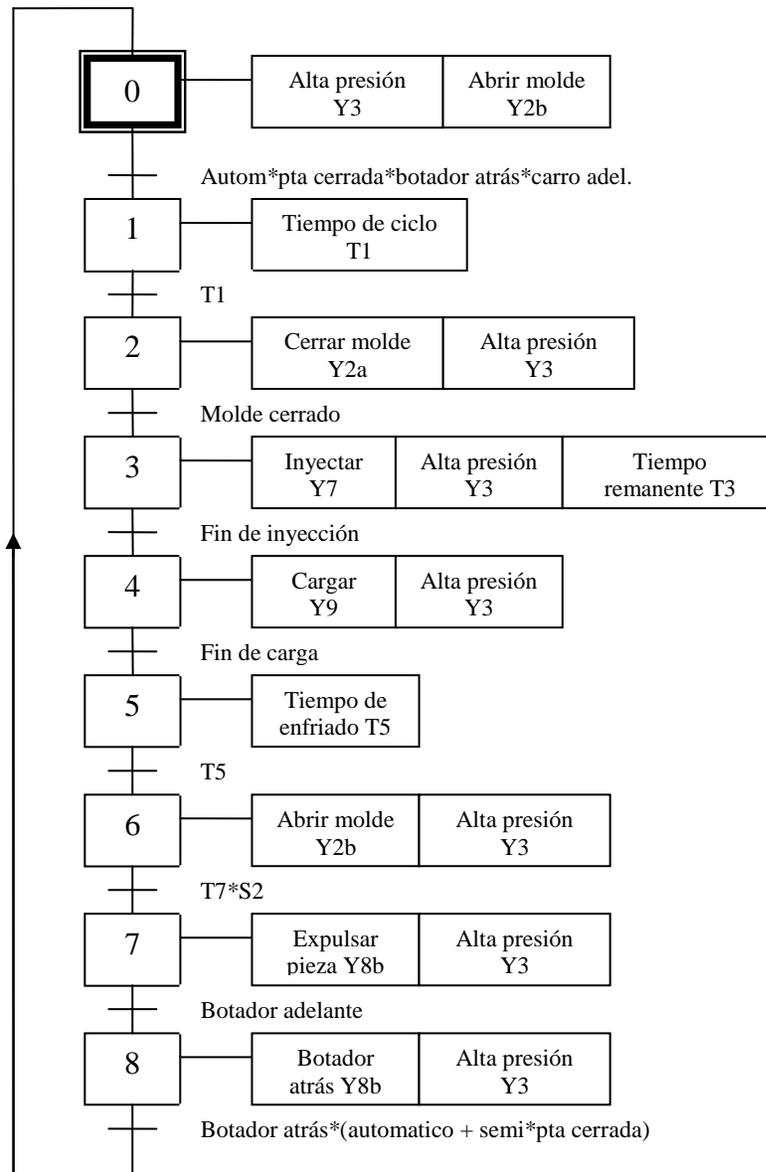


Figura 3.3 Asociación transiciones a receptividades.

Ya con el GRAFCET completo para el sistema de control automático, solo necesitamos hacer una pequeña modificación en la primera transición cuando la máquina funcione en modo semiautomático, ver figura 3.4.

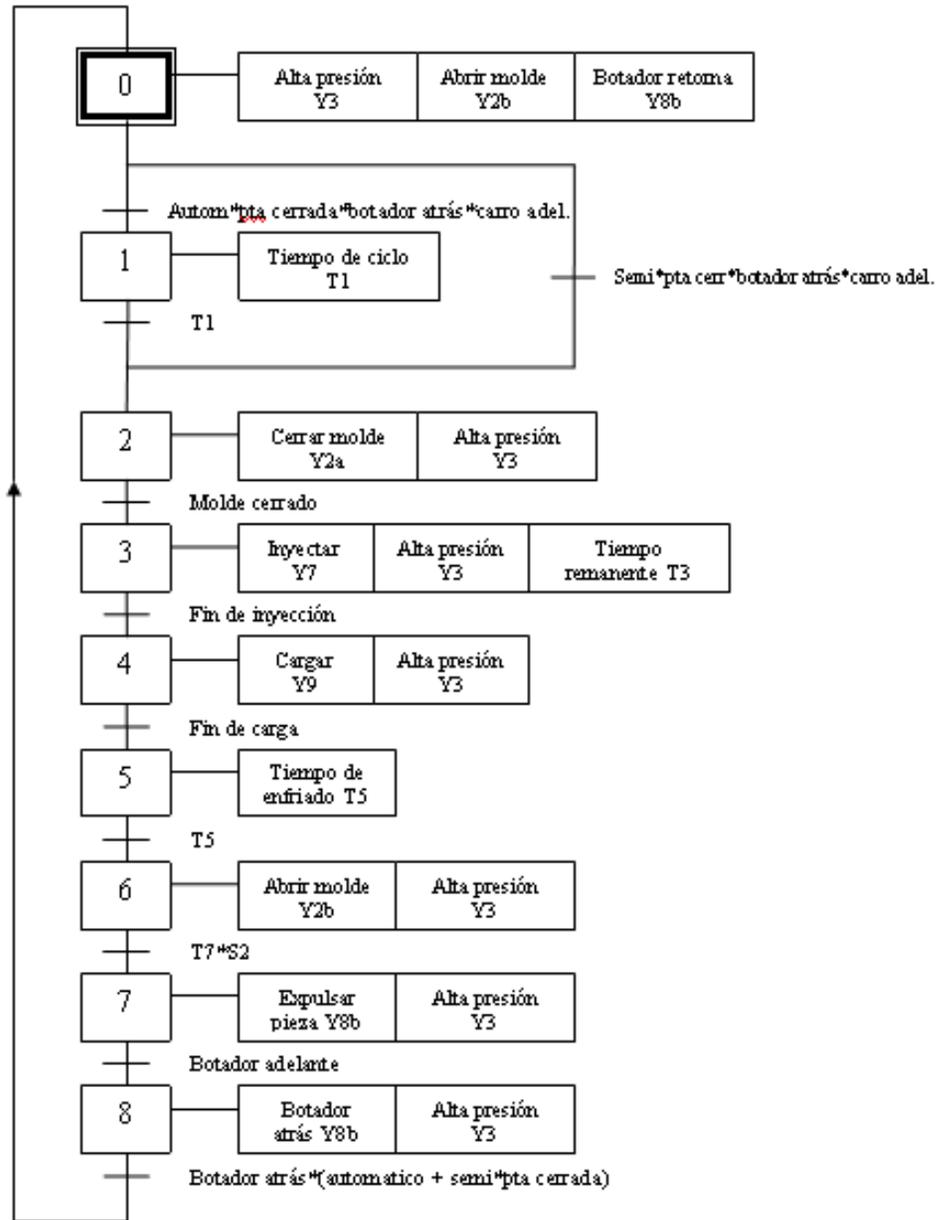


Figura 3.4 GRAFCET final.

### **3.3 Selección del PLC.**

Para seleccionar un **PLC**, se debe tomar en cuenta varios factores:

#### **a) Tipo de entradas**

Es necesario determinar si las entradas que va a recibir el PLC son análogas o digitales

**Análogas.** Serán aquellas señales las cuales varían de 4 a 20 miliampers ó de 0 a 5 Volts.

**Digitales.** Serán aquellas las cuales tomen los estados 1(uno) o 0 (cero)

Las entradas y las salidas digitales pueden funcionar con corriente alterna o corriente directa, un ejemplo de salida puede ser un contactor o relevador.

#### **b) La capacidad de la memoria del procesador**

Es importante conocer la complejidad del sistema que se va a controlar con el PLC, ya que esto determina la cantidad de señales que se requeridas, y por consiguiente la capacidad del PLC.

La cantidad de entradas y salidas, no determinan el uso de la memoria del PLC.

Si se usan funciones matemáticas en el programa, se ocupará más memoria de programa. Cuando es necesario cubrir grandes distancias entre el proceso y los módulos de E/S. El cableado del sistema puede volverse confuso y propenso perturbaciones, entonces lo adecuado es recurrir a sistemas descentralizados.

- El sistema de periferia descentralizada como el ET 200® permite operar las unidades periféricas descentralizadas, los miniautomatas y una gran cantidad de otros dispositivos de campo que se encuentren en proceso a una distancia de hasta 23 kilómetros. Los equipos que se interconectan de esta forma usan el bus de campo rápido PROFIBUS-DP, conforme a la norma EN 50 170.

Para este proyecto no es necesario utilizar una periferia descentralizada, tampoco funciones matemáticas, con el GRAFCET desarrollado se obtiene la información requerida, se necesita un PLC, con 12 entradas y 6 salidas.

La empresa adquirió un PLC siemens modelo 214 reconstruido, el cual puede ser usado para el control de la máquina, ya que este PLC cuenta con 13 entradas y 10 salidas, suficiente para cubrir las necesidades del programa.

Tanto las entradas como las salidas son digitales, por lo que se requiere de un convertidor de señales de entrada analógica/digital, las salidas pueden ser operadas digitalmente.

### **3.4 Documentación para el proyecto Inyectora de Plástico.**

Ya se sabe el número de señales de entrada y salida del programa, también el PLC que se va a utilizar, por lo que el siguiente paso es direccionar las señales de entrada y salida, en la tabla 1 se presentan las siglas de direccionamiento de los PLC's más comunes, en este caso se usaran los de siemens Step 7.

Propuesta para actualizar un sistema de control electromecánico por un PLC en una máquina de inyección de plásticos.

<b>DIRECCIONAMIENTOS.</b>						
<b>PLC.</b>	<b>ENTRADAS.</b>		<b>SALIDAS.</b>	<b>Banderas, relés, bits, o marcas internas.</b>	<b>TEMPORIZADORES.</b>	<b>CONTADORES.</b>
<b>FESTO</b> "FEC 20 - FST"	I0.0-I0.7 I1.0-I1.7	I2.0-I2.7 I3.0-I3.7	O 0.0 - O 0.7 O 1.0 - O 1.7	F0.0 - F0.15 F31.0 - F31.15	T0 - T255 BT: s=seg. m= min.	C 0 - C 255
<b>Siemens.</b> "Step 7" V 4.0	I0.0-I0.7 I1.0-I1.7	I2.0-I2.7 I17.0-I17.7	Q0.0 - Q0.7 Q7.0 - Q7.7	M0.0 - M0.7 M32.0 - M32.7	T32, T96 BT=1mseg. T33-T36,T96-T100 BT=10mseg. T37-T63,T101-T255 BT=100mseg.	C 0 - C 255
<b>Siemens.</b> "logo"	I1 - I6		Q1 - Q4	M0 - M8	30 BLOQUES.	30 BLOQUES.
<b>Cutler Hammer.</b> "D50"	R0.0 - R0.7 R1.0 - R1.7	R15.0 - R15.7 R16.0 - R16.7	R15.0 - R15.7 R16.0 - R16.7	M0.0 - M0.7 M31.0 - M31.7	Chanel 0 - 15 BT= 1mseg. Chanel 16 - 255 BT= 0.1seg.	T/C 0 - 255
<b>Telemecanique.</b> "TSX Nano"	%I0.0 - %I0.13		%Q0.0 - %Q0.10	%M0 - %M128	%TM0 - %TM49	%C0 - %TM79
<b>Square D</b> "Micro 1"	O - 7 10 - 17	200 - 205 210 - 215	200 - 205 210 - 215	400 - 407 590 - 597	TIM79 BT= 0.1 seg.	C 0 - 46
<b>Omron.</b>	X000 - X011 X100 - X111	Y01000 - Y01007 Y01100 - Y01107	Y01000 - Y01007 Y01100 - Y01107	O 115 - O 130	TIM T/C 0 - T/C 511	CNT 0 - CNT 511
<b>Allen Bradley.</b>	I:0/0 - I:0/11	O:0/0 - O:0/11	O:0/0 - O:0/11	B3:0 - B3:4096	T4:0 - T4:255	C5:0 - C5:255
<b>Direct Logic.</b>	X0 - X7	Y0 - Y5	Y0 - Y5	C400 - C777	T0 - T177	CT 0 - CT 177
<b>Mitsubishi.</b>	X0 - X7	Y0 - Y7	Y0 - Y7	M0 - M500		
<b>Hitachi.</b>	X0 - X11	Y200 - Y207	Y200 - Y207	M400 - M407		
<b>Texas.</b>	X000 - X012	Y00 - Y 012	Y00 - Y 012	C0 - C500		
<b>Ge Fanuc 90 - 30.</b>	%I0.0 - I0.8	%Q0.0 - %Q0.6	%Q0.0 - %Q0.6	%M0.1 - M1024		

Tabla 1.

Las señales de entrada son las siguientes:

- Puerta cerrada.
- Botador atrás.
- Carro adelante.
- Molde cerrado.
- Fin de inyección.
- Fin de carga.
- Botador adelante.

Todas estas señales de entrada son accionadas por un micro-switch, por lo que serán marcadas con la sigla LS1, LS2, LS3,.....LS7.

Para los botones de automático y semiautomático:

- Botón de automático.
- Botón de semiautomático.

Y sus marcas serán: B.Auto., y B.Semi. Estas dos entradas son de botones, por eso la sigla inicial B.

Las dos últimas entradas son de un termostato y un presostato.

- Termostato.
- Presostato.

Y sus marcas serán: Term1, para el termostato y PS1 para el presostato.

Para las salidas se les asocian siglas para abreviarlas en el programa, además tanto a las entradas como a las salidas se les asocian siglas del PLC usado, donde indica si es una entrada o salida, en el caso de siemens para las entradas se usa I0.0, I0.1, I0.2,.....I1.3. Y para las salidas Q0.0, Q0.1, Q0.3,.....Q0.5. En la tabla 2 se muestra el resto de los direccionamientos.

Propuesta para actualizar un sistema de control electromecánico por un PLC en una máquina de inyección de plásticos.

<b>ABSOLUTAS.</b>	<b>SIMBOLICAS.</b>	<b>NOMBRE DE ENTRADA O SALIDA</b>
I0.0	LS1	Puerta cerrada.
I0.1	LS2	Botador atrás.
I0.2	LS3	Carro adelante.
I0.3	LS4	Molde cerrado.
I0.4	LS5	Fin de inyección.
I0.5	LS6	Fin de carga.
I0.6	LS7	Botador adelante
I0.7		
I1.0	B.Auto.	Botón de automático.
I1.1	B.Semi.	Botón de semiautomático
I1.2	PS1	Presostato.
I1.3	Term1	Termostato.
Q0.0	Y3	Alta presión.
Q0.1	Y2b	Abrir molde.
Q0.2	Y2a	Cerrar molde.
Q0.3	Y9b	Inyectar.
Q0.4	Y9a	Cargar.
Q0.5	Y8a	Expulsar pieza
Q0.6	Y8b	Botador atrás.

Tabla 2

Debido a que el programa SIMATIC de siemens Step7 V4.0 no acepta el lenguaje GRAFCET, el programa tiene que pasarse a escalera o lista de instrucciones para ser programado.

---

---

### **3.5 Programa PLC escalera (LAD- KOP).**

Los símbolos básicos para la programación en escalera se muestran en la tabla 3.

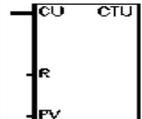
SÍMBOLO	ELEMENTO
CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO	
CONTACTO NORMALMENTE CERRADO	
BOEINA	
TIMERS	
CONTADORES	

Tabla 3.

La forma de programar es la de realizar banderas, y después activarlas en las salidas, la figura 3.5 muestra el ambiente de trabajo en Step7 Micro/Win 32.

Propuesta para actualizar un sistema de control electromecánico por un PLC en una máquina de inyección de plásticos.

