



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

INTEGRACION DE SISTEMAS PARA EL CONTROL  
Y SUPERVISION DE UNA LINEA DE PRODUCCION

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
(AREA ELECTRICA-ELECTRONICA)  
**P R E S E N T A N :**  
**ALFONSO CARDOSO ROSAS**  
**ANTONIO HERNANDEZ LOPEZ**  
**JUAN ENRIQUE OVALLE GARAY**  
**MOISES RENATO MONTECINOS POMIER**  
**JESUS SILVA CASAS**

DIRECTOR DE TESIS: M.I. JUAN CARLOS ROA BEIZA

CD. UNIVERSITARIA, MEXICO, D. F.

1999

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

279466



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 esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

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

PAGINACION

DISCONTINUA

**ÍNDICE TEMATICO**

**INDICE TEMATICO**

	<b>a</b>
<b>CAPÍTULO 1. CONCEPTOS BÁSICOS</b>	<b>1</b>
<b>1.1 INSTRUMENTACIÓN</b>	<b>1</b>
1.1.1 Principios de operación	2
1.1.2 Especificaciones técnicas	11
1.1.3 Sensores de presión, temperatura, y posición	13
<b>1.2 ACTUADORES</b>	<b>35</b>
1.2.1 Tipos de controladores	35
1.2.1.1 Controladores eléctricos	35
1.2.1.2 Controladores neumáticos	37
1.2.1.3 Elementos de control final	37
1.2.2 Actuadores de posición	42
1.2.2.1 Principios de operación	42
1.2.2.2 Especificaciones técnicas	45
1.2.3 Transductores de desplazamiento	47
1.2.3.1 Principios de operación	47
1.2.3.2 Especificaciones técnicas	55
1.2.4 Actuadores de sujeción	57
<b>CAPÍTULO 2. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE</b>	<b>59</b>
2.1 Componentes para un sistema con PLC 5	61
2.2 Descripción de sus partes componentes	74
2.2.1 Sección de entrada/salida	74
2.2.2 Acondicionadores de señal (acoplamientos ópticos)	77
2.2.3 El Procesador	83
2.2.3.1 Archivo de imágenes de entrada	83
2.2.3.2 Archivo de imágenes de salida	83
2.2.3.3 Unidad de procesamiento central	85
2.3 Principios de operación	87
2.3.1 Memoria de programa de usuario	87
2.3.2 El ciclo de barrido completo	96
2.3.3 Memoria de datos variables	100
2.3.4 Inicializando con el editor de escalera	102
2.4 Especificaciones técnicas	110
<b>CAPÍTULO 3. KIT ORT</b>	<b>113</b>
3.1 Introducción	113
3.2 Descripción de los componentes	114
3.2.1 Unidad CCI	114
3.2.2 Banco de ocho válvulas solenoides	117
3.2.3 Módulo de cilindro de aire de 40 mm.	117
3.2.4 Alimentador	119

## INDICE TEMATICO

3.2.5 Base del alimentador	119
3.2.6 Módulo sensor del alimentador	120
3.2.7 Sensor inductivo sobre la guía para piezas	121
3.2.8 Guía de piezas	121
3.2.9 Piezas	123
3.2.10 Plataforma	123
3.2.11 Estación de procesos	124
3.2.12 Módulo interruptor de botón	126
3.2.13 Módulo de cilindro de aire del seleccionador	127
3.2.14 Módulo de despliegue de 7 segmentos	128
3.2.15 Módulo de sensor retrorreflectivo cuadrado	130
3.2.16 Fuente de poder	130
3.2.17 Mangueras	131
<b>CAPITULO 4. SOFTWARE</b>	<b>132</b>
<b>4.1 SOFTWARE PARA SIMULACIÓN INDUSTRIAL</b>	<b>132</b>
4.1.1 Desarrollo de pantallas	133
4.1.2 Base de datos	134
4.1.3 Interconexión de la base de datos con la pantalla	135
4.1.4 Comunicación de la computadora con el PLC	135
4.1.5 Aplicación del RS-VIEW32 para el control del proceso	136
4.1.5.1 Como crear los TAGs	136
4.1.5.2 Desarrollo de pantallas de control	141
<b>4.2 SOFTWARE PARA EL DESARROLLO DEL PLC</b>	<b>144</b>
4.2.1 Introducción	144
4.2.2 Características de un PLC	146
4.2.3 Criterios de elección	148
4.2.4 Programación del PLC	149
4.2.5 Ingreso del programa	151
4.2.6 Edición del programa	165
4.2.7 Prueba del programa	166
<b>CAPÍTULO 5. CÁMARAS DE VIDEO</b>	<b>170</b>
5.1 Introducción	170
5.2 Principio de operación	171
5.2.1 Funcionamiento de la cámara de CCTV.	172
5.2.2 Principio de operación de las lentes de CCTV.	176
5.2.3 Principio de operación de los monitores de CCTV.	180
5.2.4 Medios de transmisión de las señales de vídeo	182
5.3 Especificaciones técnicas	183
5.3.1 Especificaciones técnicas de las cámaras	183
5.3.2 Especificaciones técnicas de las de las lentes	187
5.3.3 Características principales de las lentes	188
5.3.4 Especificaciones técnicas de los monitores	193

## INDICE TEMATICO

5.3.5 Medios de transmisión de las señales de CCTV.	194
5.3.6 Transmisión de señales de control	196
<b>CAPÍTULO 6. SISTEMAS DE CONTROL</b>	<b>197</b>
6.1 Sistemas de control de malla abierta	202
6.2 Sistemas de control de malla cerrada	204
6.3 Sistema de control on/off (o de dos posiciones)	205
6.4 Sistema de control proporcional	206
6.5 Sistema de control derivativo	207
6.6 Sistema de control integral	209
6.7 Sistema de control PID.	210
<b>CAPÍTULO 7. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN</b>	<b>212</b>
<b>7.1 DEFINICION Y ACOTACIÓN DEL PROBLEMA</b>	<b>212</b>
7.1.1 Definición del problema	212
7.1.2 Acotación del problema	213
<b>7.2 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA</b>	<b>215</b>
<b>7.3 DEFINICIÓN DEL PROCESO A SIMULAR UBICANDO LOS DIFERENTES MÓDULOS DEL KIT ORT</b>	<b>219</b>
7.3.1 Presentación	219
7.3.2 Ensamblado de los módulos sobre la plataforma	220
7.3.3 Colocación del banco de 8 válvulas solenoides	229
7.3.4 Funciones del PLC en el proceso propuesto	230
7.3.4.1 Como trabajan los cilindros neumáticos	230
7.3.4.2 Otras salidas	232
7.3.4.3 Las entradas	232
7.3.4.4 Conexiones neumáticas	233
7.3.4.5 Instalación eléctrica del banco de 8 válvulas solenoides	236
7.3.4.6 Conexiones eléctricas del PLC	236
7.3.4.7 Ajuste de las válvulas reguladoras de presión	237
7.3.4.8 Ajuste de los cilindros de aire	238
<b>7.4 ELECCIÓN DE LAS VARIABLES Y PUNTOS DE CONTROL DE ACUERDO AL SISTEMA PLANTEADO</b>	<b>239</b>
<b>7.5 ELECCIÓN DEL EQUIPO DE VIDEO</b>	<b>243</b>
7.5.1 Elección de la cámara de vídeo	243
7.5.2 Elección del sistema de vídeo	246
7.5.3 Equipo seleccionado	249
<b>7.6 ELECCIÓN DEL TIPO DE CONTROL A UTILIZAR EN EL PROCESO</b>	<b>252</b>

<b>CAPÍTULO 8. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL PROCESO</b>	<b>255</b>
<b>8.1 DESARROLLO DE LAS RUTINAS DE CONTROL Y MONITOREO DEL PLC</b>	<b>255</b>
8.1.1 Asociación de variables de entrada	256
8.1.2 Asociación de variables de salida	256
8.1.3 Etapas del proceso a modelar	258
8.1.3.1 Alimentación de piezas	258
8.1.3.2 Separación de piezas	261
8.1.3.3 Perforación de piezas	264
<b>8.2 DESARROLLO DEL FRONT END DEL SISTEMA EN LA PC.</b>	<b>269</b>
<b>8.3 INTEGRACIÓN DEL PROCESO A MODELAR</b>	<b>274</b>
8.3.1 Introducción	274
8.3.2 Elementos del proceso	275
8.3.3 Tarjeta de acoplamiento	276
8.3.3.1 Función del sensor magnético en la tarjeta	279
8.3.3.2 Función del sensor del alimentador en la tarjeta	281
8.3.3.3 Función del sensor óptico en la tarjeta	281
8.3.3.4 Función del interruptor de caña en la tarjeta	282
8.3.3.5 Función del interruptor de sujeción en la tarjeta	284
8.3.4 Conexiones con el PLC	284
8.3.4.1 Módulo de salidas	284
8.3.4.2 Módulo de entradas discretas	287
8.3.4.3 Módulo de entradas analógicas	289
<b>8.4 INTEGRACIÓN, SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE VÍDEO</b>	<b>291</b>
<b>8.5 INTEGRACIÓN DE TODO EL SISTEMA Y DEPURACIÓN DEL MISMO</b>	<b>296</b>
<b>8.6 PRUEBAS Y AJUSTES</b>	<b>302</b>
8.6.1 Ajuste de sensores	302
8.6.2 Ajustes neumáticos	302
8.6.3 Ajustes de los desplazamientos	303
<b>CONCLUSIONES FINALES</b>	<b>I</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>A</b>

## CAPÍTULO 1. CONCEPTOS BÁSICOS

### 1.1 INSTRUMENTACIÓN

Características, ventajas y desventajas de los sistemas a utilizar

El sistema es el resultado de la integración de tres elementos:

- 1) Simulador de línea de producción, Kit ORT (conjunto de piezas de un equipo).
- 2) Controlador lógico programable, (PLC) marca Allen-Bradley.
- 3) Sistema de vídeo para vigilar alguna parte crítica del proceso.

La elección del proyecto obedece principalmente a la necesidad de mostrar un sistema que sea capaz de resolver los problemas, a los que se enfrenta la industria mexicana, haciendo más rentables sus procesos, con el fin de penetrar un mercado cada vez más competitivo y, al mismo tiempo, ofrecer un costo accesible en el equipo.

El sistema se ha configurado de manera que el industrial, observe lo fácil que resulta implementar un sistema similar en su planta, además muestra el gran número de ventajas que puede obtener al utilizarlo en su línea de producción.

Ventajas:

- Control automático del proceso.
- Mayor control sobre la línea de producción.
- Se reduce la mano de obra dentro de la línea de producción, generando sin embargo personas especializadas en la supervisión.
- Se mejora la calidad de la producción, ya que el control automático genera una estandarización del producto.
- Se disminuye el tiempo muerto, que genera el cambio de producto, porque el programa puede controlar dichos cambios realizando las adecuaciones requeridas en la línea de producción automáticamente.
- Se optimizan los recursos (energía, horas - hombre, materias primas, etc.)



## CAPÍTULO 1

- Se mejoran los tiempos de producción.
- La flexibilidad del sistema le permite adecuarse al crecimiento de la línea de producción, así como al crecimiento de la planta.
- Facilidad de programación del PLC.

### 1.1.1 Principios de operación

El equipo se conforma por tres partes:

#### **KIT ORT:**

El Kit ORT es un conjunto de dispositivos (actuadores, manipuladores, sensores de posición, temperatura, ópticos, y proximidad, entre otros) cuya finalidad es emular una línea de producción, mostrando la gran flexibilidad del PLC.

En la figura 1.1.1.1 podemos examinar un diagrama a bloques de lo que es el Kit. Podemos observar que gran parte del Kit se puede adecuar a una línea de producción con sistemas de transportadores del producto, simulando fácilmente situaciones de una línea real, por ejemplo el llenado de un producto, el etiquetado del mismo, el tapado, la revisión de sus características físicas (control de calidad), para efectuar el rechazo del producto que no cumpla con los estándares de calidad.

Los principios de operación se describen en los siguientes puntos de este capítulo dado que en ellos se hablará detalladamente de los distintos tipos de actuadores, así como de los sensores que constituyen el Kit.

## CAPÍTULO 1

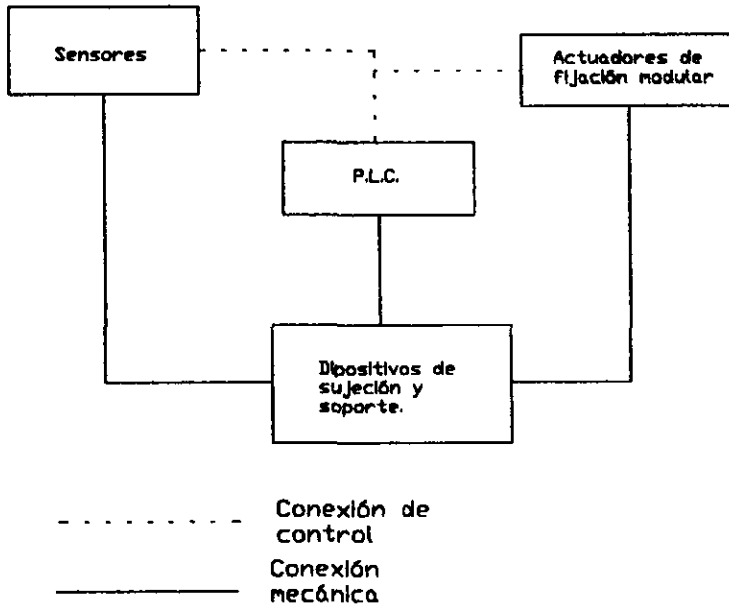


Figura 1.1.1.1 Diagrama a bloques del Kit ORT

### PLC Allen-Bradley:

El PLC es un dispositivo electrónico que puede ser programado, para automatizar una máquina o un proceso. El resultado de incorporar un sistema de control a una máquina o proceso recibe el nombre genérico de automatismo, (más adelante veremos que

## CAPÍTULO I

existen varios tipos de autómatas de acuerdo a la tecnología empleada). Al PLC también se le conoce como autómata programable.

La figura 1.1.1.2 muestra un esquema funcional de un automatismo. Se puede observar que la unidad de control obtiene información mediante los captadores, los cuales a su vez adecuan la información para el controlador. Esta información obedece a los cambios que se han realizado en el proceso. Por otro lado el controlador genera ordenes que son transmitidas al proceso a través de los accionadores o actuadores. Estos transforman la orden recibida, en una magnitud o en un cambio físico de acuerdo a las variables del proceso.

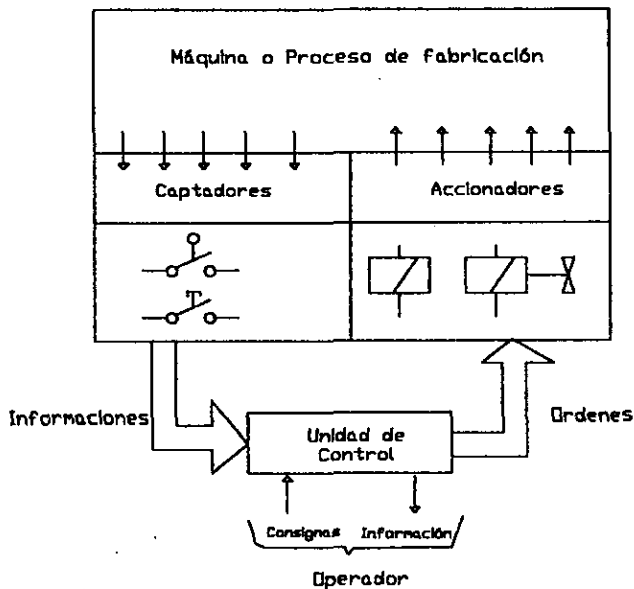


Figura 1.1.1.2 Esquema funcional de un automatismo.

## CAPÍTULO 1

Dentro del sistema la información recibida es tratada de acuerdo a un algoritmo de control del sistema (programa en el caso del PLC). El resultado es un conjunto de ordenes específicas para los actuadores, lo que produce el funcionamiento armónico del proceso.

Además, el autómatas permite al operador modificar los puntos de consigna del proceso, así como modificar los parámetros del algoritmo o bien tomar el control mediante el mando manual. El avance tecnológico ha permitido la realización de autómatas cada vez más complejos. De acuerdo a la tecnología empleada, los autómatas se pueden clasificar en dos grupos: autómatas de tecnología cableada y autómatas de tecnología programada. La figura 1.1.1.3 muestra un diagrama de las tecnologías de automatización.

Los autómatas cableados son aquellos en los cuales se realizan uniones físicas entre los elementos que constituyen la unidad de control, la forma en que se realizan las conexiones se determina de acuerdo con la experiencia o mediante el planteamiento de ecuaciones lógicas.

La tecnología cableada es todavía muy empleada pero presenta serios inconvenientes:

- 1) En general ocupan mucho espacio.
- 2) Poca flexibilidad ante las modificaciones o la ampliación.
- 3) Es difícil la solución de las averías.
- 4) No pueden realizar funciones de control complejas.

Por el lado de la tecnología programada, esta entró con los mini ordenadores allí donde la tecnología cableada no podía, dada la cantidad de información y la complejidad del algoritmo de control. El autómatas industrial programable se empezó a utilizar con éxito a principios de los 70, al mismo tiempo que se difundía la tecnología del microprocesador.

## CAPÍTULO 1

El autómatas apareció como alternativa a la aplicación de los equipos informáticos ya que estos bien podían solucionar los problemas de la tecnología cableada pero presentaban los siguientes problemas:

- Poco adecuados al ambiente industrial.
- Requerían de personal con conocimientos en informática para la programación.
- Costo elevado del equipo.
- Necesitaban de personal especializado para el mantenimiento.

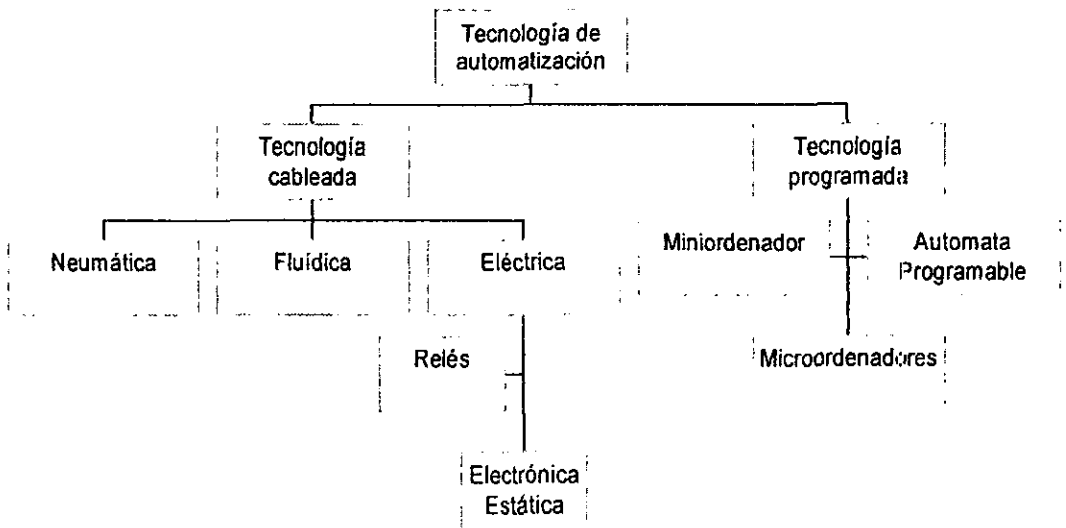


Figura 1.1.1.3 Diagrama de las tecnologías de automatización.

## CAPÍTULO 1

Por otro lado el uso de microordenadores aportaba una disminución del costo del equipo lo que hacía posible las aplicaciones relativamente pequeñas, pero todavía padecía de los problemas de baja adaptación al medio industrial y la necesidad de especialistas para su programación y mantenimiento.

### **Componentes del autómata programable PLC**

Los equipos que corresponden al concepto de PLC se presentan en diversas formas de construcción física y de organización interna, pero en todas ellas se distinguen dos grupos de componentes: la Unidad Central de Proceso (CPU) y el sistema de entradas y salidas (E/S)

#### **Unidad Central de Proceso**

La unidad central de proceso de un autómata, comprende esencialmente dos componentes: el procesador y la memoria.

El procesador se encarga de la adquisición y actualización de los estados de las entradas y salidas, con base en la interpretación de las instrucciones de la memoria de programa o de usuario, y funciones internas.

La memoria almacena las instrucciones del programa, estados de entradas y salidas, estados internos y datos.

#### **El sistema de entradas y salidas**

El control efectivo de una máquina o proceso depende del continuo intercambio de información entre el control y el proceso. La información que recoge el controlador recibe el nombre de **entradas**, en tanto que las acciones de control sobre la máquina o proceso, reciben el nombre de **salidas**.

## CAPÍTULO 1

- Adaptar la tensión de trabajo de los dispositivos de campo a la de los elementos electrónicos del autómata y viceversa.
- Proporcionar un adecuado aislamiento eléctrico entre los circuitos lógicos y los circuitos de potencia.

En la figura 1.1.1.4 se muestra la representación de un PLC.

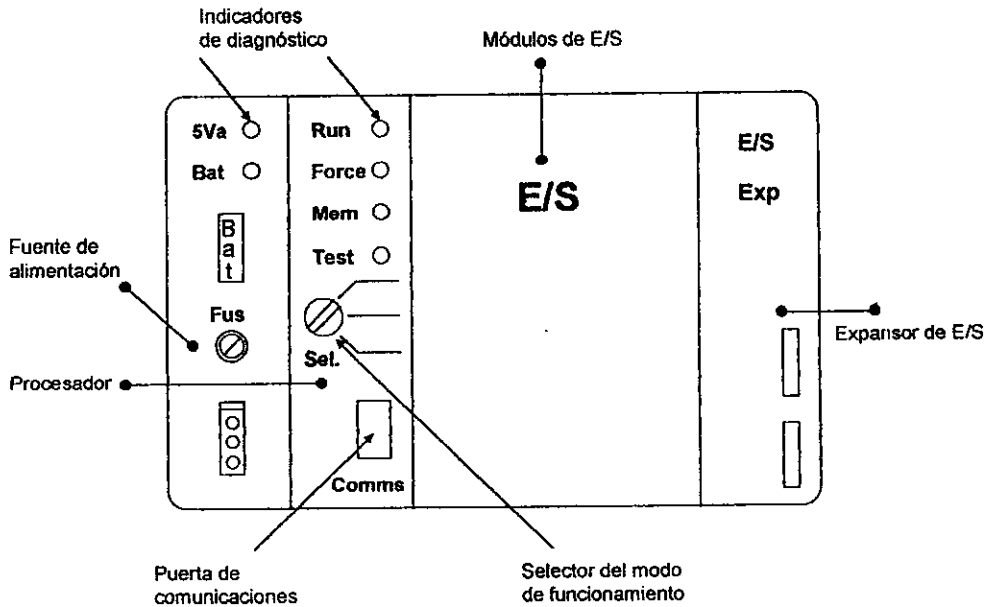


Figura 1.1.1.4 Representación simplificada de un PLC.

## CAPÍTULO 1

### Sistema de vídeo

La cámara de vídeo tiene un principio muy parecido al del ojo humano, en la cámara de vídeo se cuenta con un sistema de lentes que dirigen la luz a un dispositivo de carga acoplada **CCD** (Charge Coupled Devices) dicho dispositivo es una rejilla semiconductora que tiene miles de casillas o píxeles.

Un CCD esta formado por una serie de condensadores **MOS** (Tecnología de Metal-Oxido-Semiconductor), monolíticos muy próximos entre si, de manera que estos pueden mover una carga de un condensador a otro, formando una especie de registro analógico.

En la figura 1.1.1.5 se muestran los elementos básicos de la cámara de vídeo.

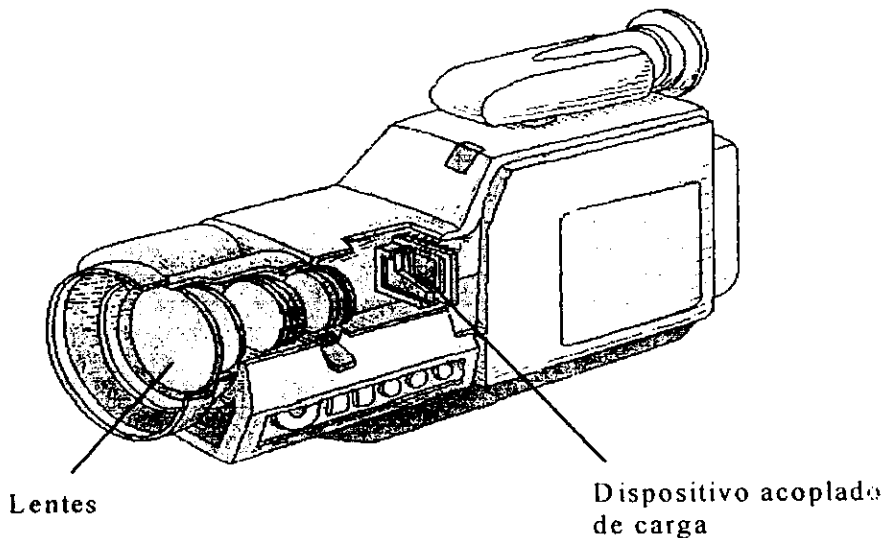


Figura 1.1.1.5 Elementos básicos de la cámara de vídeo.



## CAPÍTULO 1

Las cargas dentro de los condensadores MOS pueden ser inducidas eléctricamente o por algún medio óptico, tratándose en este último caso de un sensor óptico.

En un sensor de imagen CCD, la luz del objeto ilumina, por el lado de los electrodos o por el lado del sustrato y por el efecto fotoeléctrico se producen pares electrón - hueco en el silicio, que es sensible a fotones con longitud de onda de 300nm y 1100nm. Mediante las señales de reloj apropiadas, es posible crear pozos de potencia, por medio de los cuales se recogen los portadores minoritarios que fueron generados por el efecto fotoeléctrico, todo esto dentro de un tiempo llamado tiempo de exposición. Los paquetes de carga recogidos se desplazan a través del registro CCD y son convertidos en una corriente o tensión en la terminal de salida. La carga acumulada en cada pozo, está en función lineal de la cantidad de luz y del tiempo de exposición. Los CCD tienen aplicación en la vigilancia, telecine, fotocopiadoras, facsímiles, espectrómetros, reconocimiento óptico, lectoras de código de barras, etc.

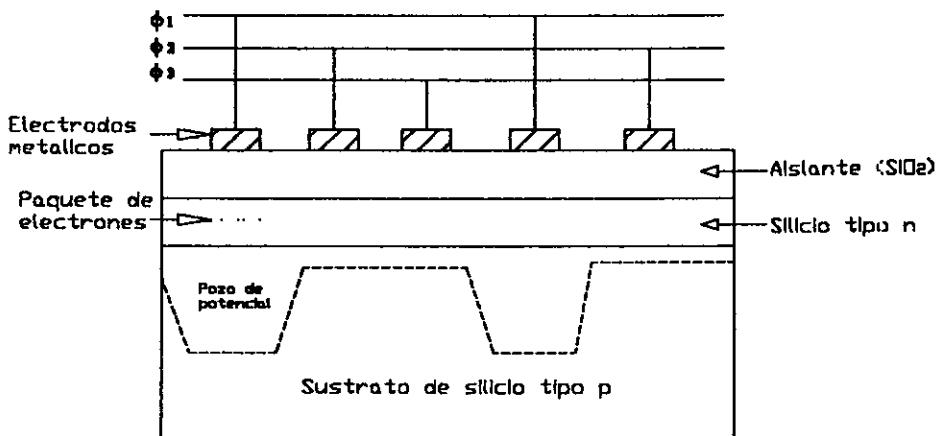


Figura 1.1.1.6 Esquema de un CCD.

### 1.1.2 Especificaciones técnicas

Los sistemas a utilizar como hemos dicho son un PLC, un sistema de vigilancia por vídeo cámara y un Kit ORT, por lo que a continuación daremos sus características técnicas generales:

#### PLC:

- Velocidad del procesador
- Capacidad de memoria de programa
- Interconectabilidad con otros equipos
- Arquitectura
- Modularidad
- Número de instrucciones
- Resistencia mecánica al ambiente industrial
- Flexibilidad en la programación
- Número de entradas y salidas conectables al CPU
- Características eléctricas de la alimentación
- Características de las señales de entradas y salidas
- Tipo de comunicación con otros dispositivos electrónicos.

#### Kit ORT:

- Es un sistema para simular procesos industriales y cuenta con sensores ópticos de barrera de 12 volts de corriente directa (12 VDC).
- Sirve para aplicaciones industriales con salida por transistor a colector abierto con una capacidad de corriente de 150 mA.
- Cuenta con sensores inductivos de proximidad de 12 VCD, con salida de colector abierto a 150 mA.
- Cuenta con sensores ópticos de reflexión de 12 VCD, con salida por relevador

## CAPÍTULO 1

- Cuenta con interruptor de fin de carrera magnético con capacidad de 150 mA a 5 VDC.
- Las salidas son a actuadores neumáticos cuya presión de trabajo es de 20 PSI (**poundals-square-inch**) libras por pulgada cuadrada controladas por válvulas de distribución con control eléctrico a 12VDC.
- Cuenta con lámparas indicadoras de 12 VCD.

### **Sistema de vídeo:**

Para la cámara tenemos:

- Resolución.
- Control de la ganancia de vídeo.
- Sincronía.
- Tipo de montaje.
- Alimentación.
- Tipo de enfoque.
- Capacidad de acercamiento (zoom).

Para el monitor:

- Tipo de alimentación.
- Resolución.
- Tipos de conexiones de entrada.

### 1.1.3 Sensores de presión, temperatura y posición

#### Sensores de presión

La presión es una fuerza entre unidad de superficie y se puede expresar en unidades tales como el pascal, bar, atmósferas, kilogramos por centímetro cuadrado y libras por pulgada cuadrada (psi). Los sensores de presión los podemos clasificar en los siguientes grupos: mecánicos y electromecánicos.

#### Sensores mecánicos

Se dividen en:

- Sensores que miden la presión comparándola con la ejercida por un líquido de densidad y altura conocidas (figura 1.1.3.1). Se puede observar en dicha figura que la presión  $P$ , origina el desplazamiento del fluido, originando una diferencia entre los niveles del fluido ( $h$ ), esta diferencia es proporcional a  $P$ . Un sensor de nivel (fotoeléctrico, flotador, etc.) permite obtener una señal eléctrica.
- Sensores en los que los elementos primarios se deforman por la presión interna del fluido que contienen (figura 1.1.3.2). Los elementos primarios elásticos más empleados son: el tubo Bourdon, el elemento en espiral, el helicoidal, el diafragma y el fuelle.

El tubo Bourdon consiste en un tubo de sección transversal no circular, que se puede generar a partir de aplanar un tubo de sección circular, el cual es enrollado para formar una espiral, si a uno de los extremos de este tubo se le ciega y al otro se le empotra, cuando el tubo recibe presión hacia su interior mediante un fluido, el resultado será una deformación, que en un intervalo pequeño será lineal. Cuando el tubo se halla libre de presión, manifestara una recuperación en función a la elasticidad de su material de fabricación. Un diafragma es una placa circular flexible consistente en una lámina o una membrana tensa que se deforma bajo la presión o la diferencia de presiones.

# CAPÍTULO I

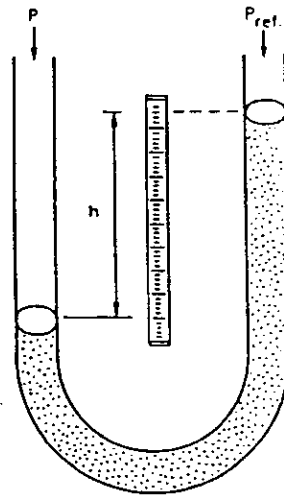


Figura 1.1.3.1 Sensor de presión basado en la presión diferencial ejercida por un fluido.

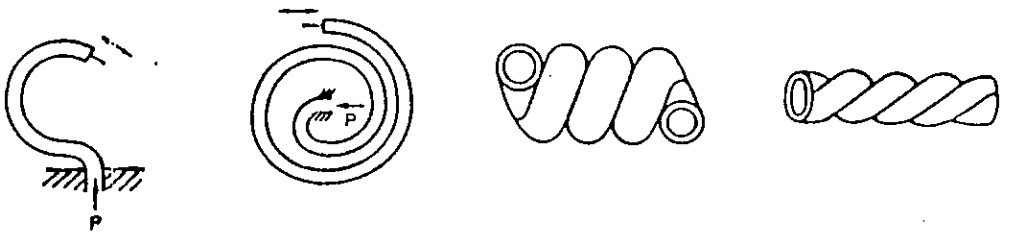


Figura 1.1.3.2 Sensores de presión por deformación del elemento primario.

## Sensores electromecánicos.

Los sensores electromecánicos de presión utilizan un elemento mecánico elástico combinado con un transductor el cual genera la señal eléctrica correspondiente. De acuerdo con el transductor utilizado se clasifican en:

### Resistivos:

En estos el transductor bien puede ser una galga extensiométrica o un potenciómetro. En el caso de una galga extensiométrica su funcionamiento se basa en la variación de la resistencia de un conductor o semiconductor cuando es sometido a un esfuerzo mecánico. En el caso de un conductor, cuando éste se somete a un esfuerzo se modifica su área de sección transversal, y dado que la resistencia del conductor es inversamente proporcional al área de sección transversal, el resultado será que el conductor aumentará su resistencia cuando el área de sección transversal disminuya y viceversa. La aplicación de las galgas se halla limitada a las propiedades mecánicas del material, la figura 1.1.3.3, se puede observar que las características del material nos permiten utilizarlo hasta el punto llamado límite de proporcionalidad.

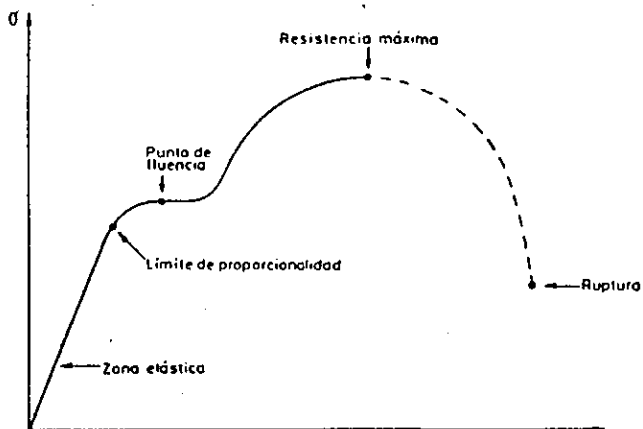
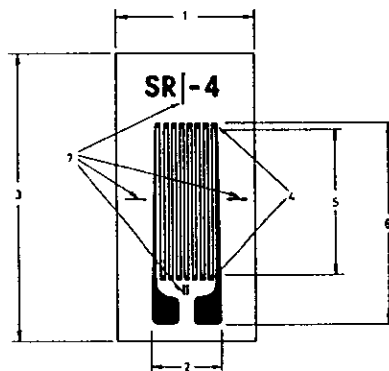


Figura 1.1.3.3 Curva característica de una galga extensiométrica.

## CAPÍTULO 1

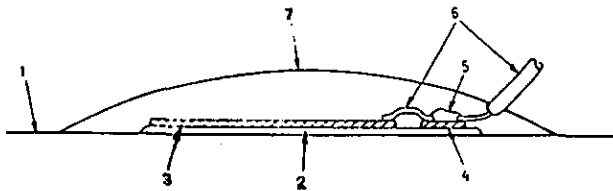
Para las galgas basadas en semiconductores, el principio es el mismo solo que su capacidad de medida es mucho menor. La figura 1.1.3.4 muestra una galga extensiométrica y la figura 1.1.3.5 muestra el montaje de la misma. La galga extensiométrica tiene aplicación en sistemas de medición de presión, de aceleración, sensores táctiles en robots, para medidas de deformaciones en los materiales, para medidas de peso, para medida de deformaciones grandes en sistemas biológicos, etc.

Por el otro lado el potenciómetro tiene un resistor con un contacto móvil deslizante o giratorio. Para que sean empleados como elementos en los que el desplazamiento sea proporcional a la resistencia, deben de tener una reactancia capacitiva e inductiva baja, poca fricción al desplazar el cursor y mantener un buen contacto, además, se debe trabajar a temperaturas uniformes ya que estas afectan la conductividad del material. Para medir presión por lo general se utiliza junto con algún elemento mecánico elástico, que puede ser un fuelle, un tubo Bourdon, etc.



Parámetros de una galga impresa : 1 Anchura del soporte ; 2 anchura de la galga ; 3 longitud del soporte ; 4 extremos ensanchados ; 5 longitud activa ; longitud total de la galga ; 7 marcas de alineación.

Figura 1.1.3.4 Galga extensiométrica.

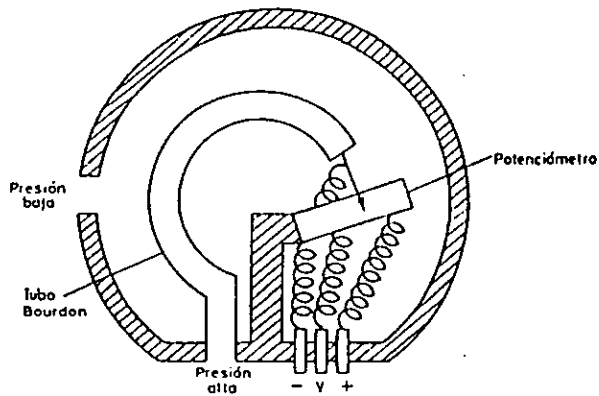


Montaje de una galga impresa  
1 Sustrato donde se monta; 2 adhesivo; 3 galga; 4 terminales para soldar; 5 soldadura; 6 hilos de conexión; 7 aislamiento protector.

**Figura 1.1.3.5 Montaje de una galga extensiométrica.**

El montaje debe de realizarse de manera que la deformación elástica originada por un cambio de presión ocasione ya sea un desplazamiento o un giro en el cursor del potenciómetro. La figura 1.1.3.6 muestra la aplicación de un potenciómetro a un tubo Bourdon. Los potenciómetros se aplican en la detección de nivel, medida de desplazamiento, de fuerza, vibración, etc.





**Figura 1.1.3.6 Sensor de presión tipo Bourdon con potenciómetro.**

### **Inductivos:**

La inductancia de un circuito indica la cantidad de flujo magnético que el mismo circuito puede contener en función de una corriente. Si se trata de una corriente circulando por el propio circuito, estamos hablando de autoinductancia. La mayoría de los sensores magnéticos son de reluctancia variable y es un desplazamiento el que la modifica. La reluctancia es la oposición de un material al flujo magnético, en cierta forma tiene un parecido a la resistencia en un circuito eléctrico.

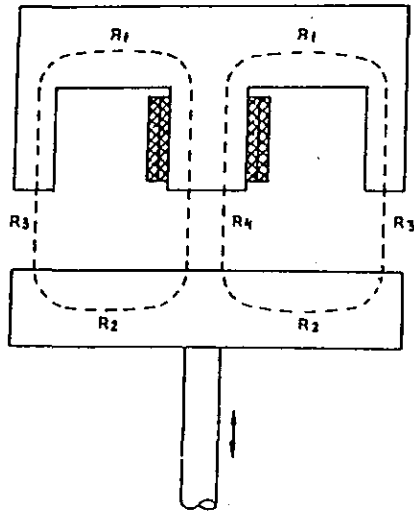


Figura 1.1.3.7 Circuito magnético de reluctancia variable.

La figura 1.1.3.7 muestra un circuito magnético de reluctancia variable, en este se observa que cuando una de las partes se separa en la dirección mostrada, las reluctancias  $R_3$  y  $R_4$  aumentarían, siempre y cuando la distancia de separación no rebasa el límite en el cual las corrientes de dispersión del flujo ya no permitan que el circuito magnético sea como se tenía contemplado. Un sensor de presión se puede

## CAPÍTULO I

construir empleando un elemento mecánico de deformación elástica acoplado a la parte móvil del circuito mencionado.

Dicho elemento puede ser un fuelle, una membrana, etc. Los sensores inductivos se utilizan para detectar posición, fuerza, movimiento, detección de metales, etc.

### **Capacitivos:**

Un condensador eléctrico consiste en dos conductores separados por un dieléctrico (sólido, líquido, gaseoso o el vacío). La capacitancia ( $C$ ) es la propiedad del condensador para acumular carga de acuerdo a una diferencia de potencial proporcionada y se calcula en función de la constante dieléctrica del material  $\epsilon_r$ , de la constante dieléctrica del vacío  $\epsilon_0$ , del área de los conductores ( $A$ ) y es inversamente proporcional a la distancia ( $d$ ) que separa a los conductores. Así pues, cualquier fenómeno que manifieste una variación en  $\epsilon_r$ ,  $A$  o  $d$ , provocara un cambio en la capacitancia ( $C$ ) y puede ser detectado por el dispositivo anterior. Dicho de otra forma, cualquier variación en la geometría o cualquier variación en el dieléctrico puede ser considerada para la detección del fenómeno que lo provoca. La figura 1.1.3.8 muestra un sensor de presión basado en un capacitor. A los sensores Capacitivos los encontramos en aplicaciones como: detección de nivel, detección de químicos, detectores de posición, detectores de movimiento, medidores de deformación, detección de combustible etc.

### **Piezoeléctricos:**

Los elementos piezoeléctricos son materiales cristalinos que, al deformarse físicamente por la acción de una presión, generan una señal eléctrica. Son elementos pequeños de construcción robusta. Su señal de respuesta a la presión es lineal y son adecuados para aplicaciones dinámicas al tener una respuesta a la frecuencia de hasta un millón de ciclos por segundo. En la figura 1.1.3.9 se muestra un sensor de presión con un elemento piezoeléctrico. Los elementos piezoeléctricos tienen aplicación en sensores táctiles, sensores de deformación, sensores de fuerza etc.

En la figura 1.1.3.10 se muestran una serie de sensores de presión y su campo de aplicación.

# CAPÍTULO 1

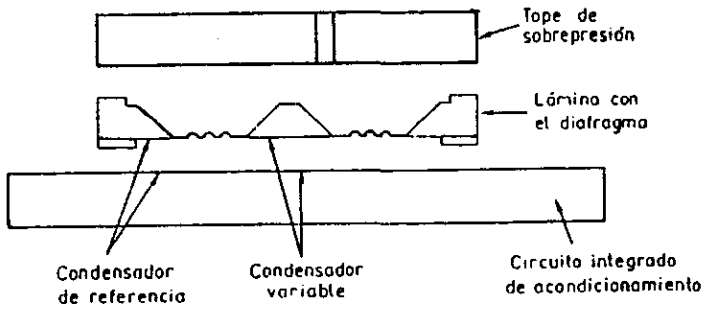


Figura 1.1.3.8 Sensor de presión capacitivo.

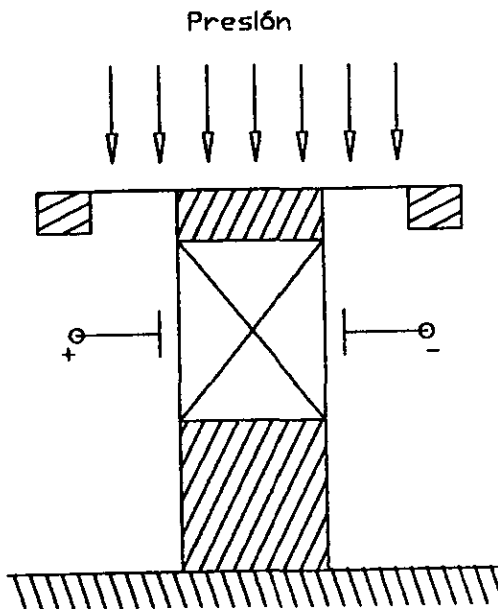
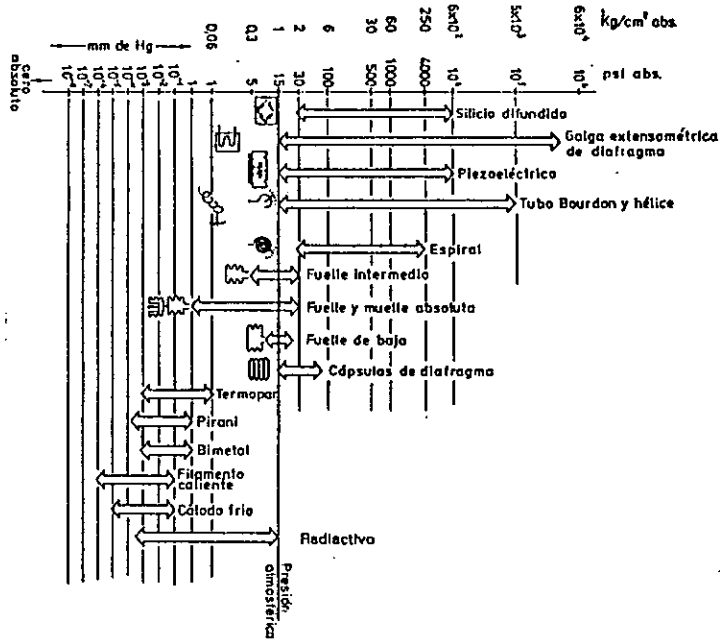


Figura 1.1.3.9 Sensor de presión con elemento piezoeléctrico.

## CAPÍTULO I



**Figura 1.1.3.10 Sensores de presión y su campo de aplicación.**

### Sensores de temperatura

La medición de la temperatura constituye una de las medidas más comunes y más importantes que se realizan en los procesos industriales.

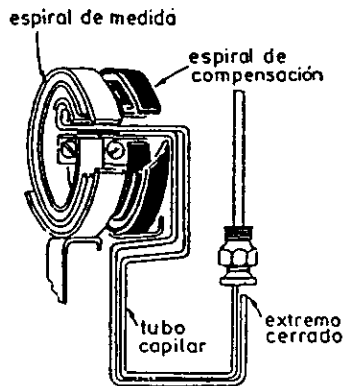
Para medir la temperatura se utilizan diversos fenómenos:

Variaciones del volumen del estado de los cuerpos sólidos, líquidos o gases. La forma en que operan estos sensores se basa en la dilatación de un líquido, un gas o un sólido. Cuando se trata de un gas o de un líquido, estos deben de estar contenidos en un recipiente herméticamente sellado, como es el caso de los termómetros de vidrio.

Los sensores de gas por lo general están contenidos en un bulbo que esta conectado a una espiral mediante un capilar. Cuando la temperatura del bulbo cambia, el gas se expande y la espiral tiende a desenrollarse sufriendo un desplazamiento, este

## CAPÍTULO 1

sensor óptico, o cualquier otro tipo de desplazamiento) y de esta forma conocer la temperatura, o directamente puede mover la aguja de un indicador de carátula. Cuando se utiliza un sólido por lo general este se encuentra en forma de espiral, de manera que cuando se empieza a incrementar su temperatura, la espiral tiende a deformarse, originando un desplazamiento que, mediante métodos análogos al de los sensores de bulbo, nos puede dar una magnitud en función de la temperatura. La figura 1.1.3.11 muestra un sensor de bulbo.



b- compensación total  
(tubo capilar + caja)

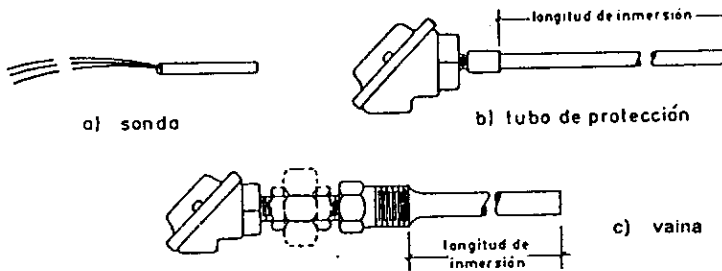
Figura 1.1.3.11 Sensor de temperatura tipo bulbo.

**Sensor RTD:**

Variación de la resistencia de un conductor (sondas resistivas). A estos tipos de sensores se le conoce también como **RTD (Resistance Temperature Detector)**, detector de temperatura resistivo.

Su principio de operación es el siguiente:

En un conductor, el número de electrones disponibles para la conducción no cambia apreciablemente con la temperatura, pero con el aumento de la temperatura, las vibraciones de los átomos alrededor de sus posiciones de equilibrio son mayores, y así dispersan más eficazmente a los electrones, reduciendo su velocidad media. En otras palabras manifiesta un aumento en su resistencia. La figura 1.1.3.12 muestra una sonda de resistencia, así como sus elementos de protección.



Tipos de sondas de resistencia.

**Figura 1.1.3.12 Sonda resistiva para medir temperatura.**

**Sensor basado en un semiconductor:**

Variación de la resistencia de un semiconductor (termistores). El término termistor viene del inglés thermistor, formado de los vocablos «**thermally sensitive resistor**» (resistencia sensible a la temperatura). Son resistores variables con la temperatura, pero no funcionan igual que las RTD, sino que en semiconductores. Los hay con coeficiente de temperatura negativo (NTC) «**Negative Temperature Coefficient**» o con coeficiente de temperatura positivo (PTC) «**Positive Temperature Coefficient**».

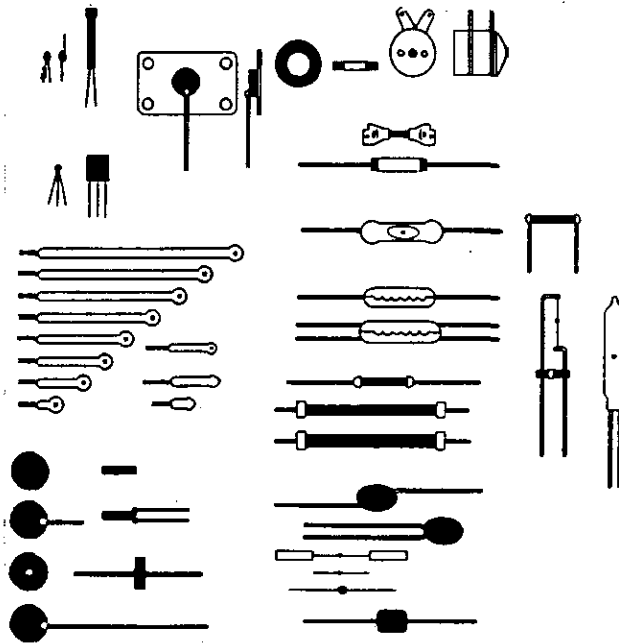


Figura 1.1.3.13 Distintas formas de los termistores NTC.



## CAPÍTULO 1

El fundamento de los termistores, se encuentra en la variación del número de portadores respecto a la temperatura, así es como varía la resistencia de los semiconductores. Al aumentar la temperatura aumenta el número de portadores reduciéndose la resistencia, y de aquí que se presenten coeficientes de temperatura negativos. Esta dependencia varía con la presencia de impurezas, y si el dopado es muy grande, el semiconductor adquiere propiedades metálicas con coeficiente de temperatura positivo (PTC) en un margen de temperaturas limitado.

La figura 1.1.3.13 muestra las distintas formas de los termistores NTC. El termistor se aplica en la medida de temperatura, en la compensación de temperatura y en todos aquellos casos donde varía la temperatura del termistor, por ejemplo en la medición de la potencia en un circuito eléctrico, como limitador de corriente, como protección de un motor, etc.

### **Sensor basado en un termopar:**

Voltaje creado por la unión de dos metales distintos (termopares). El fundamento de operación de un termopar se halla en el efecto descubierto por Seebeck, este consiste en la circulación de una corriente en un circuito formado por dos metales diferentes cuyas uniones se mantienen a distinta temperatura (figura 1.1.3.14). Esta circulación responde a dos efectos termoeléctricos combinados, el efecto Peltier que provoca la liberación o absorción de calor en la unión de dos metales distintos cuando una corriente circula por la unión y el efecto Thompson que consiste en la liberación o absorción de calor cuando una corriente circula a través de un metal homogéneo en el que existe un gradiente de temperaturas. Lo anterior nos hace ver que la energía térmica en el circuito de la figura 1.1.3.14 genera una energía eléctrica o bien, si se abre el circuito, una fuerza termoelectromotriz (f.t.e.m.) que depende de los metales y de la diferencia de temperaturas entre las dos uniones. Al conjunto de estos dos metales distintos con una unión firme en un punto o en alguna zona se le llama termopar. La figura 1.1.3.15 muestra un termopar con su vaina.

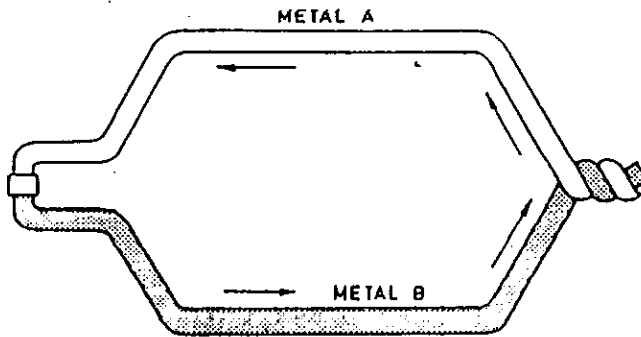
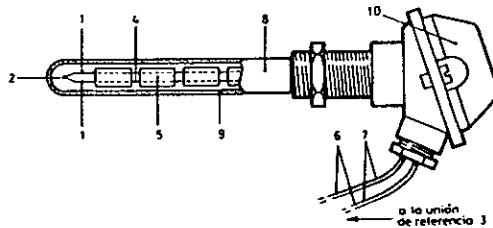


Figura 1.1.3.14 Circuito termoeléctrico.

Intensidad de la radiación emitida por un cuerpo (pirómetros de radiación). Los pirómetros de radiación miden la temperatura de un cuerpo a distancia en función de su radiación. Si los instrumentos miden la temperatura del cuerpo en función de su radiación luminosa, se les llama pirómetro de radiación parcial o pirómetros ópticos y los que miden la temperatura captando gran parte de la radiación emitida por el cuerpo, se llaman pirómetros de radiación total. Un pirómetro óptico puede estar basado en el efecto fotoeléctrico, esto es cuando en una unión semiconductora tipo p con una tipo n, debido al movimiento térmico hay electrones que pasan a la zona p y «huecos» que pasan a la zona n, donde se combinan respectivamente, con los portadores de carga de signo diferente.



Termopar industrial con vaina

- |  |  |
|--|--|
| <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Conductores (diferentes)</li> <li>2. Unión de medida</li> <li>3. Unión de referencia</li> <li>4. Hilos de termopar sin aislar</li> <li>5. Hilos de termopar aislados</li> <li>6. Cables de extensión iguales a los del termopar</li> </ol> | <ol style="list-style-type: none"> <li>7. Cables de compensación, diferentes de los del termopar pero con f.t.e.m. pequeña</li> <li>8. Caña pirométrica</li> <li>9. Protector (cubierta externa)</li> <li>10. Cabeza de la caña</li> </ol> |
|--|--|

Figura 1.1.3.15 Termopar en su vaina.

El resultado es una pequeña zona a ambos lados de la superficie de contacto en la que apenas hay portadores libres, y los iones positivos de la zona n y los iones negativos de la zona p, fijos en la estructura cristalina, crean un intenso campo eléctrico que se opone a la difusión de más portadores a través de la barrera de potencial. Si la unión p-n se somete a una radiación (con luz visible o no) cuya energía supere el ancho de

### Sensores de posición

Los sensores son los elementos que nos permiten detectar los valores físicos del sistema de manera tal que al adecuar estos valores, permiten al controlador tomar información a fin de que este elabore la señal para gobernar dicho sistema. Un sensor de posición es aquel que nos entrega, bien sea la información sobre la posición de un componente de la máquina o bien la localización de una pieza dentro de un proceso determinado. Los siguientes pueden ser ejemplos de sensores de posición.

**Sensores ópticos**, detectan piezas o componentes de la máquina, en un lugar determinado. Estos operan bajo el principio del efecto fotoeléctrico ya explicado. Los sensores (figura 1.1.3.17) ópticos son aplicados:

En sistemas de conteo, detección de piezas o productos, ubicación de los componentes de una máquina, etc.

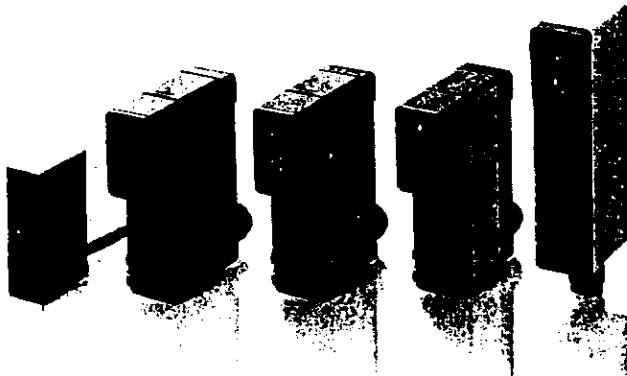
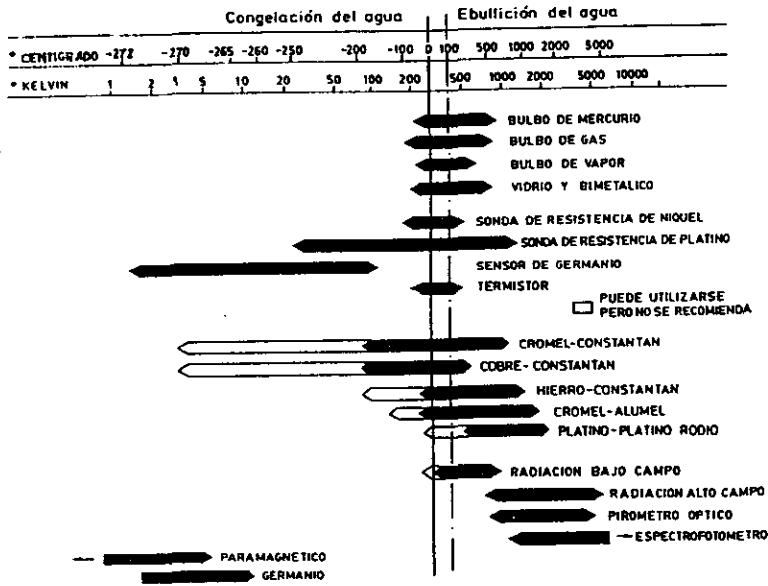


Figura 1.1.3.17 Sensores ópticos.

## CAPÍTULO 1

banda de la zona prohibida, aparecen pares de electrón - hueco adicionales que se desplazan bajo la acción del campo eléctrico en la zona de la unión. La llegada de electrones a la zona n y de huecos a la zona p, produce un cambio de potencial de contacto  $V_P$  que puede medirse mediante la conexión externa de una resistencia de carga. Esta tensión en el vacío aumenta al hacerlo la intensidad de la radiación incidente hasta llegar a la saturación. Si se cortocircuitan los contactos, la corriente será proporcional a la radiación para un amplio margen de valores de la misma.

Otros fenómenos realizados en laboratorio velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia de un cristal etc. La figura 1.1.3.16 muestra los campos de medida de los distintos sensores de temperatura.



**Figura 1.1.3.16 Campo de medida de los sensores de temperatura.**

## CAPÍTULO 1

**Sensores inductivos**, estos permiten detectar piezas de metal y, si se les coloca en un sitio específico, nos permiten localizar una posición. Su principio de operación consiste en cerrar un circuito magnético abierto en un extremo de modo con el objeto a detectar, la reluctancia con el circuito abierto es diferente a la reluctancia cuando el objeto este presente. La figura 1.1.3.18 muestra varios sensores inductivos.

**Sensores Capacitivos**, estos tienen una operación similar a la de los sensores inductivos solo que estos pueden detectar piezas metálicas y no metálicas. Al aproximarse un objeto a la superficie activa, aumenta la capacidad entre la masa y la zona activa del sensor. Un oscilador comienza a trabajar cuando se rebasa el valor ajustado; la tensión del oscilador se modifica, alcanzando el nivel preajustado y produce así un cambio en la etapa de salida. La figura 1.1.3.19 muestra dos sensores capacitivos.

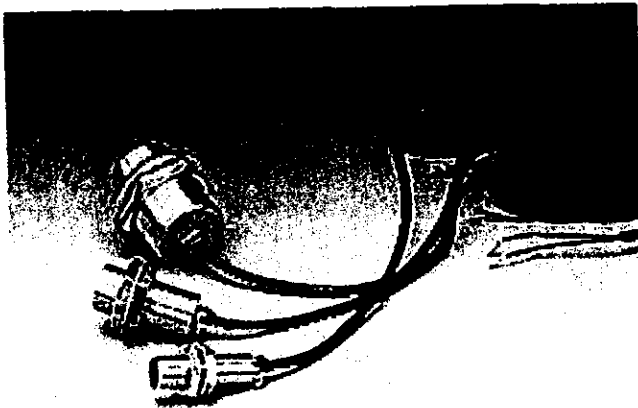


Figura 1.1.3.18 Sensores inductivos.



**Figura 1.1.3.19 Sensores capacitivos.**

Los **sensores capacitivos** se ocupan en: detectores de nivel en líquidos, materiales pulverizados o granulares, así como en detectores de proximidad capacitivos.

**Sensores de contacto**, en este tipo de sensores la pieza es detectada por un mecanismo de contacto, el cual puede activar un interruptor eléctrico o neumático.

**Sensores de disco codificado**, estos sensores permiten determinar la posición angular en los componentes de las máquinas, mediante un disco ranurado acoplado a un sistema óptico; las ranuras en el disco son códigos de posición. La figura 1.1.3.20 muestra un codificador de posición de disco ranurado.

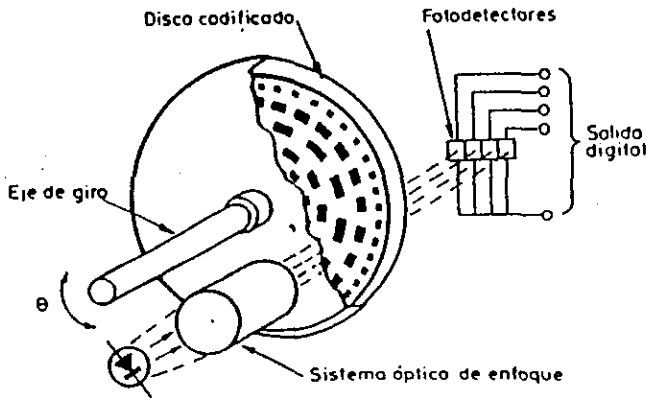


Figura 1.1.3.20 Codificador de posición tipo disco ranurado.

**Sensores resistivos**, este tipo de sensores pueden ser adecuados para desplazamientos angulares o bien para desplazamientos lineales. No es otra cosa que potenciómetros en donde el dial esta acoplado a la pieza de la que se desea saber su posición.

**Detectores ultrasónicos de proximidad**, Este tipo de sensores trabajan según el principio del tiempo de propagación del eco. Utilizan un disco de cerámica piezoeléctrica como emisor de ultrasonidos y al mismo disco como el receptor. Primero manda un impulso de ultrasonidos y después pasa a la modalidad de recepción. El



## CAPÍTULO 1

impulso de ultrasonidos es reflejado por el objeto y alcanza al sensor en unos milisegundos más tarde como eco. Este tipo de sensores se emplean en la detección de: Sólidos, sólidos en polvo, líquidos; en realidad se pueden emplear para detectar casi cualquier material, ya que por lo general cualquier objeto refleja los ultrasonidos. En la figura 1.1.3.21 se muestran varios detectores de proximidad de ultrasonidos.

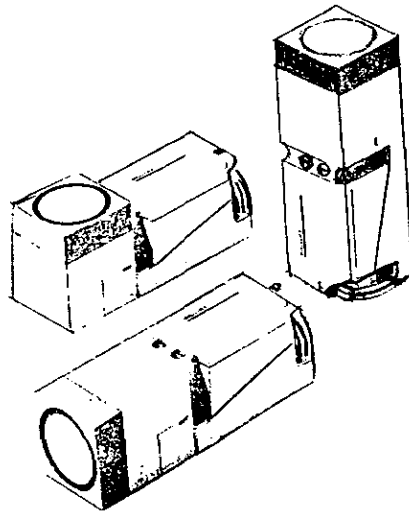


Figura 1.1.3.21 Sensores ultrasónicos.

En general, un sensor de posición puede ser todo aquel componente que nos permita conocer la presencia o la ausencia de un objeto en un sitio determinado.

### 1.2 ACTUADORES

#### Características, ventajas y desventajas

Es importante señalar que los controladores son una pieza fundamental en un sistema de control automático, porque es el que compara la medida de la variable controlada, la cual se obtiene de un transmisor de señal, con el valor de referencia. El controlador dirige la acción del elemento de control final, el cual corrige o limita la desviación.

#### 1.2.1 Tipos de controladores

Los controladores en la industria se pueden clasificar de varias formas. Por ejemplo, se pueden clasificar como eléctricos (electrónicos) o neumáticos. A su vez estos se pueden subdividir en analógicos y digitales.

##### 1.2.1.1 Controladores eléctricos

Muchos controladores eléctricos (o electrónicos) utilizan el amplificador operacional como bloque básico para su construcción, ya que el amplificador puede realizar los procesos de comparación, suma, integración y diferenciación.

Aunque cada fabricante de controladores analógicos produce un sistema diferente, todos ellos tienen ciertos factores en común. Por ejemplo, muchos controladores electrónicos poseen paneles frontales similares al mostrado en la figura 1.2.1.1 este medidor presenta dos tipos de información: el valor de referencia y la variable medida. Normalmente el valor de referencia es ajustable desde el panel frontal por medio de un potenciómetro, lo que hace sencillo variar el valor de referencia para distintas aplicaciones. Normalmente, la escala se calibra para obtener lecturas de 0% a 100% de la variación de la señal. Además, muchos controladores facilitan al operador la capacidad de conmutar de modo manual a modo automático. A menudo el modo manual se usa cuando se inicia el proceso o cuando se interrumpe.

## CAPÍTULO 1

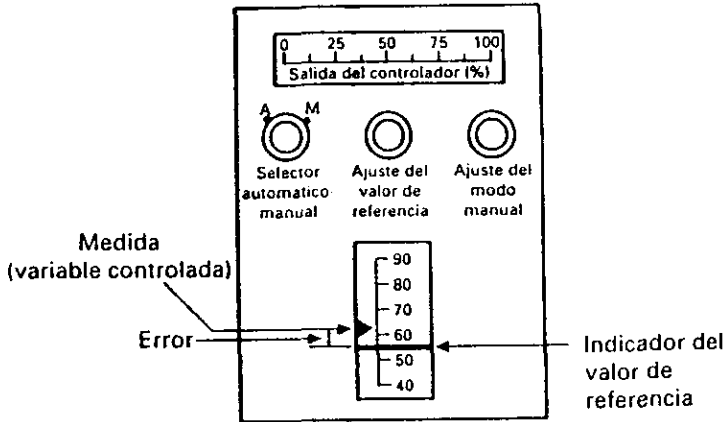


Figura 1.2.1.1.1 Panel frontal de un controlador electrónico típico.

El control electrónico digital también se encuentra en la industria. Por supuesto, el ordenador se puede clasificar como un controlador digital. Gracias a la capacidad del ordenador de tomar decisiones e iniciar acciones, es idealmente adecuado para aplicaciones de control de procesos. El controlador digital más popular hoy en día es el controlador programable (PLC), el cual es un sistema basado en microprocesador, capaz de realizar una gran variedad de tareas. Es por eso que este tipo de control se usará para mostrar una aplicación en la integración de un sistema de control.

Los sistemas de control automático pueden ser tan simples como un control de calor todo o nada para un horno, o tan complejos como el sistema de guiado de un misil o un vehículo espacial. A medida que el campo de control se ha hecho más amplio y complejo, igualmente los equipos controladores se han hecho más complicados y sofisticados. Lo mismo ha pasado con los elementos finales de control. Un factor en contra de un sistema de control electrónico es su alto costo en la inversión inicial.

### 1.2.1.2 Controladores neumáticos

Debido a su bajo costo, bajo mantenimiento y sus ventajas en temas de seguridad, los controles neumáticos son todavía muy populares en la industria.

El controlador neumático analógico combina unos fuelles de presión y una tovera con aletas para realizar su control.

### 1.2.1.3 Elementos de control final

Anteriormente, se mencionó que el elemento de control final es un dispositivo que corrige el valor de la variable controlada. Por ejemplo, en un montaje en cadena, la variable controlada debe de ser la velocidad de la cinta transportadora. La cinta transportadora es activada por un motor, que es el elemento de control final. En un sistema de control proporcional, un incremento de la carga sobre la cinta tendería a ralentizarla. Esta variación de velocidad debería detectarse y compararse con el valor de referencia. El controlador debe de incrementar la velocidad de la cinta a la velocidad nominal, variando la velocidad del motor, que es el elemento de control final.

Otro ejemplo de control automático es el control de flujo de aire o de gas en una línea. Al controlador se le pide un valor de control de cierta cantidad de metros cúbicos mediante el set point, según las necesidades de operación. Por otro lado se alimenta al controlador el valor de la variable de proceso, el cual se compara con el valor del set point, generándose en ese momento una señal de error que hace al controlador enviar una señal al elemento final de control para corregir la diferencia en la señal de error, el actuador puede abrir o cerrar una válvula según sea la señal positiva o negativa. Cuando el error se hace cero es cuando se estabiliza el lazo de control y así permanece hasta que exista alguna variación en la señal de referencia o en la señal de la variable del proceso.

## CAPÍTULO 1

En muchas aplicaciones de control de procesos, el elemento de control final es una válvula de control. La válvula de control es un mecanismo que regula la velocidad de flujo en un fluido, que puede ser gas, líquido o vapor. La válvula de control se puede clasificar en función de sus características de flujo, o en función de su tipo de cuerpo.

En términos eléctricos, una válvula puede considerarse análoga a una resistencia. Luego, el flujo a través de una válvula es proporcional a dos cosas: el área de abertura de la válvula y a la caída de presión en ella. la siguiente formula expresa esta relación:

$$Q = KA \sqrt{\Delta P}$$

donde:

Q = Cantidad de flujo de fluido

K = Constante de proporcionalidad para condiciones de flujo

A = Area de la abertura de la válvula

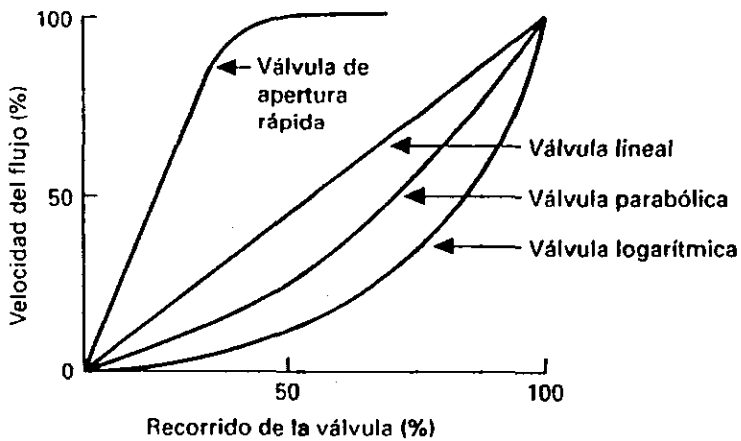
$\Delta P$  = Caída de presión en la válvula

La figura 1.2.1.3.1 es una gráfica de la trayectoria o posición de la válvula, en tanto por ciento, en función del porcentaje de flujo. Se observa que la válvula de apertura rápida presenta un gran incremento de la velocidad de flujo para una pequeña variación de la apertura de la válvula. Este tipo de válvula se usa para el control de todo o nada. La válvula lineal tiene una curva de respuesta lineal, es decir la posición de la válvula se relaciona linealmente con la velocidad del flujo.

El tipo de válvula más comúnmente utilizado es la válvula logarítmica. Se puede observar que una variación de la posición de la válvula produce una misma variación

## CAPÍTULO 1

del mismo porcentaje en el flujo. Si se dibujara ésta gráfica en una escala logarítmica, la relación sería lineal. Este tipo de válvula se diseña para utilizarse entre determinadas velocidades de flujo mínima y máxima. La velocidad de flujo máxima ( $Q_{max}$ ) dividida entre la velocidad de flujo mínima ( $Q_{min}$ ) se llama capacidad de rango de la válvula.



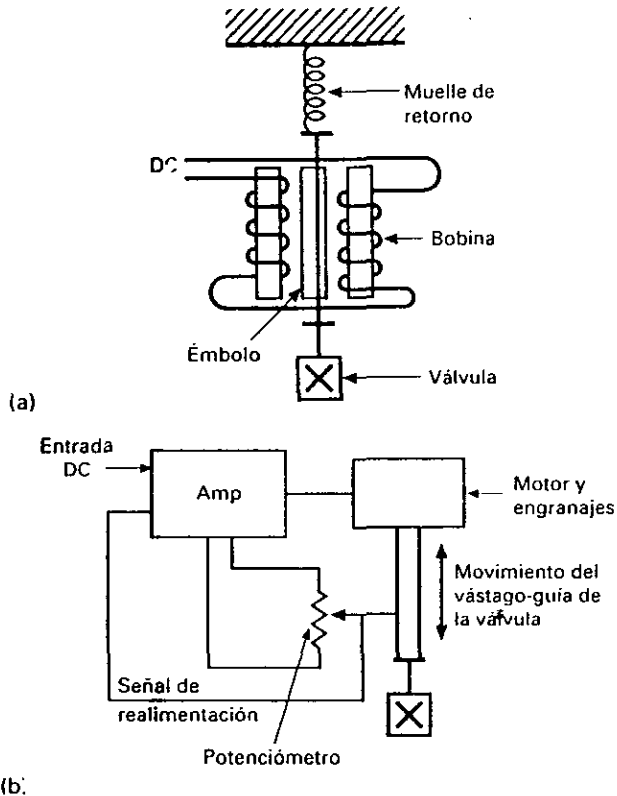
**Figura 1.2.1.3.1** Gráfica de la posición de una válvula en función de la velocidad del flujo para cuatro diseños de válvulas de control.

La siguiente fórmula expresa la capacidad de rango de la válvula:

$$R \approx Q_{max} / Q_{min}$$

## CAPÍTULO 1

En general, las válvulas se controlan en la industria de dos formas: eléctrica y neumáticamente. El control eléctrico de las válvulas se puede realizar mediante un solenoide, tal como se presenta en la figura 1.2.1.3.2 (a). Cuando la corriente circula a través de la bobina, se genera un campo magnético, que mueve el émbolo. Tal dispositivo se utiliza en conjunción con los controladores de todo o nada.



**Figura 1.2.1.3.2 Control de válvula eléctrica. (a) Utilizando un solenoide; (b) Utilizando un motor o servomecanismo.**

Otro método para controlar la válvula eléctricamente es mediante el uso de motores o servomecanismos, como se muestra en la figura 1.2.1.3.2(b). La señal continua procedente del controlador se amplifica y actúa como un motor engranado que dirige el vástago guía de la válvula. La posición de la válvula se convierte en una señal eléctrica que realimenta al amplificador del circuito, donde se compara con una señal continua.

## CAPÍTULO 1

Cualquier diferencia se amplifica para dirigir la válvula a la posición exactamente proporcional a la señal continua original.

Las válvulas también se pueden accionar neumáticamente. En la figura 1.2.1.3.3 se muestra este tipo de accionamiento. En este caso, el diafragma se mueve en proporción a la cantidad de aire en la admisión de la válvula. La presión de aire se puede utilizar para abrir o cerrar la válvula.

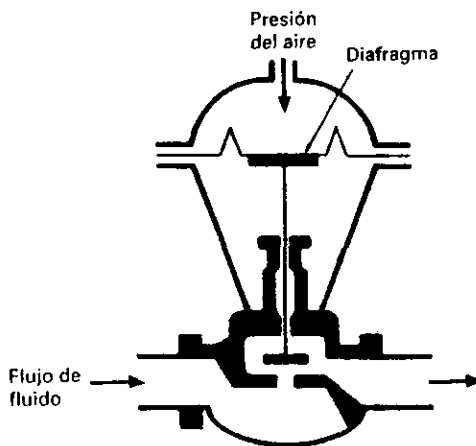


Figura 1.2.1.3.3 Control de válvula neumático.

Aunque las válvulas de control son el elemento de control final más comúnmente utilizado en la industria, existen otros, como son los motores de corriente continua y alterna. Estos dispositivos se usan en los sistemas de control de posición y velocidad, tales como las cintas transportadoras y operaciones de mezclado.



1.2.2 Actuadores de posición

1.2.2.1 Principio de operación

Los servos de posición tienen muchas aplicaciones. El sistema servo de posición controla la posición física de un objeto. El control del timón de un barco es una aplicación común de este tipo de servo, esta aplicación se ilustra en la figura 1.2.2.1.1. el objetivo de este sistema es mover el timón a una distancia especificada.

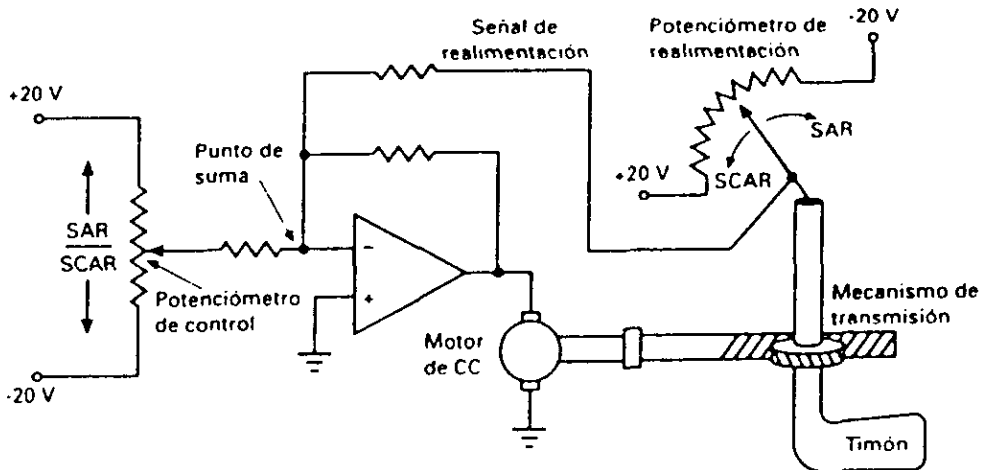


Figura 1.2.2.1.1 Sistema del control servo de posición.

## CAPÍTULO 1

El potenciómetro de control se conecta entre las alimentaciones positiva y negativa. Cuando se coloca el potenciómetro en el centro exacto de su recorrido, el brazo deslizante del potenciómetro estará en 0 volts, y el motor no girará. Si giramos el eje del potenciómetro en cualquier sentido, aparecerá una tensión en el brazo deslizante respecto de tierra. Esta tensión es la señal de control. Estamos diciendo al sistema que queremos que gire el timón. La señal de control se aplica al amplificador de entrada, y el motor girará en la correspondiente dirección.

Veamos un ejemplo. Supongamos que deseamos girar el timón del motor en el sentido de las agujas del reloj. Para ello, giramos el eje del potenciómetro en dicho sentido, generando un potencial positivo en el eje. Este potencial será amplificado por el amplificador y hará que el motor conectado al timón gire. El motor hará girar el timón en el sentido de las agujas del reloj. La amplitud de la tensión que se presenta a la entrada del amplificador determinará cuan rápido se moverá el timón hacia su nueva posición.

Cualquier sistema servo necesita un dispositivo que le comunique la posición, en este caso se necesita la posición del timón. Si no realimentamos esta información, el sistema no sabrá cuando (o si) el timón alcanza la nueva posición. El dispositivo de realimentación que se utiliza en este ejemplo es un potenciómetro. La salida del potenciómetro (en este caso, resistencia eléctrica), es una función de la posición angular de su eje. Se observa que se conectó el brazo deslizante al eje del timón, y los terminales de principio y fin de recorrido del potenciómetro a las terminales positiva y negativa. La tensión en el brazo deslizante del potenciómetro será proporcional a la posición del eje. Este potenciómetro es el potenciómetro de realimentación. Las tensiones del potenciómetro de realimentación y del potenciómetro de entrada de control se llevarán por medio de resistencias, a la entrada de un amplificador sumador. Supongamos que los brazos deslizantes de ambos potenciómetros están en las posiciones centrales, es decir, 0 volts. Supongamos además que el timón esta recto en su posición mecánica de 0 grados. Llamaremos a esta posición condición de error cero. Giramos nuestro potenciómetro de entrada de control en el sentido de las manecillas del reloj para obtener una tensión de +2 volts en el brazo deslizante. El motor girará en

## CAPÍTULO 1

el mismo sentido, haciendo girar por tanto el timón. Cuando el motor gira en el sentido de las agujas del reloj, hace girar al potenciómetro de realimentación conectado con el timón. Se observa que, cuando el potenciómetro de realimentación gira en el sentido de las agujas del reloj, el brazo deslizante gira en la dirección de las tensiones negativas. Mientras continúe el movimiento del timón, el potenciómetro de realimentación generará una tensión negativa que se sumarán a los +2 volts del potenciómetro de control. Entonces, la salida del amplificador tenderá a cero cuando el timón se mueva en respuesta a la entrada de control. El movimiento continuará hasta que el potenciómetro de realimentación alcance un punto en el que el brazo deslizante esté a un potencial de -2 volts. La salida del amplificador será cero, y el motor dejará de girar.

La suma de las tensiones del potenciómetro de control y del potenciómetro de realimentación da lugar a una entrada neta de 0 volts, una condición de error cero. Pero se cambió la posición del timón. En la posición inicial, la condición de error cero era cuando el timón estaba recto para cero grados mecánicos. Después de haber procesado la entrada de control, el sistema vuelve a la condición de error cero, pero el timón ha girado a una nueva posición mecánica distinta de cero. Si giramos el potenciómetro de control hacia atrás hasta 0 volts, el timón girará a su posición recta en 0 grados mecánicos.

Vemos después de este estudio que la salida es una posición. La tensión en la entrada del amplificador es la diferencia entre la entrada de control y la realimentación. El bucle del servo siempre responde a esta entrada reduciendo el error a 0 volts. Esta tensión se llama señal de error del servo. Si la tensión de error del servo es cero, el motor ha girado el timón a la posición indicada por la entrada de control.

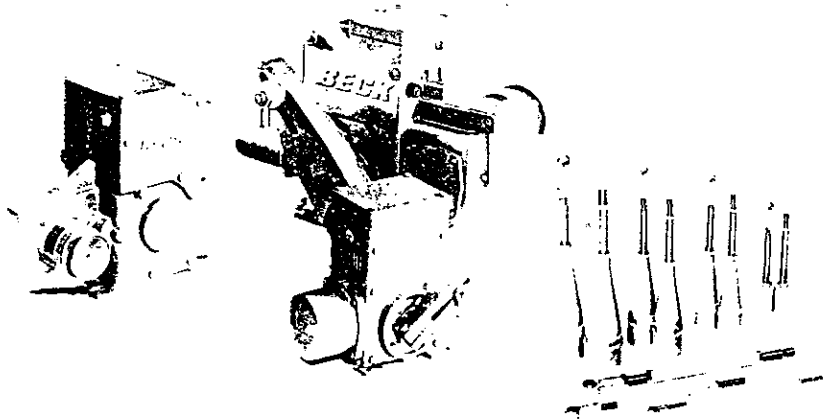
El sistema servo de posición realiza correcciones continuas y constantes sobre el objeto que controla.

### 1.2.2.2 Especificaciones técnicas

En la industria se tiene aplicaciones utilizando el principio del servo de posición explicado en la sección anterior. Un ejemplo es un actuador marca Beck que se utiliza para el control de posición de compuertas reguladoras. Entre sus especificaciones se destacan las siguientes:

- El motor de actuador construido por Beck responde prontamente sin sobrecalentamiento a señales de control de cambios rápidos.
- Se llega a la capacidad completa para mover la compuerta reguladora en milisegundos.
- Entrada directa de 4 – 20 ma elimina la necesidad de artefactos protectores, reóstatos de cambio de marcha.
- La percepción de posición sin contacto elimina el control errático causado por la vibración.
- Se previene sobrecarrera accidental por detenciones internas.
- La instalación mecánica es más fácil ya que el actuador Beck puede ser montado en cualquier posición.
- Costos de instalación de alambrado reducidos ya que se requieren solamente 4 conductores de baja corriente.

En la figura 1.2.2.2.1 se muestra la forma de seleccionar y ordenar un actuador Beck, de acuerdo con nuestras necesidades de voltaje, señal de control, velocidad de respuesta, y accesorios para el montaje.



## Guía para Seleccionar y Ordenar

**Para ordenar, siga estos 7 pasos fáciles:**

(Nota: Las instrucciones para ordenar cada modo de control están repetidas en las páginas 10 a la 19).

El Número de Modelo del Actuador completo es un número de 5 dígitos:

11 — □ □ □ □

Núm. Básico de Modelo    Modo de Control

1. Mencione el Núm. Básico de Modelo incluyendo el Momento de Torsión y Tiempo de Carrera Angular seleccionados de la Tabla 1 a la derecha.
2. Seleccione el Modo de Control y complete el Núm. de Modelo de la Tabla 2 a la derecha.
3. Para especificar las *opciones* eléctricas, refiérase al diagrama de alambrado apropiado (vea la Tabla 2 a la derecha para el índice de detalles eléctricos y los números de páginas), o enumere sus requerimientos.
4. Indique cuál señal de control de entrada usará.
5. Recomiende la fuente de potencia (seleccione una): 120 V, 60 o 50 Hz; 240V, 60 o 50 Hz.

### Accesorios

6. Especifique el Número de Parte del Juego de Acoplamiento de Compuerta Reguladora. (Vea la información detallada del acoplamiento en las páginas 20 a 23.)
7. Si se requiere una Estación Indicadora de posición remota con capacidad de control manual, especifique el Núm. de Modelo 27-301 BECK "Position All" (toda posición).

**No importa cuál sea su pregunta, llame a nuestros ingenieros de venta en la fábrica al 215-968-4600 o telex 831-607**

Tabla 1  
Resumen de Momentos de Torsión y  
Tiempo de Carrera

Núm. Básico de Modelo Núm. Completo tiene 5 dígitos	Momento de Torsión lb. pies	Tiempo de Carrera (seg./100°)		Diseño de Motor (vea p. 24)	Detalles Dimensionales (Página Núm.)
		@ 60 Hz	@ 50 Hz		
11-15□	15	11	13	A	25
	20	20	24	C	
	40	20	24	A	
	40	40	48	C	
	60	60	72	C	
	80	40	48	A	
11-20□	80	90	108	C	26
	125	20	24	G	
	125	40	48	E	
	175	60	72	E	
	250	40	48	G	
11-30□	250	75	90	E	26
	300	40	48	G	
	300	100	120	E	
	400	60	72	G	
	550	75	90	G	
11-40□	650	100	120	G	27
	550	40	48	H	
	650	24	29	J	
	800	60	72	H	
	1000	40	48	J	
	1000	75	90	H	
	1500	100	120	H	
1800	60	72	J		

11-41□: Los actuadores Multi-Revolution están disponibles con poles integral en vez de un brazo de manivela para aquellas aplicaciones donde se requiere una fuerza de cable (ej. subiendo o bajando compuertas). Capacidad de operación: fuerzas de cable de 1,000 a 5,000 lbs., carrera de cable de 2 a 14 pies; tiempo de carrera de cable de 1 a 12 min. Favor de comunicarse con la fábrica para ayuda en las aplicaciones.

Figura 1.2.2.2.1 Guía para seleccionar un actuador.

### 1.2.3 Transductores de desplazamiento

Las técnicas de instrumentación para medir el desplazamiento se utilizan para mediciones tan pequeñas como la longitud de onda de la luz hasta mediciones de varios metros. El desplazamiento está muy relacionado con el movimiento y la posición. El desplazamiento implica movimiento de un punto a otro; y esto también implica posición, eso es un cambio de una posición a otra. El desplazamiento generalmente implica el establecimiento de una nueva posición relacionada con una posición estable o normal.

El desplazamiento se define como la posición física de un objeto con respecto a un punto de referencia. El desplazamiento se subdivide en dos categorías: desplazamiento lineal y desplazamiento angular. El desplazamiento lineal se define como la posición de un cuerpo en línea en una línea recta con respecto a un punto de referencia. El desplazamiento angular es la posición angular de un objeto con respecto a un punto fijo. La industria utiliza transductores para ambos tipos de desplazamientos.

*El desplazamiento se puede medir por un gran número de transductores, ya sea del tipo capacitivos, inductivos, piezoeléctricos, resistivos.*

#### 1.2.3.1 Principio de operación

##### **Transductores de desplazamiento angular**

Uno de los transductores de desplazamiento angular más comunes es el potenciómetro. Está formado por una resistencia en forma de círculo con un contacto que se desliza sobre él, como se muestra en la figura 1.2.3.1.1 si el eje gira en el sentido de las manecillas del reloj, la resistencia entre los contactos 1 y 2 aumenta. Este incremento de la resistencia se puede usar para indicar la posición de un eje de rotación, por ejemplo en un motor. El elemento resistivo puede ser de carbón, de plástico conductor, o un conductor delgado arrollado alrededor de un elemento no conductor.

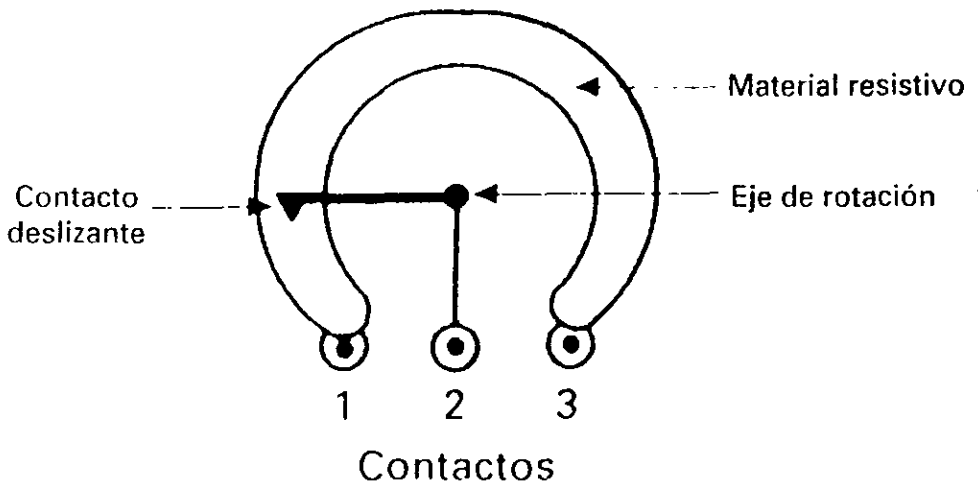


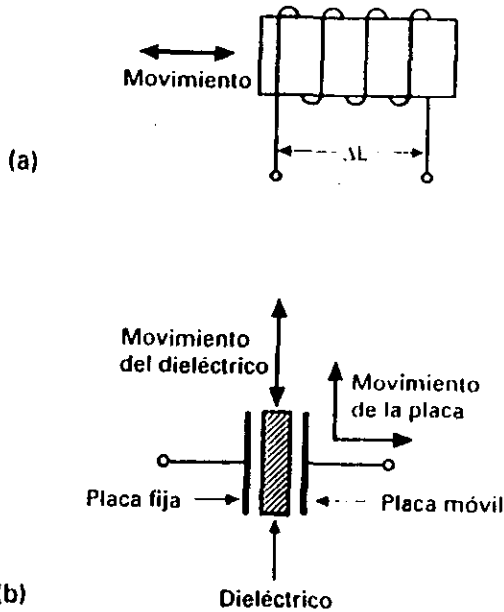
Figura 1.2.3.1.1 Potenciómetro como indicador de desplazamiento angular.

### Transductores de desplazamiento lineal

El desplazamiento lineal se puede medir en varias formas. Por ejemplo, si el elemento resistivo del transductor de desplazamiento angular se estira, tenemos un transductor de desplazamiento lineal. La posición del indicador deslizante se controla directamente a través del desplazamiento lineal.

## CAPÍTULO 1

Para indicar un desplazamiento lineal también se emplean las variaciones de capacidad o de inductancia. Normalmente, la inductancia se varía retirando el núcleo de los devanados, como se muestra en la figura 1.2.3.1.2.a. La capacidad se varía moviendo las placas, o separando o insertando el dieléctrico, como se muestra en la figura 1.2.3.1.2.b.



**Figura 1.2.3.1.2 Condensador e inductor como indicadores de desplazamiento lineal:  
(a) Inductor; (b) Condensador.**

Con mucho el transductor más común de desplazamiento es el transformador diferencial variable (LVDT). Básicamente el LVDT es un transformador con dos secundarios, como se muestra en la figura 1.2.3.1.3.a. Un núcleo móvil se conecta al eje (figura 1.2.3.1.3.b). Un objeto adjunto al eje mueve el núcleo. El devanado primario se excita con una frecuencia AC entre 50 Hz y 15 kHz con una amplitud de hasta 10 V. Los devanados del secundario, usualmente, se conectan en serie oponiéndose para



## CAPÍTULO 1

qué cuando el núcleo esté centrado, no exista salida en el secundario. Si el material del núcleo se mueve en una cierta dirección, se produce una tensión de salida ya que la inductancia mutua varía.

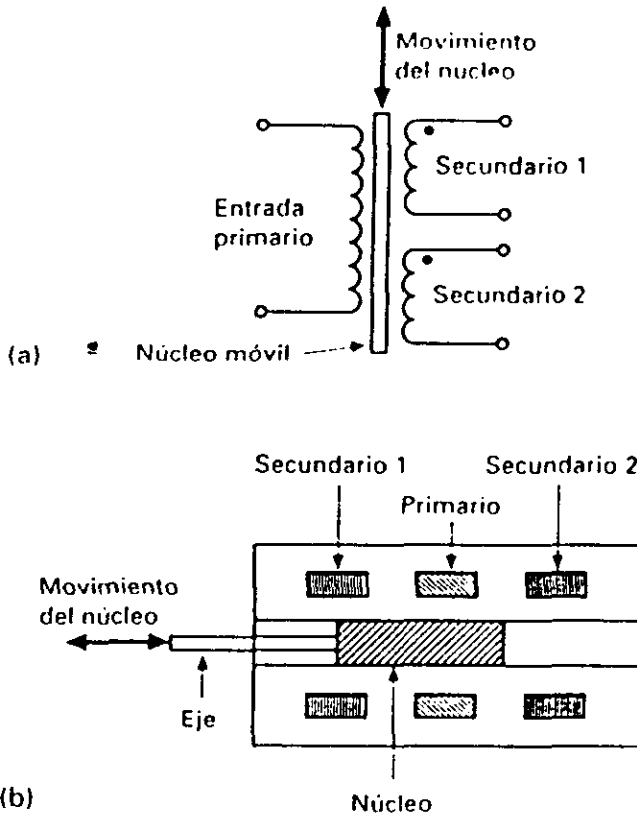
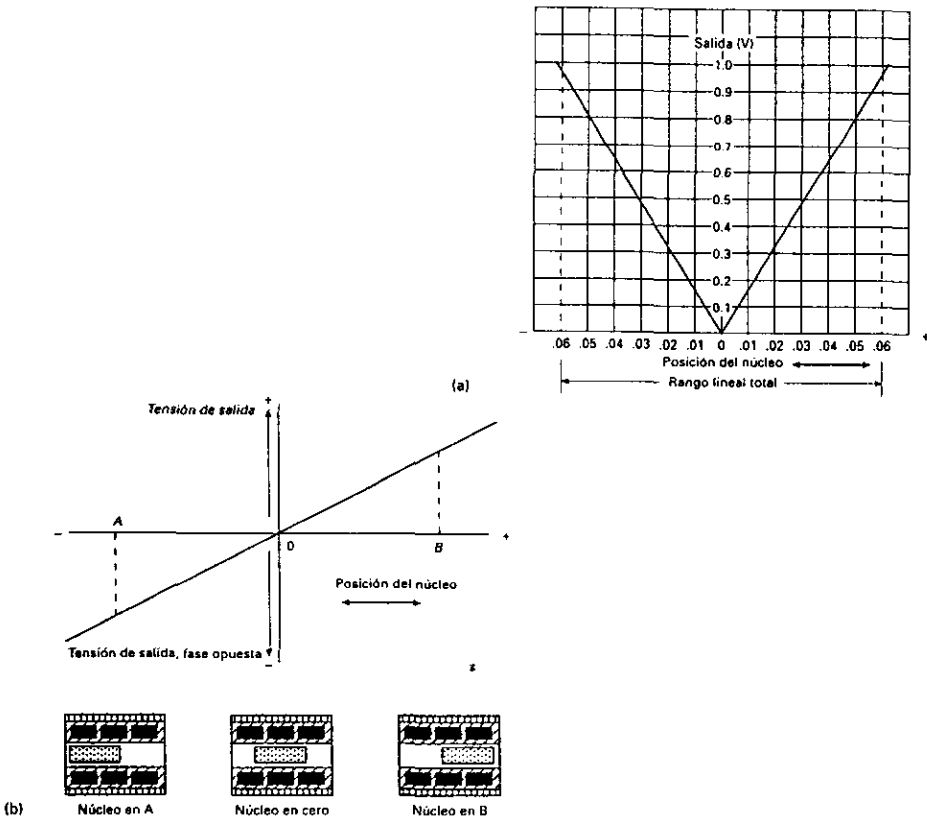


Figura 1.2.3.1.3 LVDT como indicador de desplazamiento lineal: (a) Diagrama; (b) Sección.

## CAPÍTULO 1

El LVDT proporciona una tensión de salida que es lineal con las variaciones de posición del núcleo. El diagrama de la figura 1.2.3.1.4.a muestra un gráfico de variación de la tensión de salida con la posición del núcleo. Se puede observar una línea recta dentro del rango de posición del núcleo de más o menos 0.06. fuera de este rango, la salida del LVDT es menos lineal. El diagrama de la figura 1.2.3.1.4.b presenta la tensión de salida del LVDT como una función de la posición del núcleo con referencia a la fase de tensión de salida. Cuando el núcleo está en la posición A, la fase está por debajo del eje horizontal. Cuando el núcleo se desplaza a la posición B, la fase cambia 180 grados.



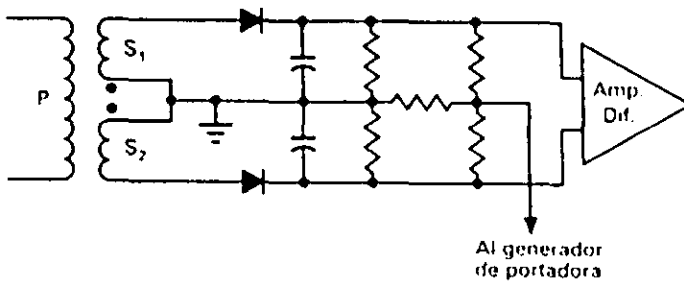
**Figura 1.2.3.1.4 Relaciones de la tensión de salida y la posición del núcleo del LVDT: (a) Tensión de salida en función de la posición del núcleo (b) Tensión de salida referida a la fase como función de la posición del núcleo.**

## CAPÍTULO 1

El LVDT es un transductor pasivo; es decir, no genera una tensión de salida si no se le excita de alguna forma. Usualmente, la excitación la proporciona un oscilador que se denomina generador de portadora. Dado que la mayoría de los dispositivos de control y de lectura operan en continua, se utiliza un circuito demodulador para convertir la señal de alterna del LVDT en continua. Este bajo potencial de continua puede necesitar ser amplificado o, de otra manera, acondicionado para ser una entrada apropiada al resto de la circuitería.

En la figura 1.2.3.1.5.a se presenta el diagrama de bloques típico del circuito LVDT. El LVDT se alimenta con tensión de AC a partir del generador de portadora. Cuando el núcleo se mueve dentro del encapsulado, el LVDT produce un potencial de AC que el demodulador rectifica y filtra. La tensión de DC generada por el demodulador se amplifica mediante un amplificador de DC. En la figura 1.2.3.1.5.b se presenta un ejemplo de un demodulador pasivo. En este circuito, el amplificador diferencial detecta la diferencia entre las dos tensiones continuas. Puesto que ambas salidas del secundario, S1 y S2, son positivas después de la rectificación, el amplificador diferencial invierte la polaridad cuando el núcleo pasa por la posición cero. Por consiguiente, si hay más parte del núcleo entre el devanado del primario P y S1, la tensión continua producida por el rectificador asociado con él generará más tensión continua que el circuito inferior. Como la entrada DC S1 está conectada a la entrada no inversora del amplificador diferencial, la salida será una tensión positiva. Si por el contrario, la posición del núcleo es tal que la señal de S2 es mayor que la de S1, entonces la salida del amplificador diferencial será negativa.

Los LVDTs se usan ampliamente en la industria como transductores de desplazamiento. Los LVDTs detectan desplazamientos tan pequeños como una micra. Además de medir el desplazamiento, estos dispositivos pueden medir peso y presión, en combinación con transductores mecánicos.



**Figura 1.2.3.1.5 (a) Diagrama de bloques funcional del excitador del LVDT, (b) Circuito excitador de LVDT.**

La figura 1.2.3.1.6 muestra una aplicación en la que se usa un LVDT en un tubo de Bourdon y en un diafragma para detectar presión. El LVDT está montado sobre un bloque en el que también se pegan el extremo fijo y el tubo de Bourdon. Un muelle adjunto al núcleo del LVDT mantiene centrado al núcleo en el encapsulado. Cuando la presión aumenta, el tubo de Bourdon intenta desenrollarse, empujando hacia arriba el núcleo del LVDT. Para variaciones pequeñas de presión, la tensión de salida del LVDT es lineal con respecto a dichas variaciones. También el diafragma se usa en conjunción

## CAPÍTULO 1

con el LVDT para convertir la presión en una tensión. Un incremento de presión detectado por el diafragma hará que éste se expanda, moviendo el núcleo del LVDT.

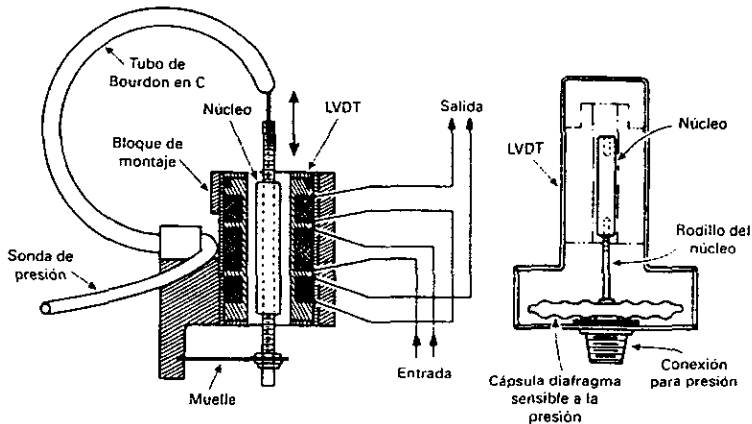


Figura 1.2.3.1.6 LVDT excitado por un Tubo de Bourdon y un diafragma.

El LVDT tiene muchas funciones útiles cuando se usa un transductor para aplicaciones de control automático. El rozamiento por fricción del LVDT es pequeño, debido a que el núcleo no está mecánicamente conectado a la bobina. Puesto que la bobina y el núcleo no se tocan, se reduce el desgaste mecánico y de fricción, lo que reduce el mantenimiento y mejora la confiabilidad. La salida del LVDT tiene una resolución infinita, a diferencia de transductores de desplazamiento tales como el potenciómetro de devanado. El potenciómetro de devanado proporciona una curva de resistencia de salida escalonada en pequeños incrementos. A medida que los contactos se deslizan

por un conductor, producen una variación de resistencia pequeña. El LVDT, por el contrario, responde a las más pequeñas variaciones de movimiento con una resolución esencialmente no incremental. Como cualquier transformador, el LVDT presenta un buen aislamiento entre la circuitería de excitación y la salida.

Ningún dispositivo está libre de desventajas y limitaciones. El LVDT es susceptible de sufrir interferencias de campos electromagnéticos fuertes. Tales campos los crean aparatos de soldadura por inducción. Los LVDT no son rentables para desplazamientos lineales superiores a 30 cm, y requieren una fuente de excitación de alta frecuencia.

### 1.2.3.2 Especificaciones técnicas

La selección de un elemento para medición de desplazamiento siempre depende de las necesidades que se tiene para cualquier aplicación, por lo que se tiene que definir sus especificaciones según lo que se pretende realizar.

- 1) Se tiene que definir que tipo de desplazamiento se va a medir, si es angular o si es lineal.
- 2) Además se debe de especificar el rango de la medición para que la escala del aparato no quede muy grande con respecto a lo que se está midiendo.
- 3) Se especifica además que tipo de indicador de resultados se requiere, puede ser un indicador de aguja o digital dependiendo del presupuesto con que se cuenta para la inversión.
- 4) También es importante definir si se quiere que el dispositivo cuente con salidas de corriente o de voltaje para conectarse a un sistema de control, o si se desea salidas de alarmas.

Una aplicación del LVDT es para la clasificación de azulejos cerámicos de acuerdo a su espesor. La sonda del LVDT se monta por encima de una cinta transportadora. El espesor de los azulejos se mide cuando el núcleo del LVDT presiona sobre el azulejo. El núcleo está conectado a un muelle, y se mueve hacia arriba cuando lo toca el azulejo. Una vez que los azulejos se han medido de forma exacta, pueden clasificarse apropiadamente según su espesor. Los LVDTs permiten clasificar según milésimas de pulgada en tales aplicaciones. La aplicación de este ejemplo se muestra en la figura 1.2.3.2.1.

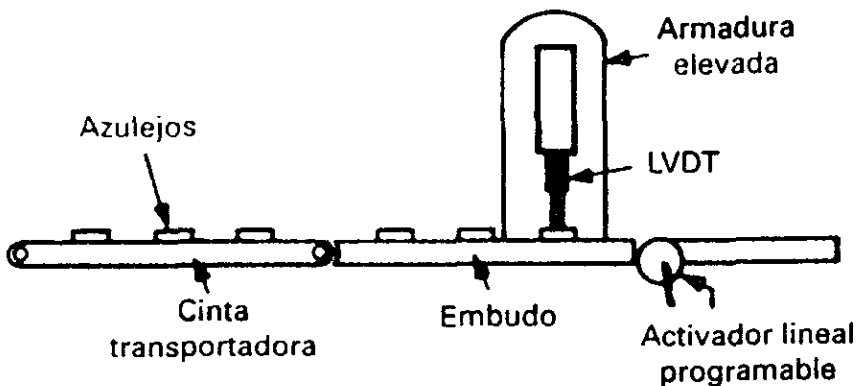


Figura 1.2.3.2.1 LVDT en una aplicación de cinta transportadora.

1.2.4 Actuadores de sujeción

1.2.4.1 Principio de operación

Los actuadores de sujeción son muy utilizados por su versatilidad en cualquier aplicación. En la figura 1.2.4.1.1 se presenta diferentes tipos de sujetadores, se puede observar que el sujetador tiene la forma de la pieza que se va a sujetar. La parte con la que se sujeta la pieza puede ser de material duro o blando dependiendo de las características del elemento que se va a sujetar.

Para definir el límite de accionamiento en la carrera del sujetador se puede utilizar elementos fotoeléctricos para medir y localizar la posición de las tenazas de sujeción, o también se puede utilizar switches de límite. Esto depende de la aplicación que se tenga y de los recursos económicos con que se cuenta.

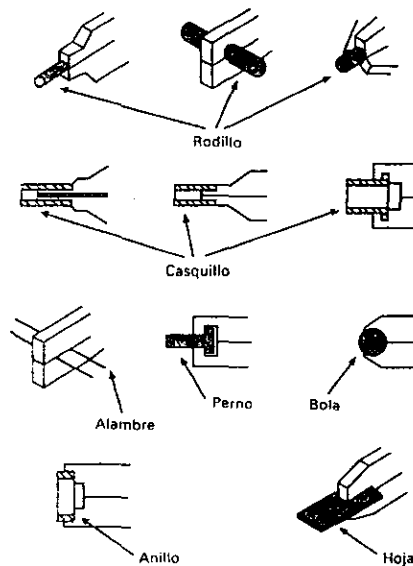


Figura 1.2.4.1.1 Varios tipos de sujetadores.



## CAPÍTULO 1

El sujetador más pequeño que se muestra es aproximadamente el doble de las dimensiones de un dedal, y el más grande es comparable a la mano humana. Los modelos de dos dedos simulan los movimientos de los dedos pulgar e índice para introducirse dentro de una abertura, asir piezas con componentes espaciados muy próximos, o coger y dejar cualquier objeto pequeño.

El sujetador tiene un diámetro estándar y un dispositivo de enganche, para su montaje. Mediante algún adaptador sencillo, se pueden montar los sujetadores en casi cualquier dispositivo de movimiento lineal o giratorio, para transportar objetos dentro del rango de operación de la trayectoria del dedo. El transporte puede ser tan sencillo como montar un sujetador en el rodillo de un cilindro de aire para moverse en línea recta, o en un dispositivo más complejo tal como un brazo articulado.

### 1.2.4.2 Especificaciones técnicas

Para la selección de un actuador de sujeción debemos de especificar el tipo de sujetador que se quiere, la forma que debe de tener en los dedos de sujeción, el material que estamos manejando y el material del cual debe de ser el sujetador.

El sujetador puede ser tan sencillo como un pistón cuyo límite de carrera sujeta la pieza y para detectarlo se acciona un switch de límite, que es el caso que se tiene en el simulador que se presenta.

## CAPÍTULO 2. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC) ALLEN BRADLEY

### Características, ventajas y desventajas

En la actualidad la tendencia de los sistemas de control de una planta industrial es lograr sistemas con mayor flexibilidad para mejorar las condiciones de operación, así como facilidad en el manejo de la información generada en las variables de control.

En el pasado las plantas en su mayoría tenían sólo lazos de control abierto, a medida que los sistemas de instrumentación y de control se han ido perfeccionando se ha logrado tener lazos de control en los que el operario solo tiene que indicarle al sistema el valor del set point (**punto de control**) que desea manejar, y el sistema por sí solo se encarga de manejar y controlar el lazo de control.

Entre los sistemas que se han desarrollado para la automatización de plantas se encuentran los PLC, los cuales han sido desarrollados por diferentes empresas como Allen-Bradley, General Electric, Siemens, entre otros pero todos con el mismo principio de operación.

Entre las características principales de un PLC se pueden destacar las siguientes:

- 1) El PLC puede manejar gran cantidad de información, claro que depende del usuario definir la cantidad de información que maneja y sobre la base de ello selecciona el tipo de PLC que necesita según sus necesidades. Esto quiere decir que de acuerdo a la cantidad de variables de control es el tipo de PLC que se utiliza.
- 2) El PLC es un sistema de fácil programación ya que utiliza la lógica en escalera, que es un sistema basado en el principio de control con reveladores.
- 3) Los PLC son de tamaño pequeño y se pueden interconectar entre sí para aumentar su capacidad de control.

## CAPÍTULO 2

4) Tiene también sus racks para conectar todas las entradas y salidas al sistema, y es muy flexible porque puede aceptar cualquier señal de control: todo tipo de señales digitales, analógicas de 4 a 20 miliamperes, todos los rangos de voltajes, de termopar, etc. Por lo general se usan señales de 4 a 20 miliamperes porque solo se utilizan dos hilos por los que se alimenta el sistema y así mismo se recibe la señal. Además por ser señal de corriente, es inmune al ruido eléctrico que casi siempre se tiene en las áreas donde está instalado el sistema de medición o el elemento final de control. Así mismo esta señal es un Standard de instrumentación según el manual de la ISA (Instrument Society of America), página 5 (standard signals) capítulo "Compatibility of Analog Signals for Electronic Industrial Process Instruments", volumen número 2, edición once.

5) El PLC se puede interconectar a una computadora, usando un software adecuado para ello, y mediante él desplegar en una pantalla todos los datos que se necesitan para poder monitorear y controlar un proceso.

6) Tiene la característica de que los racks de control se pueden instalar cerca del área de los equipos a controlar, y con un solo par de cables llevar la información hasta el PLC. Con esto se ahorra cantidades considerables de cableado porque ya no se tiene que llevar todo el cableado hasta el panel de control, sólo se tiene que colocar los racks en lugares estratégicos para ese fin.

Es claro que la inversión inicial para controlar una planta con un PLC al principio es alta, pero es recuperable además que mediante este sistema, se puede manejar y registrar un mayor número de variables. Así mismo si se quiere asegurar el éxito de una inversión de este tipo también se debe de actualizar el equipo de campo o actuadores físicos que se tenga, porque también una parte importante en el control es la calidad y la velocidad de respuesta que tienen los actuadores.

Un sistema básico de control con un PLC se muestra en la figura 2.1, en el cual se puede ver la interconexión de un PLC-5/80E con su terminal de control y terminal de

## CAPÍTULO 2

programación, así como sus racks de entradas y de salidas en los cuales se conectan todas las variables de monitoreo y los elementos de control final.

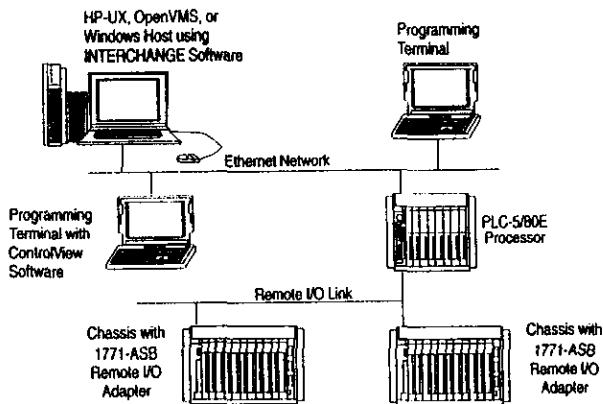


Figura 2.1 Sistema básico de control utilizando un PLC.

### 2.1 Componentes para un sistema con PLC-5

El sistema con PLC-5 se compone de las siguientes partes:

## CAPÍTULO 2

- Un módulo de procesador con PLC-5, el cual puede ser, entre otros:
  - PLC-5/12 (Número de parte cat. 1785-LT3)
  - PLC-5/15 (Número de parte cat. 1785-LT)
  - PLC-5/25 (Número de parte cat. 1785-LT2)
- Fuentes de alimentación.
- Terminal tipo industrial, robusta para trabajar 24 horas todos los días.
- Software para la terminal de programación y monitoreo del proceso.
- Dispositivos para entradas y salidas.

En la figura 2.1.1 se muestra la configuración de un sistema de control usando el PLC. En él se puede apreciar la forma como se interrelaciona con cada dispositivo.

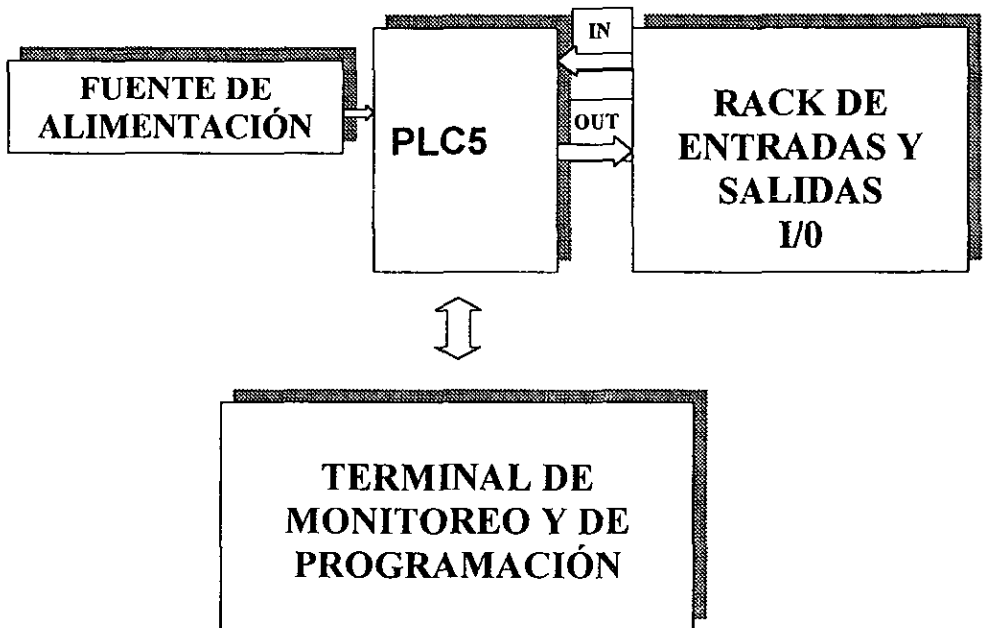


Figura 2.1.1 Configuración de un sistema usando PLC.

## CAPÍTULO 2

**PROCESADOR.-** Un módulo procesador PLC-5 se compone de los siguientes elementos:

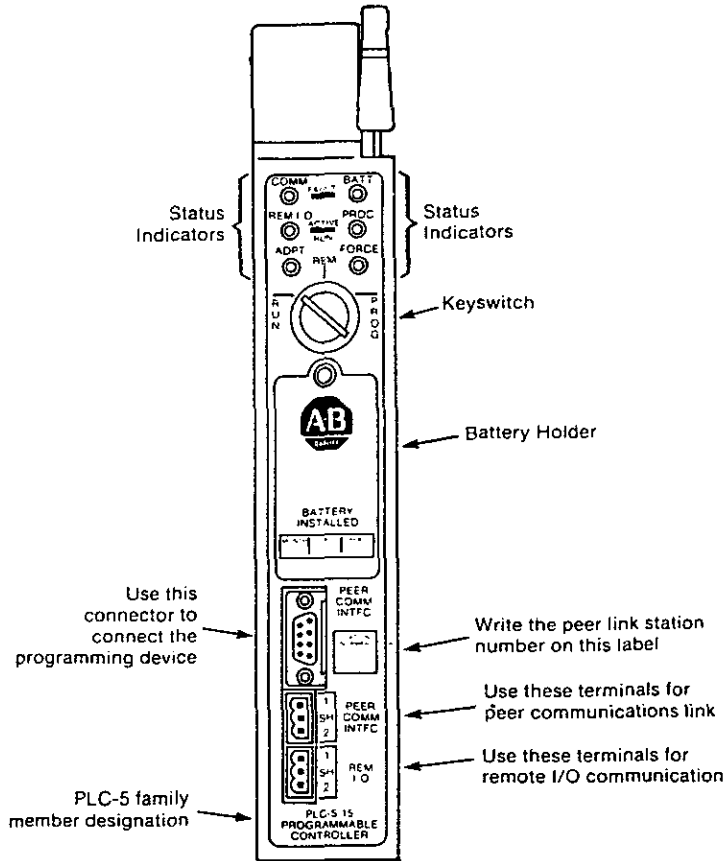
- Indicadores de estado del PLC
- Un switch de llave en la parte frontal
- Block de conexiones en la parte frontal
- Una batería de respaldo
- Switch de configuración del PLC

Estos elementos se describen a continuación.

**INDICADORES DE ESTADO DEL PLC.-** El módulo de PLC tiene 6 LEDs que sirven para indicar el estado en el que está el procesador. Los LEDs indican condiciones normales de operación y condiciones de error del sistema. Estas indicaciones son:

- FORZAMIENTO (color ámbar)
- ADAPTADOR (color verde)
- FALLA DE COMUNICACIÓN REM I/O (color verde y rojo)
- FALLA DEL PROCESADOR (color verde y rojo)
- FALLA DE BATERIA (color rojo)

En la figura 2.1.2 se muestra la parte frontal de un PLC-5/15 en el cual se señala cada una de sus partes.



14964

Figura 2.1.2 Parte frontal de un PLC-5, señalando sus partes.

## CAPÍTULO 2

La interpretación de cada una de las condiciones de los LEDs del PLC se presenta en las siguientes tablas.

### LED DE PROCESADOR

<b>PROC</b> <b>FALLA / CORRIENDO</b>	Verde sin parpadear	El procesador está corriendo de forma normal
	Rojo parpadeando	Falla mayor. Revisar programa y tabla de fallas del procesador.
	Rojo sin parpadear	Pérdida del programa. Se recarga nuevamente el programa y se revisa la configuración física.
	Apagado	Se está cargando el programa o se perdió la fuente de alimentación.

### LED DE FORZAMIENTO

<b>FORCE</b>	Ambar	Esta habilitado algún forzamiento
	Ambar parpadeando	Hay forzamiento pero no están habilitados.
	Apagado	No hay forzamientos

### LED DE BATERIA

<b>BATT</b>	Rojo	Batería baja
	Apagado	Batería en buenas condiciones

Tabla 2.1.1 (a) Condiciones de los LEDs del PLC.



## CAPÍTULO 2

### LED DE ADAPTADOR

<b>ADPT</b>	Verde	Procesador en modo adaptador
	Apagado	Procesador en modo de scanner

### LED DE RACKS REMOTOS I/O

<b>REM I/O</b>	Verde	Buena comunicación con los racks remotos.
	Rojo	Falla en todos los racks remotos.
	Parpadeando verde/rojo	Falla parcial en un rack remoto. Revisar la configuración, la fuente de alimentación
	Apagado	No hay racks remotos seleccionados.

### LED DE COMUNICACIONES COMM

<b>COMM</b>	Verde, parpadeando rápido-lento	Hay buena comunicación del PLC con los racks de entradas y salidas.
	Rojo	Error en la comunicación. Resetear para restablecer, si no restablece entonces cambiar de PLC.
	Rojo tenue	Mal configurado el sistema, revisar la dirección de la estación
	Apagado	No hay comunicación. Se debe revisar el sistema.

Tabla 2.1.1 (b) Condiciones de los LEDs del PLC.

## CAPÍTULO 2

**SWITCH DE LLAVE EN LA PARTE FRONTAL.-** Un switch de 3 posiciones permite seleccionar tres modos diferentes de operación: RUN, PROGRAM Y REMOTE.

**RUN.-** Cuando el PLC se encuentra en el modo de RUN, se están ejecutando todas las rutinas de control programadas en la memoria del PLC.

En éste modo no se puede crear ni borrar renglones del programa, no se puede cambiar el modo de operación del equipo con la estación de programación.

**PROGram.-** Es en ésta posición donde se puede realizar la programación del PLC, creando renglones en el programa en escalera, se puede restablecer y salvar programas.

En el modo de programación el PLC no realiza ninguna subrutina de control, las salidas están deshabilitadas y no se tienen datos de entrada.

**REMOte.-** En ésta posición se puede cambiar de RUN a PROGRAM desde la estación de programación, y el PLC actúa con las mismas características que tiene pasando la llave al modo RUN o al modo PROGRAM.

**BLOQUE DE CONEXIONES DE LA PARTE FRONTAL.-** Contiene un conector de 9 pines que se conoce como PEER COMM INTFC y se usa para la comunicación entre el puerto del procesador y la terminal de programación.

Abajo del PEER COMM INTFC están dos juegos de tres terminales cada uno. El de la parte superior se conoce como PEER COMM INTFC y es la interface para la comunicación con la terminal de control para el intercambio de información. El juego de terminales inferior se llama REM I/O, y se usa para comunicar el PLC con los racks remotos de entradas y salidas.

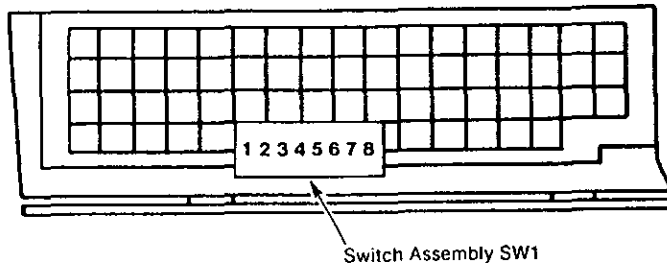
El conector de nueve pines y el PEER COMM INTFC son eléctricamente similares.

## CAPÍTULO 2

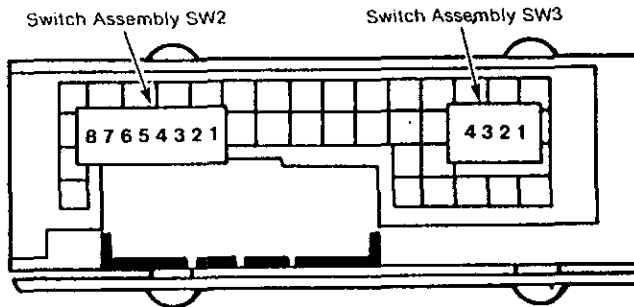
**BATERIA.**- El procesador incluye una batería de litio tamaño AA. Con ésta batería se mantiene la memoria CMOS RAM del procesador en caso de falla en la energía o si es que el procesador está almacenado en bodega.

Dado que la batería tiene una duración promedio de un año, se recomienda etiquetarla para conocer la fecha en la que se debe de remplazar.

**CONFIGURACION DE SWITCHS INTERNOS.**- El módulo del procesador contiene tres juegos de switchs, los cuales se muestran en la figura 2.1.3.



Top View of Module



Bottom View of Module

13348

Figura 2.1.3 Switchs de configuración del PLC.

## CAPÍTULO 2

Con el switch SW1 se determina:

- El número de la estación de comunicación, es el número que identifica al PLC.
- Además señala si el PLC está en modo Scanner o en modo Adaptador.

Con los switch del 1 al 6 se selecciona el número de estación del PLC, se realizan las combinaciones usando una base octal.

Con el switch 8 se le indica al procesador la forma en que está seleccionado. Si está en ON indica que el PLC está en el modo de adaptador, y si está en OFF el PLC está en el modo de Scanner.

El switch SW2 se utiliza solo cuando el PLC está configurado como un adaptador, y sirve para indicar:

- Número de palabras de intercambio entre el PLC principal que está como Scanner y el que está configurado como adaptador.
- Señala el número de rack en el que está instalado cuando se configura como adaptador.

**MÓDULOS DE MEMORIA.**- Para seleccionar la memoria del PLC se tienen cuatro tipos de módulos, con su respectivo número de catálogo, dependiendo de nuestras necesidades.

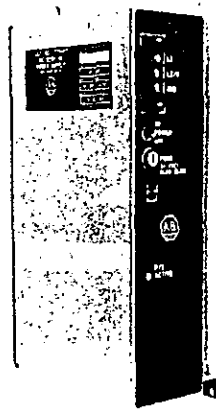
Para el PLC-5/12, -5/15, -5/25 se puede usar una EEPROM (número de catálogo 1785-MJ) que contiene 6K de memoria de respaldo.

Para el PLC-5/15 y el PLC-5/25 se tiene un módulo de CMOS RAM (número de catálogo 1785-MR) que tiene 4K de memoria RAM adicional a la memoria del procesador. Además se tiene el módulo número de catálogo 1785-MS con 8K de memoria RAM adicional a la memoria base del procesador.

## CAPÍTULO 2

Para el PLC-5/25 se tiene un módulo EEPROM (número de catalogo 1785-MK) que provee 13 K de memoria de respaldo.

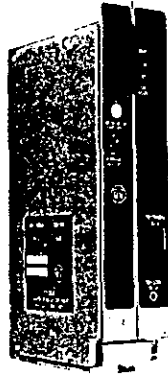
**FUENTES DE PODER.-** Las fuentes de poder de Allen-Bradley se utilizan para alimentar el rack del PLC y los racks remotos conectados. Cada rack tiene su fuente de manera independiente. En la figura 2.1.4 se presenta los modelos de fuentes para equipos de Allen-Bradley.



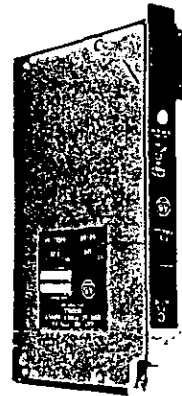
Fuente de poder número de catálogo 1771-P7. Salida de 5 VDC, 16 A.



Fuente de poder número de catálogo 1771-P3. Salida 5 VDC, 3A



Fuente de poder número de catálogo 1771-P4. Salida 5 VDC, 8 A



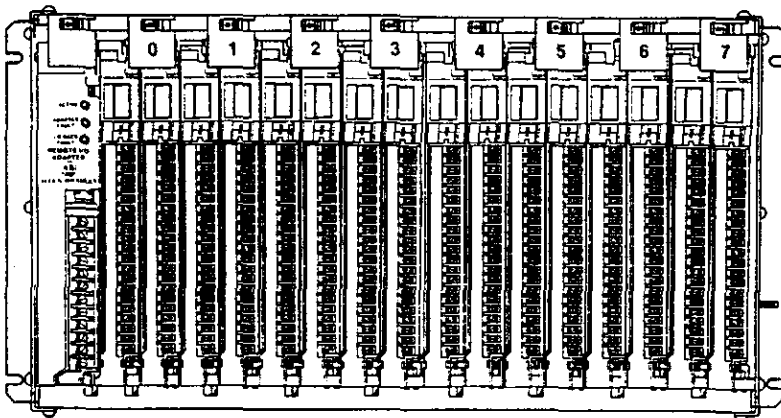
Fuente de poder número de catálogo 1771-P5. Salida de 5 VDC, 8 A

**Figura 2.1.4 Fuentes para alimentar rack con PLC-5 y tarjetas de I/O.**

## CAPÍTULO 2

**HARDWARE PARA ENTRADAS Y SALIDAS.**- Para desarrollar el sistema se necesita chasises (racks) de entradas y salidas que es el lugar donde se instala las tarjetas de I/O. El número de chasises que puede manejar un PLC depende de su capacidad de memoria y del número máximo de entradas y salidas que pueda utilizar. Esto se ejemplifica en la tabla no. 2.1.1; ésta es una sección tomada del manual de la familia de PLC-5 de Allen-Bradley

No. De catálogo del Procesador	Memoria disponible	Máximo número de entradas/salidas	Máximo número de racks de I/O
PLC-5/12	6K	256	4
PLC-5/15	6K, expandible a 10K o 14 K	512	4
PLC-5/25	13K, expandible a 17K o 21 K	1024	8
PLC-5/40	48K	2048	16
PLC-5/60	64K	3072	24



**Tabla no. 2.1.2** Número máximo de racks de un PLC, capacidad de memoria, número máximo de entradas y salidas, y un chasis de I/O.

## CAPÍTULO 2

**MÓDULOS DE ENTRADAS Y SALIDAS.-** Los módulos de entradas/salidas se pueden agrupar en forma general en 4 tipos:

- Digitales o discretos.
- Analógicos
- Comunicación
- De propósito especial

**DIGITALES O DISCRETOS.-** Puede utilizarse tarjetas de entrada o de salida al PLC. Para utilizarse en arrancadores de motores, solenoides, indicadores. Se utilizan de voltaje de alterna o de directa, o de contactos. Los productos de Allen-Bradley con estas características son:

TIPO DE MÓDULO	NO. DE CATALOGO
ENTRADA DE 120 V AC/DC	1771-IA
ENTRADA DE 48 V DC	1771-IC
ENTRADA DE 10-30 V DC	1771-IBD
SALIDA DE 120 V AC	1771-OA
SALIDA DE 12-24 V DC	1771-OB
SALIDA DE 12-120 V AC	1771-OAD
SALIDA AISLADA DE 120 VAC	1771-OD
CONTACTOS DE SALIDA	1771-YO
SALIDA DE CONTACTO	1771-OW

**- ANALÓGICOS.-** Se tienen de entrada y de salida. Las entradas pueden ser ajustadas para recibir señales de voltaje (1-5 v, 0-10 v) o de corriente(4-20 mA) se usan para monitorear las variables. Las salidas también pueden ser de voltaje o de corriente y se usan para dar la referencia a los elementos finales de control. Estos módulos se conectan a los equipos de campo utilizando cable con malia para evitar fallas en la señal por ruido eléctrico.

## CAPÍTULO 2

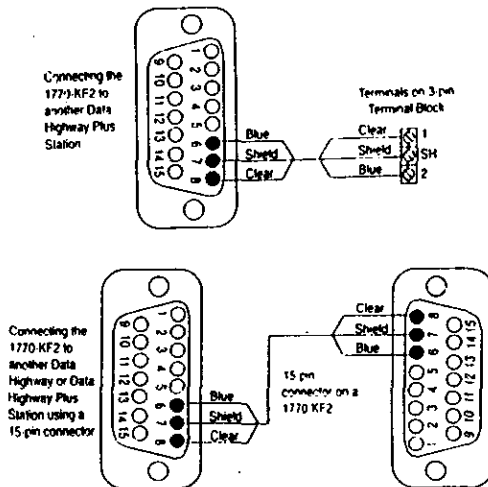
**COMUNICACIÓN DEL PLC.-** La comunicación del PLC hacia una computadora es por medio de una interface modelo 1770-KF2 de Allen-Bradley, la cual es configurable según nuestras necesidades. Se puede seleccionar entre una comunicación con RS-232 o RS-422.

El KF2 tiene un conector macho de 25 pines conocido como "COMPUTER (ASINCRONUS)". Es en este conector donde se selecciona la comunicación ya sea RS-232 o RS-422.

La selección de cualquiera de los medios de comunicación determina los niveles de transmisión de los datos de entrada y salida. Con la RS-232 se tiene una capacidad máxima de transmisión de unos 50 pies. Cuando se selecciona la RS-422 se puede tener una capacidad para transmitir en unos 4000 pies de cable.

La comunicación del PLC al KF2 es por medio del conector DATA HIGHWAY, el cual se conecta en el PEER COMM INTFC.

Una forma de conexión para la comunicación se muestra en la figura 2.1.5.



**Figura 2.1.5** Conexión para la comunicación entre el KF2 y el PLC.



### 2.2 Descripción de sus partes componentes

Se puede considerar que los controladores lógicos programables (PLC, **Programable Logic Controllers**) están compuestos por tres partes: La sección de entrada/salida, el procesador y el dispositivo de programación o terminal. A continuación se explicará cada una de ellas.

#### 2.2.1 Sección de entrada/salida

La sección de entrada /salida de un controlador lógico programable se encarga de la intercomunicación entre los dispositivos industriales y los circuitos electrónicos de baja potencia que almacenan y ejecutan el programa de control.

La sección de entradas y salidas contiene módulos de entrada y salida. Las entradas y salidas pueden ser del tipo digital o analógico. Si la señal es del tipo digital se considera que son del tipo abierto/cerrado, pueden ser señales de CD o de a.C. Las señales analógicas son para monitoreo de variables o para actuar en los dispositivos de control final, por lo general se manejan señales de 4 a 20 miliamperes, también se tiene señales para entradas tipo termopar. Por lo general cada módulo de entrada es una tarjeta de circuito impreso que contiene dieciséis (16) acondicionadores de señal. Cada una de las 16 terminales del módulo recibe una señal de alta potencia (por lo general de 120 vac) de un dispositivo de entrada y la convierte en una señal digital de baja potencia compatible con los circuitos electrónicos del procesador. Todos los módulos de entrada de los PLC modernos usan convertidores ópticos de señal para llevar a cabo el acoplamiento eléctricamente aislado entre los circuitos de entrada y los elementos electrónicos del procesador.

Cada dispositivo de conmutación de entrada está conectado a una terminal particular de entrada de la regleta de conexiones de un módulo, como se ilustra en la figura 2.2.1-1. por tanto, si el interruptor de botón superior está cerrado, aparecen 120 volts de CA en la terminal de entrada 00 de ese bastidor. El convertidor de señal 00, contenido

## CAPÍTULO 2

en el módulo, convierte este voltaje de CA en un 1 digital y lo envía al procesador por medio del cable conector. Contrariamente si el interruptor de botón superior está abierto, no aparece ningún voltaje de CA en la terminal de entrada 00. El convertidor de señal entrada 00 responderá a ésta condición enviando un 0 digital al procesador. Las quince terminales restantes del convertidor se comportan de manera idéntica.

Considerando que cada módulo de salida es una tarjeta de circuito impreso que contiene dieciséis amplificadores de salida, cada amplificador de salida recibe del procesador una señal digital de baja potencia y la convierte en una señal de alta potencia capaz de manejar una carga industrial. Un módulo de salida de PLC moderno tiene amplificadores con aislamiento óptico que usan un triac como el dispositivo de control de carga conectado en serie.

Cada dispositivo de carga de salida está conectado a una terminal en particular de la regleta de terminales de un módulo de salida, como se muestra en la figura 2.2.1.2. Así por ejemplo, si el amplificador de salida 02 recibe un 1 digital del procesador, responderá a ese 1 digital aplicando 120 volts de CA a la terminal 02 del módulo de salida, activando por lo tanto el equipo que tiene conectado. A la inversa, si el procesador envía un 0 digital al amplificador de salida 02, el amplificador no aplica potencia a la terminal 02, del módulo y el equipo se desenergiza.

Además de 120 vac, hay módulos de E/S disponibles para interconexión a otros niveles industriales, incluyendo 5 vdc, 24 vdc, etc., según las necesidades y los recursos que se tenga.

CAPÍTULO 2

Regleta de terminales: todas las terminales son usadas para entradas.

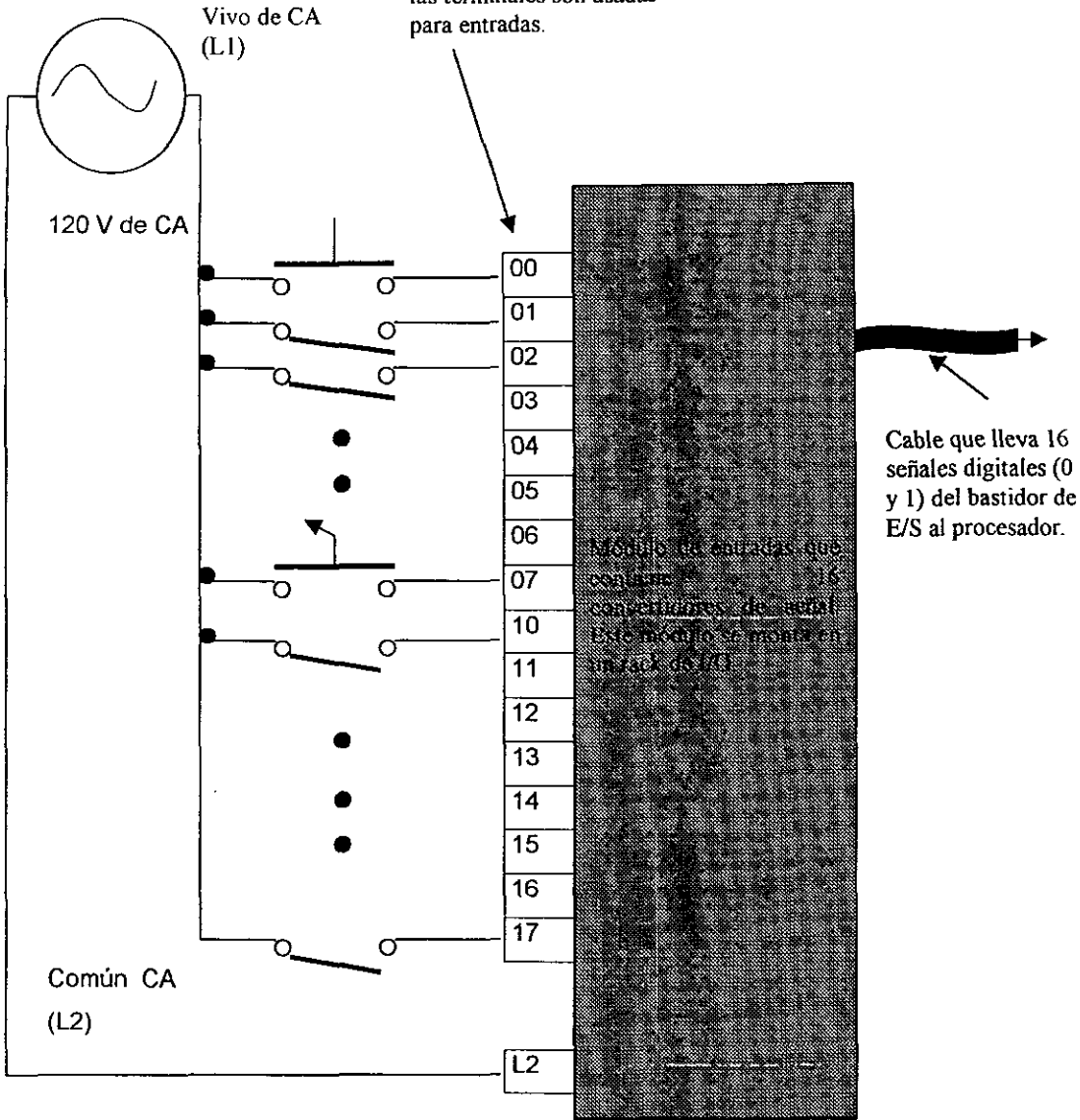
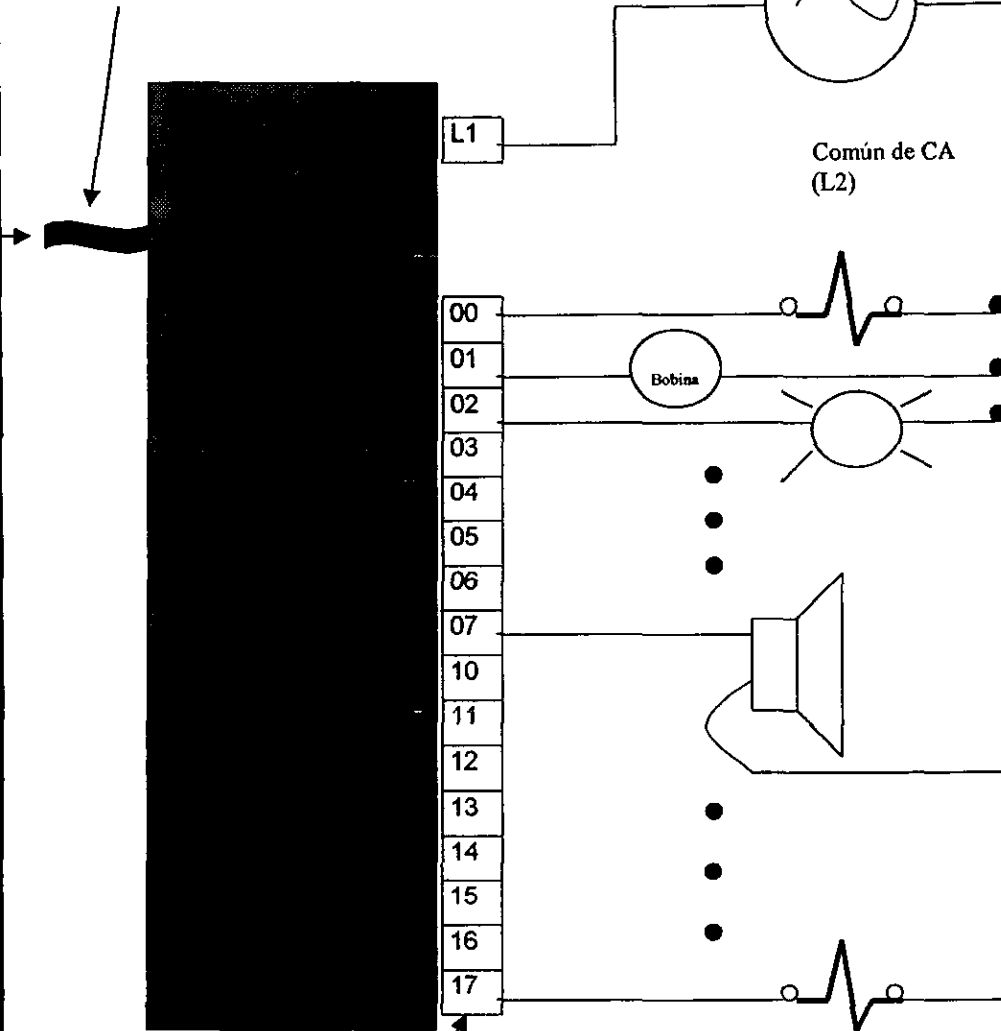


Figura 2.2.1.1 Módulo de entradas digitales de 120 V a.C. Nótese que la numeración comienza con 0, no con 1. Los números son octales, no decimales.

## CAPÍTULO 2

Cable que lleva 16 señales digitales del procesador al bastidor de E/S.



Regleta de terminales.  
Todas las terminales son  
usadas para salida.

Figura 2.2.1.2 Módulo de salidas digitales. Este módulo contiene 16 amplificadores de salida con acoplamiento óptico.

### 2.2.2 Acondicionadores de señal (acoplamientos ópticos)

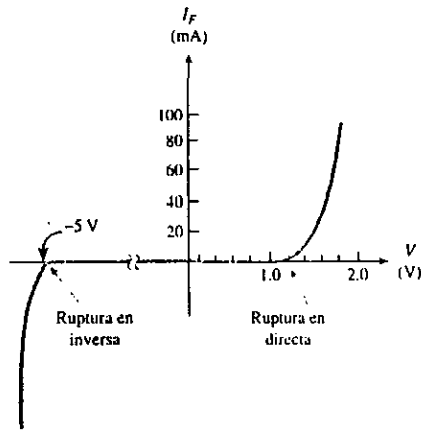
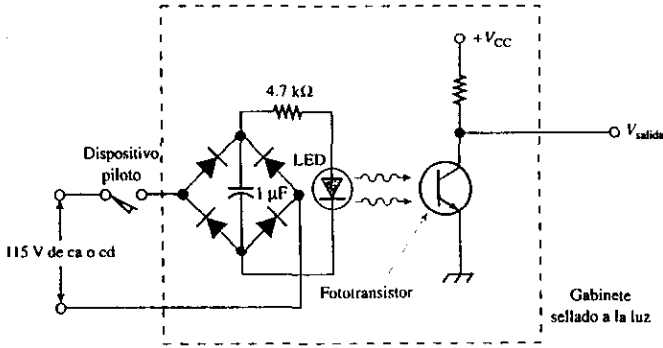
Como se mencionó anteriormente, las tarjetas de E/S tienen dispositivos electrónicos con los cuales se separa la señal de potencia y la señal digital con la información al procesador. Se tienen diferentes tipos de aisladores ópticos, como lo son: fototransistores, fotodiodos, foto-SCR, entre otros.

Un aislador óptico es básicamente una interfaz entre dos circuitos que por lo general operan a diferentes niveles de voltaje. El uso industrial más común del aislador óptico es como convertidor de señal entre dispositivos piloto de alto voltaje (por ejemplo interruptores de límite) y circuitos lógicos de estado sólido de bajo voltaje. Los aisladores ópticos pueden usarse en cualquier situación en la que debe pasarse una señal entre dos circuitos que están aislados eléctricamente entre ellos.

El método de acoplamiento óptico elimina la necesidad de contactos controlados por solenoides o transformadores de aislamiento. Que son los métodos tradicionales para proporcionar aislamiento eléctrico entre circuitos.

**ACOPLADOR ÓPTICO DE LED Y FOTOTRANSISTOR.-** En la figura 2.2.2.1 se muestra un aislador óptico que usa un LED y un fototransistor, y la curva característica de corriente contra voltaje de un LED típico. Un LED es un dispositivo que emite luz cuando lleva corriente con polarización directa. El voltaje de ruptura de un LED está en el rango de 1.0 a 2.2 V.

Un LED visible no es muy brillante, algunos ni siquiera emiten luz visible, sino que emiten una luz infrarroja invisible al ojo humano. Por supuesto tales LED deben usarse con fotodetectores sensibles a la luz infrarroja. En los acopladores ópticos comerciales, ésta es la práctica más común, ya que de todos modos no se requiere que un humano vea la luz. También los LED infrarrojos son más eficientes que los LED visibles.



**Figura 2.2.2.1 Representación de un FOTOTRANSISTOR y curva característica de un LED.**

Un **FOTOTRANSISTOR** es un transistor semiconductor que responde a la intensidad de la luz en su lente, en lugar de su corriente de base. Los fototransistores pueden responder tanto a la luz incidente como a su corriente de base. El fototransistor de la **figura 2.2.2.1** no tiene una conexión de base, por lo que responde únicamente a la luz. Las flechas onduladas que apuntan hacia la localidad de la base simbolizan que el transistor es un fototransistor.

En la **figura 2.2.2.2** se muestra un fototransistor y la forma de onda de la señal de entrada y la señal de salida.

**ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA**

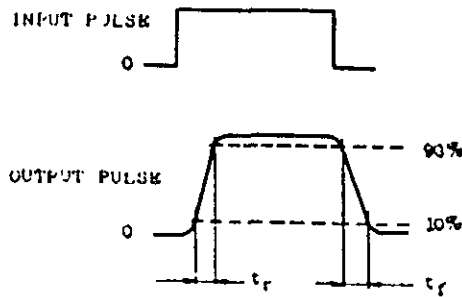
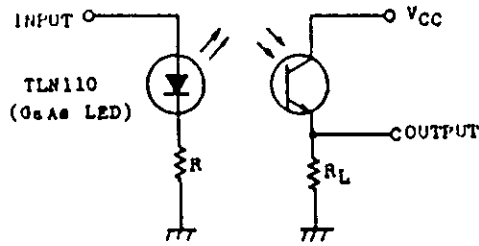


Figura 2.2.2.2 Representación de un fototransistor y curva de respuesta.

**FOTOTIRISTOR.**- El fototiristor es otro dispositivo optoacoplador que se utiliza para aislar señales de alta y de baja potencia.

Un acoplamiento con optotiristor es mejor que el que se realiza con transformadores de pulso. Por ejemplo, cuando se utiliza para la conmutación de señales de alta velocidad el transformador de pulso no es recomendado. En cambio el optotiristor puede manejar señales de potencia y conmutar a gran velocidad.

Desde éste punto de vista un acoplamiento con un optotiristor es usado como un switch de ON/OFF ; la potencia pudo ser controlada por el manejo del LED utilizando lógica TTL.

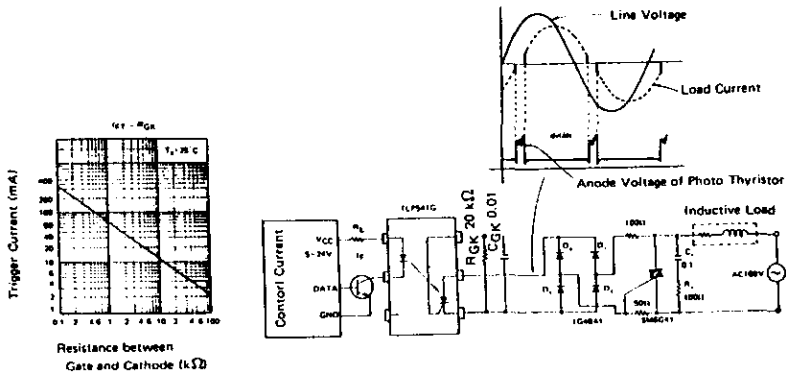
## CAPÍTULO 2

Se tiene varios mecanismos para activar un optotiristor. El primero es una corriente de gate  $I_G$ , la cual es aplicada a los tiristores ordinarios.

El segundo mecanismo para activar un optotiristor es por medio de un LED, el cual se usa en el acoplador óptico.

La tercer forma de disparar un tiristor es realizando una variación del voltaje  $dv/dt$ . Si se aplica una variación rápida de voltaje entre el ánodo y el cátodo del optotiristor, el tiristor se puede disparar siempre y cuando el voltaje aplicado es menor que el voltaje de ruptura del optotiristor.

En el circuito de la figura 2.2.2.3 se muestra una aplicación del optotiristor número TLP541G.



**Figura 2.2.2.3 Aplicación del optotiristor número TLP541G.**



## CAPÍTULO 2

**OPTOTRIAC.-** Los optotriacs son otro tipo de acoplador óptico. También está contenido en un circuito integrado el cual se compone de dos SCRs conectados en paralelo en forma inversa y que son sensibles a la luz emitida por un fotodiodo. Los GATES de cada SCR están conectados a un circuito detector de cruce por cero, de alta velocidad, para asegurar que con una corriente continua en el LED, el detector no switchea al estado de conducción hasta que el voltaje de CA aplicado pase por un valor de voltaje cercano al cero.

Un esquema simplificado de un triac se muestra en la figura 2.2.2.4. Un flujo de corriente a través del LED genera una radiación infrarroja que acciona el detector. La corriente de disparo del LED es la máxima para garantizar la corriente necesaria para accionar el TRIAC, y por ejemplo pueden ser 5 miliamperes para el MOC3063 o 15 miliamperes para el MOC3061. El LED puede demandar una corriente de 30 miliamperes al aplicarle 1.5 volts máximo.

Una vez que se dispara el TRIAC, el detector permanece en ON hasta que la corriente del mismo cae por debajo de la corriente de sostenimiento, normalmente 100 microamperes. En éste momento el detector para a la posición de no conducción OFF.

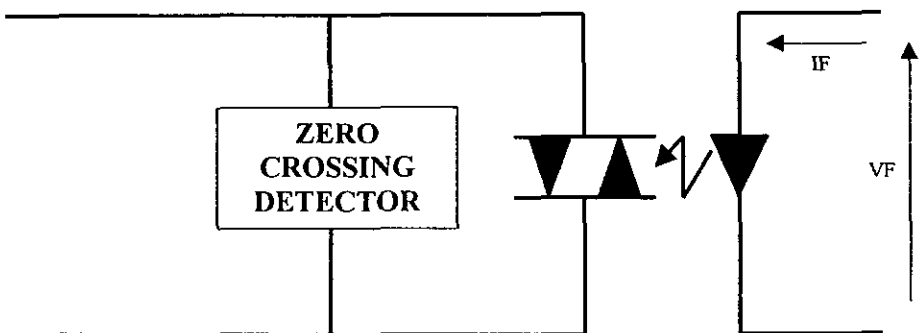


Figura 2.2.2.4 Esquema simplificado de un triac.

### 2.2.3 El Procesador

El procesador de un PLC contiene y ejecuta el programa del usuario. Para poder hacer éste trabajo, el procesador debe almacenar las condiciones de entrada y salida más recientes.

#### 2.2.3.1 Archivo de imágenes de entrada

Las condiciones de entrada se almacenan en el archivo de imágenes de entrada, que es una parte de la memoria del procesador. Esto es, cada terminal del módulo de entrada de la sección de E/S tiene asignada un lugar determinado dentro del archivo de imágenes de entrada. Éste lugar determinado está destinado exclusivamente a la tarea de llevar el registro de la última condición de su terminal de entrada. Como se mencionó anteriormente, si la terminal de entrada se alimenta con energía de 120 vac por su dispositivo de entrada, la localidad en el archivo de imágenes de entrada contiene un 1 binario (HI), si al módulo de entrada no se le alimentan 120 vac, la localidad contiene un 0 binario (LO).

El procesador requiere conocer las últimas condiciones de entrada pues las instrucciones del programa de usuario dependen de esas condiciones. En otras palabras, una instrucción individual puede tener una salida si una entrada particular está en HI y otra salida diferente si esa entrada está en LO.

#### 2.2.3.2 Archivo de imágenes de salida

Las condiciones de salida se almacenan en el archivo de imágenes de salida, que es otra parte de la memoria del procesador. El archivo de imágenes de salida tiene la misma relación con las terminales de salida de la sección de E/S que el archivo de imágenes de entrada tiene con las terminales de entrada. Esto es, cada terminal de salida tiene asignada una localidad de memoria en el archivo de imágenes de salida.

## CAPÍTULO 2

Esa localidad en particular está dedicada exclusivamente a la tarea de llevar el registro de la última condición de su terminal de salida.

Por supuesto, la situación de salida difiere de la situación de entrada en relación con la dirección de flujo de la información. En la situación de salida, el flujo de información es del archivo de imágenes de salida al módulo de salida, mientras que en la situación de entrada el flujo de información es del módulo de entrada al archivo de imágenes de entrada. Estas relaciones se muestran en el diagrama de bloques del procesador de la figura 2.2.3.2.1.

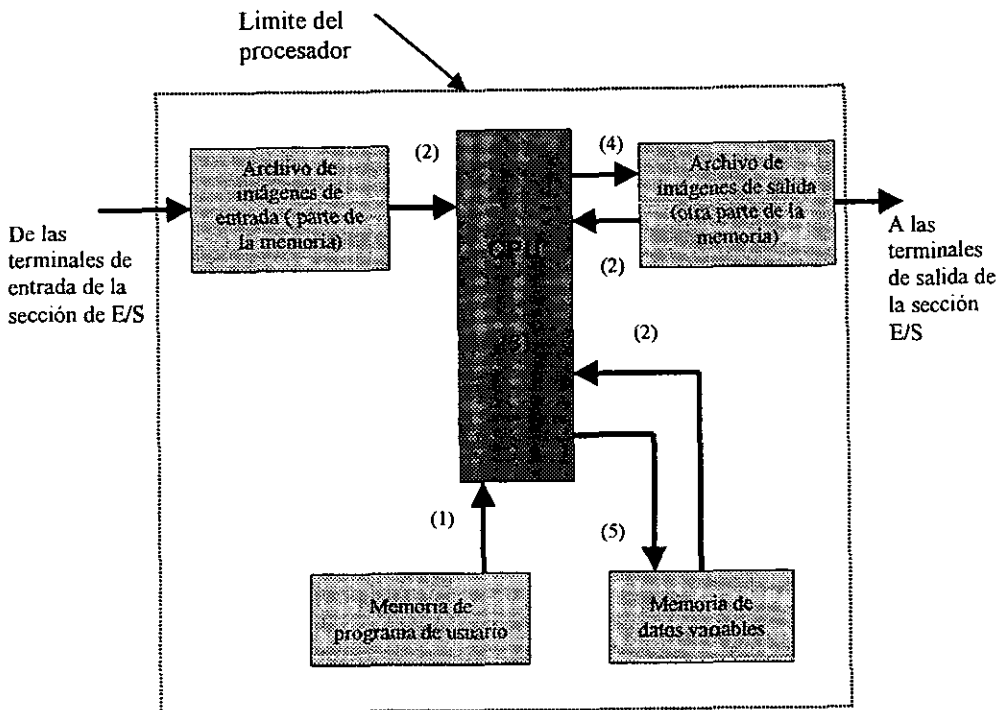


Figura 2.2.3.2.1 En esta figura se muestra las tareas que realiza el procesador.

## CAPÍTULO 2

En la figura 2.2.3.1 se muestra las tareas que realiza el procesador, y son:

- 1) Traer las instrucciones de la memoria del programa de usuario de la CPU.
- 2) Obtener la información de E/S de los archivos de imágenes, y datos numéricos de la memoria de datos variables.
- 3) Ejecutar las instrucciones.
- 4) Toma de decisiones lógicas sobre los estados adecuados de las salidas, y causar que esos estados aparezcan en el archivo de imágenes de salida.
- 5) Cálculo de los valores de datos variables y su almacenamiento en la memoria de datos variables.

Las localidades en los archivos de imágenes de entrada y salida se identifican por direcciones. Cada localidad tiene su propia dirección que es única. Por ejemplo, una localidad de memoria en el archivo de imágenes de entrada puede tener la dirección E: 001/06, y una localidad particular del archivo de imágenes de salida puede tener la dirección S: 003/07. Los diferentes fabricantes de PLC tienen sus propios métodos para asignar direcciones.

### 2.2.3.3 Unidad de procesamiento central

La subsección del procesador que se encarga de la ejecución del programa es conocida como unidad de procesamiento central (CPU), la cual se muestra en la figura 2.2.3.1.

A medida que la CPU ejecuta el programa de usuario, el archivo de imágenes de salida se está actualizando continuamente y de inmediato. En otras palabras, si la ejecución de una instrucción solicita un cambio en una de las localidades del archivo de imágenes de salida, ese cambio se efectúa de inmediato, antes de que el procesador avance a la siguiente instrucción. Esta actualización inmediata es necesaria ya que las condiciones de salida muchas veces afectan instrucciones posteriores del programa.

## CAPÍTULO 2

Por ejemplo, supóngase que una cierta instrucción cause que la dirección de salida S: 014/17 cambie de LO a HI. Una instrucción posterior puede decir, en efecto, " sí la entrada E: 013/06 y la salida S: 014/17 es ambas HI, entonces llevar la salida S: 015/02 a HI". Para poder llevar a cabo esta última instrucción, el procesador debe reconocer que la salida S: 014/17 esta actualmente en HI como resultado de la instrucción anterior.

Por lo tanto se puede ver que el archivo de imágenes de salida tiene una naturaleza doble: su primera función es la recepción inmediata de información de la CPU, pasándola (poco después) a los módulos de sección de E/S. Por otra parte, también debe ser capaz de pasar información de salida "de regreso" a la CPU, cuando la instrucción del programa de usuario que la CPU está procesando solicita un elemento de la información de salida.

El archivo de imágenes de entrada no tiene esta naturaleza doble. Su misión única es adquirir información de las terminales de entrada y pasar "adelante" esa información a la CPU cuando la instrucción que está procesando la CPU solicita un elemento de información de entrada.

Las flecha de flujo del diagrama de bloques de la figura **2.2.3.1** ilustran estas ideas.

## CAPÍTULO 2

### 2.3 Principio de operación

#### 2.3.1 Memoria del programa de usuario

Una porción particular de la memoria del procesador se usa para el almacenamiento de las instrucciones del programa de usuario.

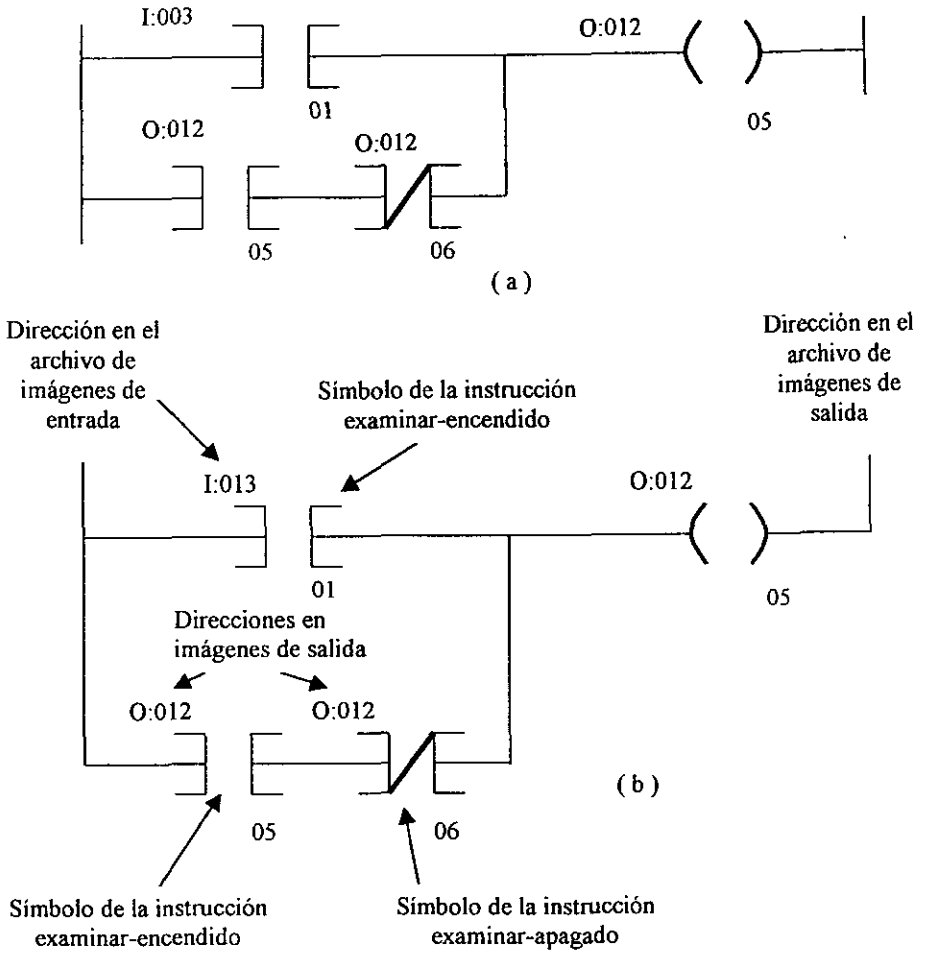
Antes de que el PLC pueda empezar a controlar un sistema industrial, una persona debe ingresar las instrucciones codificadas que constituyen el programa de usuario. Éste procedimiento es conocido como programación del PLC.

A medida que el usuario ingresa las instrucciones, automáticamente se almacenan en localidades secuenciales dentro de la memoria del programa de usuario. La ubicación secuencial de las instrucciones del programa es autocontrolada por el PLC, sin ninguna intervención del usuario. La cantidad de instrucciones en el programa de usuario puede variar de media docena más o menos, para controlar una máquina sencilla, hasta varios miles, para el control de un proceso o diversas máquinas.

Una vez completado el procedimiento de programación, el usuario manualmente conmuta el PLC del modo de programación al modo de ejecución, lo que hace que la CPU ejecute el programa de principio a fin repetidamente.











Para organizar y editar programas, se encontrará conveniente agrupar las instrucciones en escalones de instrucciones, comúnmente llamados escalones. La palabra escalón se deriva del hecho de que estos grupos de instrucciones semejan los peldaños de una escalera al representarse el programa de usuario en formato de lógica en escalera.

Para analizar como opera la programación en escalera se toma como referencia el circuito mostrado en la figura 2.3.1.1 En la figura (a) se muestra el dibujo sin acotaciones tal como se muestra en la pantalla de una PC.



**Figura 2.3.1.1 (a) Representación del programa del PLC en lógica en escalera. (b) diagrama de lógica en escalera del PLC presentado con acotaciones.**

## CAPÍTULO 2

El mismo escalón de instrucciones se presenta con acotaciones en la figura b. Como se muestra en la figura, el escalón consiste de cuatro instrucciones, representadas por tres símbolos tipo contacto a la izquierda y el símbolo tipo bobina de la derecha. Cada uno de estos símbolos corresponde a un símbolo idéntico presentado en la pantalla del CRT, junto con el número F de la tecla de función del teclado que ingresa ese símbolo en particular. Por ejemplo, el símbolo  .  Se muestra cerca de la parte inferior de la pantalla del CRT, directamente encima de la imagen de la tecla  . Pulsando la tecla  se provoca que el símbolo   aparezca en el escalón de instrucciones de la pantalla. Al mismo tiempo, ocasiona que la instrucción codificada que representa el símbolo ingrese en la memoria del programa de usuario. Lo mismo ocurre para el símbolo  pulsando la tecla  y para el símbolo  Pulsando la tecla  .

El símbolo de la parte superior de la figura 2.3.1.1.b significa una instrucción examinar-encendido. La instrucción examinar-encendido funciona como sigue: si la terminal de entrada asociada a la instrucción aplica un voltaje de 120 vac, entonces el escalón de instrucciones completo considera la instrucción como productora de continuidad lógica, como un contacto eléctrico cerrado. Sin embargo, si el módulo de entrada no aplica un voltaje de 120, entonces el escalón de instrucciones completo considera que la instrucción produce discontinuidad lógica, como un contacto eléctrico abierto.

La instrucción examinar-encendido de la parte superior izquierda de la figura 2.3.1.1.b despliega la dirección E: 013/01 con ella. Esta dirección especifica la terminal de entrada asociada con la instrucción. Esto es, especifica que la terminal de entrada 013/01, que está conectada a la dirección I: 013/01 en el archivo de imágenes de entrada, será examinada por la presencia o ausencia de potencia cuando esta instrucción se ejecute. Por supuesto, para reproducir el comportamiento del circuito de la figura 2.3.1.1.a debe conectarse físicamente el interruptor límite no. 1 a la terminal de entrada 013/01 del módulo de la regleta E/S.



## CAPÍTULO 2

Quienes trabajan con los PLC generalmente hacen referencia a las instrucciones examinar-encendido como "instrucciones normalmente abiertas", dado que se comportan como contactos eléctricos normalmente abiertos.

La descripción precedente de una instrucción examinar-encendido está dada por el contexto de la entrada de un sistema. Sin embargo, las instrucciones examinar-encendido también pueden referirse a las terminales de salida (direcciones del archivo de imágenes de salida). Este es el caso de la parte inferior izquierda de la figura **2.3.1.1.b**. La dirección S: 012/05 que aparece con ese símbolo de instrucción se refiere a la localidad en el archivo de imágenes de salida (usando el esquema de direccionamiento Allen-Bradley). Por tanto, esa instrucción produce una continuidad lógica si la terminal de salida 012/05 está energizada (la dirección del archivo de imágenes de salida S:012/05 contiene un 1 lógico), pero produce discontinuidad lógica si la terminal de salida 012/05 no está energizada (la dirección del archivo de imágenes de salida S:012/05 contiene un 0 lógico).

La instrucción examinar-apagado se representa por el símbolo que contiene la marca diagonal en la parte inferior derecha de la figura **2.3.1.1.b**. La instrucción examinar-apagado funciona como sigue: si la terminal E/S asociada aplica un voltaje de 120 v, entonces la instrucción aporta discontinuidad lógica al escalón de instrucciones completo, como un contacto eléctrico abierto. Sin embargo, si la terminal E/S no aplica un voltaje de 120 vac, entonces la instrucción aporta continuidad lógica al escalón de instrucciones completo, como un contacto eléctrico cerrado.

Nótese que el comportamiento de una instrucción examinar-apagado es opuesto al de una instrucción examinar-encendido. Como se puede esperar, las instrucciones examinar-apagado a veces se llaman "instrucciones normalmente cerradas".

El conjunto de paréntesis a la derecha de la figura **2.2.1.1.b** representa una instrucción energizar-salida. Una dirección de terminal de salida específica acompaña cada instrucción energizar-salida. Esta dirección específica la terminal de salida que será energizada cuando la instrucción energizar-salida sea verdadera. En la figura **2.3.1.1.b**,

## CAPÍTULO 2

si la instrucción energizar-salida se hace verdadera, la ejecución causará el almacenamiento de un 1 digital en la dirección S: 012/05 del archivo de imágenes de salida, el cual a su vez causará la energización de la terminal de salida S: 012/05.

Para que una instrucción energizar-salida se haga verdadera, las instrucciones examinar-encendido y examinar-apagado a su izquierda deben producir una continuidad lógica general a través del escalón (entre la orilla izquierda del escalón y el paréntesis abierto de la instrucción energizar-salida). Si las instrucciones examinar-encendido y examinar-apagado no logran producir tal continuidad lógica, se dice que la instrucción energizar-salida es falsa, o que las condiciones del escalón son falsas. En éste caso, su ejecución causa el almacenamiento de un 0 digital en la dirección especificada en el archivo de imágenes de salida, que da como resultado la supresión de la alimentación de la terminal de salida asociada del bastidor E/S.

La relación de estos circuitos lógicos es comparada con la lógica alambrada con relevadores y con interruptores. La instrucción energizar-salida corresponde a una bobina de relevador, y las instrucciones examinar-encendido y examinar-apagado corresponden a contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados, respectivamente.

Puede resumirse el comportamiento del escalón de instrucciones de la figura 2.3.1.1 como sigue: la terminal de salida 012/05 será energizada si se satisface cualquiera de las dos condiciones siguientes:

- 1) La terminal de entrada 013/01 está energizada, o
- 2) La terminal de salida 012/05 ya está energizada y la terminal de salida 012/06 no está energizada.

En base a lo antes expuesto se define un escalón de instrucciones como "un grupo de instrucciones que afectan una terminal de salida única con base en los estados de ciertas terminales de entrada y salida".

## CAPÍTULO 2

En la definición anterior la frase "afectan una terminal de salida única" se refiere al hecho de que el escalón contiene una sola instrucción energizar-salida, como se mostró en el circuito de la figura 2.3.1.1. La frase "con base en los estados de ciertas terminales de entrada y salida" se refiere al conjunto de instrucciones examinar-encendido y examinar-apagado que producen condiciones de escalón verdadero (continuidad lógica) o condiciones de escalón falso (discontinuidad lógica).

Para ejecutar el programa de usuario, la CPU maneja un escalón de instrucciones de programa a la vez. En la figura 2.3.1.2 se representan los eventos involucrados en la ejecución de un escalón de instrucciones.

La parte (a) da una visión del diagrama de bloques del procesador durante la ejecución del escalón de instrucciones, y la parte (b) es un diagrama de flujo del proceso de ejecución. Los números encerrados en un círculo muestran la correspondencia de eventos entre los dos diagramas. Se hará referencia a ambos diagramas para explicar el proceso de ejecución de un escalón de instrucciones.

1) La CPU, que siempre hace un seguimiento de la localidad precisa en el programa de usuario, trae la siguiente instrucción secuencial de la memoria del programa de usuario. Esto se ilustra en la parte (a) de la figura 2.3.1.2 por medio de la flecha que indica transferencia de la memoria del programa de usuario a la CPU.

CAPÍTULO 2

Figura (a)

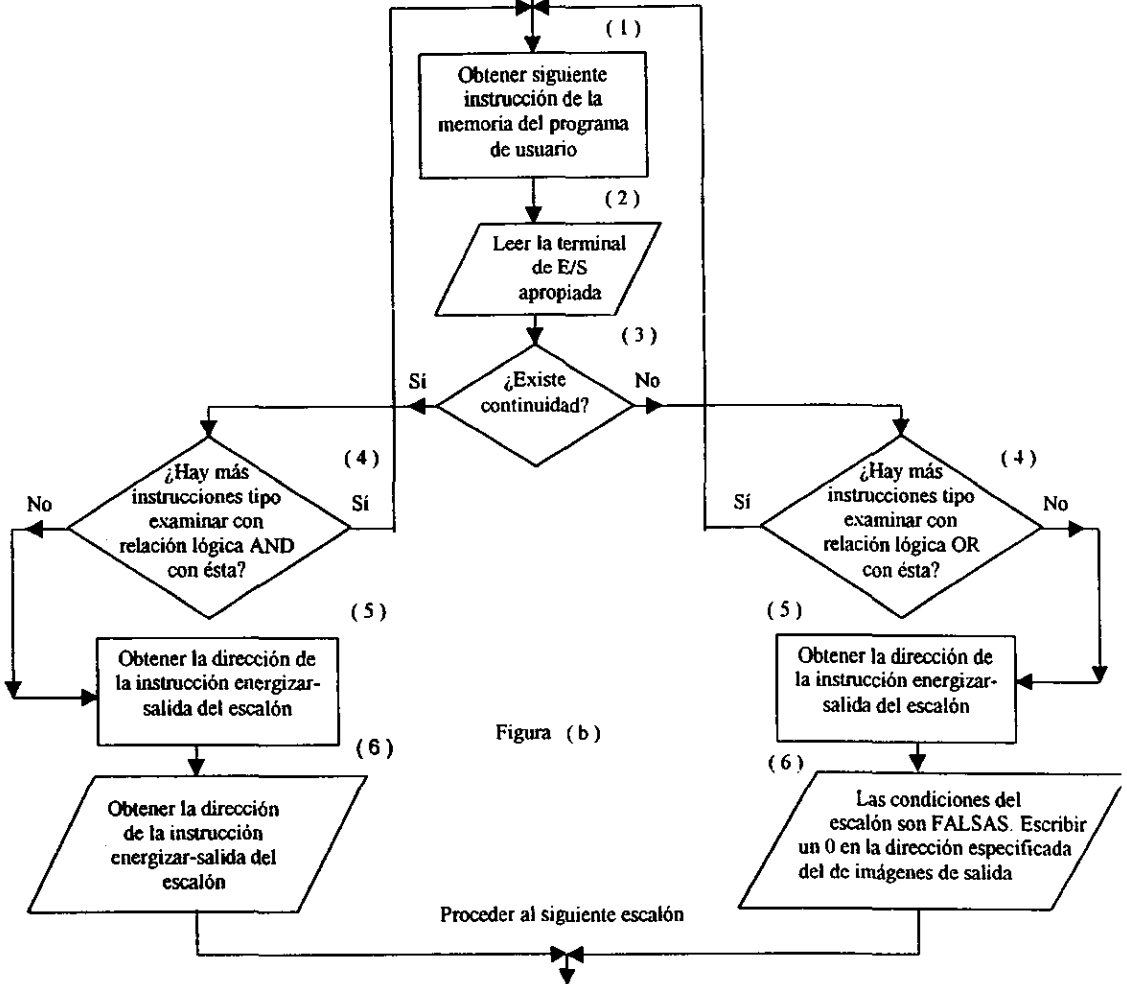
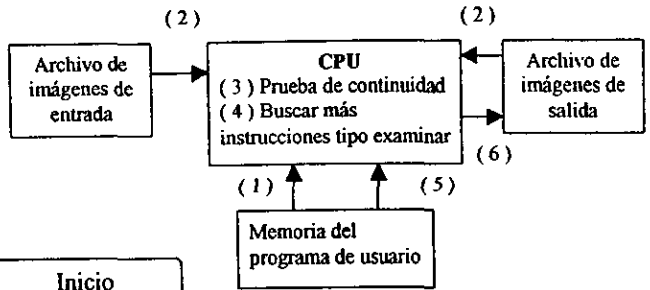


Figura (b)

Figura 2.3.1.2 Ejecución de un escalón de instrucciones tipo relevador. (a) diagrama de bloques, (b) diagrama de flujo.

## CAPÍTULO 2

2) La instrucción obtenida por la CPU está destinada a ser una instrucción del tipo examinar. Esto es debido a que nuestra definición de un escalón de instrucciones pide que cada escalón comience con una instrucción del tipo examinar. La CPU trae la información requerida de los archivos de imágenes de entrada o de salida para poder evaluar la instrucción. Éste paso está representado en la figura 2.2.1.2(a) por las flechas que indican la transferencia de los archivos de imagen a la CPU.

3) La CPU efectúa una prueba combinando la instrucción del paso 1 con la información de E/S del paso 2. Esta prueba determina si la instrucción produce continuidad o discontinuidad lógica. La prueba está representada en el diagrama de flujo de la parte (b) por la caja de decisión en forma de diamante.

4) La CPU examina la siguiente localidad de la memoria del programa de usuario para determinar si la siguiente instrucción es otra instrucción del tipo examinar, o una instrucción energizar-salida. Si es una instrucción del tipo examinar, la CPU nota si existe una condición lógica AND o una OR con la instrucción previa. Si existe una instrucción lógica AND (en serie en la representación de lógica de escalón), entonces ambas instrucciones deben producir continuidad para que el escalón mantenga la misma continuidad que hasta ahora. Si la siguiente instrucción presenta una condición lógica OR con la anterior (aparecen en trayectorias paralelas en la representación de lógica de escalera), entonces basta con que cualquiera de las instrucciones produzca continuidad para que el escalón mantenga la misma continuidad que hasta ahora.

Puede ocurrir que la CPU tome su decisión en el momento, con base en las condiciones de verdadero y falso del escalón. Una decisión en el momento se expresa por cualquiera de las ramificaciones "no" dirigidas de las cajas de decisión etiquetadas con el número 4 en el diagrama de flujo, a las orillas. Estas ramificaciones llevan al paso número 5, que consigue la dirección de la última instrucción del escalón, la instrucción energizar-salida.

## CAPÍTULO 2

Por otra parte, puede ocurrir que la CPU no pueda tomar su decisión de verdadero o falso en el momento, pero deba traer la siguiente instrucción del tipo examinar para mayor verificación de continuidad. Esta situación se expresa por las dos ramificaciones "si" dirigidas de las cajas de decisión etiquetadas como 4 al interior. Estas ramificaciones regresan al paso 1 del diagrama de flujo; origina que la CPU repita los pasos 1 al 4.

5) A la larga, la CPU avanzará por el escalón hasta el punto en que puede decidir si las condiciones generales del escalón son de verdadero o falso. Entonces, trae la instrucción energizar-salida de la memoria del programa de usuario, para que pueda conocer la dirección que va a afectar. Esta acción se expresa por las flechas de transferencia etiquetadas con el número 5 en la figura 2.3.1.2.a.

6) La CPU conoce ahora la condición del escalón y la dirección de salida correcta, así que envía la señal digital apropiada al archivo de imágenes de salida, que luego pasa a la terminal de salida asociada. Esta acción es representada por la flecha con el número 6 en el diagrama de bloques.

Cuando el procesador ha terminado de ejecutar un escalón de instrucciones pasa a la siguiente localidad secuencial de la memoria del programa de usuario, recoge la siguiente instrucción (la primera del siguiente escalón) y repite los pasos del 1 al 6. Continúa de la misma manera hasta que cada instrucción haya sido ejecutada. En éste punto el programa de usuario ha sido ejecutado en su totalidad una vez.

2.3.2 El ciclo de barrido completo

Mientras el PLC esté en el modo de ejecución, el procesador ejecutará el programa una y otra vez. En la figura 2.3.2.1 se representa completa la serie repetitiva de eventos. Comenzando por la parte superior del círculo que representa el ciclo de barrido, la primera operación es el barrido de entrada. Durante el barrido de entrada, el estado actual de cada terminal de entrada se almacena en el archivo de imágenes de entrada, actualizándolo. Como todas las operaciones dependen del PLC, el barrido de entrada es bastante rápido. El tiempo transcurrido depende de la cantidad de módulos y terminales de entrada en la sección E/S, la velocidad de reloj del CPU y otras características técnicas de la CPU. Aproximadamente, un sistema que contenga de 10 a 20 terminales tendrá un tiempo de barrido de entrada del orden de unos cuantos cientos de microsegundos.

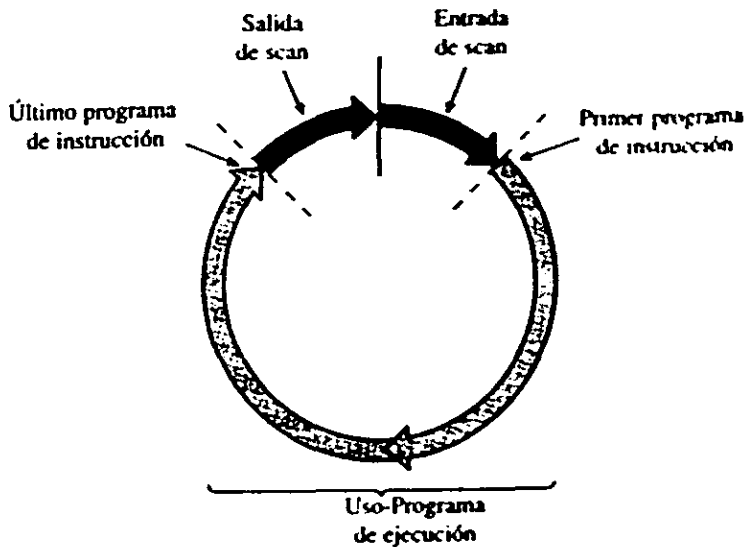


Figura 2.3.2.1 Barrido de un PLC.

## CAPÍTULO 2

En la **Figura 2.3.2.1** puede visualizarse que el ciclo completo de barrido de un PLC tiene tres partes distintas: el barrido de entrada, ejecución del programa y barrido de salida.

A continuación del barrido de entrada, el procesador ejecuta el programa de usuario, proceso llamado a veces "barrido de programa", como se representa en la figura **2.3.2.1**. La ejecución consiste en comenzar en el primer escalón de instrucciones del programa, llevando a cabo la secuencia de ejecución de seis pasos descrita antes, luego, pasar al siguiente escalón, llevando a cabo su secuencia de ejecución, y seguir así hasta el último escalón de programa. El tiempo de ejecución del programa dependerá de la longitud de éste programa, la complejidad de los escalones de instrucciones y las especificaciones técnicas de la CPU. Se puede decir que un programa de 20 a 30 escalones de instrucciones tendrá un tiempo aproximado de ejecución de varios milisegundos.

Durante toda la ejecución del programa de usuario, el procesador mantiene actualizado el archivo de imágenes de salida, como se indicó anteriormente. Sin embargo, las terminales de salida mismas no son actualizadas constantemente. En cambio, el archivo de imágenes de salida completo se transfiere a las terminales de salida durante el barrido de salida que sigue a la ejecución del programa. Esto se hace más claro en la figura **2.3.2.1**. El tiempo de barrido de salida para 10 a 20 módulos de salida generalmente estará en el orden de unos cuantos cientos de microsegundos, parecido al barrido de entrada.

Es perfectamente razonable que las terminales de salida sean actualizadas todas a la vez durante el barrido de salida, en lugar de hacerlo en forma individual e inmediata durante la ejecución del programa de usuario. Esto es porque, en general, los propios dispositivos de carga son irremediablemente lentos en comparación con el ciclo de barrido del PLC. Considérese un ejemplo típico. Un solenoide verdadero puede requerir dos o tres ciclos de la línea de CA para que esté presente el flujo magnético y pueda ejercer una atracción sobre su armadura ( la parte móvil del mecanismo operado



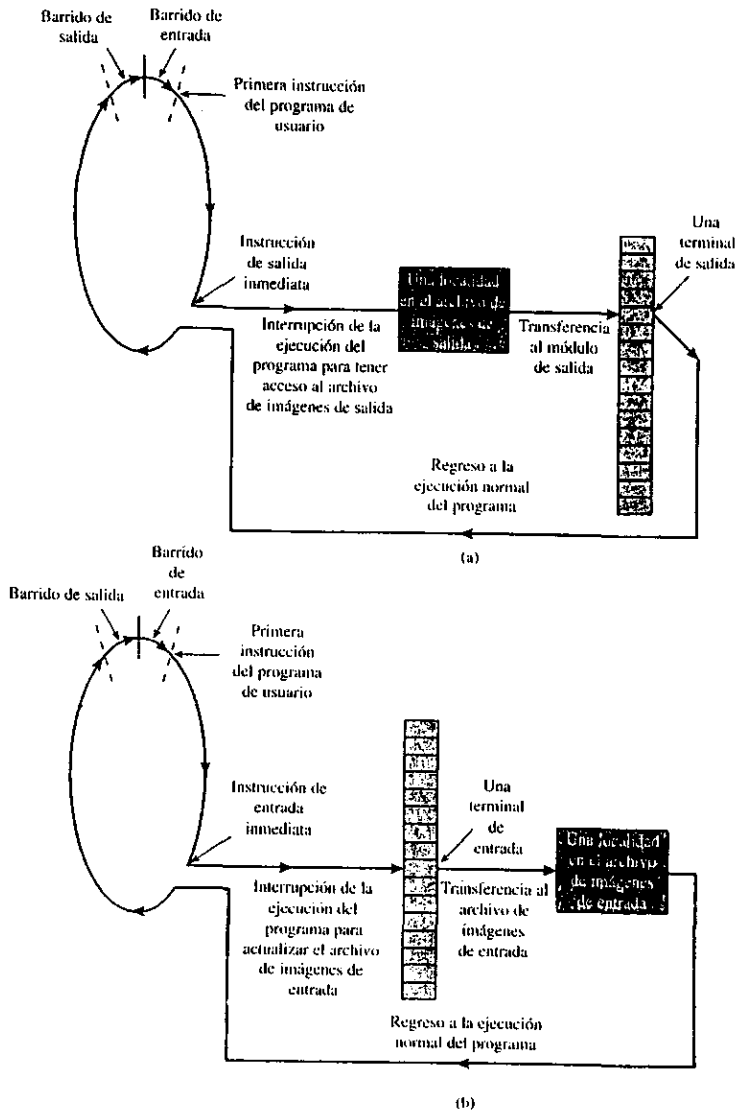
## CAPÍTULO 2

por el solenoide). Dos o tres ciclo de la línea de CA tardan entre 30 y 50 milisegundos, tiempo suficiente para que el PLC lleve a cabo todo su ciclo de barrido varias veces. En otras palabras, si el PLC en uno de sus pasos por ciclo de barrido indica al solenoide su energización, tiene que continuar enviando la misma señal varias veces antes de que el solenoide pueda responder. Bajo estas circunstancias, ¿ por qué molestarse en retrasar la ejecución del programa para pasar de inmediato la señal de salida al dispositivo de salida?. La espera por el barrido de salida es tiempo suficiente para casi todas las situaciones de controles industriales.

En pocas ocasiones durante la ejecución del programa de usuario puede ser necesario actualizar de inmediato un terminal de salida. Los PLC mas avanzados contemplan mecanismos para lograr esto. Su conjunto de instrucciones (lista de instrucciones legales) contiene una instrucción de salida inmediata que temporalmente suspende la operación normal del programa. Esta capacidad se muestra en la figura **2.3.2.2 (a)**.

Algunos PLC poderosos también contienen instrucciones especiales de entrada inmediata, que pueden usarse para actualizar una localidad particular en el archivo de imágenes de entrada justo antes de ejecutar una instrucción que use esa entrada. Para justificar el tomarse esta molestia, la situación de control debe ser tan exigente que en realidad tenga importancia si la entrada ha cambiado durante los pocos milisegundos que puedan haber transcurrido entre el último barrido de entrada y el punto en el programa de usuario donde se encuentra la instrucción crítica. La capacidad de entrada inmediata se muestra en la figura **2.3.3.2 (b)**.

## CAPÍTULO 2



**Figura 2.3.2.2 Visualización de las funciones inmediatas de E/S.**  
**(a) Salida inmediata. (b) Entrada inmediata.**

### 2.3.3 Memoria de datos variables

Hasta éste punto se han visto solamente tres instrucciones: **EXAMINAR-ENCENDIDO**, **EXAMINAR-APAGADO Y ENERGIZAR-SALIDA**. Estas tres están clasificadas como instrucciones tipo relevador, pues reproducen las acciones de los contactos y bobinas de relevadores. Los PLC poseen otras instrucciones además de aquellas tipo relevador. En general un PLC estándar tiene las siguientes instrucciones que le dan estas capacidades:

- 1) Puede reproducir un retardo en un esquema de control. Esto es, el PLC tiene **TEMPORIZADORES INTERNOS**.
- 2) Pueden contar eventos, con los eventos representados como cierre de interruptores. Esto es, el PLC contiene **CONTADORES INTERNOS**, que pueden ser contadores ascendentes y descendentes.
- 3) Después de todo, un PLC es una computadora. Por tanto, puede ejecutar **OPERACIONES ARITMÉTICAS** con los datos residentes en su memoria.
- 4) Puede ejecutar **COMPARACIONES NUMÉRICAS** (mayor que, menor que, etc.).

Estas cuatro capacidades implican que el PLC pueda almacenar y trabajar con números. Naturalmente, los números pueden cambiar de un ciclo de barrido al siguiente (ocurren eventos y se cuentan, el tiempo transcurre, etc.). Por lo tanto el PLC debe tener una sección de su memoria reservada para mantener la cuenta de números variables, o datos, que intervienen en el programa de usuario. Esta sección de memoria se llama memoria de datos variables, como se indica en la figura **2.3.3.1**.

Hay muchos tipos de datos numéricos que pueden estar presentes en la memoria de datos variables. seis tipos cuya comprensión es importante son:

1) El **valor predeterminado de un temporizador**, o número de segundos durante los que el temporizador debe permanecer energizado para dar una señal de "tiempo fuera", o expiración.

2) El **valor acumulado de un temporizador**, o número de segundos que han transcurrido desde que el temporizador fue energizado.

3) El **valor predeterminado de un contador**, o número al que un contador ascendente debe contar para dar una señal de "conteo completo". Para un contador descendente es el número del que partirá el contador en su cuenta descendente.

4) El **valor acumulado de un contador**, es la cuenta actual que ha sido registrada por un contador ascendente. Para un contador descendente, es la cuenta actual faltante antes de que el contador llegue a cero.

5) El **valor de una variable física** en el proceso controlado, que se obtiene midiendo la variable física por medio de un transductor y convirtiendo el voltaje (o corriente) de salida analógico del transductor a un formato digital, con un convertidor A/D (ADC).

6) El **valor de una señal de salida** enviada a un controlador en el proceso controlado, que se obtiene mediante el cálculo matemático efectuado por el PLC. El usuario debe indicarle al PLC el modo en que se efectuarán los cálculos matemáticos. Esto ocurre durante el ingreso del programa de usuario desde la terminal de programación. Los valores de salida calculados son digitales en el PLC y generalmente son convertidos a analógicos por el convertidor D/A (DAC) antes de ser enviados al controlador.

Cuando la CPU ejecuta una instrucción para la cual ciertos valores de datos deben conocerse, ese valor del dato es traído de la memoria de datos variables. Cuando la CPU ejecuta una instrucción que produce un resultado numérico, ese resultado se introduce en la memoria de datos variables. Por tanto, la CPU puede leer de o escribir a la memoria de datos variables. Esta interacción bidireccional queda señalada en la

figura 2.3.3.1. Compréndase que esta relación es diferente de la relación entre la CPU y la memoria del programa de usuario. Cuando el programa está en ejecución, la CPU puede solo leer de la memoria del programa de usuario, mas nunca escribir en ella.

### 2.3.4 Inicializando con el editor de escalera

El software de Allen-Bradley incluye un editor de escalera para dar de alta y editar la lógica de escalera que contiene el programa. Con el editor de escalera también se puede realizar las siguientes tareas:

- Configurar módulos analógicos de I/O
- Documentar el programa en escalera
- Buscar instrucciones o comentarios
- Monitorear la tabla de datos

Para editar el programa en escalera, se realiza las siguientes instrucciones:

- 1) Arrancar el menú inicial.
- 2) Asegurarse que se está en el procesador correcto.
- 3) Seleccionar el programa en línea (online programming) **[F1]** o fuera de línea (offline programming) **[F3]** .
- 4) Colocar el cursor en el programa que se desea editar
- 5) Presionar **[F8]** para monitorear el archivo (monitor file).

El sistema desplegará el Editor de Escalera como se muestra en la figura 2.3.4.1.



## CAPÍTULO 2

En la tabla 2.3.4.1 se describe las tareas que se puede realizar con el editor de escalera.

SI SE QUIERE:	PRESIONAR LA TECLA
Cambiar el modo del procesador	[F1]- Change Mode
Configurar los programas desplegados en la pantalla.	[F2]- Configure Display
Regresar al menú principal	[F3]- Return to Menu
Regresar al directorio del programa	[F4]- Program Directory
Agregar comentarios de renglón, instrucción, dirección.	[F5]- Document
Buscar dentro del programa	[F6]- Search
Desplegar la utilería general, donde se puede ver el mapa de la memoria, revisar el estado del procesador, configuración de las I/O.	[F7]- General Utility
Monitorear la tabla de datos para cualquier dirección	[F8]- Data Monitor
Forzar entradas/salidas	[F9]- Force
Editar el renglón en el programa	[F10]- Edit

**Tabla 2.3.4.1 Tareas que se pueden realizar con el editor de escalera.**

**EDICION DEL PROGRAMA.**- Para editar los renglones del programa se realiza lo siguiente:

- Empezar en el menú principal del Editor de Escalera
- Presionar [F10] – Editar. El sistema despliega la pantalla que se muestra en la figura 2.3.4.2.
- Colocar el cursor en renglón que se desea editar.
- Presionar la tecla de la función que se quiere realizar.







## CAPÍTULO 2

Press a function key , type a mnemonic, or [PgUp]/[PgDn].

(file 2, rung 3)

Rem Prog	Forces:None	Edits:None	Instr:Append PLC-5/15	Addr 20			
TON	TOF	RTO	CTU	CTD	RES	Others	
F1	F2	F3	F4	F5	-(RES)-	F6	F10

### Instrucciones para Timers y Contadores

En los Timers se define:

Número de timer, es la posición que ocupa en la memoria de datos.

Base de tiempo, que puede ser de .01 o de 1 segundo

Preset, es valor al cual en el cual el timer termina de contar y entonces ejecuta alguna acción.

## CAPÍTULO 2

Press a function key , type a mnemonic, or [PgUp]/[PgDn].

(file 2, rung 3)

Rem Prog	Forces:None	Edits:None	Instr:Append	PLC-5/15	Addr	20			
CMP	LIM	MEQ	EQU	NEQ	LES	GRT	LEQ	GEQ	Others
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10

### Instrucciones de comparación

Press a function key , type a mnemonic, or [PgUp]/[PgDn].

(file 2, rung 3)

Rem Prog	Forces:None	Edits:None	Instr:Append	PLC-5/15	Addr	20			
CPT	ADD	SUB	MUL	DIV	SQR	NEG	TOD	FRD	Others
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10

### Instrucciones Aritméticas y de Cómputo

## CAPÍTULO 2

Press a function key , type a mnemonic, or [PgUp]/[PgDn].

(file 2, rung 3)

Rem Prog	Forces:None	Edits:None	Instr:Append PLC-5/15	Addr 20	Others
FAL	FSC	COP	FLL		
F1	F2	F3	F4		F10

### Instrucciones para movimiento de archivos

Press a function key , type a mnemonic, or [PgUp]/[PgDn].

(file 2, rung 3)

Rem Prog	Forces:None	Edits:None	Instr:Append PLC-5/15	Addr 20	Others			
MOV	MVM	AND	OR	XOR	NOT	CLR	BTD	
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F10

### Instrucciones lógicas y de movimiento

### 2.4 Especificaciones técnicas

Como ya se mencionó en los incisos anteriores, la selección de un PLC depende de las necesidades presentes y futuras de la planta. Se tiene que controlar el equipo que se tiene y pensar que en el futuro puede haber ampliaciones en la instalación de equipo para mejorar y eficientar la operación de la planta.

Cada fabricante de equipo tiene diferentes número de catalogo. En el presente proyecto se hará mención a las especificaciones técnicas de un PLC de la marca Allen-Bradley. En las figuras 2.4.1 (a) y (b) se ve claramente el número de racks remotos que puede manejar cada tipo de PLC, el número máximo de entradas y salidas, el número máximo de módulo que se puede instalar, la capacidad de la memoria, y otras especificaciones técnicas que se tienen que tomar en cuenta.

## CAPÍTULO 2

### 1785 PLC-5 Processors

Classic PLC-5 Processors						
Processor Cat. No.	Max User Memory Words <sup>1</sup>	Memory Types	Total I/O Maximum (any mix) <sup>2</sup>	Analog I/O Max	Program Scan Time/Keyword	I/O Scan time/Rack (in a single chassis, ext-local or remote)
PLC-5/10 (1785-LT4)	6K	• battery-backed CMOS RAM • EEPROM program back-up option using 1785-MJ or 1785-MK module	• 512 (32-I/O modules) • 256 (16-I/O modules) • 128 (8-I/O modules)	256	2ms (min) 8ms (typ)	N/A
PLC-5/12 (1785-LT2)	6K	• battery-backed CMOS RAM • EEPROM program back-up option using 1785-MJ or 1785-MK module	• 512 (32-I/O modules) • 256 (16-I/O modules) • 128 (8-I/O modules)	256	2ms (min) 8ms (typ)	• 10ms @ 57.6k bit/s (remote)
PLC-5/15 (1785-LT)	6K expandable to 10K or 14K	• battery-backed CMOS RAM • CMOS RAM expansion option: 1785-MR module (4K words); 1785-MS module (8K words) • EEPROM prog. backup option: 1785-MJ or -MK module	• 512 (any mix) or • 512 in + 512 out (complementary)	512	2ms (min) 8ms (typ)	• 10ms @ 57.6k bit/s (remote)
PLC-5/25 (1785-LT2)	13K expandable to 17K or 21K	• battery-backed CMOS RAM • CMOS RAM expansion option: 1785-MR module (4K words); 1785-MS module (8K words) • EEPROM program backup option: 1785-MK module	• 1024 (any mix) or • 1024 in + 1024 out (complementary)	1024	2ms (min) 8ms (typ)	• 10ms @ 57.6k bit/s (remote)
Enhanced PLC-5 Processors						
PLC-5/11 (1785-L11B)	8K	• battery-backed CMOS RAM • EEPROM program backup option using 1785-ME16, -ME32, -ME64, and -M100	• 512 (any mix) or • 384 in + 384 out (complementary)	512	0.5ms (min) 2ms (typ)	• 10ms @ 57.6k bit/s • 7ms @ 115.2k bit/s • 3ms @ 230k bit/s
PLC-5/20 (1785-L30B)	16K	• battery-backed CMOS RAM • EEPROM program backup option using 1785-ME16, -ME32, -ME64, and -M100	• 512 (any mix) or • 512 in + 512 out (complementary)	512	0.5ms (min) 2ms (typ)	• 10ms @ 57.6k bit/s • 7ms @ 115.2k bit/s • 3ms @ 230k bit/s
PLC-5/30 (1785-L30B)	32K	• battery-backed CMOS RAM • EEPROM program backup option using 1785-ME16, -ME32, -ME64, and -M100	• 1024 (any mix) or • 1024 in and 1024 out (complementary)	1024	0.5ms (min) 2ms (typ)	• 10ms @ 57.6k bit/s • 7ms @ 115.2k bit/s • 3ms @ 230k bit/s
PLC-5/40 (1785-L40B)	48K <sup>2</sup>	• battery-backed CMOS RAM • EEPROM program backup option using 1785-ME16, -ME32, -ME64, and -M100	• 2048 (any mix) or • 2048 in + 2048 out (complementary)	2048	0.5ms (min) 2ms (typ)	• 10ms @ 57.6k bit/s • 7ms @ 115.2k bit/s • 3ms @ 230k bit/s
PLC-5/40L (1785-L40L)	48K <sup>2</sup>	• battery-backed CMOS RAM • EEPROM program backup option using 1785-ME16, -ME32, -ME64, and -M100	• 2048 (any mix) or • 2048 in + 2048 out (complementary)	2048	0.5ms (min) 2ms (typ)	• 0.5ms (ext. local) • 10ms @ 57.6k bit/s • 7ms @ 115.2k bit/s • 3ms @ 230k bit/s
PLC-5/60 (1785-L60B)	64K <sup>3</sup>	• battery-backed CMOS RAM • EEPROM program backup option using 1785-ME16, -ME32, -ME64, and -M100	• 3072 (any mix) or • 3072 in + 3072 out (complementary)	3072	0.5ms (min) 2ms (typ)	• 10ms @ 57.6k bit/s • 7ms @ 115.2k bit/s • 3ms @ 230k bit/s
PLC-5/60L (1785-L60L)	64K <sup>3</sup>	• battery-backed CMOS RAM • EEPROM program backup option using 1785-ME16, -ME32, -ME64, and -M100	• 3072 (any mix) or • 3072 in + 3072 out (complementary)	3072	0.5ms (min) 2ms (typ)	• 0.5ms (ext. local) • 10ms @ 57.6k bit/s • 7ms @ 115.2k bit/s • 3ms @ 230k bit/s
PLC-5/80 (1785-L80B)	100K <sup>4</sup>	• battery-backed CMOS RAM • EEPROM program backup option using 1785-ME16, -ME32, -ME64, and -M100	• 3072 (any mix) or • 3072 in + 3072 out (complementary)	3072	0.5ms (min) 2ms (typ)	• 10ms @ 57.6k bit/s • 7ms @ 115.2k bit/s • 3ms @ 230k bit/s

<sup>1</sup> Max number of data table words and max number of timers and counters are user-configured.

<sup>2</sup> Limit of 32K words per data table file

<sup>3</sup> Limit of 32K words per data table file and 56K words per program file

<sup>4</sup> Limit of 32K words per data table file and 56K words per program file and a total data table size of 64K words

<sup>5</sup> I/O (total or per module) — actual I/O circuits, regardless of the number of connection points or I/O image bits. The number of I/O image bits (8, 16, or 32) that correspond to an I/O module limit the number of discrete I/O at that module; however, some modules may have less I/O than I/O image bits

Any mix — means that any number of the I/O can be inputs and any number can be outputs, with no placement restrictions.

Complementary — means that to configure this many I/O, pairs of modules must have duplicate addresses. This pair must be either 2 output modules sharing the same output image bits or an input module and an output module complementing each other. In either case, module placement must conform to these restrictions.

Figura 2.4.1 (a) Especificaciones técnicas para selección de un PLC.

## CAPÍTULO 2

### 1785 PLC-5 Processors (continued)

Classic PLC-5 Processors								
Number of Remote/Extended Local I/O/DH+ Ports -- Mode	Max No. of I/O Racks <sup>1</sup> Addressed	Maximum Number of I/O Chassis <sup>2</sup>			Number of RS-232-C/422-A/423-A Ports	Control Coprocessor Exprt Port	Backplane Current Load	Processor Cat. No.
		Total	Ext Local	Remote				
• 1 DH+	4	1	0	0	0	No	2.5A	PLC-5/10 (1785-LT0)
• 1 DH+ • 1 Remote I/O Adapter	4	1	0	0	0	No	2.5A	PLC-5/12 (1785-LT2)
• 1 DH+ • 1 Remote I/O (Adap or Scan)	4	13	0	12	0	No	2.5A	PLC-5/15 (1785-LT)
• 1 DH+ • 1 Remote I/O (Adap or Scan)	8	29	0	28	0	No	2.5A	PLC-5/25 (1785-LT2)
Enhanced PLC-5 Processors								
• 1 DH+/Remote I/O (Adap or Scan)	4 (1 remote rack max)	5	0	4	1	Yes	2.3A	PLC-5/11 (1785-LT1B)
• 1 DH+ • 1 DH+/Remote I/O (Adap or Scan)	4	13	0	12	1	Yes	2.3A	PLC-5/20 (1785-L30B)
• 2 DH+/Remote I/O (Adap or Scan)	8	29	0	28	1	Yes	2.3A	PLC-5/30 (1785-L30B)
• 4 DH+/Remote I/O (Adap or Scan)	16	61	0	32 max per I/O link	1	Yes	3.3A	PLC-5/40 (1785-L40B)
• 2 DH+/Remote I/O (Adap or Scan) • 1 Extended Local I/O	16	61	16	32 max per I/O link	1	Yes	3.3A	PLC-5/40L (1785-L40L)
• 4 DH+/Remote I/O (Adap or Scan)	24 (16 max per I/O link)	93	0	32 max per I/O link	1	Yes	3.3A	PLC-5/60 (1785-L60B)
• 2 DH+/Remote I/O (Adap or Scan) • 1 Extended Local I/O	24 (16 max per I/O link)	81	16	32 max per I/O link	1	Yes	3.3A	PLC-5/60L (1785-L60L)
• 4 DH+/Remote I/O (Adap or Scan)	24 (16 max per I/O link)	93	0	32 max per I/O link	1	Yes	3.3A	PLC-5/80 (1785-L80B)

<sup>1</sup> I/O rack — an I/O addressing unit that can contain a maximum of 128 I/O with unique addressing of I/O modules or 256 I/O with duplicate addressing of I/O modules

<sup>2</sup> Remote I/O Chassis — any device with a remote I/O adapter port compatible with the Allen-Bradley universal remote I/O link. This includes 1771 I/O chassis, 1791 I/O blocks, PanelView displays, RedIPANEL displays, Destliner displays, 1336 drives.

**Figura 2.4.1 (b) Especificaciones técnicas para la selección de un PLC.**

## CAPÍTULO 3. KIT ORT

### