

300617

31

2<sup>ej</sup>

**UNIVERSIDAD LA SALLE**



**ESCUELA DE INGENIERIA  
INCORPORADA A LA UNAM.**

**\* DESARROLLO DEL PROGRAMA DE APLICACION  
DE UN CONTROLADOR LOGICO PROGRAMABLE  
PARA LA AUTOMATIZACION DE UNA MAQUINA  
CORTADORA DE GOMAS ESCOLARES \***

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS PROFESIONAL  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
P R E S E N T A  
HECTOR PANIAGUA PATIÑO  
DIRECTOR: GUILLERMO ARANDA PEREZ**

**MEXICO**

**1991**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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 está 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.

# I N D I C E

Introducción .....	1
Antecedentes .....	1
Objetivo de la tesis .....	2
Capítulo 1 Descripción de la máquina de corte .....	4
1.1 Objetivo principal de la máquina .....	4
1.2 Constitución física de la máquina .....	4
1.2.1 Parte mecánica .....	4
1.2.2 Secuencia de corte .....	7
1.2.3 Sensores de la máquina .....	9
1.3 Problemas en la operación de la máquina .....	11
Capítulo 2 Historia y características funcionales del PLC .....	15
2.1 Historia .....	15
2.1.1 Requerimientos básicos .....	17
2.1.2 Definición del PLC ....	19
2.1.3 Resumen histórico del PLC .....	19

2.2	Las computadoras frente a los PLC's .....	22
2.2.1	Características básicas funcionales .....	22
2.2.2	Ventajas del PLC frente a la lógica de relevadores .....	25
Capítulo 3 Los PLC's y los sistemas productivos .....		27
3.1	Funciones del PLC en un sistema productivo .....	27
3.1.1	La automatización como parte de la producción ....	28
3.1.2	Constitución de un sistema automatizado .....	30
3.1.2.1	Parte operativa y parte de control .....	30
3.1.2.2	Sensores .....	33
3.2	La industria de los PLC's .....	35
3.3	Arquitectura general de los PLC's .....	39
3.3.1	Organización modular de los PLC's .....	39
3.3.2	Módulos de entrada y salida binarios .....	41
3.3.3	Módulos de entradas y salidas analógicos .....	41
3.3.4	Módulos de comunicación .....	57
3.4	Utiles de descripción de los automatismos .....	59
3.4.1	Conjunto de instrucciones del lenguaje gráfico....	63
3.5	Criterios para la selección de un PLC .....	71

Capítulo 4	Desarrollo del programa de aplicación.....	78
4.1	Selección del PLC utilizado en la automatización..	78
4.2	Organización de entradas y salidas del PLC .....	78
4.3	Programa de aplicación .....	84
4.4	Implantación del PLC y pruebas físicas .....	118
Conclusiones	.....	122
Apéndice	.....	124
Bibliografía	.....	141

## I N T R O D U C C I O N .

Gran parte de las máquinas semi o completamente automáticas que forman parte de la industria mexicana, se componen en su parte de control de lógica de relevadores, los cuales al paso del tiempo, presentan fallas por cuestiones mecánicas. Esto, aunado a la falta de mantenimiento preventivo, ocasiona que se presenten problemas frecuentes en su operación, interrumpiendo la producción. Ello ha generado la necesidad de modernizar estos sistemas de control cambiándolos por otros más eficientes, confiables y de bajo mantenimiento, se piensa entonces en la utilización de microcontroladores de uso específico o PLC's.

Este trabajo se desarrolló en las instalaciones de la compañía Pelikan de México en el estado de Puebla. La compañía fabrica diversos productos para oficina y escolares como son bolígrafos, lápices de colores, papel carbón, tintas y gomas para borrar de diversos tamaños.

Para la fabricación de estas últimas se sigue un proceso de mezclado de hule natural con desperdicios de los recortes anteriores, añadiendo los colorantes necesarios para cada estilo de goma. Una vez mezclados se recortan en rectángulos para formar las planchas que pasarán al proceso de vulcanizado con el propósito de darles consistencia más

firme, lo que se logra mediante hornos eléctricos durante algunas horas. Ya vulcanizadas se procede al estampado de la marca y el modelo del cual se trate, por medio de serigrafía y posteriormente se lleva a cabo el corte de las mismas.

Es en esta parte del proceso donde se presentan problemas ya que se cuenta solamente con una máquina de corte para obtener el producto final.

Cuando la demanda es muy grande pues en ocasiones se tienen 10 000 planchas para cortar en determinado tiempo, la máquina tiene que trabajar hasta tres turnos diarios y cuando se encuentra fuera de servicio, el personal de producción ha tenido que recurrir al corte manual siendo este impreciso, repercutiendo sobre el estampado que debe quedar centrado.

El objetivo de este trabajo es el desarrollo del programa de aplicación y la implantación de un controlador lógico programable para la automatización de la máquina cortadora de gomas escolares. El programa controlará el corte considerando la secuencia original que ésta tiene con la lógica de relevadores.

Este trabajo se desarrolla en cuatro capítulos en donde se describe el proceso a automatizar, el equipo utilizado y el programa de aplicación.

El capítulo uno describe físicamente a la máquina descomponiendo su estructura en parte mecánica y parte de instrumentación así como la secuencia que se lleva a cabo con el control antiguo y los problemas que esto acarrea.

En el capítulo dos se relatan los aspectos históricos que impulsaron al desarrollo de los PLC's y algunas de las ventajas que presentan sobre la lógica de relevadores.

El capítulo tres describe al PLC como parte fundamental de un proceso productivo, distinguiendo las diferentes partes que constituyen un sistema automatizado. Este capítulo trata también acerca de los medios descriptivos para representar un automatismo de forma gráfica, y de una manera breve describe la arquitectura general de un PLC, de las ventajas de su modularidad y flexibilidad.

En el último capítulo de este trabajo se presenta el equipo seleccionado en este proyecto, así como la referencia de las entradas y salidas del PLC, y por último se detalla el programa de aplicación tal y como fue codificado en la terminal de programación del PLC.



## CAPITULO 1 : DESCRIPCION DE LA MAQUINA DE CORTE

### 1.1 OBJETIVO PRINCIPAL DE LA MAQUINA DE CORTE

El objetivo de esta máquina es el de realizar los cortes necesarios en una plancha de gomas escolares en dos direcciones perpendiculares dependiendo tamaño.

### 1.2 CONSTITUCION FISICA DE LA MAQUINA

#### 1.2.1 PARTE MECANICA

La máquina está equipada con una mesa de translación horizontal en dos sentidos, y sobre ella un plato giratorio con el objeto de rotar 90 grados la plancha de gomas una vez que se ha cumplido la primera secuencia de corte (fig 1). Una cuchilla es accionada mediante un sistema mecánico de biela movido mediante un motor eléctrico. Para fijar la plancha de gomas sobre la mesa mientras se realiza el corte, se cuenta con unos cilindros neumáticos que presionan esta plancha, que se llaman pisadores (fig 2).

La máquina tiene los siguientes motores eléctricos:

- Un motor para el accionamiento de la cuchilla.
- Un motor para el avance y retroceso en dos velocidades.

Para el mando de los pisadores se utilizan electroválvulas que son controladas por la lógica de la máquina.

Para la medición de las distancias horizontales recorridas por la mesa se utiliza un codificador (Disco ranurado y detector) unido al eje del motor de avance y retroceso. Este detector envía los pulsos directamente a tres contadores electrónicos ajustables ( Z1, Z2, Z3 ), con entrada de "Reset " y con salida cuando se llega a la cuenta preestablecida. Estos contadores externos son de gran utilidad ya que soportan la frecuencia de los pulsos del detector de aproximadamente 5khz. Además presentan la facilidad de visualización ya que posee una pantalla electroluminescente de 5 dígitos, cada uno es ajustable mediante una perilla numerada.

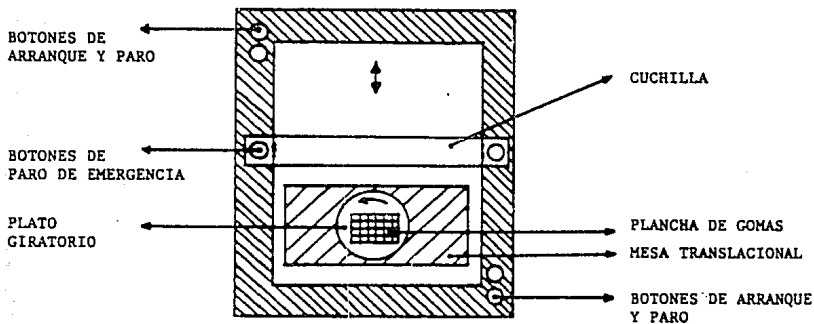


FIG. 1

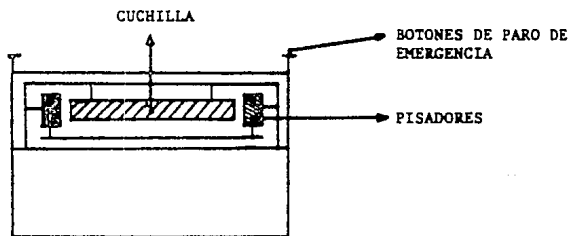


FIG. 2

VISTAS SUPERIOR Y FRONTAL DE LA MAQUINA CORTADORA DE GOMAS ESCOLARES

### 1.2.2 SECUENCIA DE CORTE DE LA MAQUINA

Para determinar esta secuencia de corte se observó el funcionamiento de la máquina en varias ocasiones ya que se carece de manual de funcionamiento.

La secuencia se muestra a continuación:

- 1.- Inicio de ciclo y espera del botón de arranque.
- 2.- Pulsar el botón de arranque.
- 3.- Desplazamiento rápido de la mesa hacia adelante.
- 4.- Paro del motor de movimiento hacia adelante.
- 5.- Accionamiento de los pisadores para fijar la plancha de gomas.
- 6.- Accionamiento de la cuchilla para dar la referencia de corte.
- 7.- Movimiento rápido hacia adelante.
- 8.- Detección de cuenta rápida hacia adelante.

- 9.- Paro del movimiento rápido y comienzo del movimiento lento.
- 10.- Fin del movimiento lento por la detección de la cuenta.
- 11.- Accionamiento de los pisadores para fijar la plancha.
- 12.- Accionamiento de la cuchilla.
- 13.- Repetición desde el paso 7 hasta la detección del fin de carrera de la mesa.
- 14.- Giro a 90 grados de la mesa en sentido contrario a las manecillas del reloj.
- 15.- Avance rápido en retroceso hasta la detección de la referencia.
- 16.- Avance en retroceso lento hasta la detección de la cuenta.
- 17.- Accionamiento de los pisadores y la cuchilla para realizar el corte de referencia.
- 18.- Avance rápido en retroceso hasta la detección de la cuenta.
- 19.- Avance lento en retroceso hasta la detección de la

cuenta.

- 20.- Accionamiento de los pisadores para la fijación de la plancha.
- 21.- Accionamiento de la cuchilla.
- 22.- Repetición desde el paso 18 hasta la detección del inicio de ciclo.
- 23.- Fin de ciclo.

Esta secuencia es puramente operativa ya que no se mencionan los accionadores ni los detectores que entran en juego. Esto se detallará en el siguiente inciso.

### 1.2.3 SENSORES DE LA MAQUINA

Estas partes de la máquina son las que nos permiten definir el estado en que se encuentran cada uno de los accionadores y elementos móviles.

La máquina cuenta con los siguientes detectores inductivos:

- B9 indica el posicionamiento de la mesa al regreso para el inicio del corte.

- B14 detecta la posición alta de los pisadores como condición para el avance o retroceso de la mesa.
  
- B11 es un detector de una leva que se encuentra en un árbol e indica cuando la cuchilla esta subiendo para que los pisadores puedan subir también.
  
- B10 indica un ciclo completo de la cuchilla y se encuentra en el mismo árbol de levas que B11.
  
- B13 indica la posición inicial para el comienzo del ciclo. Cuando la mesa libera este detector se produce el primer corte de referencia.
  
- B8 indica el fin de carrera al avance, el giro de la mesa, y el regreso de esta hasta la detección de B9.
  
- B1 es un detector de seguridad de mesa totalmente atrás, detiene el ciclo cuando la mesa se pasa de largo por alguna falla.
  
- B2 Indica la posición del giro de la mesa cada 90 grados y detiene al motor de giro cuando se cumplen. Solamente le da autorización de continuar en cualquier parte de la secuencia cuando la mesa esté a 90 grados.

La máquina presenta los siguientes botones pulsadores:

- S18,S1 son dos botones pulsadores normalmente abiertos que están físicamente conectados en paralelo entre sí, están situados en puntos opuestos de la máquina para permitir su accionamiento desde cualquier parte de ésta para iniciar o reiniciar el ciclo.
  
- S19,S2 son dos botones pulsadores normalmente cerrados que permiten el paro de la máquina en cualquier parte del ciclo que se encuentre, están conectados físicamente en paralelo y situados en puntos extremos de la máquina para facilidad de accionamiento.

### 1.3 PROBLEMAS EN LA OPERACION DE LA MAQUINA

La máquina presenta paros en la producción debido a la falla en su lógica de control por diversas circunstancias como son:

- a) Falta de ventilación de los componentes y aglomeración de estos mismos en un espacio reducido lo que provoca una temperatura de trabajo mayor a la especificada. (25 Grados).



b) Trabajo en un ambiente demasiado sucio, es decir, ya que se trata de una cortadora de gomas escolares, estas vienen en planchas unas sobre otras, separadas por una capa de talco para evitar el contacto directo que dañaría el sello de la marca. A través del tiempo este talco presente en todo el ambiente se acumula en la circuitería que forma esta lógica, dañando las conexiones, generando falsos contactos a cada momento y sacando de lógica la operación de la máquina, lo que hace necesario la limpieza frecuente con líquidos dieléctricos, lo que la pone fuera de operación durante algunas horas.

c) El problema se agrava cuando la máquina es enfriada con un ventilador casero, lo que hace que las puertas del gabinete donde se aloja este control permanezcan siempre abiertas, complicando la situación al grado de no poder distinguir la circuitería debido a la capa tan espesa de talco que se deposita.

Además de lo anterior, se encuentra el problema de las refacciones que deben ser importadas por no haber un distribuidor de estas en México, lo que altera gravemente la producción de la máquina, que tiene que permanecer detenida mientras se consigue la refacción deseada al precio demandado.

Los pocos diagramas que se tienen disponibles del control de esta máquina vienen escritos en alemán lo que

dificulta a los operarios y supervisores la comprensión y localización de las fallas en la máquina.

La máquina cuenta originalmente con varios programas de aplicación dependiendo del estilo de la goma escolar a cortar, sin embargo sólo funciona con uno de ellos ya que los otros programas no se pueden ejecutar debido a la falta de ciertos detectores necesarios para ello ( Detectores fotoeléctricos de color azul- rojo para las gomas bicolors). Por ello, la máquina cortadora de gomas no ha sido explotada a su máxima capacidad debido a la falta de versatilidad y flexibilidad en su operación, aunado a la falta de conocimiento de ésta por parte de sus operadores.

Estas circunstancias hacen necesario el reemplazo de esta lógica electrónica por otro sistema de fácil programación, comprensión, instalación y supervisión por parte de los usuarios. Se propone el uso de un Controlador Lógico Programable ( PLC ) reemplazando la lógica electrónica de la máquina, ya que es adecuada su utilización por lo específico de la programación y por la cantidad de accionadores y detectores que la máquina posee ( manejada sin ningún problema por un PLC de tamaño pequeño); lo que no representa dificultad al tratarse de un PLC versátil en tamaño e instalación ( Los voltajes de control de la máquina son compatibles con los del PLC, es decir, todos los sensores trabajan a 24 Volts CD ).

Antes de tratar el capítulo del desarrollo del programa de aplicación y pruebas, se dará una descripción general de un PLC , de su historia, aplicaciones y ventajas.

## CAPITULO 2: HISTORIA Y CARACTERISTICAS FUNCIONALES DEL PLC

### 2.1 HISTORIA

Aunque ya se tenían antecedentes del término robot desde el año de 1917 por el escritor checo Karel Capek, no fue sino hasta el año de 1970 que se tuvo una revolución industrial en los Estados Unidos de América por la introducción de los llamados Controladores lógicos programables o autómatas programables o simplemente PLC's, que no se refiere precisamente a una máquina con rasgos físicos humanos, como estamos acostumbrados a imaginarlo, sino que se programa para realizar trabajos rutinarios, combinatorios o secuenciales, además de ser de fácil instalación en cualquier máquina manual semi o completamente automática.

La idea original para la creación de un autómata programable, surgió de la necesidad de contar con un mecanismo de ensamble de automóviles que no necesitara de grandes cambios en la estructura física, que no tomara gran tiempo en su implementación y que redujera los altos costos durante el cambio de modelo cada año, como sucedió en la división automotriz de la General Motors la que preparó una detallada especificación de un controlador lógico programable. Esta especificación reflejó el sentir de muchos usuarios del relevador, asociados no sólo con la industria automotriz sino con otras industrias manufactureras como

Reliance Electric, Struthers-Dunn, Modicon, Digital Equipment Corporation e Information Instruments.

El resultado de estas compañías trabajando con General Motors, fue la computadora de uso especializado que ahora le llamamos Controlador lógico programable o PLC's.

La compañía Information Instruments produjo el PDO II, la que posteriormente fue comprada por Allen-Bradley llegando a ser una de las manufactureras del PLC más grande del mundo, a la que le siguió Modicon Corporation, la que desarrolló el Modicon 084, que fue el primero de la serie 84 de sus controladores. Reliance Electric diseñó el autómeta 33 con sólo un conjunto de instrucciones que le permitían una gran flexibilidad de programación. Desde que General Motors requirió la nueva especificación de controladores programables, Digital Equipment Corporation aplicó su bien establecida tecnología en computadoras para la aplicación y desarrolló del PLC PDP-14 basándose en el éxito de la serie PDP-8. Struthers-Dunn introduce el PLC VIP.

Estos acontecimientos marcaron el nacimiento de una nueva tecnología en la fabricación e implantación de estos controladores programables en la industria moderna; los que han logrado velocidades de proceso, con una eficiencia y precisión nunca antes lograda por medio de lógica de relevadores.

### 2.1.1 REQUERIMIENTOS BASICOS

Los requerimientos básicos que la General Motors especificó para la implantación de un PLC son:

- 1) El "hardware" de un PLC debe desarrollarse de tal forma que sea programado y reprogramado fácil y rápidamente con una interrupción mínima de servicio.
- 2) Todos los componentes del sistema deben de resistir la operación en ambientes industriales sin un equipo de soporte especial para estas condiciones.
- 3) El sistema debe tener mantenimiento y reparación fácil, debe contar con indicadores de status además de ser diseñado modularmente para facilitar las reparaciones y resolver problemas en un mínimo de tiempo.
- 4) El controlador deberá ocupar menos espacio y consumir menos energía que el sistema de relevadores anterior, además de no demandar mucha inversión en su instalación.
- 5) El controlador podrá comunicarse con otros PLC's y con una central de adquisición de datos con el objeto de monitorear el proceso.

- 6) El sistema deberá aceptar una alimentación de 120 Vca para los estándares que existen en algunos botones pulsadores e interruptores de límite.
- 7) Las señales de salida de estos controladores deberán de comandar un arrancador de motor con una válvula solenoide operando a 120Vca. Cada salida debe estar diseñada para conmutar u operar continuamente con una carga de 2 amperes nominales.
- 8) El sistema podrá expandirse de su mínima a su máxima configuración con el menor número de alteraciones y de tiempo.
- 9) La unidad debe ser competitiva en cuanto a costos de compra e instalación comparado con los sistemas de lógica de relevadores y de estado sólido en uso.
- 10) La memoria utilizada por los controladores será expandible a un mínimo de 4Kbytes de instrucciones.

Actualmente casi la totalidad de los fabricantes de PLC's sobrepasan estos requerimientos, haciendo de estos autómatas elementos casi indispensables en toda máquina herramienta por su flexibilidad de operación y su gran fiabilidad, logrando así mayor productividad.

### 2.1.2 DEFINICION DEL PLC

Ha sido tan grande la aceptación de estas computadoras de uso específico en los países industrializados, que ya existe una definición formal de un controlador lógico programable por la "National Electrical Manufacturers Association" (NEMA) que es el estándar NEMA ICS3-1978, parte ICS-304, y define al PLC como: " Aparato de operación electrónica digital, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones, implantando funciones específicas que pueden ser: lógicas; tanto combinatorias como secuenciales, de conteo, de temporización, funciones aritméticas para control; contando con entradas o salidas de tipo digital o analógicas por medio de módulos y para varios tipos de máquinas o procesos".

### 2.1.3 RESUMEN HISTORICO DEL PLC

Se puede resumir la historia de los PLC's como sigue:

- 1968 Se desarrollaron diseños de los PLC's para General Motors eliminando el costo en la modificación de la lógica de relevadores en la línea de producción durante el cambio de modelos cada año.
  
- 1969 Se fabrican los primeros PLC's para la industria



automotriz, como equivalente electrónico de los relevadores.

- 1971 Primera aplicación de los PLC's fuera de la industria automotriz.
- 1972 Se incluyen instrucciones de conteo y temporización.
- 1973 Se introducen los PLC's inteligentes, que incluyen operaciones aritméticas, matriciales, de control, e intercambio de datos.
- 1974 Introducción de las terminales de programación de tipo de rayos catódicos.
- 1975 Se introduce el control analógico de tipo PID (Proporcional, integral, derivativo) que hizo posible la realización de control analógico por medio de transductores como termopares, sensores de presión, de nivel, de velocidad, etc.
- 1976 Se utilizan por primera vez en una configuración jerarquizada como parte de un sistema de manufactura integrado.
- 1977 Introducción al mercado de un pequeño PLC basado en la tecnología de los microprocesadores.

- 1978 Los PLC's son ampliamente aceptados, las ventas ascienden a los 80 millones de dólares.
- 1979 Integración de una planta industrial a través de una red de PLC's.
- 1980 Introducción de módulos de entradas/salidas de tipo analógico (Entradas inteligentes) que se pueden conectar a un PLC cuyo módulo de base tiene entradas y salidas digitales.
- 1981 Introducción de circuitos de comunicación, permitiendo a los PLC's comunicarse con cualquier sistema inteligente como computadoras, lectoras de códigos, etc.
- 1983 Introducción de las redes de control permitiendo a los PLC's el acceso a cada una de las diferentes entradas/salidas en una nueva modalidad: la transparencia.
- 1985 Introducción de sistemas modulares, permitiendo la expansión requerida con la máxima flexibilidad.
- 1988 Introducción de mini y micro PLC's con la potencia de operación de sistemas más potentes.

## 2.2 LAS COMPUTADORAS FRENTE A LOS PLC'S

### 2.2.1 CARACTERISTICAS BASICAS FUNCIONALES

Los aspectos más importantes que marcan la diferencia entre una computadora y un controlador programable, radican en el lenguaje de programación que se utiliza y el medio ambiente en que operan ambos, es decir, un PLC se diseña en tal forma que pueda resistir un ambiente rudo, como vibraciones, humedad, polvo, altas temperaturas ambientales; circunstancias que una computadora normal no podría resistir sin un equipo adicional de acondicionamiento; aunado a esto, para controlar alguna operación industrial, requiere de interfaces adecuadas para controlarla y de una instalación eléctrica adicional en caso de que no se alimente con los voltajes que se tienen en la planta.

Son varios los métodos para programar cualquier operación combinatoria o secuencial de alguna máquina-herramienta mediante los lenguajes existentes en el mercado a través de una computadora, sin embargo, existe el inconveniente de que estos lenguajes de programación son desconocidos por la gran mayoría de los usuarios quienes requerirían de algún curso complementario para la corrección de errores en el programa o modificaciones en la ejecución del mismo. Esto acaba con una de las principales filosofías

para lo que fue construido el PLC, es decir flexibilidad de operación y reducción del tiempo muerto de la máquina. Para resolver este problema, se puede proporcionar la misma información en un lenguaje simbólico, el cual se compone de un grupo de instrucciones gráficas, las mismas que se utilizan en un diagrama de escaleras o "Ladder", que se mencionaran posteriormente además de la filosofía de programación en lenguaje Grafcet.

Estas formas de programación facilitan la interpretación de un diagrama eléctrico, logrando en poco tiempo su introducción en el PLC.

Otras alternativas de lenguajes de programación propias de los PLC's son las ecuaciones lógicas o ecuaciones Booleanas representando la misma lógica de los diagramas de escaleras, en forma alfanumérica y no gráfica.

Algunos tipos de PLC's ofrecen varios lenguajes de programación para un mismo modelo de sistema, es decir, el PLC tiene en su versión más rudimentaria un lenguaje Booleano, y como equipo extra se le adapta un cartucho con un lenguaje gráfico o de más alto nivel. Esto depende fundamentalmente de la decisión del cliente y no del problema a resolver, ya que con cualquier lenguaje disponible en los PLC's se tienen la mayoría de las soluciones a los problemas típicos de automatización, salvo los casos en que se requiera del uso de tarjetas de entrada o de salida de tipo analógico, para algunos procesos donde las variables a medir son

continuas, como: temperatura, presión, nivel etc., en donde se hace necesario el uso de palabras internas en el PLC, con el objeto de realizar operaciones aritméticas con estas, o de comparación o de manejo de registros de tipo LIFO, FIFO o de corrimiento. La ventaja principal del manejo de un lenguaje de alto nivel, radica sobretodo en la facilidad de visualización del programa y del fácil acceso y modificación de algunos parámetros como conteos, temporizaciones, forzado de variables, etc. El cambio a un lenguaje más sofisticado, requiere en la gran mayoría de los casos de una terminal de programación más avanzada, con la posibilidad de despliegue gráfico. La principal desventaja no radica en un aspecto técnico, sino en un aspecto económico ya que el costo de adquisición de estas rebasa frecuentemente el costo de un sistema de PLC, de un cartucho de salvaguardo de memoria y de un cartucho de lenguaje de alto nivel, así que para adquirir una terminal de este tipo deberá hacerse un balance entre la frecuencia de ajuste de los diversos parámetros de un proceso y de la rotación de programas que se tengan en una máquina. Esto no es del todo una mala inversión si se considera que una misma terminal, puede servir para todos los PLC's compatibles que se tengan en la planta industrial, conectándose a una máquina a la vez.

Estas terminales de programación, están construidas bajo las mismas especificaciones de operación industrial que los PLC's.

## 2.2.2 VENTAJAS DEL PLC FRENTE A LA LOGICA DE RELEVADORES

Una de las grandes ventajas que presenta el uso de los PLC's frente a la lógica de relevadores es su bajo consumo de energía eléctrica, comparado con el de todo el conjunto de relevadores necesarios en alguna máquina semi o completamente automática. Este consumo de energía lleva a un aumento en la temperatura de operación y en algunas ocasiones, al mal funcionamiento del sistema.

El hecho de contar con relevadores en la lógica de algún proceso implica un inminente desgaste mecánico de los platinos de los contactos o de los resortes, o de cualquier elemento interno al relevador que se encuentre en movimiento, lo que hace necesario un mantenimiento preventivo en la lógica, o un mantenimiento correctivo en caso de falla de la misma, en cualquiera de los dos casos se presenta un paro en la máquina, repercutiendo de manera directa en la producción de la planta industrial. Esto es uno de los más válidos argumentos que presentan los fabricantes y distribuidores de este tipo de sistemas quienes aseguran un mínimo de interrupciones en la máquina en el caso en que se instale un PLC en la misma, ya que todas las conmutaciones lógicas del proceso se realizan en forma electrónica eliminando todo movimiento mecánico. Aún en las salidas de un PLC, varios fabricantes presentan la opción de tenerlas de tipo transistor, protegidas o no contra los cortos circuitos, manejando un voltaje de alimentación de hasta 24 volts, que

ya es un estándar industrial para el comando de bobinas y una corriente nominal de 3 amperes; en caso de necesitar más intensidad de corriente, se recurre al uso de relevadores auxiliares, para aumentar esta capacidad.

Para muchos usuarios que no están familiarizados con el uso de las salidas a transistor, se tiene la opción de manejar estas salidas mediante relevadores de baja capacidad pero que se pueden alimentar con voltajes hasta de 220 volts en CA para el comando de las bobinas de los accionadores. Es decir el uso del PLC se ha adecuado para reemplazar bajo los mismos criterios de operación ( voltajes, ciclos de trabajo, temperaturas etc.) a la lógica de relevadores.

## CAPITULO 3. LOS PLC'S Y LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS

### 3.1 FUNCIONES DEL PLC EN UN SISTEMA PRODUCTIVO

Se define la automatización como una tecnología que está relacionada con el empleo de sistemas mecánicos, eléctricos y electrónicos; basados en computadoras para la operación y control de la producción. Por ejemplo, se utilizan PLC's en: líneas de transferencia, embotelladoras, inyectoras de plástico, cortadoras; en operaciones parcialmente automatizadas o en el reemplazo de máquinas rígidas (que fabrica sólo un tipo de producto) por máquinas flexibles susceptibles de operar sobre variantes de un producto.

Entre los objetivos perseguidos por una automatización se pueden anotar los siguientes:

- a) La búsqueda de costos más bajos para el producto, reduciendo los gastos de mano de obra, de la economía de material y de energía.
  
- b) La supresión de los trabajos peligrosos o pesados y el mejoramiento de las condiciones de trabajo.
  
- c) La búsqueda de una mejor calidad del producto, limitando el factor humano y multiplicando los controles



automatizados.

- d) La realización de operaciones imposibles de controlar manual o intelectualmente como son los ensamblajes miniatura, las operaciones muy rápidas y las coordinaciones complejas.

### 3.1.1 LA AUTOMATIZACION COMO PARTE DE LA PRODUCCION

Un sistema de producción tiene por objetivo aportar un valor añadido; partiendo de materiales, de piezas, de subconjuntos, etc. y elabora productos de valores superiores que pueden ser: Productos acabados, directamente comercializables o productos intermedios que sirven para la realización de los productos acabados.

Al recibir el flujo de materiales de base y al generar el flujo de productos elaborados, el sistema de producción está igualmente alimentado con energía (eléctrica, neumática, hidráulica, etc.) y de auxiliares como agua de enfriamiento, lubricantes, etc. Ese sistema de producción genera a su vez diferentes desperdicios: de cortes, aguas residuales, gases, etc. El funcionamiento de este sistema de producción necesita también de diferentes intervenciones humanas como el personal de explotación que interviene más o menos según el grado de automatización: vigilancia de las máquinas automáticas,

carga, control y descarga de las máquinas semiautomáticas; participación en el proceso productivo en el caso de los puestos de trabajo como el personal de ajuste que procede a las intervenciones necesarias para obtener la calidad buscada o para comenzar una campaña de fabricación sobre una variante del producto inicial o como el personal de mantenimiento que interviene cuando el sistema de producción presenta desperfectos y de una forma más regular procede a las operaciones de mantenimiento preventivo.

En una economía de mercado, toda automatización tiene por objeto ayudar a la competitividad global del producto, ya sea directamente (costo, calidad, etc.) o bien indirectamente (mejoras de las condiciones de trabajo). Esta competitividad del producto final se puede definir como su capacidad para venderse bien en los mercados a los que se destina. La competitividad resulta esencialmente de los resultados obtenidos en los siguientes factores: costo, calidad, innovación, disponibilidad.

Se ha visto que la automatización de los equipos de producción puede mejorar los costos, la calidad e incluso la disponibilidad de los productos (automatización flexible). No obstante es importante verificar que el producto al que se aplica esta automatización esté automatizado al máximo y responda siempre a las necesidades del mercado.

La experiencia muestra que una inversión en automatización conduce con frecuencia a cuestionar el proceso de fabricación y, por lo tanto, el producto.

Una nueva concepción simultánea del producto y de los medios de fabricación, brinda mejores resultados de competitividad. El automatismo de los equipos de producción se debe realizar con la cooperación de los responsables del producto y del proceso.

### 3.1.2 CONSTITUCION DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO

#### 3.1.2.1 PARTE OPERATIVA Y PARTE DE CONTROL

Cada sistema automatizado comprende dos partes: una parte operativa (P.O.) cuyos accionadores actúan sobre el proceso automatizado y una parte de control (P.C.) que coordina las acciones de la parte operativa.

La parte operativa es la que actúa sobre la máquina y el producto. En general, comprende: Los útiles y medios diversos que se aplican en el proceso de elaboración, por ejemplo, moldes, útiles de estampar, útiles de corte, bombas, cabezas de soldadura, de marcado, etc. Los accionadores destinados a mover el proceso automatizado, por ejemplo: Motor eléctrico para accionar una bomba, cilindro hidráulico para cerrar una matriz, cilindro neumático para mover una cabeza de marcado.

La parte de control es la que emite las órdenes hacia la parte operativa y recibe las señales en retorno para coordinar sus acciones. El tratamiento de la parte de control es la convergencia de tres diálogos:

**1) El diálogo con la máquina**

Manejo de los accionadores (Motores, cilindros) a través de los preaccionadores (Contactores, distribuidores, variador de velocidad), adquisición de las señales en retorno por los captadores que informan de la evolución de la máquina.

**2) El diálogo hombre-máquina**

Para explotar, ajustar y reparar la máquina. El personal emite consignas y recibe información de retorno.

**3) El diálogo con otras máquinas**

Varias máquinas pueden cooperar en una misma producción. Su coordinación está garantizada por el diálogo entre cada parte de control.

En la Parte de Control se define el tratamiento que recibe la información proveniente de los sensores y emite órdenes hacia los preaccionadores. Existen tres tecnologías de accionadores que se complementan para responder a las variadas necesidades de las máquinas, estas se mencionan a continuación:

#### **a) Accionadores eléctricos**

Utilizan directamente la energía eléctrica distribuida en las máquinas y toman diferentes formas: Motores de velocidad constante o variable, resistencias de calentamiento, electroimanes, cabezas de soldadura por resistencia, por ultrasonido, cabeza de corte laser, etc.

Los pre-accionadores asociados a estos accionadores eléctricos son principalmente los contactores y variadores de velocidad, equipados con las seguridades necesarias.

#### **b) Accionadores neumáticos**

Estos accionadores utilizan directamente el aire comprimido distribuido en las máquinas. Su utilización es sencilla y son presentados bajo formas muy variadas, los cilindros neumáticos se utilizan para numerosos movimientos: transferencias, aprietes, marcados, mantenimientos, ensamblajes, moldeados, eyecciones, etc. Los distribuidores son los preaccionadores que están asociados a los mismos. Reciben una señal neumática o una señal eléctrica cuando están equipados con una válvula eléctrica.

### **c) Accionadores hidráulicos**

Son cilindros o motores. Sólo se utilizan cuando ya los esfuerzos a desarrollar son grandes (Prensas, etc.) o cuando las velocidades lentas se deben controlar con precisión (Avances del útil de corte).

### **3.1.2.2 SENSORES**

Las magnitudes físicas conmensurables por sensores son muy variadas: posición, velocidad, aceleración, presión, nivel, caudal, temperatura, luz, fuerza, masa, resistencia, pH, magnetismo, etc. Los sensores de posición son los más utilizados en las máquinas de producción, los cuales pueden ser binarios o en su versión analógica.

#### **I) Sensores de posición binarios**

Existe una gama muy amplia de este tipo de sensores, entre ellos podemos destacar:

- a) **Sensor con contacto.** Conmuta cuando el objeto a detectar acciona físicamente el elemento portátil del sensor. Su conmutación se realiza por cierre o apertura de un contacto electromecánico. Desde los mini interruptores hasta los grandes interruptores de posición las gamas son

muy variadas.

- b) **Detector de proximidad.** No existe contacto físico con el objeto a detectar: un sensor electrónico de efecto inductivo conmuta cuando el campo que emite se encuentra perturbado por la proximidad de un objeto metálico. Para los objetos no metálicos se utilizan sensores de efecto capacitivo.
  
- c) **Detector a distancia.** Un rayo luminoso se interrumpe por el objeto a detectar. Un fotorreceptor traduce esta presencia en una señal eléctrica.

## **II) Sensores de posición analógicos**

La posición del objeto se traduce en señales numéricas en uno o varios conductores, por ejemplo asociando a los desplazamientos del objeto, la rotación de un disco ranurado en varias pistas y traduciendo el número de pulsos emitidos con una distancia lineal recorrida.

### 3.2 LA INDUSTRIA DE LOS PLC's

Ha sido tan grande la aceptación de los PLC's por todos los beneficios que generan en los países industrializados que se ha creado una gran competencia entre todas las compañías fabricantes de estos equipos: actualmente se cuenta con un amplio catálogo de productos casi para la totalidad de los competidores, en estos catálogos se encuentran varias decenas de equipo adicional que puede implantarse en la mayoría de los sistemas; va desde los más básicos, hasta las versiones más potentes y veloces. Entre los accesorios más difundidos se tienen cartuchos de memoria sea EPROM o EEPROM de 8k o de 20k para algunas de las marcas, pilas de litio de respaldo de memoria con una duración de dos años en servicio, borneros de simulación para ejecutar algunas pruebas antes de la instalación final de éste, cartuchos con lenguajes más avanzados, terminales de programación de diferentes modelos y alcances (en algunas ocasiones sólo se pueden ajustar ciertos parámetros pero no se cambia ninguna instrucción del programa), etc.

Se ha buscado tal introducción al mercado de los productos eléctrico-electrónico de tipo industrial que estos equipos actualmente son compatibles con equipos electroneumáticos, es decir que muchas máquinas cuyo funcionamiento sea neumático, pueden ser controladas por PLC's con sus respectivas interfaces, eliminando de manera



absoluta los secuenciadores y toda la lógica neumática, reduciendo considerablemente el costo de mantenimiento, salvo en ciertas aplicaciones en donde se deba eliminar el uso de energía eléctrica por cuestiones de seguridad (Como en ambientes explosivos).

Muchas de las compañías fabricantes de estos equipos ofrecen cursos de capacitación para el personal que supervisa alguna operación industrial, en este tipo de cursos (Generalmente existen varios niveles de complejidad) se enseña a los usuarios la gran mayoría de las instrucciones del controlador programable, y de manera práctica se ensayan. Estos cursos tienen por objeto la independencia del usuario con la compañía fabricante de estos PLC's y así multiplicar el mercado de manera geométrica, requiriendo de asesoría sólo cuando realmente exista un problema grave.

Muchos colegios norteamericanos cuentan en sus instalaciones con laboratorios destinados a ofrecer cursos de selección, instalación, operación y mantenimiento de un sistema de PLC. Aunado a esto se cuenta con algunas publicaciones dedicadas a ofrecer información de nuevos productos o innovaciones a los ya existentes además de realizar en algunas ocasiones análisis comparativos de las marcas existentes en el mercado. No solamente los Estados Unidos tienen el control de los autómatas programables, grandes compañías japonesas se han unido al gran mercado al

igual que varias compañías europeas. En México podemos considerar que la aparición de los PLC's fue a principios de la década de los 80's y crece de manera gradual, en nuestro país no tenemos la diversidad de marcas que inundan el mercado norteamericano, sin embargo podemos destacar las siguientes: Telemecanique (Francia), FESTO (Alemania), Siemens (Alemania), Allen Bradley (EUA), etc.

No ha sido tan fácil la introducción al mercado mexicano, ya que la mayor parte de nuestra industria no cuenta con la infraestructura para aceptar un cambio tan radical que genera desconfianza en los usuarios y la incertidumbre de no contar con las refacciones adecuadas en caso de fallas en el sistema, sin embargo ha sido a través del aumento en la productividad de algunas fábricas, que otras han aceptado el uso de estos sistemas en algunas de sus máquinas. Entre las compañías que empezaron a modernizar sus instalaciones tenemos: Fábrica de aceites y jabones La Corona, Gillette de México, Pelikan de México, Embotelladora Coca Cola de Cuernavata, etc.

Actualmente la gran mayoría de las máquinas nuevas que son adquiridas por algunas compañías, ya cuentan con uno o varios PLC's lo que indica de cierta forma su rentabilidad.

La competencia del mercado ha sido tan grande que las marcas tratan de sofisticar cada vez más sus productos, haciendo de estos, sistemas cada vez más completos y con una

capacidad de control industrial sobresaliente.

En cuanto a la capacidad de desempeño que desarrolla un PLC se pueden mencionar varias características: número de entradas y salidas de tipo digital que se tiene (pueden ir desde unas cuantas decenas, hasta varios miles); capacidad de manejo de entradas y salidas de tipo analógico con que cuenta, número y velocidad de respuesta de estas; cantidad de instrucciones disponibles; capacidad de comunicación con otros PLC y posibilidad de monitorear el proceso mediante la conexión a una computadora personal.

Esta competencia seguirá durante mucho tiempo, pues continuamente se está mejorando el rendimiento de los productos.

### 3.3 ARQUITECTURA GENERAL DE LOS PLC'S

#### 3.3.1 ORGANIZACION MODULAR DE LOS PLC'S

Podemos presentar a un PLC como un conjunto de bloques funcionales que se articulan alrededor de un canal de comunicación: el canal de entradas y salidas.

La siguiente figura ilustra lo anterior:

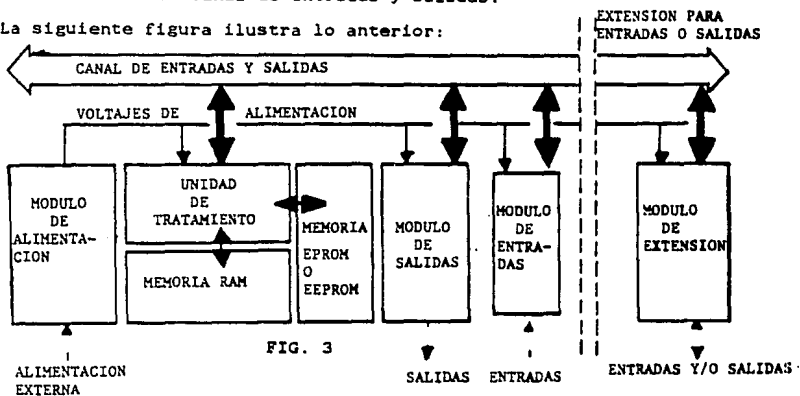


FIG. 3

Los módulos principales que forman la arquitectura de un PLC son los siguientes:

- Módulo de alimentación.** Este módulo suministra los diferentes voltajes a los otros módulos, y a sí mismo, a través de una red exterior. Controla el nivel de voltaje, protegiéndose de picos de voltaje que dañarían a los otros módulos.
- La unidad central.** Comprende una unidad de tratamiento a

base de un microprocesador y una memoria "RAM". Esta unidad de tratamiento va a buscar sus instrucciones en la zona de "memoria de programa" de la "RAM", donde el programa esta ordenado en forma de una serie de instrucciones codificadas en binario. Las instrucciones que esta unidad de tratamiento debe ejecutar son:

- Leer o escribir en la memoria.
- Probar el estado de las entradas y definir el estado de las salidas.
- Efectuar las operaciones lógicas de base.

En la memoria EPROM se encuentra permanentemente el programa a ejecutar, el cual es cargado a memoria RAM en el momento de encender el PLC.

c) **Módulo de entradas.** Permite a la unidad central probar el estado de los sensores asociados a la misma. Estos estados pueden ser "0" o "1" lógicos salvo el caso de que se trate de un módulo de entradas analógico.

d) **Módulo de salidas.** Permite al PLC actuar sobre los accionadores o pre-accionadores. La unidad de tratamiento actualiza periódicamente el estado de las salidas en función del contenido del programa.

En los siguientes incisos se trata más profundamente lo relacionado a módulos de entradas y salidas tanto binarios como analógicos.

### **3.3.2 MODULOS DE ENTRADAS Y SALIDAS BINARIOS**

Los módulos de entradas y salidas de tipo binario forman parte de la arquitectura original de un PLC, es decir estas se encuentran generalmente en el mismo módulo que la alimentación y la unidad central salvo los casos de PLC's de mediano o gran tamaño en donde el usuario escoge la arquitectura del PLC que va a utilizar, ya que dispone de una "canasta" con varios puertos de extensión en donde puede conectar cualquier tipo de tarjeta que requiera su aplicación.

Los módulos de entradas binarias recojen las señales provenientes de los sensores conectados a ellas, y estas entradas son leídas periódicamente por la unidad central. Los módulos de entradas binarias están generalmente aisladas eléctricamente mediante opto-acopladores.

Los módulos de salidas binarios envían una señal a los pre-accionadores de apertura o cerradura de algún contacto; estas salidas pueden estar formadas por pequeños relevadores, transistores o triacs según la aplicación y la preferencia del usuario.

### **3.3.3 MODULOS DE ENTRADAS Y SALIDAS ANALOGICOS**

Como se mencionó anteriormente, existen muchos procesos

en los cuales las variables son de tipo analógico, (temperatura, presión, flujo, etc.), es por esto que muchos fabricantes de PLC's han adaptado módulos de extensión de tipo analógico para así, aumentar la potencialidad de estos aparatos, y poder programar los algoritmos necesarios en el control de estos.

En este inciso se muestran las características principales de estos tan importantes enlaces con el medio exterior.

Los sistemas digitales realizan todas sus operaciones internas en binario o bien algún tipo de código. Cualquier información que vaya a introducirse en un sistema digital debe ponerse en esta forma antes de que pueda ser procesado por los circuitos digitales. Por otro lado, las salidas de un sistema digital deben convertirse con frecuencia en una forma diferente según como se vayan a utilizar.

En el lado de la entrada, las dimensiones de los parámetros del proceso que son analógicos por naturaleza son generalmente transformados (cambiados a un voltaje o corriente proporcional a la entrada) y enviados a un convertidor de analógico a digital, ADC, el cual convierte la cantidad analógica en una representación digital correspondiente.

Los dispositivos de salida relativos al proceso traducen las salidas del PLC en las señales adecuadas de activación que se necesitan para controlar el proceso. Estas señales podrían consistir simplemente en abrir y cerrar contactos de interruptores o pulsaciones de un motor de pasos. Sin embargo, muchas veces la señal activadora que se requiere debe ser analógica, como es el caso de un voltaje para dar la consigna de velocidad a un motor. Es aquí cuando, se necesita de un convertidor de digital a analógico, DAC.

#### **Módulos de salida analógicos.**

Todo módulo de salidas analógicas contiene uno o varios circuitos integrados de conversión digital-analógico, estos tienen diferentes rangos de conversiones y diferentes velocidades de respuesta, sin embargo podemos mencionar algunas especificaciones de un DAC de tipo comercial:

**Resolución.** Es la cantidad de valores diferentes que puede producir un DAC para todas las combinaciones de entrada, es decir la resolución depende del número de Bits que se tengan en la entrada.

**Precisión.** Las dos formas más comunes de especificar la precisión son el error de escala completa y el error de linealidad, que normalmente se expresan como un porcentaje de la salida de escala



completa del convertidor. El error de escala completa es la máxima desviación de la salida del DAC de su valor estimado (teórico).

**Tiempo de respuesta.** La velocidad de operación de un DAC se especifica como tiempo de respuesta, que es el tiempo que se requiere para que la salida pase de cero a escala completa cuando la entrada binaria cambia de todos los ceros a todos los unos. Estos tiempos de respuesta varían de 50ns a 10micro seg. dependiendo del tipo de integrado que se utilice.

Los DAC con salida de corriente tienen tiempos de respuesta más breves que los DAC con salida de voltaje.

**Voltaje de balance.** En teoría, la salida de un DAC será 0 V. cuando la entrada binaria está en ceros. En la práctica, habrá un voltaje de salida pequeño producido por el error de desbalance del amplificador operacional. Este desbalance es comúnmente del 0.05% del valor a escala plena. Casi todos los DAC tienen compensación externa para ajuste de este desbalance.

En el mercado de los PLC's se tienen a disposición del usuario módulos de salidas analógicas presentadas como módulos de extensión al propio PLC cuya configuración se realiza desde el mismo autómata programable.

A continuación se describen algunas características de uno de estos módulos comerciales de salidas analógicas :

**Presentación:** Cada módulo de salidas analógicas puede soportar dos salidas de:

- \* +/- 10 volts (11 bits+signo)
- \* 4-20 mA (11 bits)

Estos módulos se comunican con el programa de usuario por medio de las palabras de registro.

**Código de programación.** Este código puede ser declarado cuando se configuran las entradas/salidas del PLC.

**Escritura de las salidas.** Los valores analógicos de las dos salidas provenientes del módulo son respectivamente la imagen de los valores digitales almacenados en 2 palabras de registro. Una salida se escribe por el

programa del usuario simplemente transfiriendo el valor digital en una palabra de registro asignada.

**Principios de restablecimiento de las medidas.** Un módulo de salidas analógicas comprende dos circuitos convertidores digital/analógicos (DAC). La transferencia de los valores digitales hacia el módulo se realiza mediante un multiplexador controlado por el procesador del PLC.

El siguiente diagrama muestra claramente lo anterior:

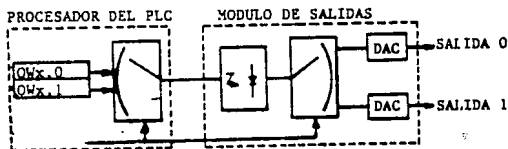


FIG. 4

**Escritura de las salidas:** Las palabras registro de salida OWx,0 y OWx,1 son accesibles por programa y pueden ser usadas respectivamente para configurar el valor de la salida analógica para los canales 0 y 1.

El sistema operativo del PLC convierte automáticamente los valores enviados al módulo de 16 bits (formato de la palabra de registro) a 12 bits (formato de utilización del módulo 11 bits + signo) para el procesamiento directo del módulo.

**Rango de salida:**

Módulo	Rango normal	Rango Extendido.
Voltaje.	-10/+10 V	-11/+11 V
Corriente.	4/20 mA	0/24 mA.

**Correspondencia Digital Analógica.** La resolución digital del convertidor D/A (11 bits + 1 bit de signo) habilita la codificación de un valor para una conversión entre -2047 y 2047.

Las siguientes gráficas nos muestran esos límites:

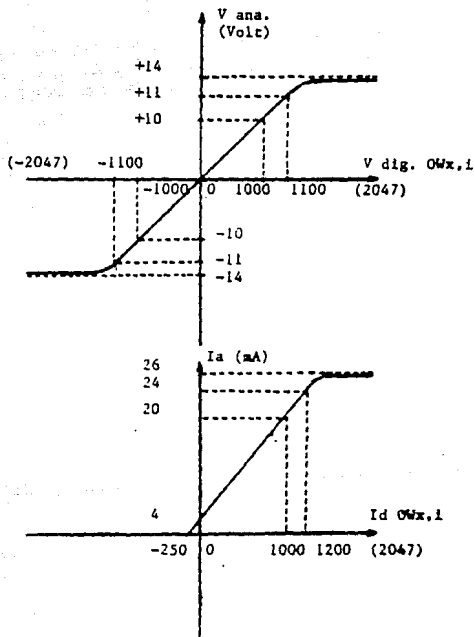


FIG. 5

Algunos valores característicos de las salidas analógicas:

Palabra:	Módulo en voltaje	Módulo en corriente
Decimal	-10/+10 V	4/20 mA.
2047	saturación	saturación
1200	saturación	24.000
1100	11.00	21.600
1000	10.00	20.000
1	0.01	4.016
0	0.00	4.000
-250	-2.50	0.000
-1000	-10.00	0 (limitado)
-1100	-11.00	0 (limitado)
-2047	saturación	0 (limitado)

Valor del LSB                      10.00 mV                      16 microamp.

Fórmula de                      Va=Vn/100                      In=0.016\*Id +4  
conversión.

Vd e Id = Valores digitales provenientes del programa de usuario (contenido de las palabras OWx,i)

Va e Ia= Voltaje y corriente proporcionada por el módulo, expresada en V y mA respectivamente.

**Protección de las salidas analógicas:** Cuando el PLC es puesto en marcha, el sistema operativo de este manda un bit sistema a nivel 1 y fuerza los valores de las salidas analógicas a 0V. para el Módulo de Volt. y a 4mA para el Módulo de Corriente.

## Módulos de entradas analógicas

Existen también para este tipo de conversión varias configuraciones posibles, sin embargo la dificultad a vencer en todos estos métodos es la velocidad con la cual el circuito encuentra un equivalente numérico a una entrada analógica dada. Se mencionarán los siguientes métodos de conversión Analógica/Digital:

- \* Método de conteo.
- \* Método de aproximaciones sucesivas.
- \* Convertidor "FLASH" o convertidor Paralelo.
- \* Convertidor de rampa sencilla.
- \* Convertidor de doble rampa o radiométrico.

Existen a la venta un sinnúmero de circuitos integrados que realizan estas operaciones de conversión siguiendo algunos de los métodos antes mencionados.

En el mercado de los PLC's existen módulos de entradas analógicas para poder procesar estas variables en el microcontrolador del PLC, esto aumenta el campo de empleo de los PLC a sistemas analógicos.

Se enlistan algunas características de uno de estos módulos comerciales de entradas analógicas.



**Presentación:** Cada módulo de entradas analógicas con resolución de 11 bits + 1 bit de signo puede procesar 4 entradas de:

- \* +/-10 V. para el módulo de voltaje.
- \* 4/20mA para el módulo de corriente.

Estos módulos se comunican con el programa de usuario por medio de las entradas discretas y las palabras de registro internas.

**Código de programación.** Este código puede ser declarado cuando las Entradas/Salidas del PLC sean configuradas.

**Configuración.** Puede usarse para escoger el modo operativo de los módulos que puede ser:

- \* Numero de entradas muestreadas (1 a 4)
- \* Cambiar el rango de los módulos de 4/20 mA.

Esta selección se hace asignando una de las palabras de registro.

**Acceso de las medidas en programas.** Los valores digitales de las medidas, esto es, la imagen de los valores analógicos de las 4 entradas, son almacenadas en 4 palabras registro.

El valor medido es accedido en el programa de usuario simplemente leyendo esa palabra registro.

**Adquisición de valores.** Un módulo de entradas analógicas está compuesto por un solo circuito convertidor analógico/digital (ADC), con un tiempo de conversión de 80ms por entrada. Las cuatro entradas son leídas secuencialmente y convertidas

El siguiente diagrama describe lo anterior:

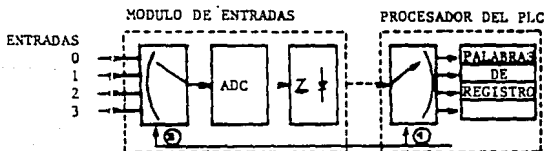


FIG. 6

Durante la fase de adquisición, cuando la tarea maestra

del PLC esta sensando los valores de las entradas, después de convertir cada una, el procesador del PLC hará lo siguiente:

- Almacena la nueva medida en una palabra registro.
- Multiplexa el valor analógico de la entrada y comienza la conversión analógica/digital.

El sistema operativo del PLC convierte automáticamente los valores recibidos del módulo de un formato de 12 bits (11 bits + signo) a un formato de 16 bits para el procesamiento directo del programa de usuario.

**Correspondencia Analógica Digital.** La resolución digital por encima del máximo rango es de 11 bits + 1 de signo, habilitando la codificación por encima +/- 2047 puntos a través del rango completo de acción del módulo.

Las siguientes gráficas ilustran lo anterior

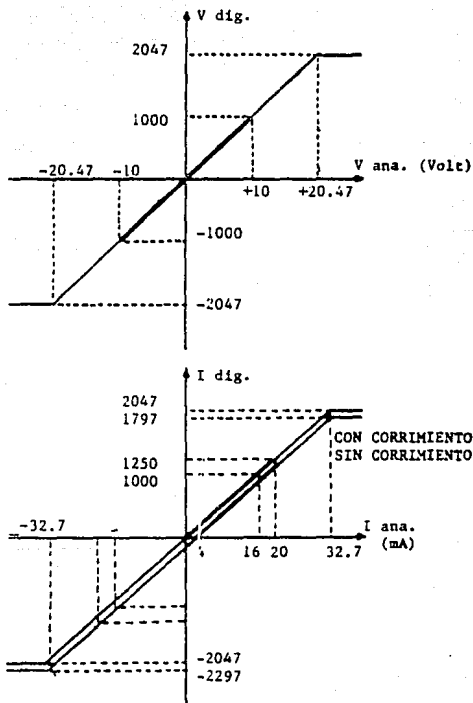


FIG. 7

Algunos valores característicos de las entradas analógicas:

Palabra.  Decimal.	Mód. Voltaje	Módulo de corriente.	
	-10/+10 V.	Sin Corrim.	Con Corrim.
2047	20.47	32.752	-----
1797	17.97	28.752	32.752
1000	10.00	16.000	20.000
1	0.01	0.016	4.016
0	0.00	0.000	4.000
-250	-2.50	-4.000	0.000
-1000	-10.00	-16.000	-12.000
-2047	-20.47	-32.752	-28.752
-2297	-----	-----	-32.752
Valor del LSB	10mV.	16E-6 Amp.	16E-6 Amp.

Fórmula de

Conversión  $V_n = V_a * 100$   $I_n = I_a / 0.016$   $I_n = (I_a - 4) / 0.016$

Donde:  $V_n$  e  $I_n$  = Valores digitales almacenados en las palabras registro.

$V_a$  e  $I_a$  = Valores analógicos de entrada expresados en V y mA. Respectivamente.

### 3.3.4 MODULOS DE COMUNICACION

Muchos sistemas productivos están compuestos por varios subsistemas menores como: líneas de transferencia, ensamble, inyección, etc. Es decir, el número de variables que entran en juego en el proceso es muy grande. Cuando se quiere automatizar este tipo de procesos, se tiene la opción de manejar un PLC de tamaño grande, en el que puedan entrar todas las condiciones y acciones del proceso, y manejar un solo programa de aplicación para este. El problema radica principalmente en la centralización de la información, es decir, el programa tendría que ser demasiado complejo y considerar demasiadas condiciones para su ejecución. La otra opción que se puede manejar convenientemente es la de automatizar el proceso mediante una red de PLC's comunicados

entre si , es decir, dividir el proceso en varios sub-procesos cada uno de ellos manejado por un PLC y todos conectados entre si dependiendo de cual sea la conexión en red más conveniente.

Esta comunicación de PLC's se logra mediante los módulos adecuados, quienes aseguran la puesta en forma de lo datos que deberán ser enviados, esta puesta en forma se refiere entre otras cosas a: velocidad de transmisión, paridad, formato y protocolo de información.

Otras de las aplicaciones importantes de los módulos de comunicación es el enlace con periféricos auxiliares, como: impresoras, terminales de programación y de ajuste etc.

### 3.4 UTILES DE DESCRIPCION DE LOS AUTOMATISMOS

Para concebir, realizar y explotar un automatismo, es indispensable describir el comportamiento del mismo. Los útiles o lenguajes que permiten esta descripción, pueden, a elección, ser literales, simbólicos o gráficos. Es importante conocer estos útiles que se completan para permitir una expresión clara y concisa de los problemas de automatización.

Utilizando el lenguaje común, se enumera lo que un automatismo debe hacer describiendo cada etapa y precisando las condiciones que debe satisfacer en cada momento.

Debido a que los automatismos a realizar en sistemas productivos son cada vez más complejos, el uso de un lenguaje de este tipo ya no es recomendable, ya que conduce a una lista muy larga de condiciones muy difíciles de explotar. Por lo tanto se hace necesario desarrollar útiles simbólicos y gráficos que permitan una expresión clara y concisa.

Como complemento de las expresiones simbólicas, los útiles de descripción gráfica son apreciados; ya sea porque son parecidos a ciertas tecnologías de realización: contactos electromecánicos, módulos lógicos, etc.; o por el contrario como no se parecen a la tecnología que se aplicará, permiten una descripción funcional de los problemas secuenciales.



Uno de los lenguajes más conocidos en la industria eléctrica es el esquema de contactos o Diagrama de Escalera ("Ladder"). Este lenguaje gráfico de descripción de los automatismos nació en la época en que únicamente eran disponibles las tecnologías de contactos para resolver los problemas de control. Situando en serie o en paralelo los contactos, ya sean normalmente abiertos o normalmente cerrados, se pueden reproducir cada una de las funciones lógicas de base: Y, O, NO y Memoria por autoalimentación. Por lo tanto es sencillo describir así las expresiones combinatorias.

Por el contrario para los problemas secuenciales, es necesario construir una sucesión de circuitos de autoalimentación, lo que resulta difícil de establecer y de leer.

Los esquemas de contactos están normalizados dada su familiarización con los electricistas. Se utilizan frecuentemente para expresar o visualizar los automatismos programados, para ello se emplea su versión americana, el diagrama de escalera ("Ladder Diagram").

Otro de los útiles importantes dentro de la simbolización en automatización son los logigramas, es decir la representación gráfica de las relaciones lógicas cuyas funciones base son Y, O, NO y Memoria. Esta representación está normalizada en un plan internacional y conduce a

resultados claros y compactos por medio de un agrupamiento gráfico de las funciones base.

Existen varias normalizaciones para los gráficos de estas funciones, destacando dos de estas, la americana con gráficos de media luna, y la europea con gráficos rectangulares.

El funcionamiento secuencial de los procesos de producción no se puede describir claramente por medio de un diagrama de contactos o un logigrama. Esta es la razón por la que se han desarrollado diferentes lenguajes gráficos, lenguajes que tienen por objeto esencial una expresión clara de los problemas secuenciales.

Una manera de describir un automatismo es enunciar la secuencia que debe de seguir hasta finalizar el ciclo, el GRAFCET (Lenguaje gráfico de descripción y de programación de los automatismos) es un lenguaje derivado del cronograma, de los diagramas de fases, de las redes de Petri, del organifase, etc., estos han sido lenguajes gráficos utilizados en automatismos, cada uno de ellos ha ayudado a construir la experiencia de la cual el Grafcet constituye la síntesis.

Una vez normalizado, el Grafcet se reconoce como el lenguaje gráfico mejor adaptado a la expresión de la parte secuencial de los automatismos de producción.

El Grafcet representa la sucesión de las etapas en el ciclo. La evolución del ciclo se controla por una "transición" dispuesta entre ellas.

A cada una de las etapas pueden corresponder una o varias acciones. A cada transición corresponde una "receptividad", condición que debe cumplirse para poder pasar la transición, lo que permite la evolución de una etapa a la siguiente.

El ciclo se desarrolla etapa por etapa: La inicial se activa al comienzo del funcionamiento, valida la transición que le sigue, la misma se franquea si se cumple la receptividad X, entonces se activa la etapa 1 y se desactiva la inicial. Las acciones asociadas a la 1 se desarrollan hasta que la receptividad de la transición que sigue se cumpla.

Cualquier automatismo se puede describir con Grafcet, en diferentes fases de su concepción:

- a) A nivel del conjunto de condiciones, el Grafcet no incorpora las elecciones a realizar para la parte operativa y la parte de control.
- b) Después de seleccionar los accionadores y los sensores, el Grafcet precisa las acciones y transiciones.
- c) Por último, con la selección de los pre-accionadores, el Grafcet de control expresa las señales intercambiadas por P.O. y P.C.

### 3.4.1 CONJUNTO INSTRUCCIONES DEL LENGUAJE GRAFICO

El PL7-2 es el nombre comercial dado al lenguaje gráfico que contiene los diagramas de escalera y al GRAFCET, este lenguaje se utiliza para programar PLC's de la compañía francesa Telemecanique, estos PLC's pertenecen a la serie 27, 47, 67 y 87, de catálogo de esta compañía.

El lenguaje gráfico PL7-2 está constituido por diagramas de escalera y esquemas Grafcet que se introducen directamente en la terminal por medio de los símbolos gráficos definidos.

Los diagramas de escalera están constituidos esencialmente por los siguientes géneros de símbolos:

- **De prueba:** lectura del estado de un bit en general (ej: lectura de estado de un bit de entrada).
- **De acción:** transferir el resultado de una acción lógica a un bit (ej: mando de una salida asociada a un órgano de mando.)
- **De bloques de funciones:** funciones de automatismos integrados (temporizadores, contadores, etc.)

- **De bloques de operaciones:** funciones de cálculos integradas (ej: comparaciones, operaciones aritméticas, operaciones lógicas, etc.)

Las informaciones procesadas por un PLC se definen y salvaguardan en variables denominadas "Bits" o "Palabras". Algunas de estas variables se denominan "internas" ya que los bits asociados no son accesibles directamente, es decir, ninguna entrada/salida se encuentra asociada a un bit interno.

Los bits de entrada/salida no permiten memorizar las informaciones lógicas, es decir, evolucionan constantemente de acuerdo con el programa, para ello existen:

- **Los "Bits internos"** (en el caso de un TSX 17-20 se disponen de 256 de estos bits), que permiten memorizar los resultados de ecuaciones lógicas, su estado puede probarse varias veces en el programa y permanece salvaguardado hasta modificación.
- **Las "Palabras internas"** o conjunto de 16 bits, permiten almacenar información codificada en binario (se cuentan con 1024 palabras con 128 directamente accesibles).

Todo automatismo secuencial se desglosa en una sucesión de etapas o acciones separadas por transiciones o permisivos. El par Etapa/Transición es un conjunto indisoluble.

Esta forma de programar un automatismo es muy segura y rápida de aplicar, ya que el autómata no pasará de una etapa a otra si no se han cumplido todos los permisivos (seguridades, câptadores de presión, de fin de carrera, tiempos dados por temporizadores, etc.), ni se saltará a otra etapa diferente en el programa aún cuando se hayan cumplido los permisivos para esto, es decir, evita todo riesgo que presenta el hecho de accionar uno de los interruptores de la máquina accidentalmente con lo cual se pierda la lógica de la secuencia.

Es muy fácil de programar ya que el gráfico de la secuencia (muy similar a un diagrama de flujo) se transcribe directamente a la terminal. Una vez introducido el graficet en la terminal, se procede a programar el tratamiento preliminar de la secuencia (este se programa en diagramas de escalera), que consiste en tomar en cuenta todos los sucesos que tienen una incidencia directa sobre los otros tratamientos, y por lo tanto sobre el gráfico, es decir, si ésta tendrá un arranque en frío o un arranque en caliente en caso de un corte del sector, fijación de los valores de algunos bits internos al comienzo de una secuencia, etc.

Por último existe el tratamiento posterior, en este (también programado en lenguaje de escalera) se describen de manera direccionada las acciones a realizarse por las diferentes etapas del grafcet. Este tratamiento genera las seguridades inherentes a las acciones, asegura la unicidad del comando, y genera las funciones del automatismo.

El grupo de instrucciones del lenguaje gráfico PL7-2 tanto para el de Escalera como para el Grafcet se muestra en la figura 8.

Una vez visto un panorama general de la historia, ventajas, lenguajes y periféricos asociados a un PLC, el siguiente inciso proporciona algunos criterios para seleccionar un PLC para la aplicación específica que se tenga.





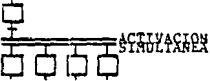

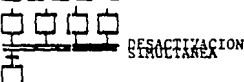

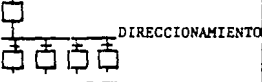

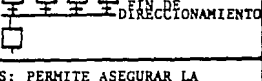


SIMBOLO	FUNCION
	<p>ETAPAS INICIALES: SIMBOLIZAN LAS ETAPAS ACTIVAS AL COMIENZO DEL CICLO, A CADA ETAPA INICIAL SE ASOCIA UN NUMERO UNICO Y LAS ACCIONES ASOCIADAS A LA MISMA SE INTRODUCEN EN LADDER EN LA ZONA DE TRATAMIENTO POSTERIOR.</p>
	<p>ETAPAS: SIMBOLIZAN LOS ESTADOS ESTABLES DEL AUTOMATIZMO. UNA ETAPA SOLO SE CONVIERTE EN ACTIVA SI: LA ETAPA ANTERIOR ES ACTIVA Y LA CONDICION DE TRANSICION ANTERIOR ES VERDADERA. A CADA ETAPA SE ENCUENTRA ASOCIADO UN NUMERO UNICO . LAS ETAPAS SE INTRODUCEN EN LA ZONA DE TRATAMIENTO SECUENCIAL Y LAS ACCIONES ASOCIADAS A LA MISMA SE INTRODUCE EN LA ZONA DE TRATAMIENTO POSTERIOR.</p>
	<p>TRANSICIONES: SEPARAN OBLIGATORIAMENTE DOS ETAPAS Y PERMITEN EL PASO DE UNA A LA OTRA. LA INTRODUCCION DE LAS CONDICIONES DE LAS TRANSICIONES SE INTRODUCEN EN EL TRATAMIENTO SECUENCIAL.</p>
	<p>ACTIVACION SIMULTANEA DE ETAPAS</p> 
	<p>DESACTIVACION SIMULTANEA</p> 
	<p>DIRECCIONAMIENTO Y FIN DE DIRECCIONAMIENTO</p> 
	<p>FIN DE DIRECCIONAMIENTO</p> 
	<p>REMISION DE ORIGENES Y DESTINACIONES: PERMITE ASEGURAR LA CONTINUIDAD DE LA LECTURA DEL GRAFISMO. A CADA REMISION DE ORIGEN ESTA ASOCIADA UNA REMISION DE DESTINACION</p>
	<p>UNIONES ORIENTADAS: PERMITEN ENLAZAR UNA ETAPA A UNA TRANSICION</p>

FIG. 8



BLOQUES FUNCIONES	[ T ]	FUNCION TEMPORIZACION: PERMITE MANDAR POR RETARDO LAS ACCIONES ESPECIFICAS
	[ M ]	FUNCION MONOESTABLE: PERMITE ELABORAR UN PULSO DE UNA DURACION DADA
	[ C ]	FUNCION CONTADOR: PERMITE EFECTUAR CONTEOS O DESCONTEOS DE ACONTECIMIENTOS O IMPULSOS
	[ D ]	FUNCION PROGRAMADOR CICLICO (DRUM): SU FUNCIONAMIENTO ES SIMILAR AL TAMBOR DE LEVAS.
	[ R ]	FUNCION REGISTRO: ES UN CONJUNTO DE PALABRAS DE 16 BITS QUE PERMITEN ALMACENAR LAS INFORMACIONES EN: FILA DE ESPERA (FIFO) O PILA (LIFO)
	[ t ]	FUNCION COMUNICACION (TEXT): PERMITE LOS INTERCAMBIOS DE BLOQUES DE TEXTOS ENTRE DIFERENTES ELEMENTOS
BLOQUES OPERATIVOS	{ < }	OPERACIONES DE COMPARACIONES
	{ OPER. }	OPERACIONES ARITMETICAS
	{ OPER. }	OPERACIONES LOGICAS
	{ OPER. }	OPERACIONES DE CONVERSION
	{ OPER. }	OPERACIONES DE CORRIMIENTO CIRCULAR
	{ OPER. }	OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE BITS O PALABRAS

FIG. 3 (CONTINUACION)

SIMBOLOS	—	CONEXION HORIZONTAL: PERMITE UNIR LOS ELEMENTOS EN SERIE
		CONEXION VERTICAL: PERMITE UNIR LOS ELEMENTOS EN PARALELO
GRAFICOS DE PRUEBA	⊥	CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO
	⊢	CONTACTO NORMALMENTE CERRADO
SIMBOLOS GRAFICOS DE ACCION	< >	BOBINA DE SALIDA DE TRANSFERENCIA DIRECTA
	< / >	BOBINA DE SALIDA DE TRANSFERENCIA INVERSA
	< S >	ENGANCHE DE LA BOBINA (SET). SOLO PASA A NIVEL LOGICO CERO POR LA BOBINA DE DESENGANCHE (RESET)
	< R >	DESENGANCHE DE LA BOBINA (RESET). SOLO PASA A NIVEL LOGICO UNO POR LA BOBINA DE ENGANCHE (SET)
	< J >	BOBINA DE SALTO DE PROGRAMA (JUMP), EL MANDO DE ESTA BOBINA PROVOCA LA INTERRUPCION INMEDIATA DE LA EJECUCION DE LA RED EN CURSO Y UNA CONTINUACION DEL PROGRAMA EN LA RED DESIGNADA POR UNA ETIQUETA
	< / > < S > < R >	BOBINAS SALVAGUARDADAS EN CASO DE CORTE DEL SECTOR. LOS NIVELES LOGICOS DE LOS BITS DIRECCIONADOS SE MEMORIZAN.

FIG. 8 (CONTINUACION)



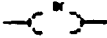


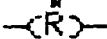

	SIMBOLO DE PROGRAMACION	INTERPRETACION
SIMBOLO DE PRUEBA		PRUEBA SI EL ESTADO LOGICO DE UN BIT INTERNO ES UNO
		PRUEBA SI EL ESTADO LOGICO DEL BIT INTERNO ES CERO
SIMBOLO DE ACCION		TRANSFERENCIA DE UN RESULTADO LOGICO A UN BIT INTERNO
		TRANSFERENCIA DEL INVERSO DE UN RESULTADO LOGICO A UN BIT INTERNO
		PUESTA A UNO DE UN BIT INTERNO POR LA BOBINA DE SET
		PUESTA A CERO DE UN BIT INTERNO POR LA BOBINA DE RESET
		TRANSFERENCIA DE UN RESULTADO LOGICO O DE SU INVERSO A UN BIT INTERNO SALVAGUARDADO

FIG. 8 (CONTINUACION)

### 3.5 CRITERIOS PARA LA SELECCION DE UN PLC

Los primeros PLC's de hace unos cinco años tenían tiempos de barrido de programa de entre 40 y 50 milisegundos, comparados con los 5 a 10 mseg. que están disponibles hoy.

El número de puertos de entrada/salida para PLC's antiguos fueron fijados usualmente a más de 80. Frecuentemente el diseñador del sistema no podía emplear todos estos puertos en su aplicación. Si requería alguna pequeña expansión, un pequeño módulo de 4 E/S no estaba disponible, por lo cual otro bloque de 20 o más tenía que adquirirse

Los micro PLC's modernos, sin embargo, pueden hacer cálculos matemáticos, tomar decisiones basadas en cualquier número de variables o constantes, y comunicarse con otros PLC's o terminales. También están disponibles módulos de tamaño pequeño que permiten adiciones desde 4 E/S hasta 32 E/S para algunas de las marcas, además que los diagramas de escalera usuales en los PLC's de mayor tamaño reemplazan el lenguaje booleano dado que es menos interpretativo para el usuario.

## **Consideraciones de costo**

El costo de cualquier PLC en lo referente a la instalación debe ser dividido en tres partes principales: El costo del PLC mismo, el costo de la escritura y documentación del "Software" y gastos por instalación, cableado y "Hardware" incidental como fuentes de energía externa.

## **Consideración del número de las entradas y las salidas**

Lo primero en la selección del Hardware del PLC, es determinar el número de entradas y salidas (E/S) que se requieren. Existen dos categorías de E/S, una es para el control del equipo o maquinaria y la otra para el control del panel del operador.

Las entradas de control de la máquina se componen generalmente de sensores de estado sólido e interruptores de límite mecánicos. Las salidas discretas manejan contactores relevadores válvulas solenoides y actuadores.

Las entradas del panel del operador vienen desde botones pulsadores, interruptores "thumbwheel", selectores y teclados alfanuméricos. Las salidas discretas manejan señales de lámparas y pantallas digitales.

Si el panel de control del operador soporta un número considerable de E/S, una terminal de interfaz para el operador puede ser mejor que simples lámparas indicadoras.

Un PLC con una interfaz serie es necesaria para comunicarse con una terminal inteligente. Una interfaz serie bidireccional reemplaza todas las E/S discretas asociadas con el panel del control del operador. Un puerto serie se provee por un módulo separado de E/S o por el puerto de programación común encontrado en la mayoría de los PLC.

En todos los casos, los botones de paro de emergencia deben ser alambrados directamente a los circuitos de control de energía, además por seguridad las señales de emergencia no deben ser cableadas a través de dispositivos programables tales como PLC's o terminales de interfaz del operador.

El tipo de señal de entrada y salida encontrada en la aplicación es muy importante. La tendencia es la de usar 24VCD para voltaje de control, alimentación de sensores y otras entradas, ya que este voltaje es más seguro que 110VCA, además que este tipo de sistema en este voltaje es menos costoso que el de 110VCA por la eliminación de la fuente regulada.

Normalmente no se dispone de 24 Volts en alguna

instalación eléctrica, sin embargo, algunos PLC's proporcionan un suministro de 24VCD, específicamente para sensores. Esto ahorra el costo de una fuente adicional, simplifica el cableado y reduce el tiempo de instalación.

Si el micro PLC es empleado para adecuar una instalación existente de 110VCA para circuitos de control, quizás sea más económico usar 110VCA para las entradas. Esto es especialmente cierto si ya se han colocado sensores de CA. Para máquinas nuevas, no existen argumentos válidos para usar entradas de 110 VCA.

Por otra parte el voltaje de control más frecuente para dispositivos de salida es 110VCA. Esto se debe a que las señales de salida necesitan una energía considerable; en caso de utilizar una fuente de 24VCD, ésta deberá ser de buena capacidad de corriente.

Las salidas de CD son usadas frecuentemente para pantallas numéricas o para operaciones que requieren de una conmutación frecuente.

Los circuitos de salida binarios usan relevadores (Para CA o CD), triacs (Salidas de CA Únicamente), o transistores (Salidas de CD). Las especificaciones de salida del PLC muestran el número de operaciones de conmutación que pueden manejar con una corriente de salida fija. Si el número de operaciones no es lo suficientemente alto, un relevador externo o un contactor pueden ser útiles. En algunas

ocasiones es necesario el duplicar la corriente de salida, esto puede resolverse conectando dos salidas en paralelo siempre y cuando estas conmuten simultáneamente, aunque esta solución no es la mejor técnicamente hablando, ya que cualquier falla en una de las salidas, acarrea la falla de la otra.

Algunos fabricantes de PLC's agregan circuitería para mejorar la calidad de la conmutación. Por ejemplo GMOV's (Varistores de metal óxido-galio) a través de los relevadores de contacto reduciendo el arqueo y el ruido eléctrico inducido, alargando la vida de los contactos, algunos micro-PLC's protegen sus puertos de salida de 24Vcd. contra sobrevoltajes y cortocircuitos.

### **Entradas y Salidas Analógicas**

Existen aplicaciones que requieren del uso de módulos de entradas y salidas de tipo analógico, por lo que el PLC a seleccionar debe tener la capacidad de expansión para este tipo de módulos y el soporte de programación para interpretar los datos obtenidos.

### **Lenguajes de programación**

Se debe conocer de manera general, el conjunto de instrucciones con que cuenta el PLC a seleccionar, ya que



algunas automatizaciones requieren de ciertas instrucciones gráficas como tambores, contadores rápidos, etc. que no todos los lenguajes las tienen. Por otra parte se debe manejar la opción de tener un lenguaje puramente secuencial, con el objeto de facilitar la programación y evitar pérdida de tiempo traduciendo una secuencia determinada en un diagrama de escaleras.

### **Tamaños y Gabinetes**

El tamaño físico de un PLC es importante debido a que el espacio físico que rodea a la máquina es altamente valuado. Los PLC's anteriores fueron construidos en grandes tableros o marcos tipo bloque que contenían al CPU, a la fuente de energía y módulos fijos de E/S.

Estos PLC's eran económicos solamente si todas las 80 E/S o más podían ser utilizadas en la aplicación. Más tarde, los PLC's totalmente modulares fueron introducidos en estos, el CPU, la fuente de poder y los módulos de E/S ya estaban separados en bloques, pero el problema era su precio más alto y se usaba mayor espacio en el panel.

Hoy la tendencia es hacia sistemas que combinen la construcción tipo bloque con las extensiones modulares. El bloque modular del PLC contiene un CPU y una fuente de energía en un pequeño empaque de base, con módulos de E/S en el mismo bloque conteniendo típicamente 8 entradas y 8 salidas.

El montaje del PLC también es de importante consideración. Muchos micro PLC's ofrecen el montaje sobre riel DIN y es colocado en su lugar por un seguro que tiene un resorte. Esto ahorra tiempo durante la instalación y en el reemplazo de la unidad dañada, además de que en la mayoría de los PLC's los borneros de entradas y salidas son desmontables del resto del sistema, con el objeto de no volver a cablear las entradas y salidas al PLC. Además que el riel DIN también se usa para montar otros dispositivos comunes de control como contactores y relevadores. Con esto se logra conjuntar a todos los elementos necesarios de una manera más eficiente y práctica.

Algunos de estos criterios, como el lenguaje de aplicación, la instalación rápida y la posibilidad de expansión de las entradas y salidas, fueron tomados en cuenta en la selección del PLC en la automatización de la máquina cortadora de gomas escolares cuyo programa de aplicación se muestra en el siguiente capítulo.

## CAPITULO 4: DESARROLLO DEL PROGRAMA DE APLICACION

### 4.1 SELECCION DEL PLC UTILIZADO EN LA AUTOMATIZACION

Tomando en cuenta algunos de los criterios para la selección de los PLC's y haciendo un recuento de las entradas y las salidas se eligió un PLC y accesorios con las siguientes características:

Un PLC de tamaño pequeño con un módulo base de 12 entradas y 8 salidas y un bloque de extensión de 22 entradas y 12 salidas (Se disponía de este material en almacén). Una vez hecha esta selección se añadió:

- Un cartucho de lenguaje (Escaleras y Grafset) (PL7-2)
- Un cartucho de memoria EEPROM de 8Kbytes.
- Cable de interconexión del PLC al bloque de extensión.
- Adaptador de fin de línea para el bloque de extensión.
- Pila de litio para el respaldo del programa.
- Terminal de programación portátil para lenguajes gráficos.
- Cartucho de lenguaje y explotación para terminal de programación.

### 4.2 ORGANIZACION DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS DEL PLC

Una vez que se localizaron los accionadores y los

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA

sensores de esta máquina y que se verificó su funcionamiento,  
estos fueron conectados al PLC (fig. 9 ), su referencia quedó  
como sigue:

Detector No.                      Entrada al PLC No.

B1                                      IO,01

B2                                      IO,02

B3                                      IO,03

B4                                      IO,04

B5                                      IO,05

B6                                      IO,06

B7                                      IO,07

B8                                      IO,08

B9                                      IO,09

B10                                     IO,10

B11                                     IO,11

B12	I1,01
B13	I1,02
B14	I1,03
B15	I1,04
S18,S1	I1,05
S10	I1,06
S11	I1,07
S17	I1,08
S2,S19	I1,10

Salida hacia:

Salida de PLC:

K0	00,01
K1	00,02
K3	00,03

K4 00,04

K5 00,05

K6 00,06

K7 00,07

K9 01,08

K10 01,00

K11 01,01

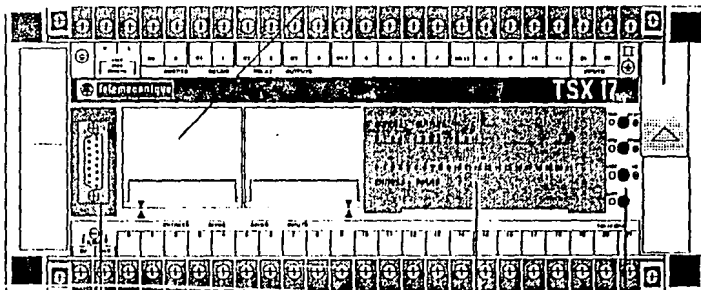
RESET DEL  
CONTADOR DE  
AVANCE. 01,02

RESET DEL  
CONTADOR DE  
RETROCESO. 01,03

RESET DEL  
CONTADOR DE  
AVAN. Y RETRO.  
LENTO. 01,04

K0 K1 K3 .....K7

00,01..... 00,07

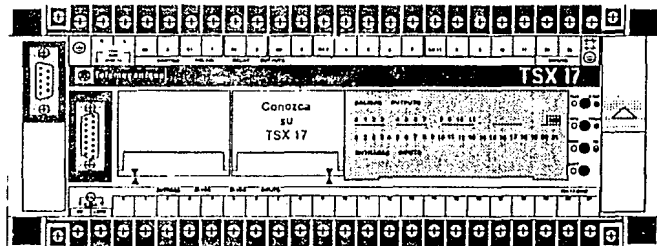


10.01.....10.11  
B1 B2 B3.....B11

FIG. 9 ORGANIZACION DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS EN EL MODULO DE BASE

01,00.....01,04  
 K10 K11 RESET DE LOS  
 CONTADORES

01,08  
 K9



11,01.....11,10  
 B12 B13 B14.....S2,S19

FIG. 9 (CONTINUACION) ORGANIZACION DE LAS ENTRADAS Y SALIDAS EN EL MODULO DE EXTENSION



No todos los detectores que se conectaron al PLC se tomaron en cuenta para una primera automatización, ya que como se mencionó anteriormente, esta máquina cuenta con varios programas los cuales realizan operaciones distintas de corte, utilizando diferentes sensores de la máquina, aunque estos fueron conectados al PLC para una aplicación y programación posterior en caso de que ésta se requiera.

La operación que sigue esta máquina es un proceso secuencial, lo que hace apropiado el uso del lenguaje de programación grafcet.

#### 4.3 PROGRAMA DE APLICACION

Para la realización del programa de aplicación se procedió al diseño del grafcet sobre papel de una manera literal, es decir sin hacer referencia a ninguna entrada o salida específica del PLC. Este grafcet permite entre otras cosas establecer de una manera eficiente todos los contadores, temporizadores, monoestables, etc. que se utilizarán, para poder referenciarlos más fácilmente; permite además al usuario de la máquina o al responsable de mantenimiento el detectar alguna falla asociada con el PLC, ya que se detalla su funcionamiento y su localización.

El grafcet se muestra en la figura 10.

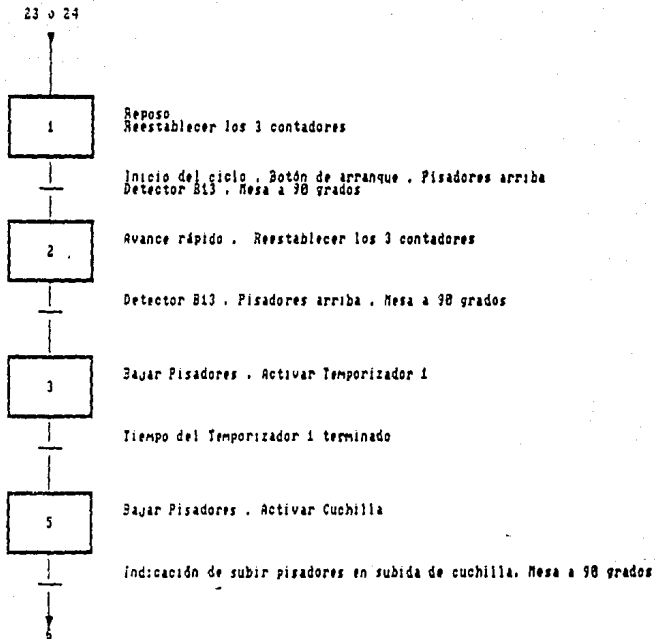


FIGURA. 10

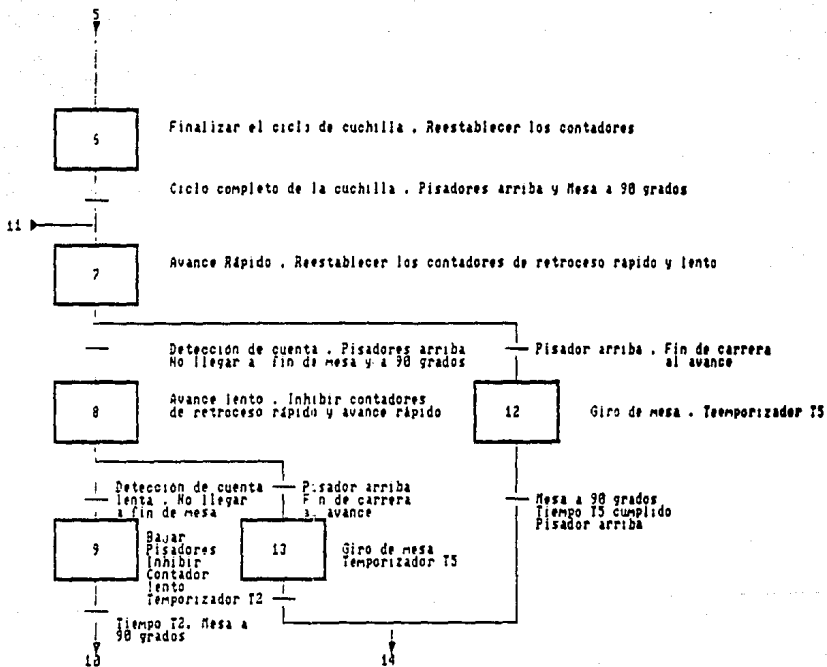


FIGURA 10 (CONTINUACION)

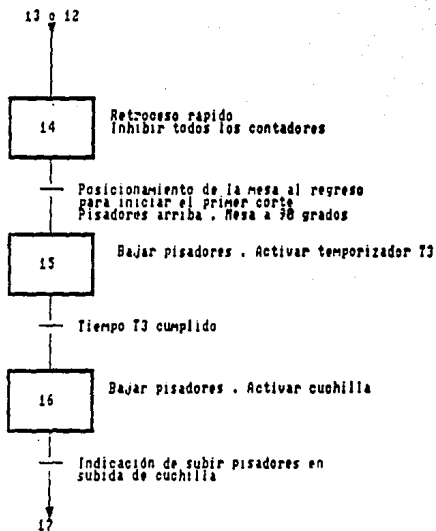
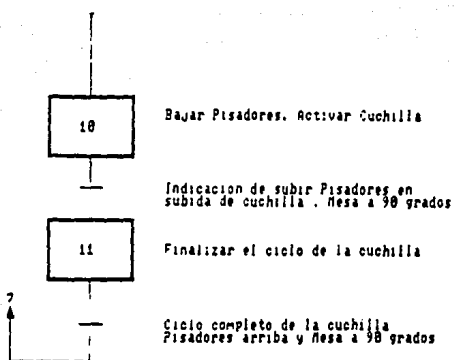


FIGURA 10 (CONTINUACION)

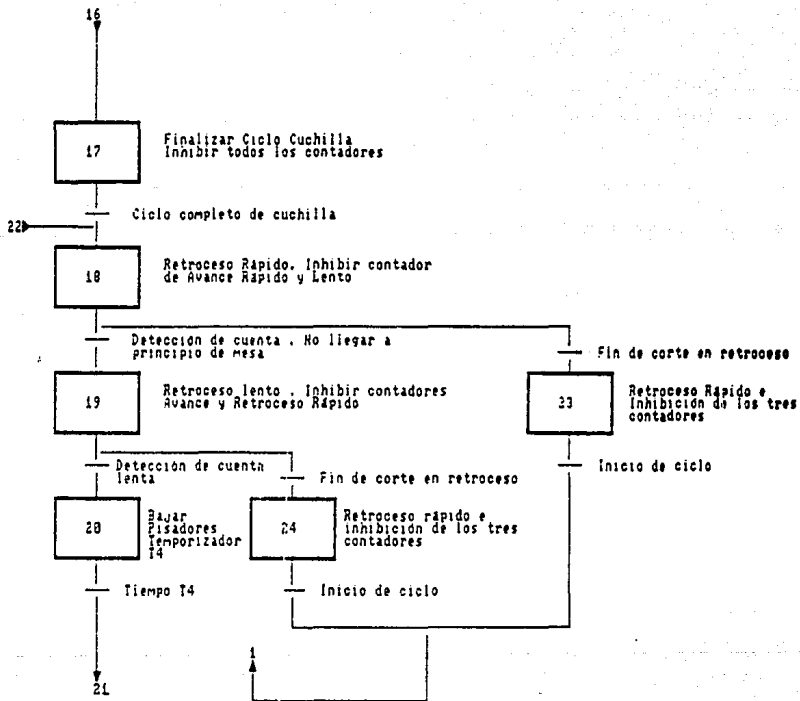


FIGURA 10 (CONTINUACION)

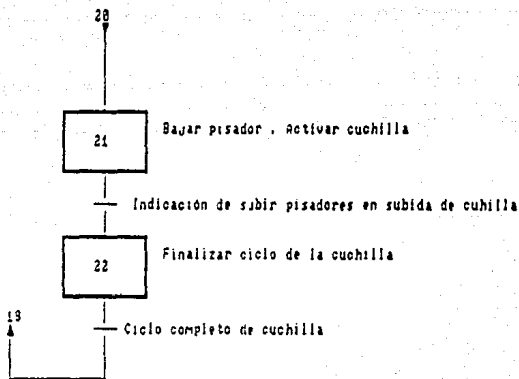


FIGURA 10 (ULTIMA PARTE)

Una vez realizado este grafcet, se procedió a la programación del PLC con esta secuencia. En este programa ya se especifican todas las entradas y las salidas asociadas al PLC y todos los demás permisivios que hacen posible la secuencia.

La programación en lenguaje GRAFCET requiere de tres partes:

- Tratamiento preliminar
- Tratamiento secuencial
- Tratamiento posterior

Cada una de estas se presentan a continuación añadiendo una breve explicación en el margen derecho para su mejor interpretación:

LABEL : 10

\*\*

00.0

570

ZONA DE TRATAMIENTO PRELIMINAR

-] [-----] ( 3 )

EN ESTA ETIQUETA SE INICIALIZAN LAS ENTRADAS Y SALIDAS, LOS BITS INTERNOS, Y POSICIONA LOS PARAMETROS DE LAS FUNCIONES EN SUS VALORES INICIALES.

10.10

578

-] [-----] ( 3 )







LABEL : 13 \*\*

LABEL : 13 -> 15 \*\*

11,D

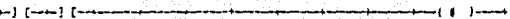


TRANSICION DE LA ETAPA 3 A 5

LABEL : 15 \*\*

LABEL : 15 -> 16 \*\*

10,11 10,2



TRANSICION DE LA ETAPA 5 A 6

LABEL : X6 \*\*

LABEL : X6 -&gt; X7 \*\*

!10.10 11.3 10.2

! [---] [---] [-----] ( # )

TRANSICION DE LA ETAPA 6 A 7

LABEL : X7 \*\*

LABEL : X7 -&gt; X8 \*\*

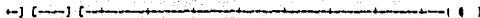
!11.6 11.3 10.8 10.2

! [---] [---]/[---] [-----] ( # )

TRANSICION DE LA ETAPA 7 A 8

LABEL : X7 -> X12 \*\*

:11,3 10,8

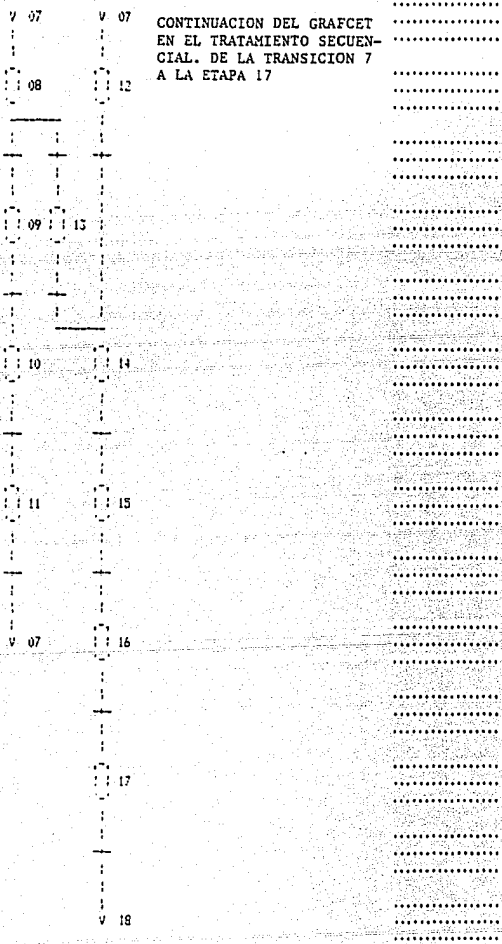


TRANSICION DE LA ETAPA 7 A 12

!10,1 !



GRAFICET PAGE : 1





LABEL : X10 \*\*

LABEL : X10 -> X11 \*\*

10,11 10,2

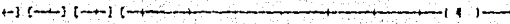


TRANSICION DE LA ETAPA 10 A 11

LABEL : X11 \*\*

LABEL : X11 -> X' \*\*

10,10 11,3 10 2

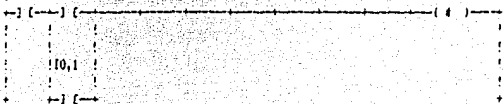


TRANSICION DE LA ETAPA 11 A 7



LABEL : 118 -> 113 \*\*

11.3 10.8

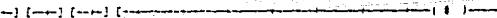


TRANSICION DE LA ETAPA 8 A 13

LABEL : 113 \*\*

LABEL : 113 -> 114 \*\*

10.2 11.3 75.0



TRANSICION DE LA ETAPA 13 A 14

LABEL : 112 \*\*

LABEL : X12 --> X14 \*\*

10,2 11,3 TS,0



TRANSICION DE LA ETAPA 12 A 14

LABEL : X14 \*\*

LABEL : X14 --> X15 \*\*

10,9 11,3 10,2



TRANSICION DE LA ETAPA 14 A 15

LABEL : X15 \*\*

LABEL : X15 -&gt; X16 \*\*

!TS.0  
! [-----] ( # )  
! TRANSICION DE LA ETAPA 15 A 16

LABEL : X16 \*\*

LABEL : X16 -&gt; X17 \*\*

!0.11 0.2  
! [---] [-----] ( # )  
! TRANSICION DE LA ETAPA 16 A 17

LABEL : X17 \*\*



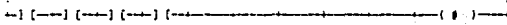


LABEL : 118 \*\*



LABEL : 118 -> 119 \*\*

11.7 11.3 10.9 10.2



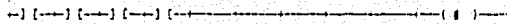
TRANSICION DE LA ETAPA 18 A 19

LABEL : 119 \*\*



LABEL : 119 -> 120 \*\*

11.8 11.3 10.2 10.9



TRANSICION DE LA ETAPA 19 A 20

LABEL : X20 \*\*

LABEL : X20 --&gt; X21 \*\*


T4,D 10,9 11,3 10,2


 TRANSICION DE LA ETAPA 20 A 21

LABEL : X21 \*\*

LABEL : X21 --&gt; X22 \*\*

T0,11 10,2


 TRANSICION DE LA ETAPA 21 A 22





LABEL : K24 -&gt; J1 \*\*

111.3

- - - - - ( # ) - - - - - TRANSICION DE LA ETAPA 24 A 1

LABEL : K18 -&gt; K23 \*\*

110.9

- - - - - ( # ) - - - - - TRANSICION DE LA ETAPA 18 A 23

LABEL : K23 -&gt; K1

LABEL : K23 -&gt; K1 \*\*

111.2

- - - - - ( # ) - - - - - TRANSICION DE LA ETAPA 23 A 1

LABEL : 5

\*\*

11,5 11,10

5200

←-] [→-]

18200

←-] [→-

! ZONA DE TRATAMIENTO POSTERIOR  
! EN ESTA ZONA SE ACTIVAN SALIDAS,  
! TEMPORIZADORES, ETC. DEPENDIENDO  
! DEL TRANCURSO DE LAS ETAPAS.

! EN LA ETIQUETA 5 SE PROGRAMAN LOS  
! BOTONES DE ARRANQUE Y PARO, ACTI-  
! VANDO UN BIT INTERNO (BIT 200),  
! ESTE BIT SE CONECTA EN SERIE PARA  
! LA ACTIVACION DE ALGUNA SALIDA CON  
! EL OBJETO DE INTERRUMPIRLA EN CASO  
! NECESARIO.

LABEL : 10

\*\*

112 2200

00,2

←-] [→-]

113

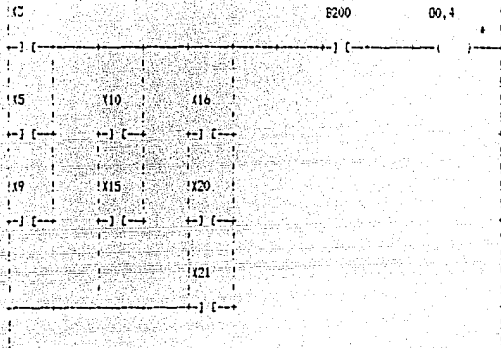
←-] [→-

! LAS BOBINAS DE SALIDA QUE PRESEN-  
! TAN UN ASTERISCO, TIENEN LA CARAC-  
! TERISTICA DE MEMORIZAR EL ESTADO  
! LOGICO EN CASO DE CORTE DEL SECTOR.

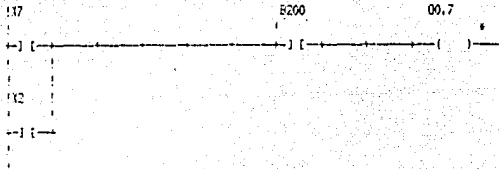
+ EN LA ETIQUETA 10 POR EJEMPLO. LAS  
! ETAPAS 12 Y 13 (X12 , X13) ACTIVAN  
! LA SALIDA 00,02.



LABEL : 30



LABEL : 40



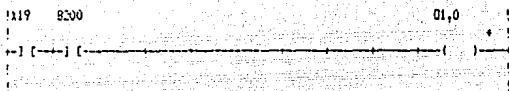
LABEL : 50

\*\*

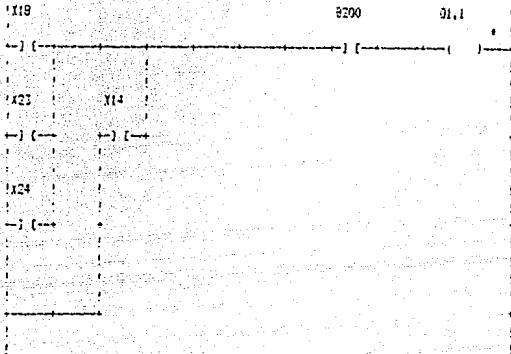


LABEL : 50

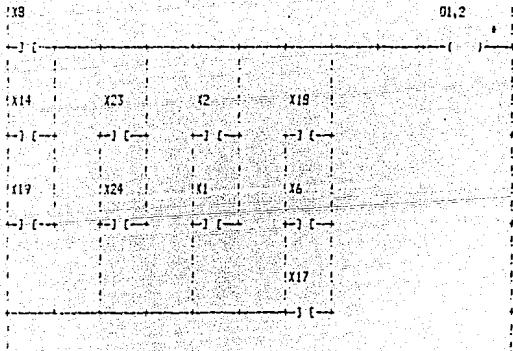
\*\*



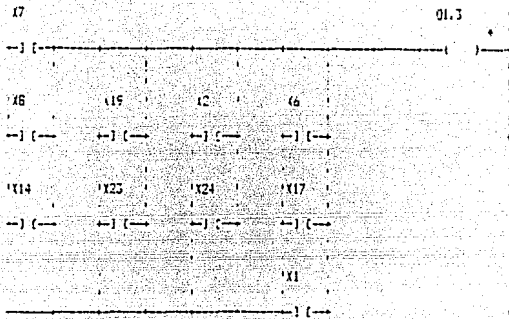
LABEL : 70 \*\*



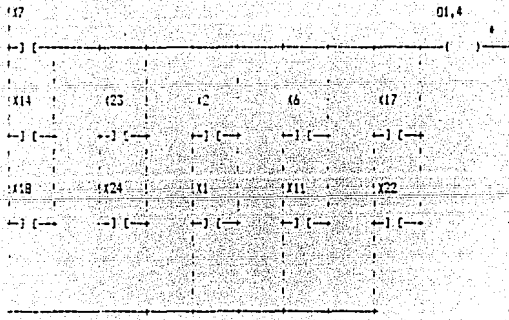
LABEL : 80 \*\*



LABEL : 70

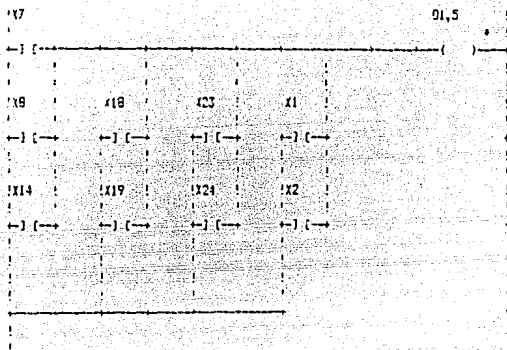


LABEL : 100



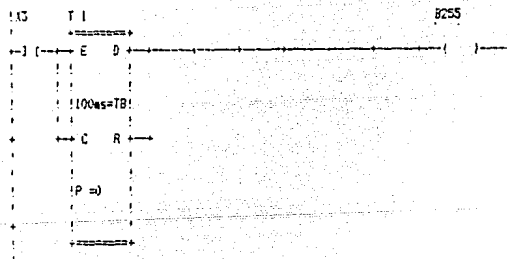
LABEL : 110

\*\*



LABEL : 120

\*\*

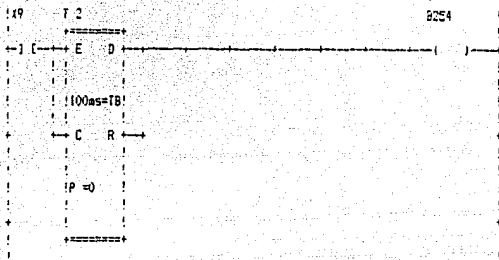


EL VALOR DE LA TEMPORIZACION SE ESCOGE EN EL MOMENTO DE LA PROGRAMACION, SIN EMBARGO, ESTE SE PUEDE MODIFICAR EN MODO DE REGLAJE UNA VEZ TERMINADO EL PROGRAMA.



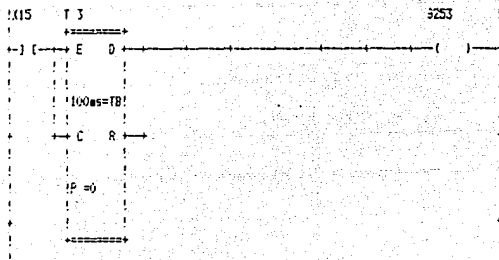
LABEL : 130

\*\*



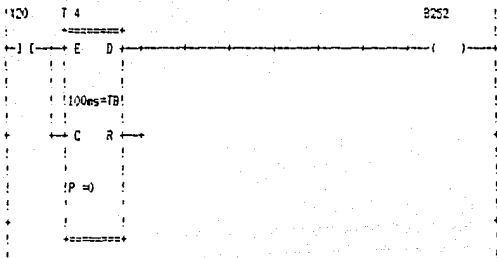
LABEL : 140

\*\*



LABEL : 150

\*\*



#### 4.4 IMPLANTACION DEL PLC Y PRUEBAS FISICAS

El primer paso en la implantación del PLC fue el desmontar el panel de la lógica anterior referenciando todos los conductores que se desconectaron para una clara identificación posterior de estos. Este panel estaba montado en la puerta de un gabinete en donde también se localiza la zona de protecciones a través de fusibles, y toda la zona de pre-accionadores formada por contactores. El PLC se instaló en la puerta de este gabinete a través de un riel DIN. (fig. 11)

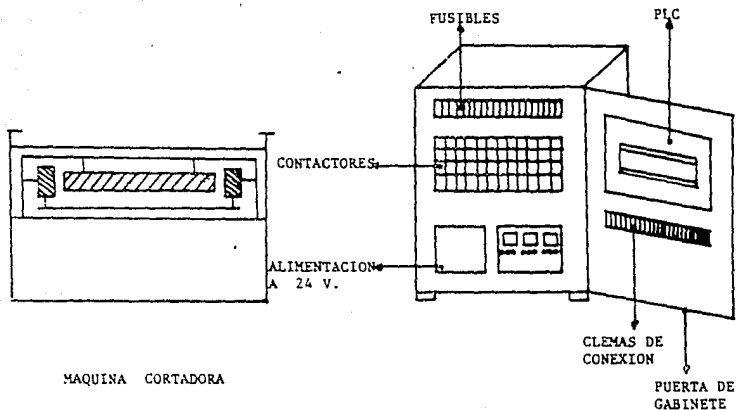


FIG. 11

Antes de conectar todos los sensores y pre-accionadores al PLC se verificó su correcto funcionamiento. Una vez conectados al PLC se volvió a verificar su funcionamiento forzando el valor de los bits de salida para el caso de los pre-accionadores, y colocando un objeto metálico en los sensores (por tratarse de sensores inductivos) para verificar su detección en la pantalla del PLC.

Una vez introducido el programa, (las tres partes que lo constituyen) se probaron cada una de las etapas, franqueando las transiciones por medio del forceo de las entradas, siguiendo la secuencia de operación de la máquina; para comprobar la continuidad de las etapas, el lenguaje en el cual fue programada esta secuencia, cuenta con la opción de visualizar en la pantalla de la terminal de programación el estado de las entradas y salidas que se han activado y desactivado en el transcurso de la secuencia, esto es especialmente útil sobre todo cuando la máquina se para en una etapa de su funcionamiento y es difícil de detectar la transición que no se ha franqueado a simple vista. Una vez concluida la prueba de la secuencia y la corrección de algunos errores en la programación, se probó todo el ciclo en varias ocasiones.

Los únicos problemas que se presentaron en la automatización de esta máquina, fueron a nivel de programación, ya que existían transiciones que siempre se

cumplan. por lo que se tuvieron que añadir temporizadores en algunas etapas, y cuyas transiciones eran precisamente los tiempos en los que se fijaban estos.

Otro problema fue debido al avance de la mesa que no debía de sobrepasar cierta distancia de recorrido detectada por un sensor, por el contrario, era obligada a accionar un interruptor de emergencia (guardamotor), que tenía que restablecerse de manera manual interrumpiendo por algunos minutos la operación de la máquina. Por esta razón se realizaron dos derivaciones en el graficet, una después de la etapa de avance rápido y otra después del avance lento, ya que en cualquiera de las dos se podría llegar al fin de avance sin ser detectado, y con esta modificación en la secuencia se acciona el giro del plato de la mesa y comienza el retroceso sin ningún riesgo de pasar por alto este detector de fin de carrera y no detener el ciclo.

Otra de las pruebas hechas a la máquina fue el someterla a los paros de emergencia obligatorios, es decir, los botones de paro normal están considerados en la programación de la máquina, y los de emergencia están cableados externamente, afectando la alimentación general del sistema, esto sin afectar la secuencia, pues si se reestablece el funcionamiento de la máquina, esta seguirá en la etapa en la que fue interrumpida, dado el salvaguardo de algunos estados lógicos y la programación para arranque "en

caliente" evitando que la plancha de gomas que quedo inconclusa no se deseche.

## C O N C L U S I O N E S

Para la modernización de la industria mexicana es necesario un cambio en sus métodos productivos y específicamente una modernización de la maquinaria utilizada para esta producción, es decir se trata de una reconversión industrial. Si no existe el conocimiento y mucho menos la capacitación en este tipo de automatización, será casi imposible que se llegue al rendimiento esperado de una máquina, por los frecuentes paros que pudieran presentarse y el continuo y costoso mantenimiento al que tendrá que ser sometida.

Por la experiencia que se tiene en la instalación y programación de estos sistemas, el PLC ha demostrado ser una herramienta muy eficiente, segura y económica, por lo que garantiza un desempeño óptimo de cualquier planta industrial, asegurando una continuidad en el servicio nunca antes lograda por cualquier otro sistema de automatización.

La operación de automatización de esta máquina fue exitosa por completo, ya que se obtuvieron los resultados esperados de funcionamiento.

Esto comprueba la versatilidad y confiabilidad del uso de los PLC para procesos industriales, además de que la inversión realizada en componentes y programación, no se

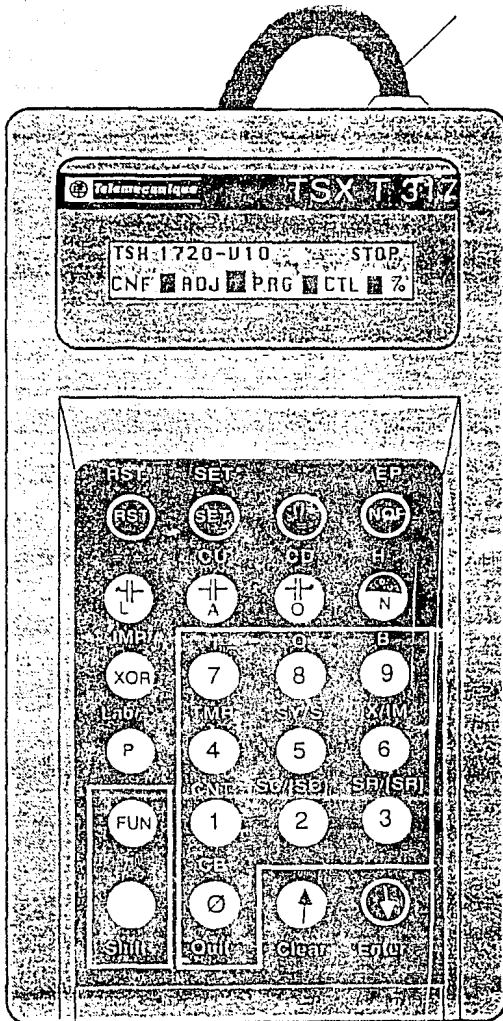
compara al costo que representaba el mantenimiento preventivo y correctivo, junto al paro inminente en la producción.

Se pueda lograr una expansión en las capacidades de la máquina con un mínimo de cambios en la estructura del programa. (por ejemplo el corte en ángulo para el caso de algunas gomas bicolores) comprobando una vez más la versatilidad de estos elementos tan indispensables en la industria moderna.

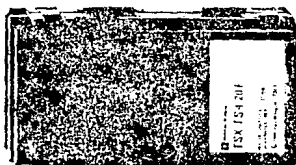
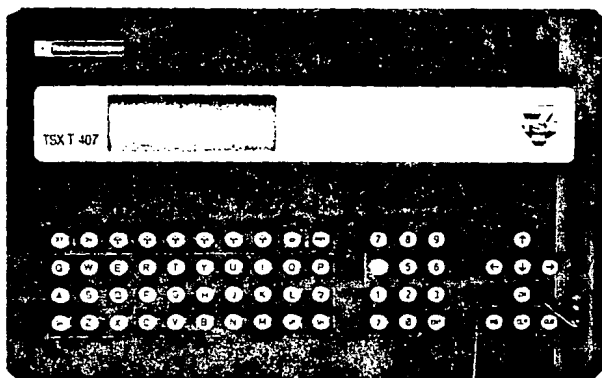
Es pues este trabajo, una comprobación de la eficiencia, flexibilidad y economía que representa el uso del PLC en toda máquina herramienta por sencilla o compleja que esta sea.



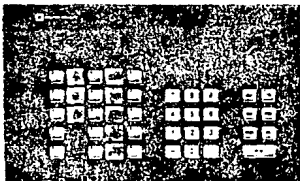
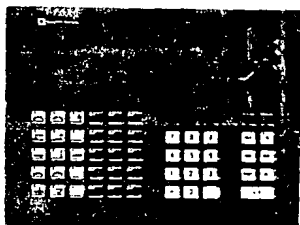
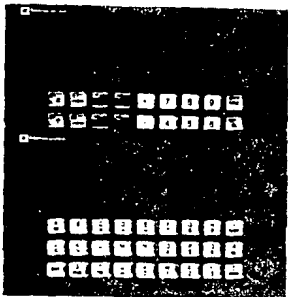
A P E N D I C E



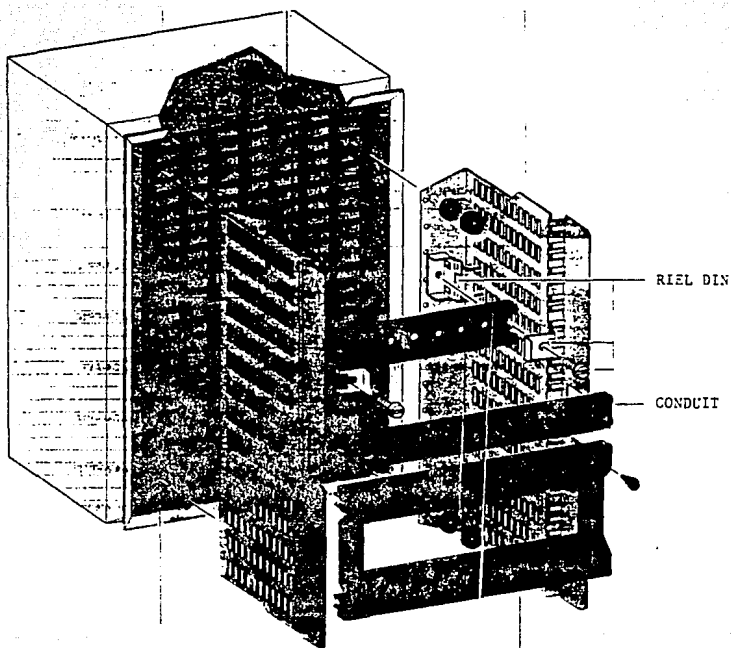
TERMINAL DE PROGRAMACION PARA LENGUAJE BOOLEANO (PL7-1)



TERMINAL DE PROGRAMACION PARA LENGUAJES GRAFICOS Y SUS RESPECTIVOS  
CARTUCHOS



DISTINTOS TIPOS DE TERMINALES INTELIGENTES PARA EL DIALOGO CON  
EL OPERADOR



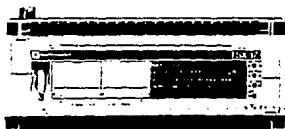
PLATINA DE INSTALACION

GABINETE TIPICO DE INSTALACION PARA PLC Y ACCESORIOS

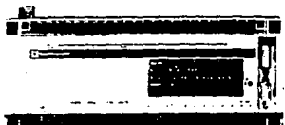
## TSX 17 Micro-PLCs



TSX 17-10  
20/34/40 I/O  
24 VDC inputs  
relay/transistor outputs  
PL7-1 language



TSX 17-20  
20/34/40 I/O  
24 VDC/110 VAC inputs  
relay/transistor outputs  
PL7-1 or PL7-2 languages



Extension block  
30/40 I/O  
24 VDC/110 VAC inputs  
relay/transistor outputs



Discrete I/O extension module  
• 5 24 VDC/110 VAC inputs  
• 6 relay/tnac/transistor outputs

Extension modules  
4 analog inputs/2 analog outputs  
4 analog timers  
Uni-Telway Bus

ALGUNOS TIPOS DE PLC's Y MODULOS DE EXTENSION

# 1 Planning the Installation

## TSX 17 Micro-PLC Description (Cont'd)

### Basic TSX 17-20 Micro-PLC, TSX 172 2028 - TSX 172 3428

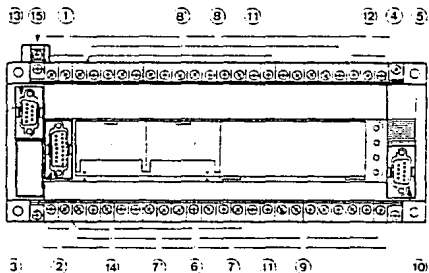
20 or 34 Discrete I/O, 24VDC inputs, relay outputs, AC power supply.

These systems comprise:

- a 110/240VAC power supply (1) that provides a 24VDC, 250mA supply output (2) for sensors connected to the TSX 17.
- a processor unit with programming port (3) and status display (4).
- an internal 24K byte RAM program memory (and 2K bytes of data in PL7-2 language), that can be battery backed-up. The battery is located in (5) and has a 1 year service life.
- a location (6) for a plug-in EEPROM or EPROM memory cartridge for saving user programs.
- a location (7) for a PL7-2 software cartridge. This optional cartridge is required if the user wishes to program in PL7-2 language. To connect the TSX T-407 terminal to the TSX 17 programming port a TSX 17 ACC7 line adapter unit is also required.
- 20 or 34 discrete I/O with a front panel status display (8).

PLC	24VDC isolated inputs		Relay outputs	
	(2)	(5)	(8)	(9)
TSX 172 2028	12		8	
TSX 172 3428		22		12

- a 9-pin I/O bus extension connector (10)
- 2 removable terminal blocks with captive screw-terminals (11)
- a ground connector (12)
- 2 event-triggered inputs (13) (24VDC inputs).
- a 2 KHz fast counter/timer (14) with counter and reset inputs (5/24VDC inputs).



CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL PLC UTILIZADO EN LA AUTOMATIZACION

# 1 Planning the Installation

## 1.2 Discrete I/O Extension Blocks

### TSX DMF 342 A extension block

34 discrete I/O, 24VDC inputs, relay outputs, AC power supply.

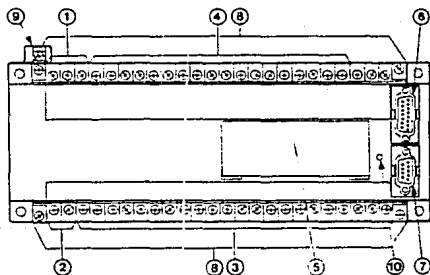
This extension block comprises:

- a 110/240VAC power supply (1) that provides a 24VDC, 250mA sensor supply output (2).
- 34 discrete I/O with a front panel status display (3).
  - 22 isolated 24VDC inputs (4).
  - 12 relay outputs (5).
- an I/O bus connection or extension block fault LED (6).
- a 15-pin I/O bus input connector (7).
- a 9-pin I/O bus output connector (8).
- 2 removable terminal blocks with captive screw-terminals (9).
- a ground connector (10).

Maximum extension configurations:

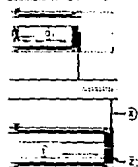
- 2 extension blocks on a TSX 17-10 or TSX 17-20 using PL7-1 language.
- 3 extension blocks on a TSX 17-20 using PL7-2 language.

Refer to the compatibility rules on page 28.

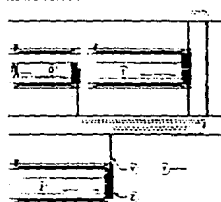




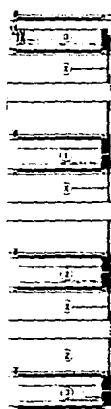
Exemple 1: TSX 17-10



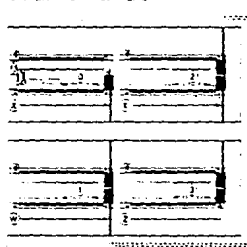
Exemple 3: TSX 17-10



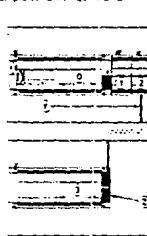
Exemple 2: TSX 17-20 - PL7-2



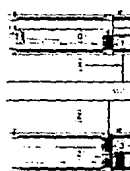
Exemple 4: TSX 17-20 - PL7-2



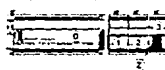
Exemple 5: TSX 17-20 - PL7-2



Exemple 6: TSX 17-20 - PL7-2



Exemple 7: TSX 17-20 - PL7-2



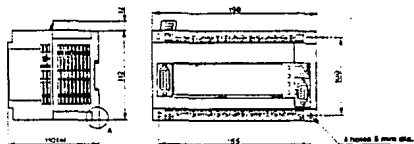
DIFERENTES CONFIGURACIONES DEL PLC Y MODULOS DE EXTENSION

## 2 Mounting

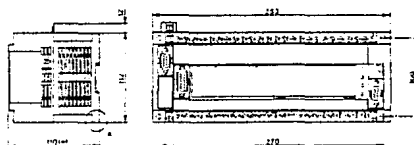
### 2.4 Dimensions

#### Basic PLCs

TSX 171 2029  
TSX 171 2002

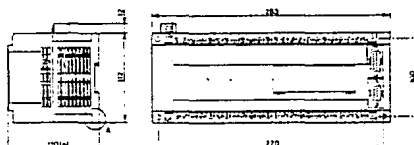


TSX 172 2028  
TSX 172 2044  
TSX 171 3428  
TSX 172 3428  
TSX 172 3444  
TSX 172 2012  
TSX 171 4002  
TSX 172 4012



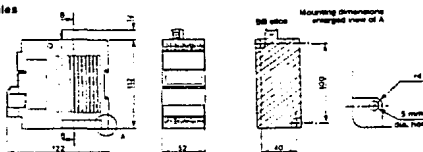
#### Extension blocks

TSX DMF 342A  
TSX DMF 344A  
TSX DMF 400  
TSX DMF 401



#### Extension modules

TSX DEF 804  
TSX DEF 812  
TSX DSP 604  
TSX DSP 635  
TSX DSP 612  
TSX DTF 400  
TSX AEG 41  
TSX ASG 20  
TSX 17 ACC5

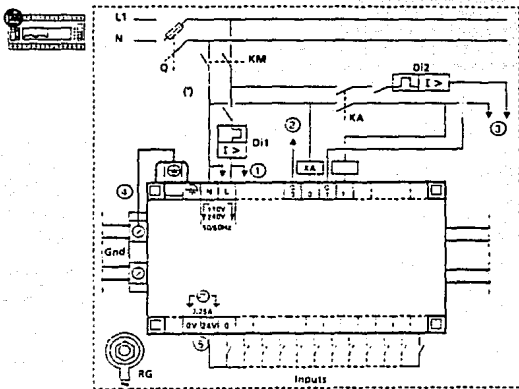


DIMENSIONES DEL PLC Y MODULOS DE EXTENSION

### 3 Wiring

#### Power Supplies (Cont'd)

110 to 240VAC - 50/60Hz power supply



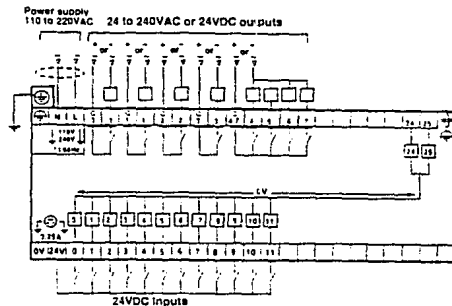
- Q** Master switch.  
**KM** Line contactor or circuit breaker.  
**KA** Power saving contactor controlled by alarm output Q000 in automatic operation.  
**D11** Type CB2-CB08 3A thermal cut-out or fuse.  
**D12** Type CB2-CB, thermal cut-out or fuse. If the control voltages have to be utilized for controlling switching devices, add a voltage transformer to the line after D11. It is recommended that one point of the secondary winding be connected to the reference ground (RG). In this case provide adequate safety features (to protect personnel and equipment).  
**Gnd** Ground connection, type AB1-TB432/435 for mounting rails or type D23-FA3 for mounting plates (AM1-PA). This connection must be located as close as possible to the chassis ground on each module.  
**RG** Reference ground to be connected to the factory ground.  
**①** To discrete I/O and sensor DC power supply.  
**②** Refer to opposite page.  
**③** To switching device and AC extension control.  
**④** Ground wire for chassis ground, removable.  
**⑤** 24VDC sensor supply (cn. TSX 171 2028/3428, TSX 172 2028/3428, TSX DMF 342A). The supply must only be used by the sensors actually connected to the device. A 24VDC sensor supply can be used to supply a single TSX ASG 200 analog output module.

(\*) Isolating transformer mandatory in the case of the following PLC versions:  
 TSX 171 2028 II < 06 - TSX 172 2028/3428 II < 07 - TSX DMF 342A II < 05 and  
 AC systems with isolated neutral (high-impedance grounded neutral systems).  
 Refer to sub-section 7.1.

CABLE:DO DEL PLC

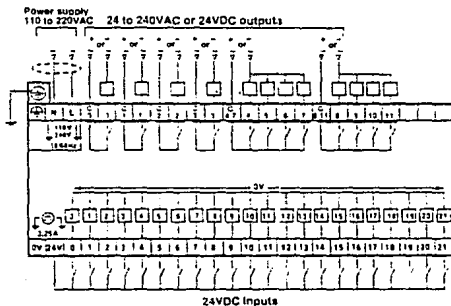
Basic TSX 17-20 PLC, TSX 172 2028

12 inputs, 24VDC isolated, 8 relay outputs



Basic TSX 17-10 PLC, TSX 171 3428  
TSX DMF 342A Extension block

22 inputs, 24VDC isolated, 12 relay outputs

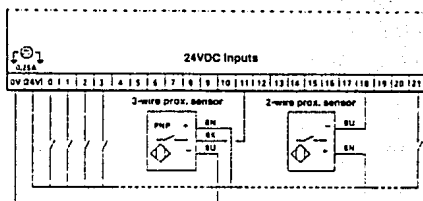


CONEXION DE LAS ENTRADAS Y LAS SALIDAS

### 3 Wiring

#### 3.6 2- and 3-Wire Detector Connection Examples

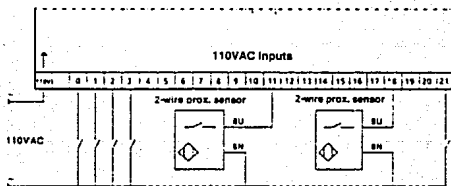
- For 24VDC Inputs



3-wire DC sensors: 24VDC, PNP output.

2-wire DC sensors: 24VDC rated supply with or without specified polarity.

- For 110VAC Inputs














2-wire AC sensor: 110VAC rated supply.

CONEXION DE LAS ENTRADAS UTILIZANDO SENSORES DE 2 Y 3 HILOS

## 4 Setting into Service - Maintenance

### 4.3 Troubleshooting Using the Indicator Lights

Basic PLC	Description	Probable cause and corrective action
<b>RUN/STCP LED</b>   	PLC power off	
	PLC stopped	Status selected by setting IO.00 from the terminal or caused by a fault.
	PLC running	Normal state
<b>CPU/PROG LED</b>   	Normal operation	
	Triggers the watchdog (150ms), stops the PLC.	Programming error caused by an upstream Jump command. Check and modify the program.
	Processor fault	Cartridge or PLC fault, replace the faulty component.
<b>I/O/MEM LED</b>   	Normal operation	
	PLC memory not initialized: blank cartridge (first power-up) or back-up memory endurance exceeded.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Check the condition of the battery.</li> <li>Initialize the memory from the terminal by completely erasing the memory (CLEAR MEMORY, CLM).</li> </ul>
	Input/Output fault <sup>(*)</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Software configuration that does not correspond to the hardware configuration.</li> <li>Extension cable incorrectly mounted or faulty.</li> <li>No kind of line adaptor fitted to the fast extension.</li> <li>No 24VDC supply to the sensors (or overload I &gt; 250mA).</li> <li>I/O circuit failure, replace the PLC.</li> </ul>
<b>BATT</b> 	Battery not fitted or faulty.	
<b>Extension blocks and modules</b>		
<b>I/O</b> 	I/O exchange fault	Refer to the 2nd and 3rd corrective actions listed for I/O faults.

 Off
  Blinking
  On

(\*) The terminal Diagnostics mode will give the cause of the fault, if the fault remains after corrective action has been taken, reset the PLC (selecting INIT from the terminal).

LECTURA DEL STATUS DEL PLC

## 5 Technical Characteristics

### 5.1 Power Supply Characteristics

Power supply for basic PLCs and extension blocks	Type	TSX 171 2028/3428 TSX 172 2028/2044 TSX 172 3428/3444 TSX DMF 342A/344A	TSX 171 2002 TSX 171 4002	TSX 172 2012 TSX 172 4012
Discrete inputs			TSX DMF 400	TSX DMF 401
Power supply rated voltage		110-240VAC	24VDC	24VDC
	limit	36 to 254VAC	19.2-30V	19.2-30V
Frequency	rated	50/60Hz	-	-
	limit	47 to 63Hz	-	-
Power required	basic PLC	12VA	16W	24W
	ext. block	31VA	-	-
Protected 3-wire supply		24VDC/0.25A	-	-
Supply ground isolation		1500V alt./50Hz	none	1500V alt./50Hz
Meets CEI standard 65A		yes	yes	yes

### 5.2 Discrete Input Characteristics

24VDC input characteristics	Basic PLC units	TSX 171 2002 TSX 171 4002 TSX DMF 400	TSX 171 2028/3428 TSX 172 2028/3428 TSX 172 2012/4012 TSX DMF 342A/401	TSX DEF 812
Passive logic	Extension blocks & modules	not isolated TSX DMF 400	isolated TSX DMF 342A/401	isolated TSX DEF 812
	Type			
	Rated	24VDC	24VDC	24VDC
	Input	7mA	7mA	3mA
	values	19.2-30VDC	19.2-30VDC	19.2-30VDC
	Limit	≤ 11V	≤ 11V	≤ 11V
Display of each input PLC side	Input	2.25mA for U <sub>off</sub> ≤ 11V	≤ 2.3mA for U <sub>off</sub> ≤ 11V	≤ 5mA
	value	≤ 3V	≤ 5V	≤ 3V
Sensors commoned to the +24V for DC inputs	current	≤ 1.4mA	≤ 1.4mA	≤ 3V
	Input impedance	32 to 37Kohms	32 to 37Kohms	3 to 17.4ohms
	Response	≤ 17ms state 0 to 1	4.5 to 12ms	3 to 18ms
	times	≤ 17ms state 1 to 0	4.5 to 12ms	4 to 13ms
	Power dissipation per point at state 1	0.17W	0.17W	0.35W
	External	≤ 500ohms	≤ 500ohms	≤ 500ohms
	line	≤ 30Kohms	≤ 30Kohms	≤ 30Kohms
	Isolation	between inputs	≥ 10Mohms at 500VDC	≥ 10Mohms at 500VDC
		3rd bus	none	none
		to DC	optical coupler	optical coupler
	Meets CEI standard 65A	Class 1	Class 1	Class 2
	Compatible with 2- and 3-wire photoelectric sensors	yes	yes	yes

### CARACTERISTICAS TECNICAS DEL PLC

### Discrete Output Characteristics (Cont'd)

Relay output characteristics	Basic micro-PLCs	TSX 171 2028/3428, TSX 172 2028/2044, TSX 172 3428/2444				
	Extension blocks and modules	TSX DMF 342A, TSX DMF 344A, TSX DSF 835				
	Type of outputs	Relays				
Display of each output PLC side	AC loads	• voltage	24 to 240VAC <sup>1)</sup>	24V	48V	110/240V
		• permissible power for AC11 duty (0.5Hz)	3VA	3x10 <sup>3</sup> ops	10x10 <sup>3</sup> ops	10x10x10 <sup>3</sup> ops
			25VA	32x10 <sup>3</sup> ops	10 <sup>3</sup> ops	2x10 <sup>3</sup> ops
		50VA			10 <sup>3</sup> ops	
I, N/O contact per output	DC loads	• voltage	24V			
		• permissible power for DC11 duty (0.5Hz)	10W			
	Leakage current at state 0	3 mA at 220V - 50Hz				
Response times	Response	• from state 0 to 1	≤ 10ms			
		• from state 1 to 0	≤ 20ms			
Isolation	• between output groups	1500Veff - 50-60Hz				
		• between outputs and bus	1500Veff - 50/60Hz			
			Relays			
Built-in protection	• against inductive AC overvoltages	MOV peak limiter on each output				
Recommended external protection	• against shorting and overloads	Each output is fitted with a quick-acting fuse				
	• against inductive DC overvoltages	Discharge diode on the terminals of the output device				
Compatibility with 24VDC PLC inputs		Yes				

<sup>1)</sup> In future CEI standards the AC11 duty cycle will become AC14 and DC11 will become DC13. The I/O characteristics are given for a load rating of 50% (number of I/O at state 1 in relation to the total number of I/O).



## 6 Service Conditions

### 6.1 Standards

The TSX 17 programmable controller conforms to all the principal national and international standards and recommendations concerning industrial electronic control equipment including:



France:	NFC 63 850	U.S.A.:	UL 508 UL 746C UL 94
International:	CEI 664 CEI draft standards for PLCs 65A, 68 and 69		NEMA ICS 3 304
		Canada:	CSA 222 n° 142

### 6.2 Environment - Normal Service Conditions

#### Climatic environment



Normal temperature conditions	TSX 17	TSX T317
0 A for operation	5°C to 55°C	5°C to 40°C
0 A for storage	-25°C to 70°C	-25°C to 70°C
0 A temperature of local air (see diagram), not to be confused with		
0 A ambient temperature outside the enclosure.		
Normal conditions of relative humidity and altitude		
Relative humidity (without condensation)	30 to 95%	
Altitude	0 to 2000 meters	

#### Vibrations

The vibration tests described below have been carried out on the TSX 17 only and not on its peripherals, mounting frame or enclosure.

Sinusoidal frequency along 3 axes	3Hz	57Hz	150Hz
Test values	Amplitude: 7.5um constant		
	Acceleration: 1.7 constant		
Test values	Amplitude: 5um constant		
	Acceleration: 0.2g constant		

Qualification tests effected in sweeps of 5 to 150Hz, 10 sweeps per axis at 1 octave per minute

#### Mechanical shocks



The term mechanical shocks include jolting, hammering, knocking over, dropping and impacts. For definitions refer to CEI draft standards on programmable controllers 65A, 68 and 69.

Rated voltage	Operating range	Frequency range	Harmonic distortion	Micro-cuts: duration	repetition
110 to 240VAC	90 to 264VAC	47 to 63Hz	10%	10ms	1Hz
24VDC	12.2 to 30VDC				

## CONDICIONES DE SERVICIO

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Wilhelm JR. Robert E.  
Programmable Contoller Handbook.  
Hayden Book Company.  
New Jersey.
  
- 2.- C.T. Jones. L.A. Bryan.  
Programmable Contollers Concepts and Applications.  
First Edition.  
An IPC/ ASTEC Publication.  
Atlanta.
  
- 3.- Manual de Programación del Lenguaje PL7-2 para la  
Terminal TELEMECANIQUE TSX.T407
  
- 4.- Manual de Instalación del MICRO-PLC TELEMECANIQUE  
TSX 17-20
  
- 5.- Manual TELEMECANIQUE de Sistemas Automatizados