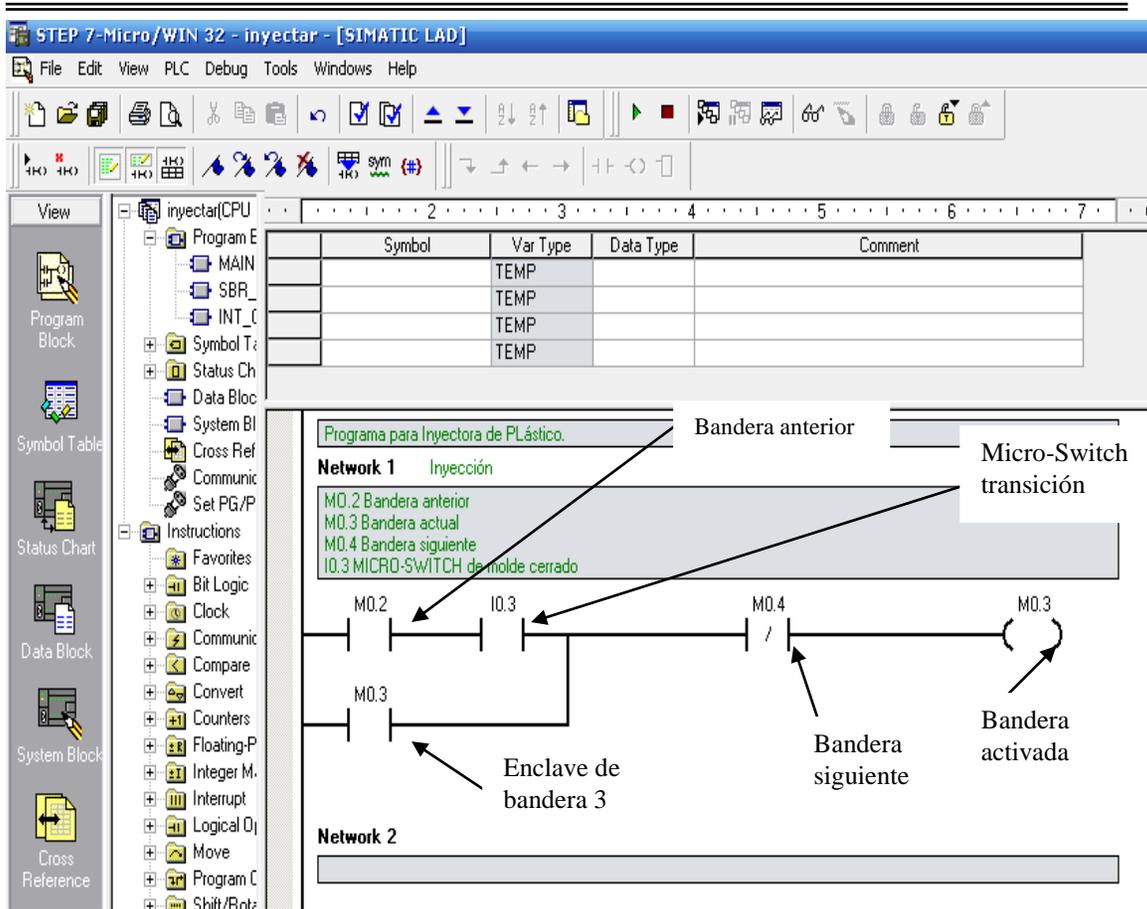


Figura 3.5 Ambiente de trabajo Step7 Micro/Win 32.

Las banderas, representan las etapas, como se vio en el capítulo 2, las reglas para transformar un GRAFCET a diagrama escalera, etapa anterior – transición – etapa siguiente negada – la etapa actual y su enclave.

Así sucesivamente se paso el GRAFCET a diagrama escalera, el programa completo se muestra a continuación.

Proyecto: Inyectora de plásticos.

PROGRAMA DE LA INYECTORA DE PLÁSTICOS.

Network 1

BANDERA No 0

M0.0 Bandera No 0.

M0.1 Bandera No 1.

M0.2 Bandera No 2.

M0.3 Bandera No 3.

M0.4 Bandera No 4.

M0.5 Bandera No 5.

M0.6 Bandera No 6.

M0.7 Bandera No 7.

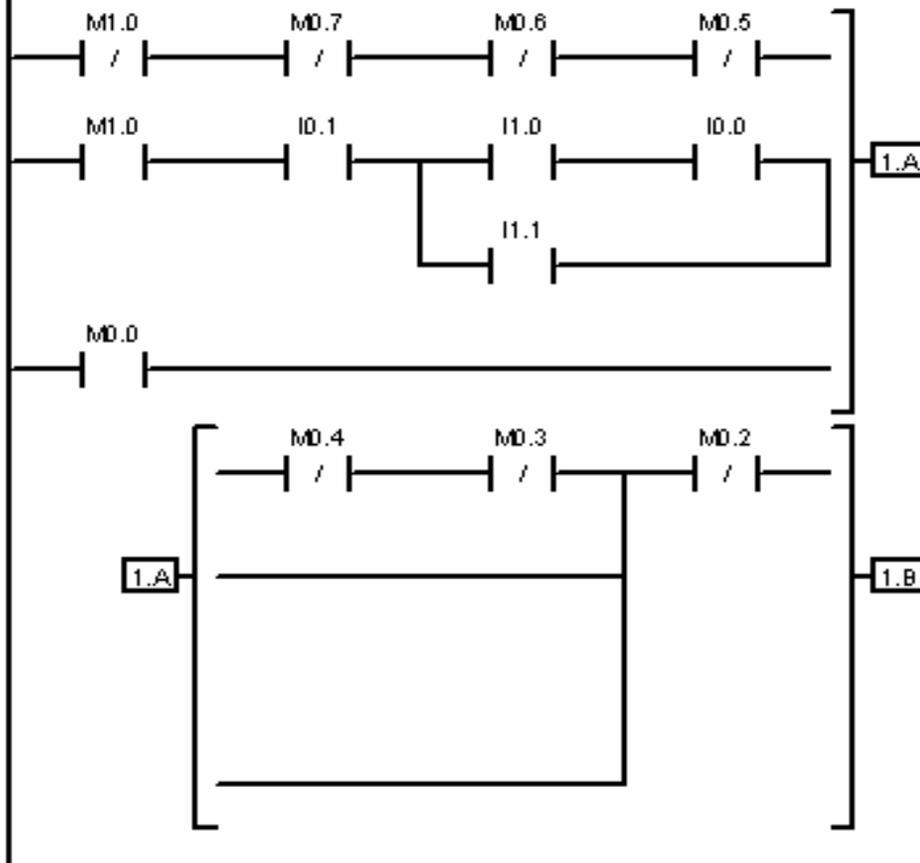
M1.0 Bandera No 8.

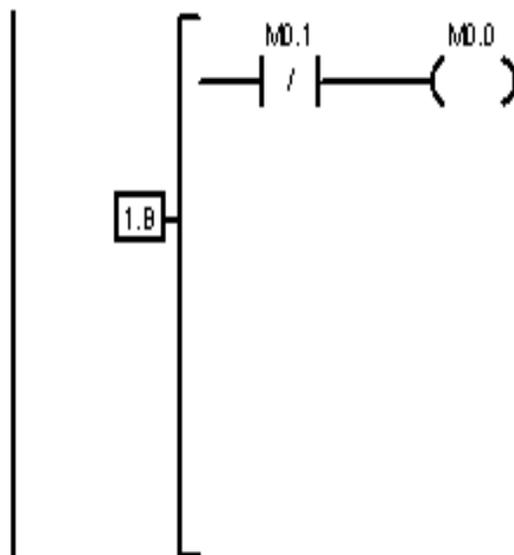
I0.0 Puerta cerrada.

I0.1 Botador atrás.

I1.0 Boton de automático.

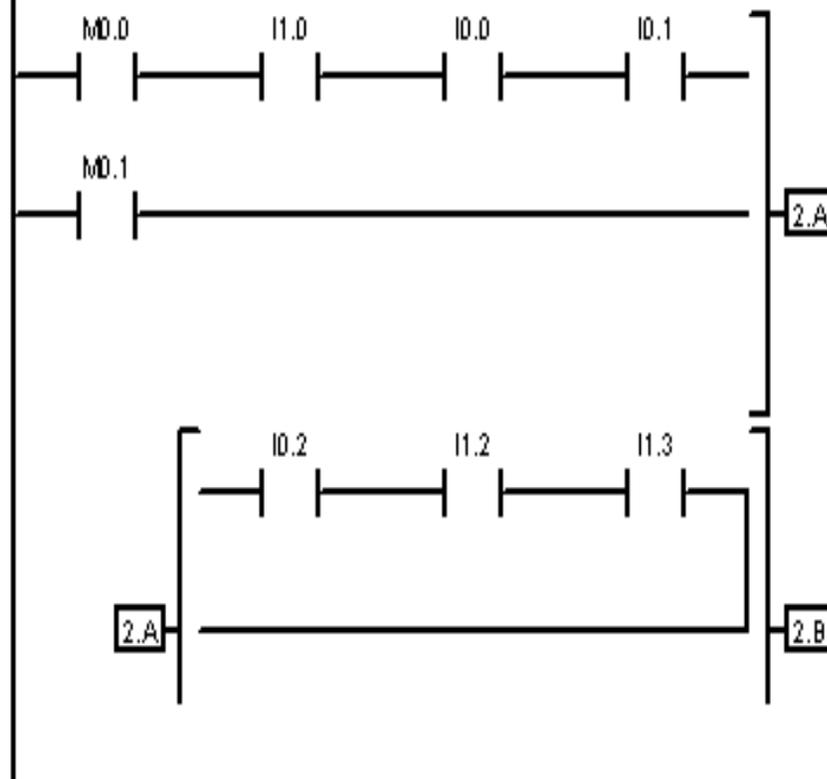
I1.1 Boton de semiautomático.



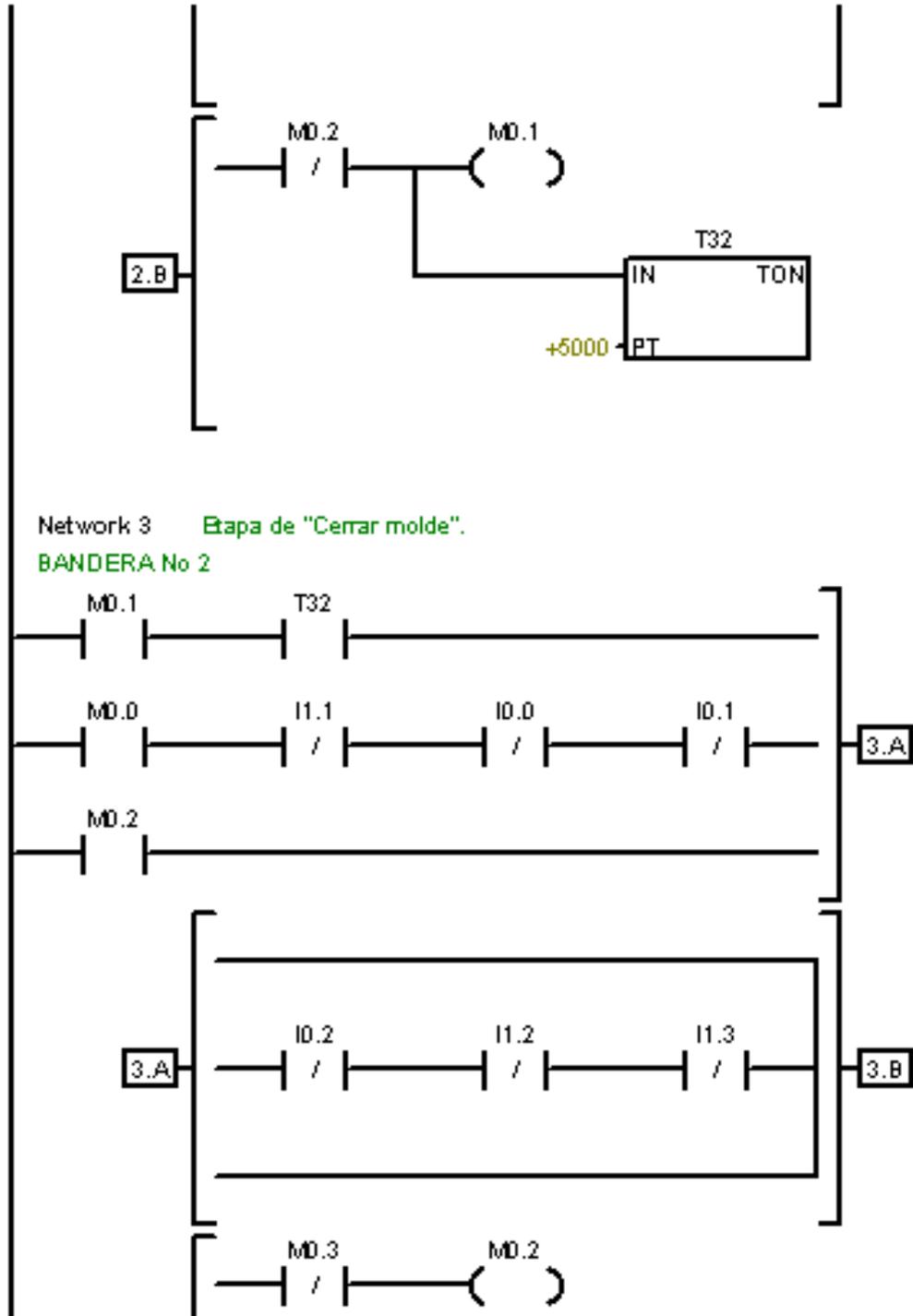


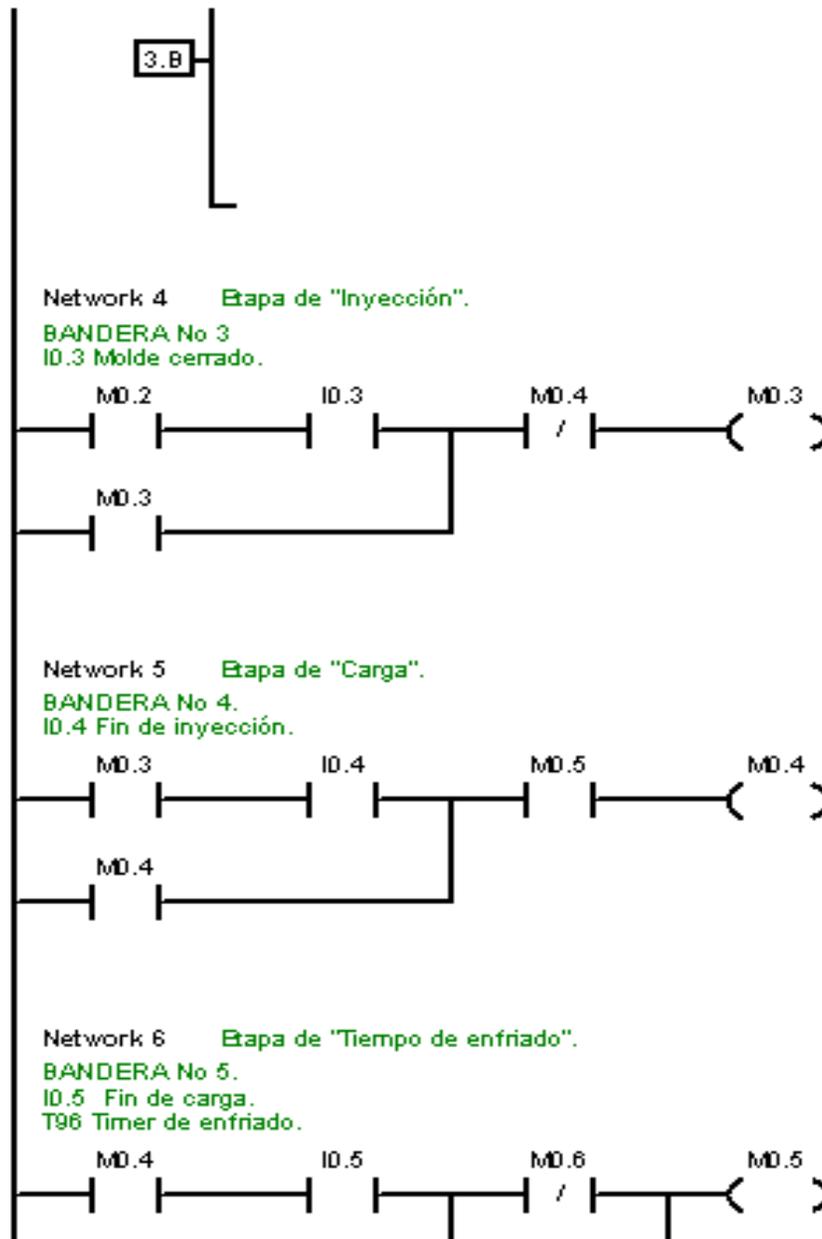
Network 2 En esta etapa del programa, el timer solo da un tiempo de receso para verificar que todas las entradas envíen señal de activación.

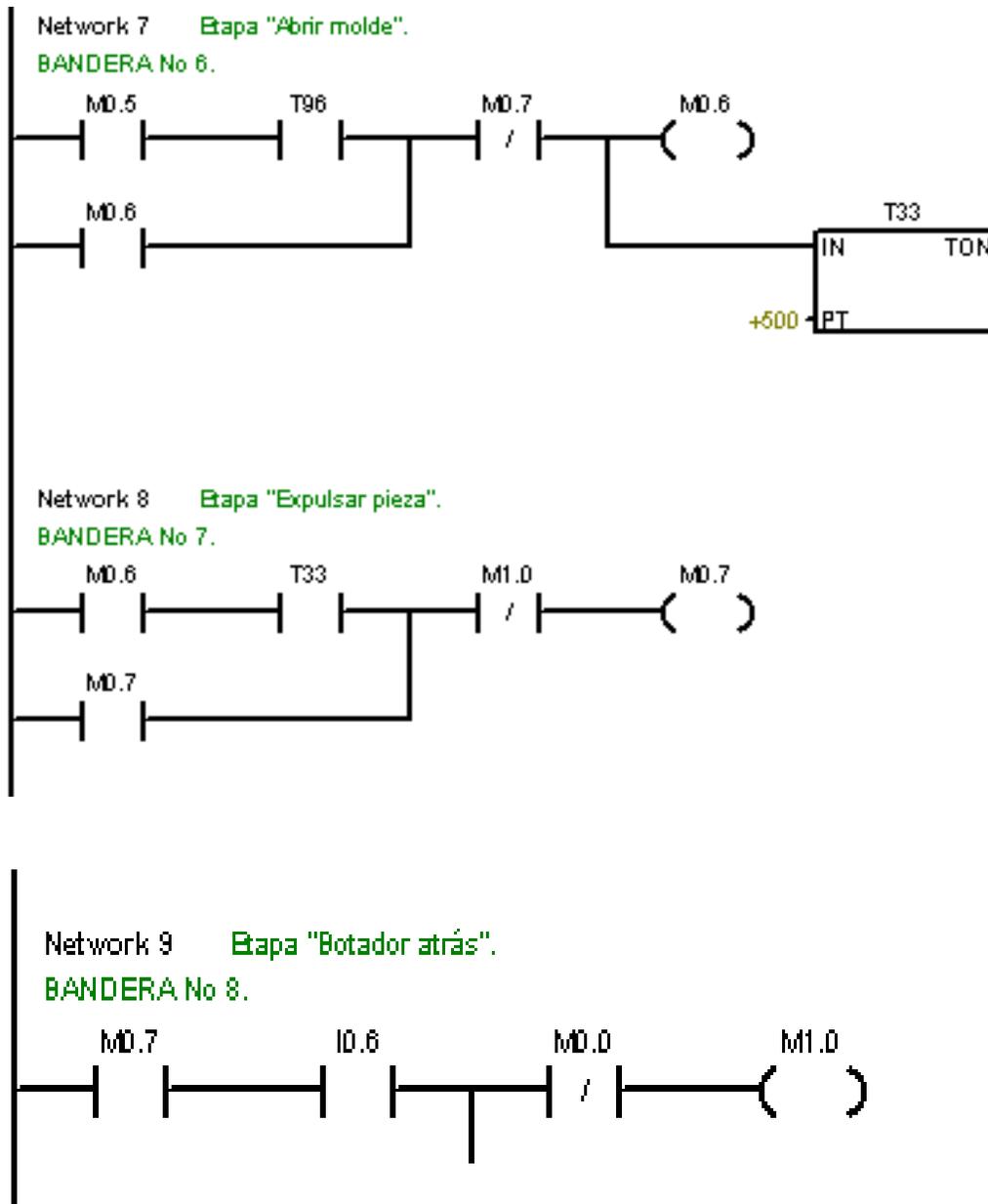
BANDERA No 1  
T32 Timer de tiempo de ciclo.  
I0.2 Camo adelante  
I1.2 Presostato.  
I1.3 Termostato.

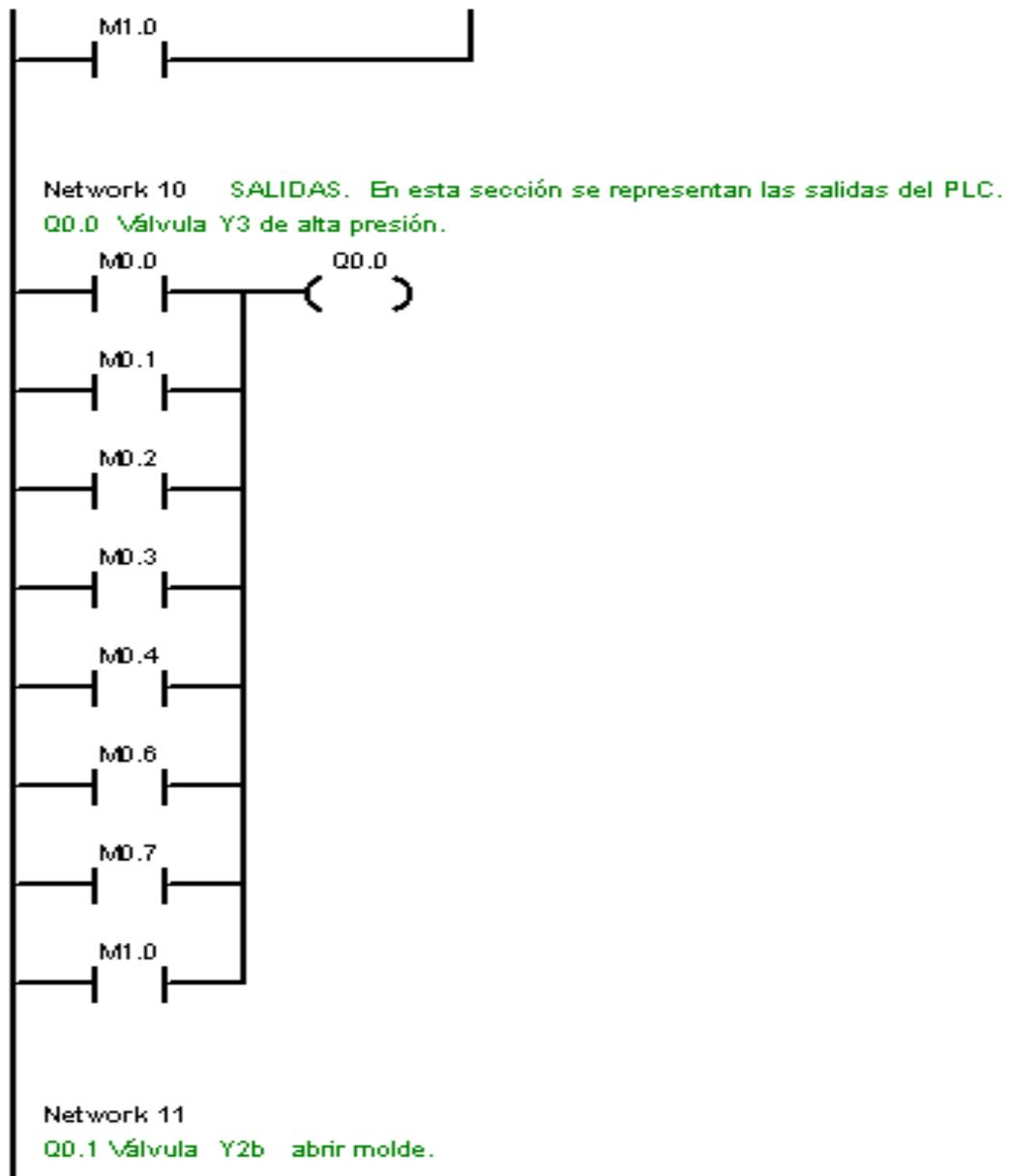


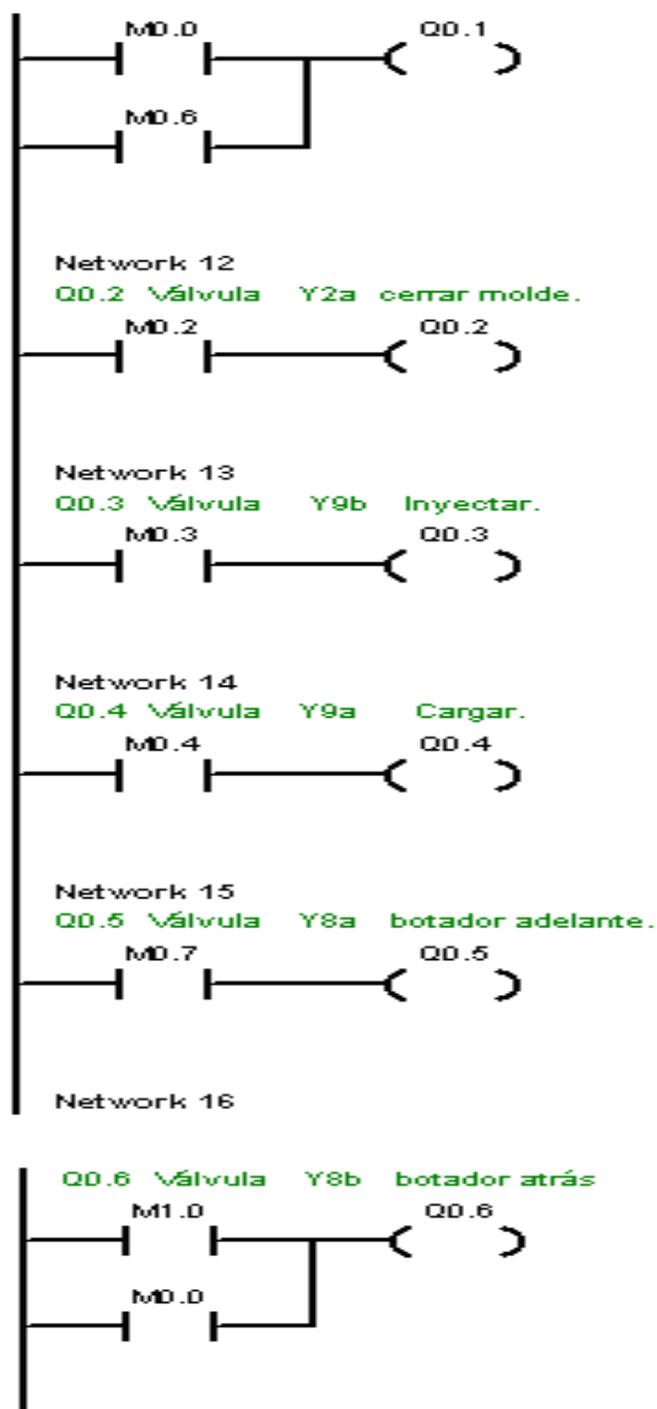
Proyecto: Inyectora de plásticos.











### **3.6 Programa PLC lista de instrucciones..**

TITLE=PROGRAMA DE LA INYECTORA DE PLÁSTICOS.

BEGIN

Network 1

// BANDERA No 0

// M0.0 Bandera No 0.

// M0.1 Bandera No 1.

// M0.2 Bandera No 2.

// M0.3 Bandera No 3.

// M0.4 Bandera No 4.

// M0.5 Bandera No 5.

// M0.6 Bandera No 6.

// M0.7 Bandera No 7.

// M1.0 Bandera No 8.

// I0.0 Puerta cerrada.

// I0.1 Botador atrás.

// I1.0 Botón de automático.

LDN M1.0

AN M0.7

AN M0.6

AN M0.5

AN M0.4

AN M0.3

LD M1.0

A I0.1

LD I1.0

A I0.0

O I1.1

ALD

OLD

O M0.0

AN M0.2

AN M0.1

= M0.0

Propuesta para actualizar un sistema de control electromecánico por un PLC en una máquina de inyección de plásticos.

---

---

Network 2 // En esta etapa del programa, el timer solo da un tiempo de receso para verificar que todas las entradas envíen señal de activación.

// BANDERA No 1

// T32 Timer de tiempo de ciclo.

// I0.2 Carro adelante

// I1.2 Presostato.

LD M0.0

A I1.0

A I0.0

A I0.1

A I0.2

A I1.2

A I1.3

O M0.1

AN M0.2

= M0.1

TON T32, +5000

Network 3 // Etapa de "Cerrar molde".

// BANDERA No 2

LD M0.1

A T32

LD M0.0

AN I1.1

AN I0.0

AN I0.1

AN I0.2

AN I1.2

AN I1.3

OLD

O M0.2

AN M0.3

= M0.2

Network 4 // Etapa de "Inyección".

// BANDERA No 3

LD M0.2

A I0.3

O M0.3

AN M0.4

Propuesta para actualizar un sistema de control electromecánico por un PLC en una máquina de inyección de plásticos.

---

---

```
=      M0.3
Network 5 // Etapa de "Carga".
// BANDERA No 4.
LD      M0.3
A      I0.4
O      M0.4
A      M0.5
=      M0.4
Network 6 // Etapa de "Tiempo de enfriado".
// BANDERA No 5.
// I0.5 Fin de carga.
LD      M0.4
A      I0.5
O      M0.5
AN     M0.6
=      M0.5
TON     T96, +5000
Network 7 // Etapa "Abrir molde".
// BANDERA No 6.
LD      M0.5
A      T96
O      M0.6
AN     M0.7
=      M0.6
TON     T33, +500
Network 8 // Etapa "Expulsar pieza".
// BANDERA No 7.
LD      M0.6
A      T33
O      M0.7
AN     M1.0
=      M0.7
Network 9 // Etapa "Botador atrás".
// BANDERA No 8.
LD      M0.7
A      I0.6
O      M1.0
AN     M0.0
```

Propuesta para actualizar un sistema de control electromecánico por un PLC en una máquina de inyección de plásticos.

---

---

= M1.0

Network 10 // SALIDAS. En esta sección se representan las salidas del PLC.

// Q0.0 Válvula Y3 de alta presión.

LD M0.0

O M0.1

O M0.2

O M0.3

O M0.4

O M0.6

O M0.7

O M1.0

= Q0.0

Network 11

// Q0.1 Válvula Y2b abrir molde.

LD M0.0

O M0.6

= Q0.1

Network 12

// Q0.2 Válvula Y2a cerrar molde.

LD M0.2

= Q0.2

Network 13

// Q0.3 Válvula Y9b Inyectar.

LD M0.3

= Q0.3

Network 14

// Q0.4 Válvula Y9a Cargar.

LD M0.4

= Q0.4

Network 15

// Q0.5 Válvula Y8a botador adelante.

LD M0.7

= Q0.5

Network 16

// Q0.6 Válvula Y8b botador atrás

LD M1.0

O M0.0

Propuesta para actualizar un sistema de control electromecánico por un PLC en una máquina de inyección de plásticos.

---

```
=      Q0.6
END_ORGANIZATION_BLOCK
SUBROUTINE_BLOCK SBR_0:SBR0
TITLE=SUBROUTINE COMMENTS
BEGIN
Network 1 // Network Title
// Network Comment
END_SUBROUTINE_BLOCK
INTERRUPT_BLOCK INT_0:INT0
TITLE=INTERRUPT ROUTINE COMMENTS
BEGIN
Network 1 // Network Title
// Network Comment
END_INTERRUPT_BLOCK
```

Así se termina el programa para controlar la inyectora de plástico, para compilar el programa y enviarlo al PLC (véase el anexo A), donde se indica las conexiones necesarias para transferir el programa de Step7 Micro/Win 32, además de las formas de conectar el PLC a la máquina y sus componentes de entrada y salida.

Ahora analizaremos el costo, de la implementación del PLC, aunque el propósito de esta tesis no es analizar los costos, es necesario revisarlos detalladamente, para hacer una comparación entre los dos sistemas de control (electromecánico y PLC).

El costo de fabricación por pieza de 4 pulgadas de diámetro (codos de 90, 45<sup>0</sup>, T coladera, etc.) es de 4 pesos para la maquiladora y para piezas de 2 pulgadas de diámetro es de 2 pesos.

Como se mencionó en el capítulo 2, el promedio de piezas defectuosas es de 150 diarias, si contabilizamos las piezas por semana nos da una cantidad de 900 piezas defectuosas por semana, supongamos que la mitad de ellas tienen un costo de fabricación de 4 pesos y la otra mitad de 2 pesos, la pérdida monetaria sería de 2700 pesos por semana, este valor sin agregar el gasto por energía eléctrica, ya que la trituradora que se usa para reutilizar el

Propuesta para actualizar un sistema de control electromecánico por un PLC en una máquina de inyección de plásticos.

---

material es operada 1 vez por semana, el costo incrementaría de 2700 a 3200 pesos aproximadamente.

El costo del PLC reconstruido, tiene un valor promedio de 2000 pesos y el de la pantalla TD-200 de 3500 pesos, los transductores 4000 pesos, termostato y presostato 2000 pesos, contador del ciclo 500 pesos y la resistencia descompuesta 3000 pesos, el gasto sería de 15,000 pesos aproximadamente.

El costo sería recuperado en un mes y una semana, por lo que la implementación del PLC es redituable tanto en lo económico como en lo productivo.

Por lo que la propuesta cumple con el objetivo planteado, mejorando el sistema de control y eliminando las fallas que se generan en el sistema electromecánico.

## CONCLUSIONES.

El sistema de control electromecánico de la máquina de inyección de plásticos marca General & Electric modelo 1981 fue muy eficiente en su época, pero su limitada capacidad para realizar modificaciones al proceso de inyección y controlar los defectos en la producción de las piezas plásticas obligó a proponer un reemplazo por un PLC.

Al analizar el proceso de inyección se identificó que las variables que intervienen son: la temperatura, presión, tiempo y velocidad. Lo que permitió ubicar cuáles componentes de la máquina controlaban dichas variables y determinar si los componentes se podían reemplazar o debían agregarse otros para complementar el control de máquina.

En el sistema de plastificación se cambió la resistencia intermedia “2”, porque se encontraba quemada, provocando que la temperatura disminuyera y que el PVC no se fundiera a la temperatura adecuada para ser inyectado, además se implementó un termostato para el control de la temperatura a 250<sup>0</sup>C, de esta manera controlando a temperatura constante el ciclo de plastificación, manteniéndolo en un rango de acuerdo a la gráfica 2.2 Grafica de control presión, temperatura y tiempo del capítulo 2.

Para controlar la presión originada por la bomba hidráulica se instaló un presostato, debido a la variación de presión que estaba entregando y no se podía tener un control en el movimiento del carro de sujeción de los moldes, además el botador en ocasiones ejecutaba su acción con mayor fuerza al momento de sacar la pieza del molde originando algunas marcas de expulsión en las piezas plásticas.

Se rehabilitó el contador de ciclos para mantener un control detallado de la producción, utilizándolo como un instrumento de control y así poder cotejar el número de ciclos efectuados por la máquina inyectora con respecto al número de piezas terminadas, de esta manera se contabilizara las pérdidas por piezas defectuosas.

Para la selección del PLC, se evaluaron los criterios para corroborar que el PLC Siemens 214 cubriera las necesidades del ciclo de inyección, esto refiere al número de entradas y salidas necesarias para que el PLC pueda satisfacer los requerimientos de la máquina de inyección. Otra razón por la cuál se evaluó el PLC Siemens 214 fue que la empresa contaba con él. Obteniendo como resultado satisfactorio que cumplía con los requerimientos establecidos.

Respecto a la programación del PLC, usa de técnicas sencillas de programación que permiten modificar los programas de control a cualquier operador con conocimientos básicos de programación en GRAFCET o en compuertas lógicas o simplemente interpretando los diagramas eléctricos a base de contactos. El software utilizado por el PLC es compatible con otras marcas de PLC's permitiendo la transferencia de información de un software a otro realizándole pequeñas modificaciones en su documentación de entradas y salidas.

Aunque el objetivo de esta tesis no es el análisis de los costos, fue necesario realizarlo para ver la factibilidad del proyecto. Como sabemos por regla de almacén es necesario tener repuestos de los componentes eléctricos y de control para el caso de una falla, cada relevador usado en esta máquina tiene un valor de \$ 415.23 pesos y la máquina cuenta con tres. Los contactores utilizados tienen un valor de \$180 cada uno, la máquina cuenta con tres de estos componentes, más los que debe tener el almacén, además de agregarle las protecciones térmicas, fusibles, etc.

Los costos de la implementación del PLC, se dieron en el capítulo 3 y fueron de 15,000 pesos, podemos observar que existe una diferencia monetaria importante entre el PLC y el sistema electromecánico, pero como se explicó anteriormente es redituable, por lo que el verdadero factor de variación es la eficiencia entre uno y otro. El PLC nos proporciona una eficiencia mayor que la del electromecánico, disminuyendo la cantidad de materia prima (PVC) desperdiciada, así como el tiempo muerto.

Otras ventajas que ofrecerá la implementación del PLC respecto al sistema electromecánico son:

- ✓ La flexibilidad que puede brindar en caso de modificar el sistema de control por crecimiento del sistema.
- ✓ El mantenimiento en un sistema de control a base de PLC es nula, sin embargo, se da mantenimiento a: “microswitchs, motores, relevadores, etc.” a diferencia de un sistema de control electromecánico que es un mantenimiento global.
- ✓ La disminución de fallas de la máquina, al ser completamente automática no es necesario que el operador interactúe con ella, por consiguiente se descartan los errores humanos por distracciones que el operador puede generar al operar la máquina.
- ✓ La disminución de espacio es primordial en una máquina de gran tamaño, anteriormente los tableros de control eran enormes, casi la mitad de la máquina, ocasionando que los operadores trabajaran en un espacio reducido. Ahora los PLC ocupan un espacio del tamaño de un regulador eléctrico, permitiendo que el operador tenga la libertad de trasladarse rápidamente a los puntos de revisión de la máquina.
- ✓ Reducción del tiempo para detectar las fallas de la máquina. Anteriormente se tenía que revisar en su totalidad el sistema de monitoreo de la máquina para encontrar la falla, ahora se puede saber si la falla se encuentra en el programa de control o en los actuadores, reduciendo así el tiempo muerto que se tiene cuando una máquina se descompone.
- ✓ Con un PLC se puede realizar operaciones adicionales, para evitar el pago de tiempo extra a los trabajadores, ya que se puede hacer un programa con reloj de

Propuesta para actualizar un sistema de control electromecánico por un PLC en una máquina de inyección de plásticos.

---

---

tiempo real, y en algunos casos se puede implementar el horario de verano para las regiones en que se aplica.

De esta manera queda culminada la propuesta para actualizar un sistema de control electromecánico por un PLC en una máquina de inyección de plásticos.

## ANEXO A

### **Introducción a los Micro-PLC's S7-200.**

La gama S7-200, comprende diversos sistemas de automatización pequeños (Micro-PLC's) que se pueden utilizar para numerosas tareas. La figura A-1 muestra un micro-PLC S7-200. Gracias a su diseño compacto, su capacidad de ampliación, su bajo costo y su amplio juego de operaciones, los mico-PLC's S7-200 se adecuan para numerosas aplicaciones pequeñas de control. Además los diversos tamaños y fuentes de alimentación de las CPU's ofrecen la flexibilidad necesaria para solucionar las tareas de automatización.

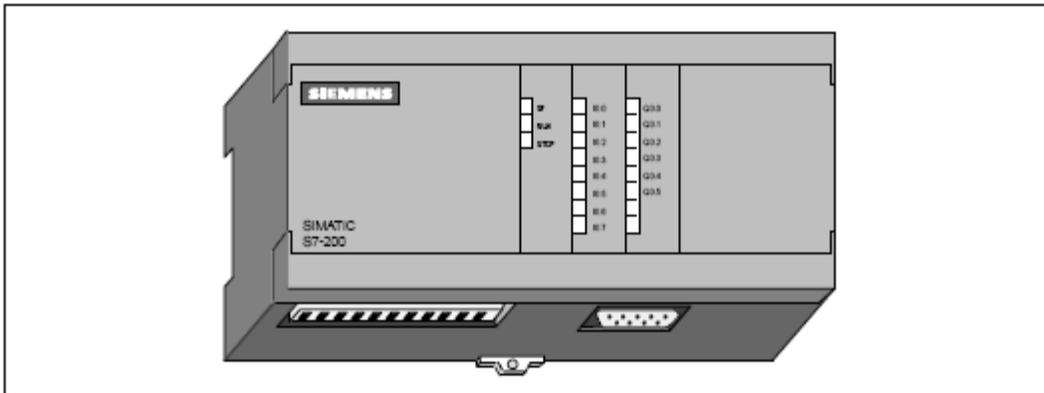


Figura A-1. Micro PLC S7-200.

### **Funciones de los diversos Micro-PLC's S7-200.**

Equipos necesarios:

La figura A-2 muestra la estructura básica de un Micro-PLC S7-200 que incluye una CPU S7-200, un PC, el software de programación STEP 7Micro/WIN y un cable de comunicación.

Si desea utilizar un PC, debe disponer de uno de los siguientes equipos adicionales:

- Un cable PC/PPI.
- Un procesador de comunicaciones (CP) y un cable de interfase multipunto (MPI).

- Una tarjeta de interfase multipunto (MPI). El cable de comunicación se suministra junta con la tarjeta MPI.

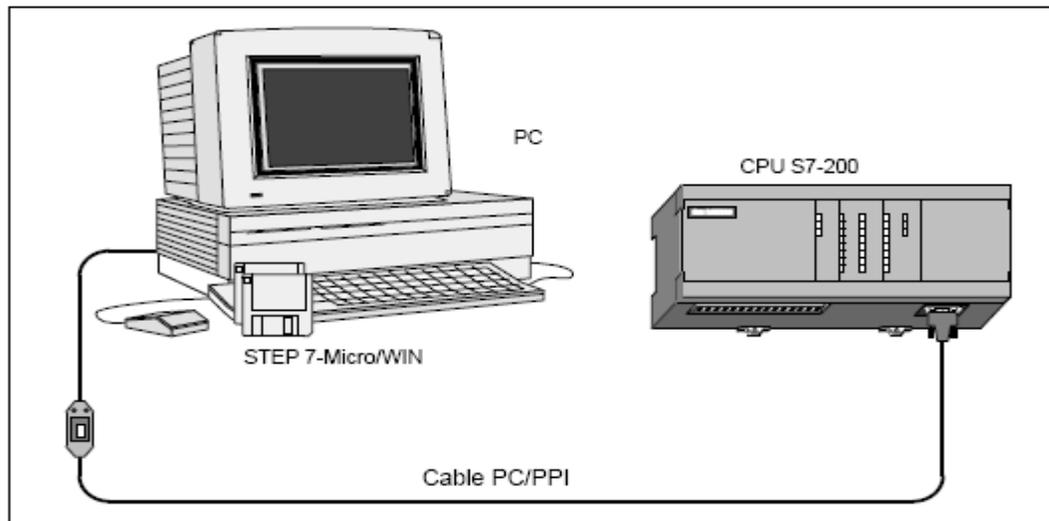


Figura A-2. Componentes de un micro PLC S7-200.

#### Capacidad de los CPU's S7-200

La serie S7-200 comprende diversas CPU's, por lo tanto, se dispone de una amplia gama funciones que permiten diseñar soluciones de automatización a un precio razonable. La tabla 1-1, resume las principales funciones de cada CPU.

Propuesta para actualizar un sistema de control electromecánico por un PLC en una máquina de inyección de plásticos.

Tabla 1-1 Resumen de las CPUs S7-200

Función	CPU 212	CPU 214	CPU 215	CPU 216
Tamaño físico	160 mm x 80 mm x 62 mm	197 mm x 80 mm x 62 mm	218 mm x 80 mm x 62 mm	218 mm x 80 mm x 62 mm
<b>Memoria</b>				
Programa (EEPROM)	512 palabras	2K palabras	4K palabras	4K palabras
Datos de usuario	512 palabras	2K palabras	2,5K palabras	2,5K palabras
Marcas internas	128	256	256	256
Cartucho de memoria	No	Sí (EEPROM)	Sí (EEPROM)	Sí (EEPROM)
Cartucho de pila opcional	No	200 días (tip.)	200 días (tip.)	200 días (tip.)
Respaldo (condensador de alto rendimiento)	50 horas (tip.)	190 horas (tip.)	190 horas (tip.)	190 horas (tip.)
<b>Entradas/salidas (E/S)</b>				
E/S integradas	8 DI / 6 DQ	14 DI / 10 DQ	14 DI / 10 DQ	24 DI / 16 DQ
Módulos de ampliación (máx.)	2 módulos	7 módulos	7 módulos	7 módulos
Imagen del proceso de E/S	64 DI / 64 DQ	64 DI / 64 DQ	64 DI / 64 DQ	64 DI / 64 DQ
E/S analógicas (ampliación)	16 AI / 16 AQ	16 AI / 16 AQ	16 AI / 16 AQ	16 AI / 16 AQ
Filtros de entrada	No	Sí	Sí	Sí
<b>Operaciones</b>				
Velocidad de ejecución booleana	1,2 µs/operación	0,8 µs/operación	0,8 µs/operación	0,8 µs/operación
Contadores / temporizadores	64/64	128/128	256/256	256/256
Bucles FOR/NEXT	No	Sí	Sí	Sí
Aritmética en coma fija	Sí	Sí	Sí	Sí
Aritmética en coma flotante	No	Sí	Sí	Sí
PID	No	No	Sí	Sí
<b>Funciones adicionales</b>				
Contadores rápidos	1 S/W	1 S/W, 2 H/W	1 S/W, 2 H/W	1 S/W, 2 H/W
Potenciómetros analógicos	1	2	2	2
Salidas de impulsos	No	2	2	2
Interrupciones de comunicación	1 emisor / 1 receptor	1 emisor / 1 receptor	1 emisor / 2 receptores	2 emisores / 4 receptores
Interrupciones temporizadas	1	2	2	2
Entradas de interrupción de hardware	1	4	4	4
Reloj de tiempo real	No	Sí	Sí	Sí
<b>Comunicación</b>				
Interfaces	1 (RS-485)	1 (RS-485)	2 (RS-485)	2 (RS-485)
Protocolos asistidos	Interface 0:	PPI, Freeport	PPI, Freeport	PPI, Freeport, MPI
	Interface 1:	N/A	N/A	DP, MPI
Punto a punto	Sólo esclavo	Sí	Sí	Sí

## **Principales componentes de un Micro-PLC S7-200.**

Un Micro-PLC S7-200 puede comprender una CPU S7-200, sola o conectada a diversos módulos de ampliación opcionales.

### **CPU S7-200**

La CPU S7-200, es un aparato autónomo compacto que incorpora una unidad central de procesamiento (CPU), la fuente de alimentación, así como entradas y salidas digitales.

- La CPU, ejecuta el programa y almacena los datos para la tarea de automatización o el proceso-
- La fuente de alimentación proporciona corriente a la unidad y a los módulos de ampliación conectados.
- Las entradas y salidas controlan el sistema de automatización. Las entradas vigilan las señales de los aparatos del campo (por ejemplo sensores e interruptores) y las salidas vigilan las bombas, motores u otros dispositivos del proceso.
- El interface de comunicación permite conectar la CPU a una unidad de programación o a otros dispositivos. Algunas CPUs S7-200 disponen de dos interfaces de comunicación.
- Los diodos luminosos indican el modo de operación de la CPU (RUN o STOP), el estado de las entradas y salidas integradas, así como los posibles fallos del sistema que se hayan detectado.

Propuesta para actualizar un sistema de control electromecánico por un PLC en una máquina de inyección de plásticos.

Las figuras A-3, A-4 y A-5 muestran las diferentes CPUs.

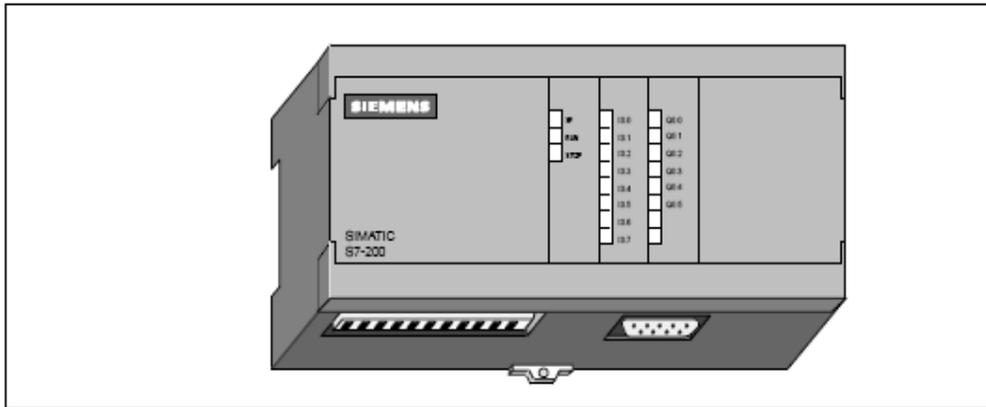


Figura A-3 CPU 121C-2.

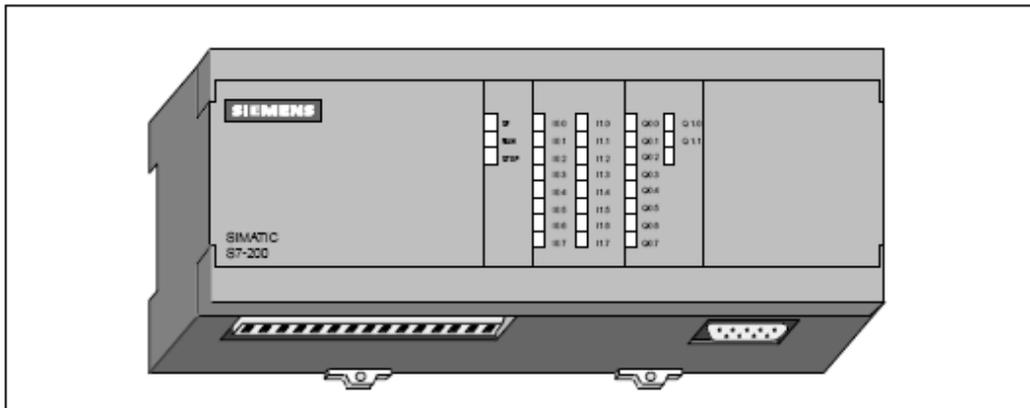


Figura A-4 CPU 121C-3.

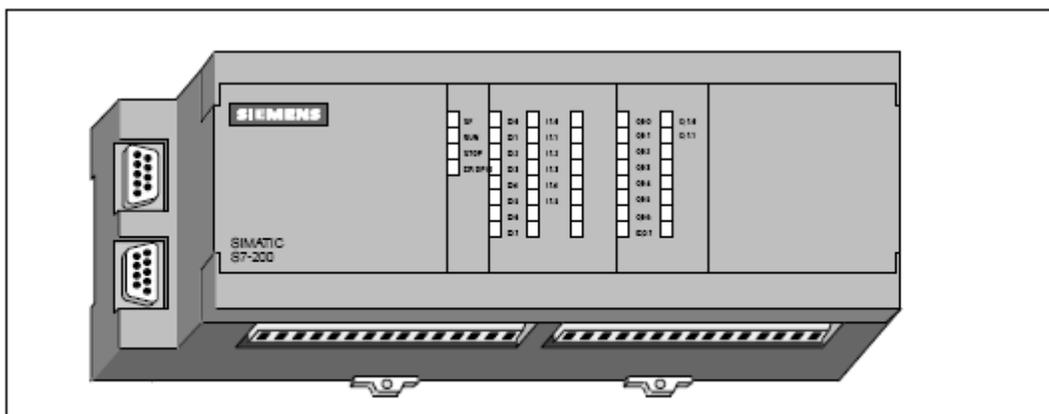


Figura A-5 CPU's 121C-4 y 121C-5.

### **Módulos de ampliación.**

Los módulos de ampliación para los CPU S7-200 ofrecen un número determinado de entradas y salidas integradas. Si se conecta un módulo de ampliación se dispondrá de más entradas y salidas.

Como muestra la figura A-6, los módulos de ampliación disponen de un conector de bus para su unión al aparato central.

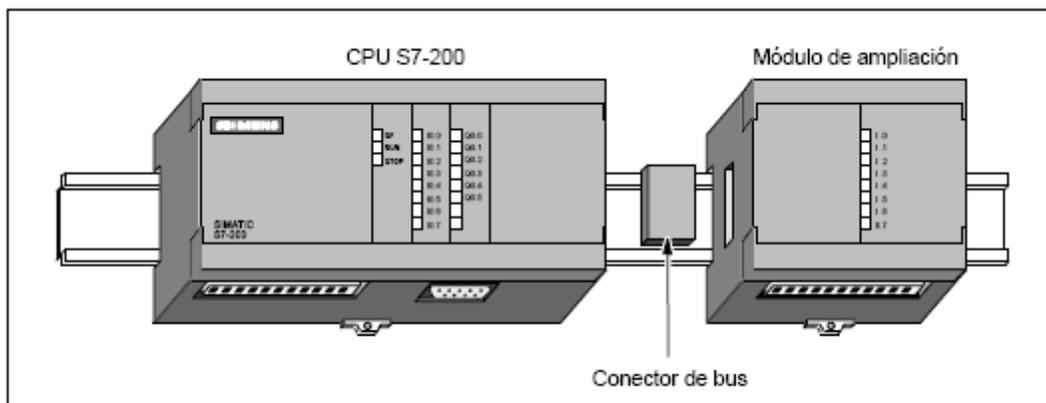


Figura A-6 Módulo de Ampliación.

### **Instalación de un Micro-PLC S7-200.**

Los sistemas de automatización S7-200 (Micro-PLC) son fáciles de instalar, se pueden montar bien sea en un armario eléctrico, utilizando los orificios de sujeción previstos a tal efecto, o bien en un perfil soporte mediante los correspondientes ganchos de retención. Sus reducidas dimensiones permiten ahorrar espacio.

#### **Disposición.**

Los sistemas de automatización S7-200 se pueden disponer en un armario eléctrico o en un perfil soporte. Es posible montarlos en forma vertical u horizontal. Con objeto de flexibilizar aún más el montaje, se ofrecen también cables de conexión para los módulos de ampliación (módulos E/S). La figura A-7 muestra dos ejemplos típicos de disposición.

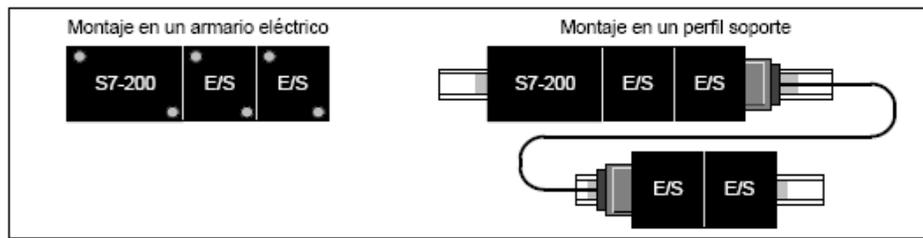


Figura A-7 Disposición para el montaje.

Espacio necesario para montar una CPU S7-200.

Al configurar la disposición de los módulos del bastidor se deberán respetar las siguientes reglas:

- Para las CPUs S7-200 y los módulos de ampliación se ha previsto la ventilación por convección natural, por lo tanto, se deberá dejar un margen mínimo de 25mm por encima y por debajo de las unidades para garantizar su ventilación (véase fig. A-8). El funcionamiento continuo a una temperatura ambiente máxima y con una carga muy elevada reduce la vida útil de cualquier dispositivo electrónico.
- Para el montaje vertical puede ser necesario reducir la carga de salida debido a las contracciones térmicas. Consulte el anexo a la hoja de datos técnicos de su CPU. Si monta la CPU y los módulos de ampliación en un perfil soporte, es necesario asegurarse con frenos.
- Para el montaje vertical u horizontal en un armario eléctrico, el espesor mínimo de este último deberá ser de 75mm (véase fig. A-8)
- Si tiene pensado montar los módulos de ampliación en posición horizontal o vertical, deberá dejar un margen mínimo de 25mm de ambos lados de la unidad para poder montar y desmontarlos. El espacio adicional se requiere para acoplar y desacoplar el conector del bus.
- Al configurar la disposición de los módulos, prevea suficiente espacio para el cableado de las entradas y salidas, así como para las conexiones de los cables de comunicación.

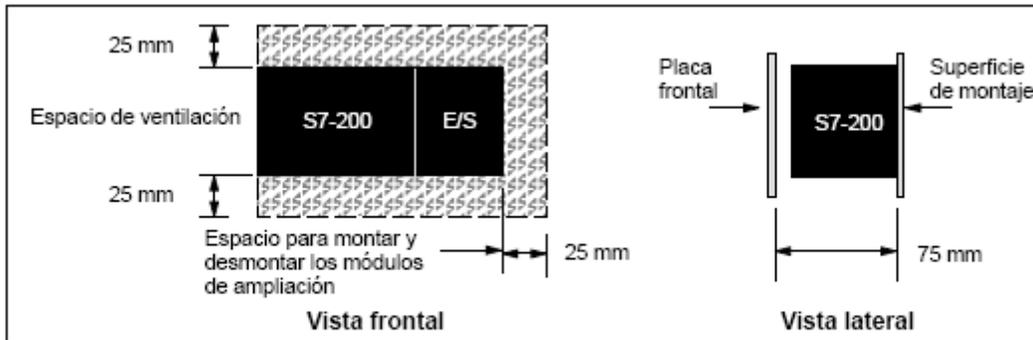


Figura A-8 Espacio necesario para montar un CPU S7-200 de forma horizontal y vertical.

### Montaje de un perfil soporte.

Las CPUs S7-200 y los módulos de ampliación se pueden montar en un perfil soporte estándar (DIN EN 50 022). La figura A-9 muestra las dimensiones de dicho perfil.

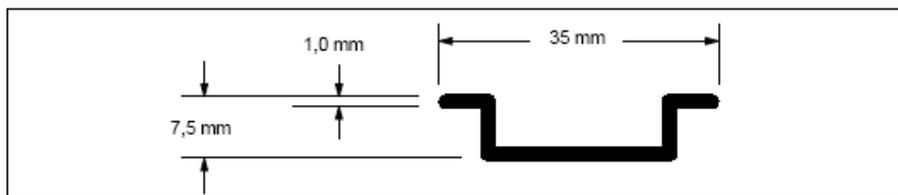


Figura A-9 dimensiones del perfil soporte.

### Dimensiones del armario eléctrico.

Las CPUs S7-200 y los módulos de ampliación pueden disponer de orificios para facilitar su montaje en los armarios eléctricos. En las figuras A-10 a A-13 se indican las dimensiones necesarias para montar los diversos módulos S7-200.

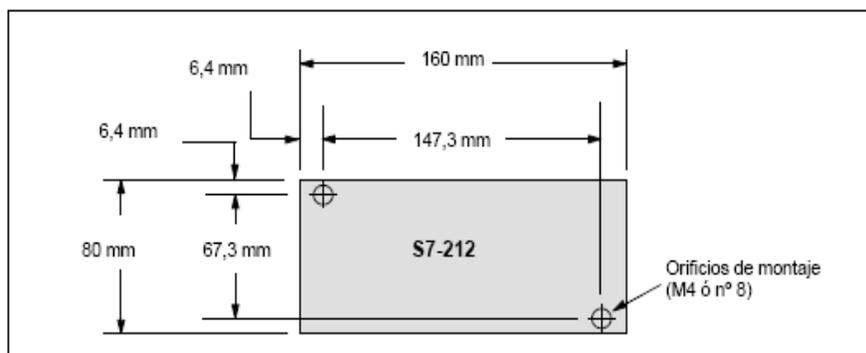


Figura A-10 Dimensiones de montaje para un CPU S7-212.

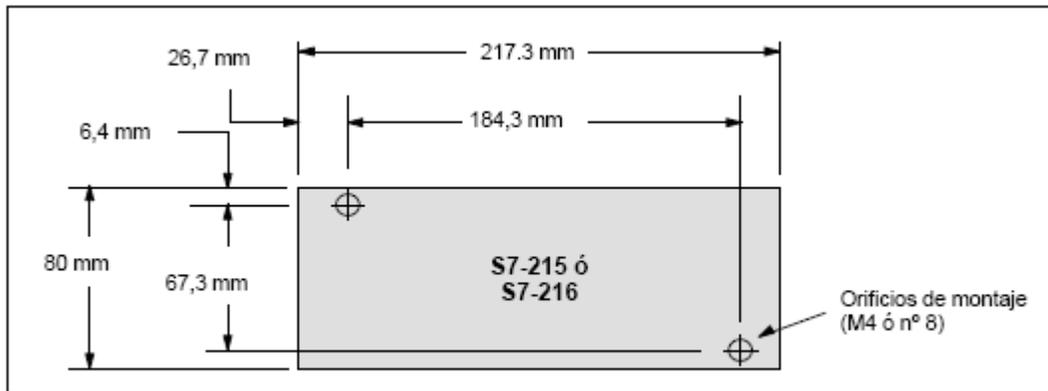


Figura A-11 Dimensiones de montaje para una CPU S7-215 ó 216.

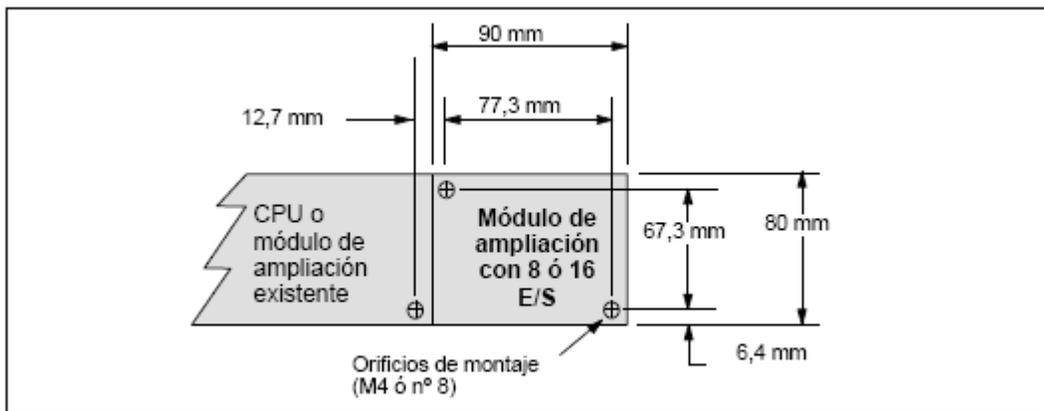


Figura A-12 Dimensiones de montaje para un módulo de ampliación con 8 ó 16 E/S.

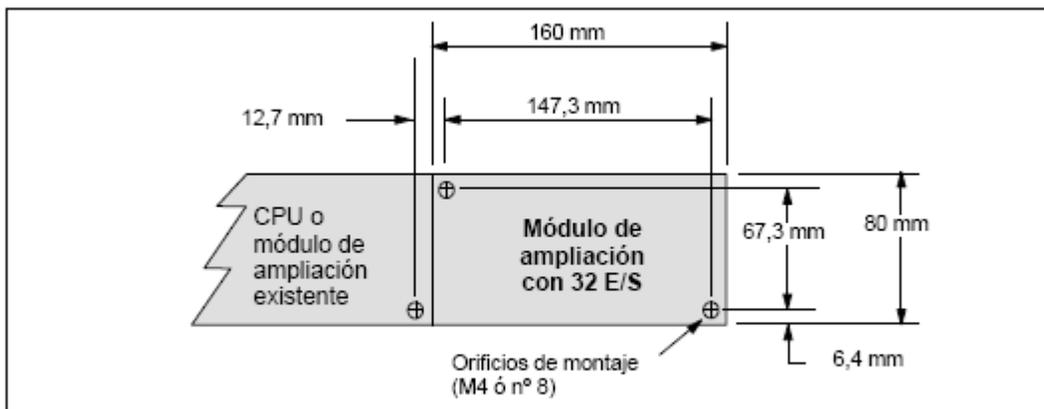


Figura A-13 Dimensiones de montaje para un módulo de ampliación con 32 E/S.

### **Montar y desmontar un Micro-PLC S7-200.**

Si se intenta montar o desmontar los sistemas de automatización y/o los equipos conectados durante el arranque, puede producirse un choque eléctrico.

Si antes del montaje o desmontaje no se ha desconectado por completo la alimentación de los módulos S7-200 y de los equipos conectados, ello podría causar la muerte o heridas graves al personal, y/o daños materiales.

Respete siempre las medidas de seguridad necesarias y asegúrese de que la alimentación de los módulos S7-200 se haya desconectado antes de proceder a su montaje.

Para montar una CPU S7-200:

1. Posicione y taladre los orificios de sujeción para los tornillos de tamaño DIN M4 (estándar americano nº 8). En el apartado 2.1 se indican las dimensiones de montaje y otros datos importantes al respecto.
2. Atornille la CPU S7-200 al armario eléctrico, utilizando tornillos de tamaño DIN M4 (estándar americano nº 8).

Para montar un módulo de ampliación:

1. Retire la tapa del interface de ampliación de bus de la carcasa del módulo existente. A tal efecto, inserte un destornillador entre la tapa y la carcasa, haciendo palanca con suavidad. Retire todos los restos de plástico y tenga cuidado de no deteriorar el módulo. La figura A-14 muestra la utilización apropiada del destornillador.
2. Inserte el conector de bus en el interface de ampliación del módulo existente y asegúrese de que se enclave correctamente.
3. Verifique que el módulo esté orientado correctamente respecto a la CPU. Si utiliza un cable de ampliación, insértelo en el módulo de manera que el lado superior del cable señale hacia adelante.
4. Enchufe el módulo de ampliación al conector de bus, desplazando el módulo hacia el conector hasta que se enclave correctamente.

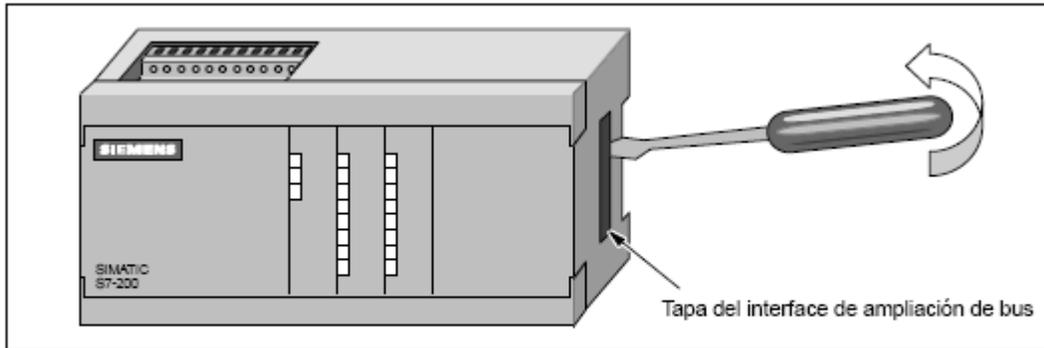


Figura A-14 Retirar la tapa interfase de ampliación del módulo S7-200.

### Precaución

Si se intenta montar o desmontar los sistemas de automatización y/o los equipos conectados durante el arranque, puede producirse un choque eléctrico.

Si antes del montaje o desmontaje no se ha desconectado por completo la alimentación de los módulos S7-200 y de los equipos conectados, ello podría causar la muerte o heridas graves al personal, y/o daños materiales.

Respete siempre las medidas de seguridad necesarias y asegúrese de que la alimentación de los módulos S7-200 se haya desconectado antes de proceder a su montaje.

Para montar una CPU S7-200:

1. Fije el perfil soporte en el armario eléctrico utilizando tornillos cada 75 mm.
2. Abra el gancho de retención (ubicado en el lado inferior de la CPU) y enganche la parte posterior del módulo en el perfil soporte.
3. Cierre el gancho de retención y asegúrese de que el módulo haya enganchado correctamente en el perfil.

### Nota

Si los módulos se montan en entornos donde se presenten vibraciones fuertes, o bien en posición vertical, puede ser necesario asegurarlos con frenos.

Para montar un módulo de ampliación:

1. Retire la tapa del interface de ampliación de bus de la carcasa del módulo existente. A tal efecto, inserte un destornillador entre la tapa y la carcasa, haciendo palanca con suavidad. Retire todos los restos de plástico y tenga cuidado de no deteriorar el módulo. La figura A-14 muestra la utilización apropiada del destornillador.
2. Inserte el conector de bus en el interface de ampliación del módulo existente y asegúrese de que se enclave correctamente.
3. Verifique que el módulo esté orientado correctamente respecto a la CPU. Si utiliza un cable de ampliación, insértelo en el módulo de manera que el lado superior del cable señale hacia adelante.
4. Abra el gancho de retención y enganche la parte posterior del módulo en el perfil soporte. Desplace el módulo hacia el conector hasta que se enclave correctamente.
5. Cierre el gancho de retención para fijar el módulo de ampliación al perfil soporte. Asegúrese de que el módulo se haya enganchado correctamente en el perfil.

Instalar un Micro-PLC S7-200

### **Desmontar los módulos S7-200**

Si se intenta montar o desmontar los sistemas de automatización y/o los equipos conectados durante el arranque, puede producirse un choque eléctrico.

Si antes del montaje o desmontaje no se ha desconectado por completo la alimentación de los módulos S7-200 y de los equipos conectados, ello podría causar la muerte o heridas graves al personal, y/o daños materiales.

Respete siempre las medidas de seguridad necesarias y asegúrese de que la alimentación de la CPU y de los módulos de ampliación S7-200 se haya desconectado antes de proceder a su montaje o desmontaje.

Para desmontar una CPU o un módulo de ampliación S7-200:

1. Desconecte todos los cables conectados al módulo que desee desmontar. Si el módulo está en medio de una estructura, las unidades situadas a la derecha o a la izquierda del mismo se deberán desplazar 25mm como mínimo para poder desacoplar el conector de bus (v. fig. A-15).
2. Afloje los tornillos de sujeción o abra el gancho de retención y desplace el módulo 25mm para poder desacoplar el conector de bus. Éste se deberá desacoplar en ambos lados del módulo.
3. Retire el módulo del armario eléctrico o del perfil y monte otra unidad.

### **Precaución**

Si instala un módulo incorrecto, es posible que el programa contenido en el PLC funcione de forma impredecible.

Si un módulo y un cable de ampliación se sustituyen con otro modelo o si no se instalan con la orientación correcta, ello podría causar la muerte o heridas graves al personal, y/o daños materiales.

Sustituya un módulo de ampliación con el mismo modelo y oriéntelo correctamente. Si utiliza un cable de ampliación, insértelo en el módulo de manera que el lado superior del cable señale hacia delante.

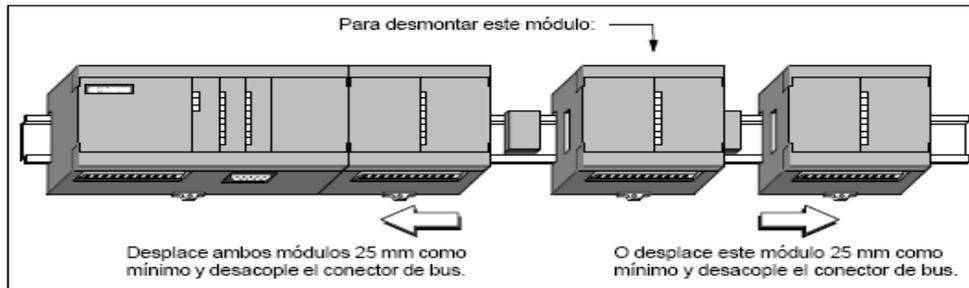


Figura A-15 Desmontar un módulo de ampliación.

### **Instalación del cableado de campo.**

#### **Reglas de carácter general**

Los puntos siguientes constituyen reglas de carácter general para la instalación y el cableado de los Micro-PLCs S7-200:

- Al cablear el Micro-PLC S7-200 es necesario respetar todos los reglamentos, códigos y normas eléctricas aplicables. Instale y utilice el equipo conforme a todas las normas nacionales y locales vigentes. Diríjase a las autoridades locales para informarse acerca de qué reglamentos, códigos o normas rigen en el lugar de instalación.
- Utilice siempre cables con un diámetro adecuado para la intensidad. Los módulos del S7-200 aceptan cables con sección de 1,50 mm<sup>2</sup> a 0,50 mm<sup>2</sup> (14 AWG a 22 AWG).
- Asegúrese de que los tornillos de los bornes no pasen de rosca. El par máximo de apriete es de 0,56 N-m.
- Utilice siempre un cable lo más corto posible (apantallado o blindado, como máximo 500 metros, sin pantalla o blindaje, 300 metros). El cableado deberá efectuarse por pares: con el cable de neutro o común apareado con un cable activo.
- Separe el cableado de corriente alterna y el cableado de corriente continua de alta tensión y rápida conmutación de los cables de señal de baja tensión.

- Identifique y disponga adecuadamente el cableado hacia los módulos S7-200; de ser necesario, prevea alivio de tracción. Para obtener más información sobre la identificación de terminales o bornes, consulte la hoja de datos del anexo A.
- Instale dispositivos de supresión de sobre-tensión apropiados para el cableado susceptible de recibir sobre-tensión causado por rayos.
- Ninguna alimentación externa deberá aplicarse a una carga de salida en paralelo con una salida de corriente continua (DC). En caso contrario puede circular corriente inversa a través de la salida a menos que se instale un diodo en otra barrera.
- 

### **Reglas de puesta a tierra de referencia de potencial para circuitos aislados.**

Seguidamente se indican las reglas de puesta a tierra para circuitos aislados:

- Deberá identificarse en el punto de referencia (referencia de tensión 0) para cada circuito de la instalación, así como los puntos donde puedan interconectarse circuitos con referencia de potencial diferentes. Tal tipo de conexiones puede causar circulaciones parásitas de corriente con consecuencias indeseadas, tales como errores lógicos o circuitos deteriorados. Una causa común de diferentes potenciales de referencia son tomas de tierra que están separadas físicamente por una gran distancia. Cuando se conectan dispositivos con tierras muy separadas a través de un cable de comunicación o de sensor, por el circuito creado por el cable y tierra pueden circular corrientes inesperadas. Las corrientes de maquinaria pesada pueden causar, incluso con distancias reducidas, diferencias de potencial de tierra o generar corrientes indeseadas por fenómenos de inducción electromagnética. Las fuentes de alimentación que no tengan coordinada su referencia de potencial 0 puede causar corrientes dañinas al circular entre sus circuitos asociados.
- Los productos S7-200 incluyen aislamientos en ciertos puntos para prevenir la circulación de corrientes indeseadas en la instalación. Al planear la instalación, se deberá considerar dónde existen tales elementos de aislamiento y donde no. También deberán considerar los puntos de aislamiento en fuentes de alimentación

asociadas y otros equipos, así como los puntos que utiliza como referencia las fuentes de alimentación asociadas.

- Los puntos de referencia de tierra y los aislamientos que ofrece el equipo deberán elegirse de forma que se interrumpan bucles de circuito innecesarios que pueden causar la circulación de corrientes indeseadas. No olvide considerar aquellas conexiones temporales que pueden introducir cambios en el potencial de referencia de los circuitos, por ejemplo la conexión de una unidad de programación a la CPU.
- Al definir físicamente las tierras es necesario considerar los requisitos de puesta a tierra de protección y el correcto funcionamiento de los aparatos de protección por corte. Las descripciones siguientes constituyen una introducción a las características de aislamiento generales de la gama S7-200. Sin embargo, algunas prestaciones pueden diferir en determinados productos. La hoja de datos técnicos incluye en el anexo, especificaciones relativas a puntos de aislamientos y valores nominales de los mismos para determinados productos. Los aislamientos con valores nominales inferiores a AC 1.500V han sido diseñados únicamente como aislamiento funcional y no deberá tomarse para definir barreras de seguridad.
- El potencial de referencia de la lógica de la CPU, es el mismo que el de la conexión M de la fuente de alimentación DC. de sensores.
- El potencial de referencia de la lógica de la CPU, es el mismo que el punto M de la alimentación de entrada en el caso de una CPU con alimentación en una corriente continua.
- Los puertos o interfaces de comunicación de la CPU, tienen el mismo potencial de referencia que la lógica de la CPU (excepto los interfaces DP).
- Las entradas y salidas (E/S) analógicas no están aisladas respecto a la lógica de la CPU. Las entradas analógicas son de tipo diferencial, es decir tienen una baja razón de rechazo en modo común.
- La lógica de la CPU, está aislada a tierra hasta DC 100V.
- La E/S digitales en DC están aislados de la lógica de la CPU hasta AC 500V.
- Los grupos E/S digitales en DC están aislados entre sí hasta AC 500V.
- Las salidas de rele, las salidas AC y las entradas AC están aisladas de la lógica de la CPU hasta AC 1.500V.

Propuesta para actualizar un sistema de control electromecánico por un PLC en una máquina de inyección de plásticos.

- Los grupos de salida AC y por réles, están aislados entre sí hasta AC 1.500V.
- La fase y el neutro y la alimentación en alterna están aislados de tierra, la lógica de la CPU y todas las entradas E/S hasta AC 1.500V.

Uso del bloque de bornes opcional:

El bloque de bornes opcional para el cableado de campo (v. fig. A-16) permite independizar el cableado de campo de la CPU S7-200, facilitando en gran medida el desmontaje y remontaje de la misma.

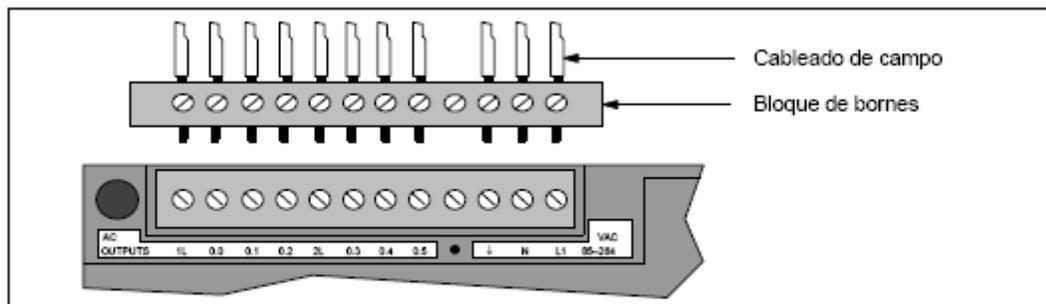


Figura A-16 Bloque de bornes opcional para el cableado de campo.

### **Reglas para la instalación con corriente alterna.**

Seguidamente se indican reglas de carácter general para instalaciones con corriente alterna (véase. fig. A-17).

- Instale un interruptor unipolar (1) para cortar la alimentación de la CPU, todos circuitos de entrada y todos circuitos de salida (la carga).
- Prevea dispositivos de sobre-corriente (2) para proteger la alimentación de la CPU, las salidas y las entradas. Para mayor protección es posible instalar un fusible en cada salida. No se precisa protección de sobre-corriente externa para las entradas si se utiliza la fuente de alimentación de 24VDC para sensores (3) integrada en el Micro-PLC. Esta fuente para sensores está protegida contra cortocircuitos.

- Conecte todas las terminales a tierra del S7-200 por el camino más corto a tierra (4) para obtener el mayor nivel posible de inmunidad de interferencias. Es recomendable conectar todas las terminales de masa a un solo punto eléctrico. Para establecer esta conexión utilice un cable con una sección de 14AWG ó 1.5 mm<sup>2</sup>.
- La fuente de alimentación DC para sensores integrada en módulo base puede usarse también para alimentar las entradas de dicho componente (5), las entradas DC de ampliación (6) y las bobinas de los réles del módulo de ampliación (7). Esta fuente par sensores está protegida contra cortocircuitos.

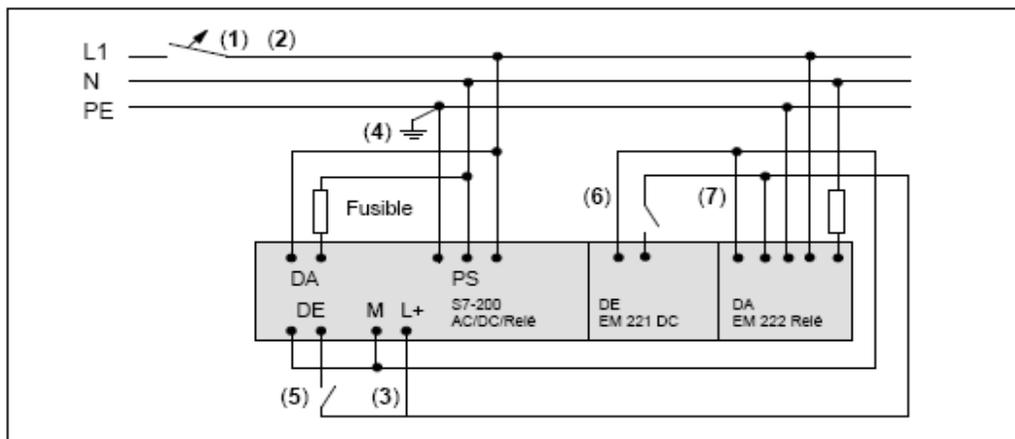


Figura A-17 AC 120/230 V Uso de interruptor de sobrecarga único para proteger la CPU:

### **Reglas para la instalación con corriente continua.**

Seguidamente se indican reglas de carácter general para instalaciones con corriente continua aisladas (v. fig. 2-18).

- Instale un interruptor unipolar (1) para cortar la alimentación de la CPU, todos circuitos de entrada y todos circuitos de salida (la carga).
- Prevea dispositivos de sobre-corriente para proteger la alimentación de la CPU (2), las salidas (3) y las entradas (4). Para mayor protección es posible instalar un fusible en cada salida. No se precisa protección de sobre-corriente externa para las entradas si se utiliza la fuente de alimentación de 24VDC para sensores integrada en el Micro-PLC. Esta última fuente de alimentación dispone de una función de limitación interna de corriente.

- Verifique que la fuente de alimentación DC tenga suficiente capacidad para mantener la tensión en caso de que no se produzcan cambios bruscos de carga. De no ser así prevea condensadores (5) externos adecuados.
- Equipe las fuentes de alimentación DC no puestas a tierra con una resistencia y un condensador en paralelo (6), conectando entre el común de la alimentación y el conductor de protección. Dicha resistencia ofrece una vía de fuga para prevenir acumulaciones de carga estática; el condensador permite derivar las interferencias de alta frecuencia. Los valores típicos son de  $1M\Omega$ . también es posible crear un sistema DC puesto a tierra, conectando la fuente de alimentación DC con tierra (7).
- Conecte todas las terminales de tierra del S7-200 por el camino más corto con tierra (8), para obtener el mayor nivel posible de inmunidad a interferencias. Para establecer esta conexión, utilice un conductor con una sección 14AWG ó  $1.5mm^2$ .
- Para alimentar circuitos de DC 24V, utilice siempre una fuente que ofrezca separación eléctrica segura de la red de AC 120/230V y fuentes de peligro similares.

Los documentos siguientes incluyen definiciones de separación segura de circuitos:

- Protección a extra bajo voltaje: conforme a EN60204-1.
- Clase 2 ó voltaje limitado/del circuito actual conforme a UL 508.

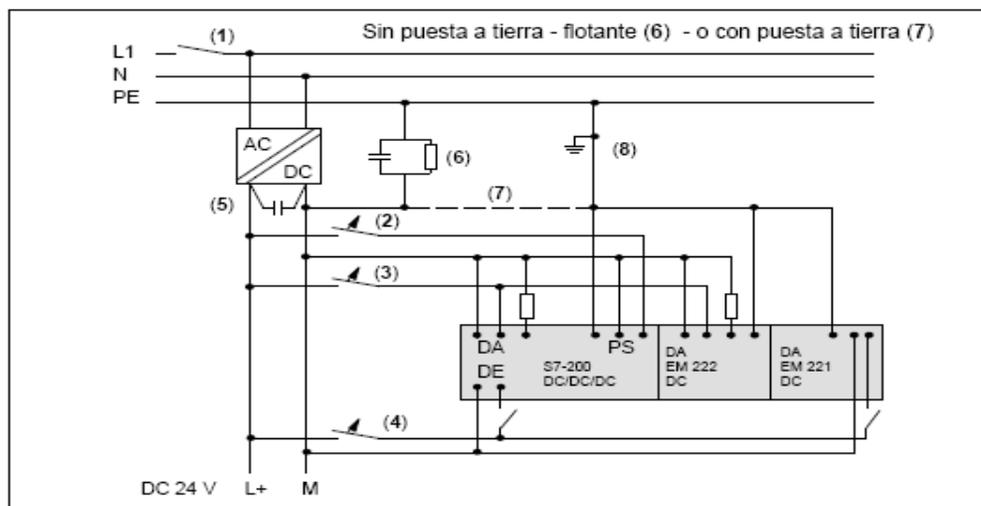


Figura A-18 Instalación en una red de corriente continua aislada.

### **Reglas para la instalación en Norteamérica.**

A continuación se indican reglas de carácter general para el cableado de instalaciones en Norteamérica en aplicaciones que presenten diferentes tensiones en corriente alterna. La figura A-19 se utilizará como referencia.

- Instale un interruptor unipolar (1) para cortar la alimentación de la CPU, todos los circuitos de entrada y todos los circuitos de salida (la carga).
- Prevea dispositivos de sobre-corriente para proteger la alimentación de la CPU (2), las salidas (3) y las entradas (4). Para mayor protección es posible instalar un fusible en cada salida.
- Efectúe las conexiones de alimentación de la red de alterna a la CPU, cargas de salida alimentadas en alterna, cargas conmutadas por réle, bien sea entre neutro y fase (5) o entre fase y fase (6).
- Conecte todas las terminales de tierra de S7-200 por el camino más corto con la tierra (7) para obtener el mayor nivel posible de inmunidad a interferencias. Es recomendable conectar todas las terminales de masa a un solo punto eléctrico. Para establecer esta conexión utilice un conductor con una sección 14 AWG ó  $1.5\text{mm}^2$ .

Pero hay que tener cuidado, las tensiones entre fase en redes con AC 230 V de tensión nominal entre fase y neutro superan la tensión nominal de alimentación y de las entradas y salidas del S7-200.

Debido a ello puede fallar el S7-200 y los equipos conectados al mismo.

Por consiguiente, la alimentación no se debe conectar entre fases si la tensión entre fases supera la tensión nominal del módulo S7-200 en cuestión.

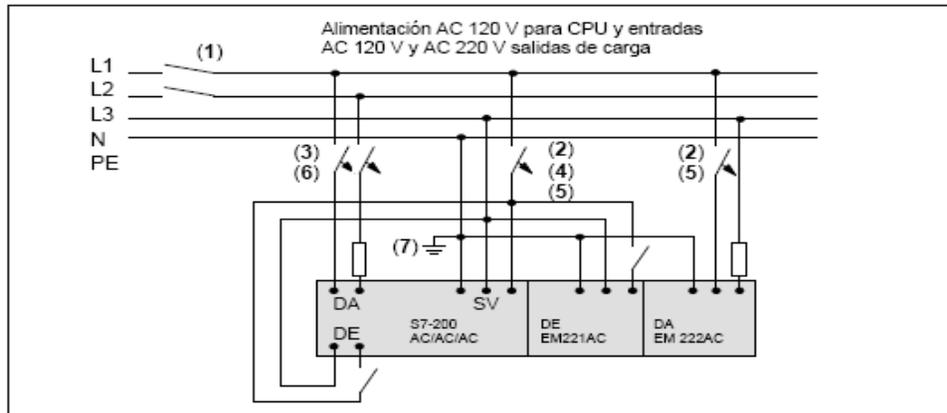


Figura A-19 Instalación en una red de corriente alterna.

### Utilizar circuitos de supresión.

Reglas de carácter general

Las cargas inductivas deberán equiparse con circuitos supresores destinados a limitar el incremento de tensión producido al cortarse la alimentación. Tenga en cuenta las reglas siguientes al diseñar la supresión adecuada. La eficacia de un determinado diseño depende de la aplicación.

Por tanto, deberá verificarse para cada caso particular. Asegúrese de que las características nominales de todos los componentes sean adecuadas para la aplicación en cuestión.

Proteger transistores en DC

Las salidas en DC a transistores del S7-200 contienen diodos zener adecuados para múltiples casos de aplicación. Para prevenir la sobrecarga de los diodos internos, utilice diodos supresores externos en caso de cargas inductivas elevadas o que se conmuten con frecuencia. Las figuras A-20 y A-21 muestran aplicaciones típicas para salidas DC a transistor.

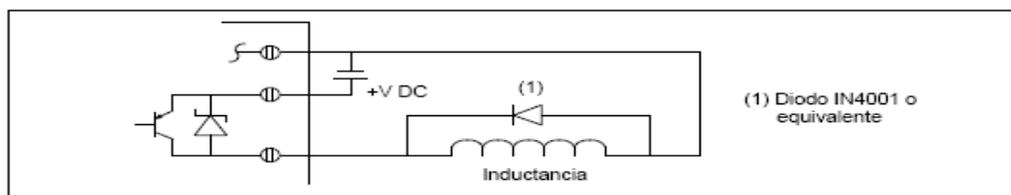


Figura A-20 Protección por diodo supresor.

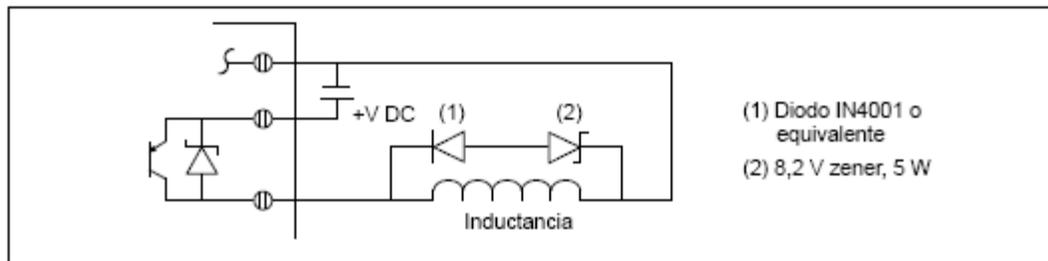


Figura A-21 Protección por diodo zener.

### Proteger relés que controlan corriente continua

La figura A-22 muestra las redes de resistencia/condensador que se pueden utilizar para aplicaciones de relé en baja tensión (30 V) DC. Conecte la red en los terminales de la carga.

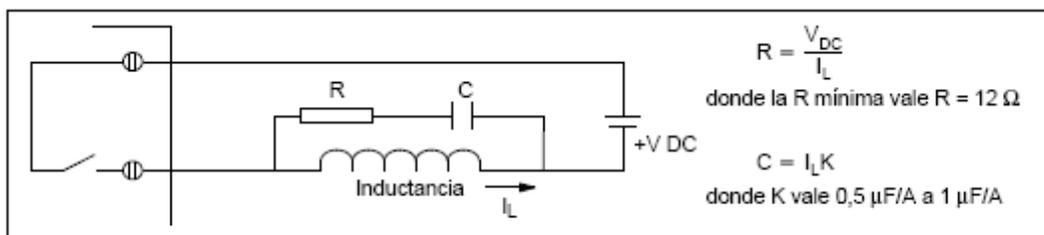


Figura A-22 Red resistencia/condensador conectada a una carga DC controlada por relés.

Para las aplicaciones con relé en corriente continua se puede utilizar también la protección por diodo supresor como muestran las figuras A-20 y A-21. Se permite una tensión de umbral de hasta

36 V si se utiliza un diodo zener conectado de forma inversa.

### Proteger relés y salidas AC que controlan corriente alterna

Si se utiliza un relé o una salida AC para conmutar cargas con 115 V/AC 230 V, se deben conectar redes resistencia/condensador entre los contactos del relé o las salidas AC como muestra la figura A-23. También pueden utilizarse varistores de óxido metálico (MOV) para limitar la tensión de pico. Asegúrese de que la tensión de trabajo del varistor MOV sea como mínimo un 20% superior a la tensión nominal de la fase.

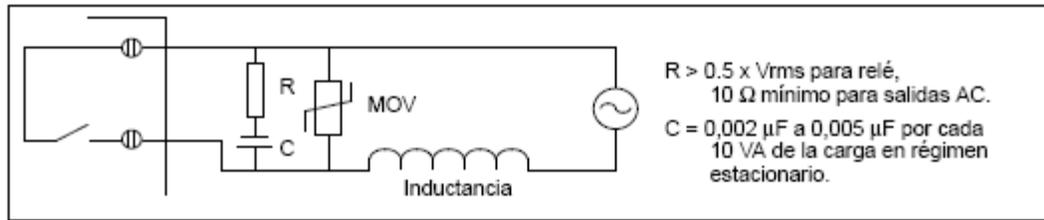


Figura A-23 Carga AC con red conectada entre contactos del relé o salidas AC.

El condensador permite la circulación de la corriente de fugas aunque esté abierto el contacto.

Asegúrese de que la corriente de fugas,  $I(\text{fuga}) = 2 \times 3,14 \times f \times C \times V_{\text{ef}}$ , sea aceptable para la aplicación.

Ejemplo: Las especificaciones de un contactor NEMA de tamaño 2 muestran un consumo transitorio de la bobina de 183 VA y un consumo de 17 VA en régimen estacionario. Con AC 115 V, la corriente transitoria vale  $183 \text{ VA}/115 \text{ V} = 1,59 \text{ A}$ , es decir, es inferior a la capacidad de cierre, que vale 2A, de los contactos del relé.

Dimensionamiento de la resistencia =  $0,5 \times 115 = 57,5 \Omega$ ; elegir  $68\Omega$  porque es el valor estándar.

Dimensionamiento del condensador =  $(17 \text{ VA}/10) \times 0,005 = 0,0085 \mu\text{F}$ ; elegir  $0,01 \mu\text{F}$  porque es el valor estándar.

La corriente de fugas vale =  $2 \times 3,14 \times 60 \times 0,01 \times 10^{-6} \times 115 = 0,43 \text{ mA}$  eficaces (rms).

### **Alimentación de corriente.**

Los módulos base del S7-200 tienen integrada una fuente de alimentación capaz de abastecer el módulo base, los módulos de ampliación y otras cargas que precisen 24 VDC.

Utilice la información siguiente como guía al determinar cuánta energía (o corriente) puede suministrar el módulo central a la configuración en cuestión.

### Requisitos de alimentación

Cada CPU S7-200 ofrece alimentación tanto en 5 VDC como 24 VDC:

- Cada CPU dispone de una fuente de alimentación para sensores de 24VDC, que puede suministrar esta tensión para las entradas locales o para las bobinas de réles en los módulos de ampliación. Si el consumo de 24 VCD supera la corriente, es capaz de aportar al módulo CPU, entonces puede añadirse una fuente de alimentación externa de 24 VCD para abastecer con 24 VCD los módulos de ampliación.
- La CPU alimenta también con 5 VDC los módulos de ampliación cuando se conectan al módulo base, si el consumo de 5VCD de los módulos de ampliación supera la corriente aportable por la CPU, entonces es necesario desconectar tantos módulos de ampliación como sean necesarios para no superar la corriente aportable por la CPU.

Pero hay que tener precaución ya que si se conecta una fuente de alimentación externa de 24 VDC en paralelo con la fuente de alimentación para sensores DC del S7-200, esto puede causar un conflicto entre ambas fuentes ya que cada una intenta establecer su propio nivel de tensión de salida.

Este conflicto puede tener como consecuencia una reducción de la vida útil o la avería inmediata de una o ambas fuentes de alimentación y, en consecuencia, el funcionamiento imprevisible del sistema de automatización. Un funcionamiento imprevisible puede ocasionar la muerte o lesiones graves al personal, y/o daños al equipo o a bienes materiales. La fuente de alimentación para sensores del S7-200 y la fuente de alimentación externa deben alimentar diferentes puntos. Se permite una conexión común de los cables neutros.

Las hojas de datos técnicos que se incluyen en el Anexo A informan sobre las corrientes suministrables por las CPUs y sobre el consumo de los módulos de ampliación.

Ejemplo de cálculo de los requisitos de alimentación

La tabla 2-1 muestra un ejemplo de cálculo de los requisitos de alimentación de un Micro-PLC S7-200 compuesto de los módulos siguientes:

- ◆ CPU 214 DC/DC/DC.
- ◆ Tres módulos de ampliación EM 221, 8 entradas digitales DC 24 V.
- ◆ Dos módulos de ampliación EM222. 8 salidas digitales de réle.

La CPU de este ejemplo suministra suficiente corriente de 5 VDC para los módulos de ampliación; sin embargo se precisa una fuente de alimentación adicional para que aporte la corriente necesaria de 24 VDC. (Las E/S requieren 448 mA a 24 VDC, pero la CPU sólo puede suministrar 280 mA). Figura una tabla en blanco para calcular los requisitos de alimentación.

Tabla 2-1 Cálculo de requisitos de alimentación en una configuración de ejemplo.

Corriente máx. CPU	DC 5 V	DC 24 V
<i>CPU 214 DC/DC/DC</i>	<i>660 mA</i>	<i>280 mA</i>
<b>menos</b>		
Consumo del sistema	DC 5 V	DC 24 V
<i>CPU 214 DC/DC/DC</i>	<b>UNIDAD CENTRAL</b>	<i>14 entradas x 7 mA = 98 mA</i>
<i>Tres módulos de ampliación EM 221</i>	<i>3 x 60 mA = 180 mA</i>	<i>3 x 60 mA = 180 mA</i>
<i>Dos módulos de ampliación EM 222</i>	<i>2 x 80 mA = 160 mA</i>	<i>2 x 85 mA = 170 mA</i>
<b>Consumo total</b>	<i>340 mA</i>	<i>448 mA</i>
<b>igual a</b>		
Balance de corriente	DC 5 V	DC 24 V
<b>Balance total de corriente</b>	<i>320 mA</i>	<i>[168 mA]</i>

## ANEXO B.

### Ejemplo de programación en Escalera y Lista de instrucciones en un motor de 3 velocidades.

En el capítulo 1, se mencionó sobre los diferentes tipos de programación en un PLC, en este anexo se dará un ejemplo de programación en escalera y lista de instrucciones.

En común programar en diagrama escalera y lista de instrucciones a partir de un diagrama eléctrico, para plasmar la secuencia eléctrica en un programa que efectúe las mismas funciones del diagrama. En el ejemplo se controlara un motor de anillos rozantes de tres velocidades, las velocidades serán controladas por temporizadores con un tiempo de 10 minutos entre cada velocidad y un arrancador que activara la primer velocidad 15 segundos después de presionar el botón de arranque.

El diagrama eléctrico se muestra en la figura B-1.

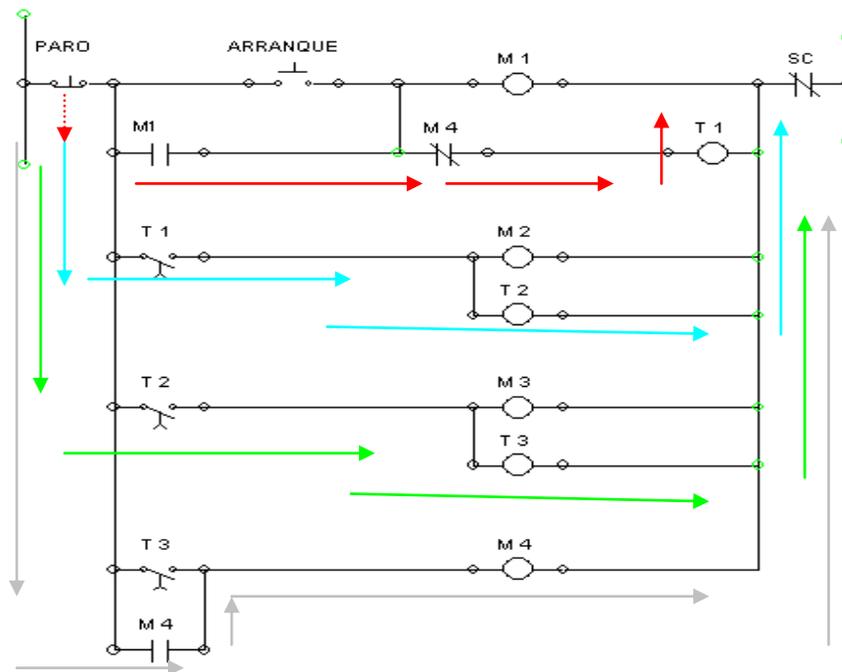


Figura B-1. Diagrama Eléctrico de motor de 3 velocidades.

*Programación en escalera.*

El primer paso para crear un diagrama escalera será remplazar los pulsadores, relés y temporizadores a símbolos utilizados en PLC, véase figura B-2.

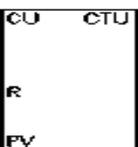
SÍMBOLO	ELEMENTO
CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO	
CONTACTO NORMALMENTE CERRADO	
BOBINA	
TIMERS	
CONTADORES	

Figura B-2. Símbolos principales de PLC.

En el siguiente paso se realiza una documentación como la que se realizó en el capítulo 3, dando a cada componente de entrada o salida su nombre simbólico, de acuerdo a las siglas que ocupe cada PLC. Véase tabla B-1.

**Documentación.**

<i>ABSOLUTAS.</i>	<i>SIMBOLICAS.</i>	<i>NOMBRE DE ENTRADA O SALIDA.</i>
I0.0	P	Paro
I0.1	A	Arranque
Q0.0	M1	Arrancador
Q0.1	M2	Relé 1
Q0.2	M3	Relé 2
Q0.3	M4	Relé 3

Tabla B-1.

Una vez que se haya echo la documentación se programa de forma escalera el PLC, introduciendo los ramales dándoles sus respectivas orientaciones absolutas de entrada, salida, temporizadores, etc.

Véase figuras de B-3 a B-10.

Ramal 1.

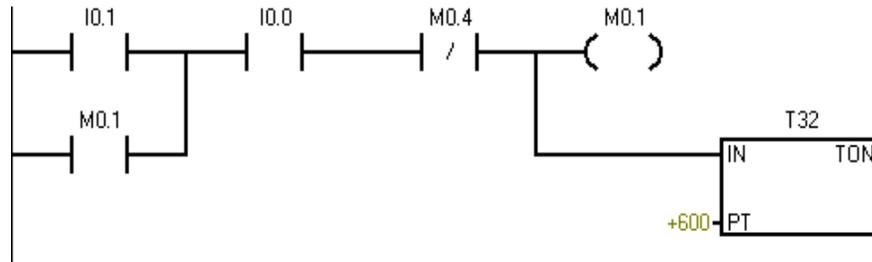


Figura B-3 Ramal 1.

La secuencia que debe llevar el ramal 1 la indica las flechas rojas de la figura B-1.

Ramal 2.

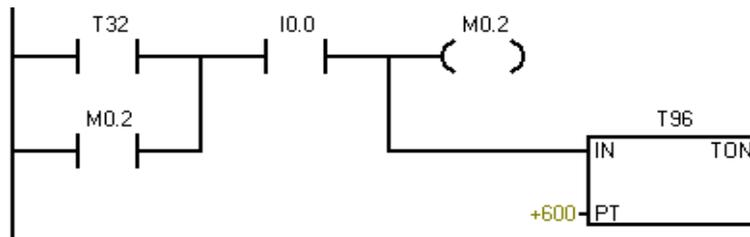


Figura B-4 Ramal 2.

La secuencia la indican las flechas azules de la figura B-1.

Ramal 3.

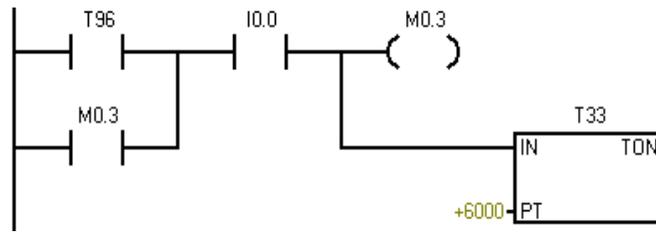


Figura B-5 Ramal 3.

Ramal 4.

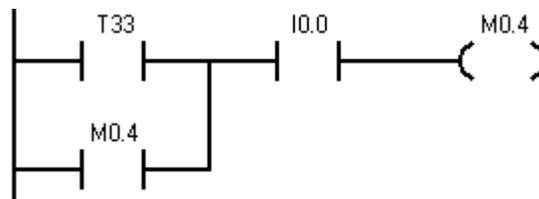


Figura B-6 Ramal 4.

Y por ultimo las salidas.

Ramal 5.

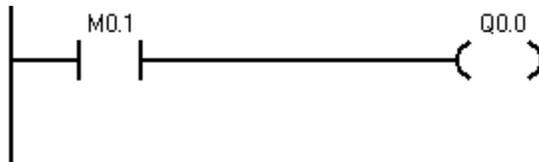


Figura B-7 Ramal 5.

Ramal 6.

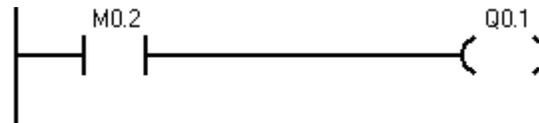


Figura B-8 Ramal 6.

Ramal 7.

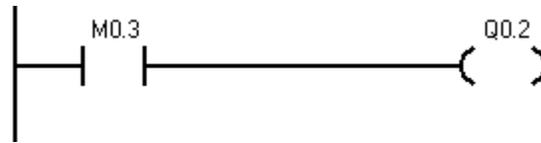


Figura B-9 Ramal 7.

Ramal 8.

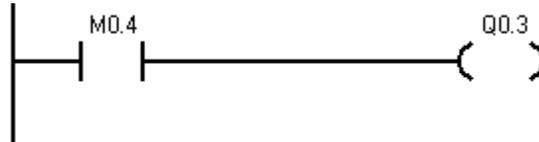


Figura B-10 Ramal 8.

***Programación lista de instrucciones.***

Para la programación en lista de instrucciones es necesario recordar las identidades del algebra booleana en lenguaje PLC.

**IDENTIDADES.**

***Conjunción (AND).***

Los arreglos de la tabla de verdad se muestran en las figuras B-11 – B-17.

$$A \bullet B = X$$

A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

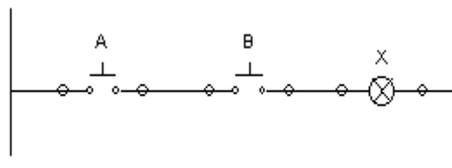


Figura B-11 Arreglo 1

**Disyunción (OR).**

$$A + B = X$$

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

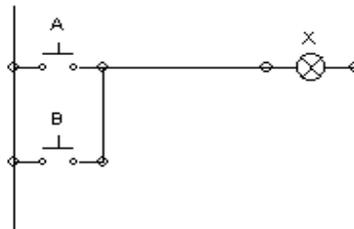


Figura B-12 Arreglo 2

**Inversor Negación (NOT).**

$$\bar{A} = X$$

A	X
0	1
1	0

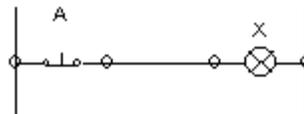


Figura B-13 Arreglo 3

**(NOR).**

$$\overline{A + B} = X$$

A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

$$\overline{A + B} = X$$

$$\bar{A} \bullet \bar{B} = X$$

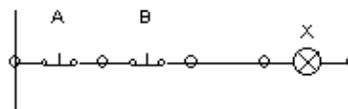


Figura B-14 Arreglo 4

**(NAND).**

A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$\overline{A \bullet B} = X$$

$$\overline{A} + \overline{B} = X$$

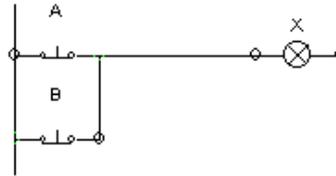


Figura B-15 Arreglo 5

**(XOR) o Exclusiva.**

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$A + B = X$$

$$\overline{A}B + A\overline{B} = X$$

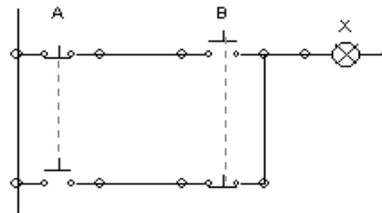


Figura B-16 Arreglo 6

A ó B pero no ambas.

**(NO-XOR).**

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

$$\overline{A + B} = X$$

$$\overline{AB} + \overline{\overline{AB}} = X$$

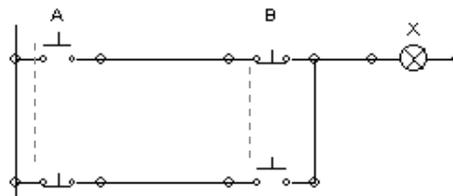


Figura B-17 Arreglo 7

El paso siguiente es pasar el ramal a lenguaje algebraico, utilizando las identidades como se muestra a continuación:

Ramal 1

Véase figura B-3.

$$M1_{salida} = A + M1(\overline{P} \bullet M4)$$

TON1

Donde:

TON 1: Temporizador 1.

A: Arranque.

P: Paro.

M1: Enclave.

M1<sub>salida</sub>: Bandera de salida.

La programación queda de la siguiente forma:

Ramal 1.

Load "A"

Or "M1"

And "P"

And Not "M4"

Out "M1<sub>salida</sub>"

TON1 "T32 +600."

El "T32" se refiere al número del temporizador, este número ya no puede ser utilizado debido a que cada temporizador tiene su número y el 15 a los segundos en el que esta programado.

Ramal 2.

Véase figura B-4.

$$M2_{salida} = (T1 + M2)P$$

TON2

Load "T1"

Or "M2"

And "P"

Out "M2<sub>salida</sub>"

TON2 "T96, +600"

Ramal 3.

Veasé figura B-5.

$$M3_{salida} = (T2 + M3)P$$

TON3

Load "T2"

Or "M3"

And "P"

Out "M3<sub>salida</sub>"

TON "T33, + 6000"

Ramal 4.

$$M4_{salida} = (T3 + M4)P$$

Load "T3"

Or "M4"

And “P”

Out “M4<sub>salida</sub>”

Para las salidas tenemos:

Ramal 5.

Load “M1”

Out “ARRANCADOR”

Ramal 6, 7 Y 8

Load “M2”

Out “VEL-1”

Load “M3”

Out “VEL-2”

Load “M4”

Out “VEL-3”

END.

El último paso será documentar, véase tabla B-1 y programar en Step 7 Micro/win32.

La forma de programar se muestra en la figura B-7

Propuesta para actualizar un sistema de control electromecánico por un PLC en una máquina de inyección de plásticos.

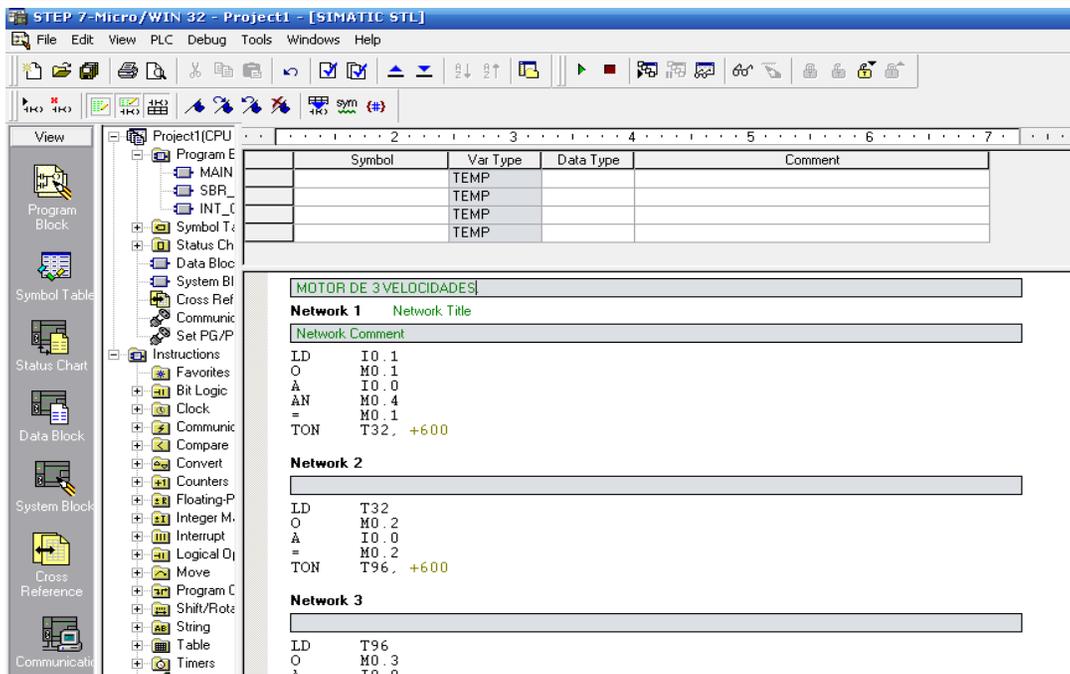


Figura B-7 Ambiente de trabajo Step 7Micro/win32.

## **NOMENCLANTURA.**

**AC:** Corriente Alterna

**AWG:** Medida de Cable Americano (American Wire Gauge)

**CP:** Procesador de Comunicaciones.

**DC:** Corriente Directa.

**E/S:** Entradas y Salidas.

**FB:** Bloques Funcionales.

**GRAFCET:** Gráfico de Control etapa-transición.

**IC:** Circuitos Integrados.

**IEC 1131-3:** Comisión Electrónica Internacional.

**LAD-KOP:** Diagrama Escalera.

**MAP:** Protocolo de Automatización Industrial.

**MODICON:** Controlador Digital Modular.

**MOV:** Varistores de Oxido Metálico

**MPI:** Tarjeta de Interfase Multipunto.

**PLC:** Controlador Lógico Programable.

**POU:** Unidades Organizativas de Programa.

**RECEPTIVIDADES:** Señales de entrada salida que se le asocian a las transiciones en un GRAFCET.

**RUN:** Corriendo Programa en PLC.

**SFC:** Gráficos Funcionales Secuenciales

**STOP:** Paro del PLC.

**S7-200:** Step 7 versión 200.

## REFERENCIAS.

- Autómatas programables, Joseph Balvells y José Luis Romeral. Editorial Alfaomega 1999.
- Curso PLC avanzado Festo. 2000
- Curso PLC básico Festo. 2000
- Introducción a Programadores lógicos, curso de PLC, básico. Profesor Ing. José S. López D. 1998.
- Les Systemmes Automatisés, Bourbonne, Cojean, Foucher. 1998.
- Manual de programación Allen Bradley. 2001.
- Manual de programación Festo. 2002.
- Manual de programación Hitachi. 2001.
- Manual de programación Mitsubishi-Medoc. 2000.
- Manual de programación Omron. 2000.
- Manual de programación Siemens S7. 2002.
- Manual de programación Telemecanique. 2001.
- Manual de programación Wingpc, Cutler-Hammer. 1999.
- Tesis: El método gráfico de control, que para obtener el título de Ingeniero electrónico presenta: Antonio Rodríguez Camacho. Universidad Iberoamericana. 2005.
- [www.tu\\_electronica.com/tutorial/telecomunicaciones](http://www.tu_electronica.com/tutorial/telecomunicaciones).
- [www.internet.ve/aisc/iec1131-3.html](http://www.internet.ve/aisc/iec1131-3.html).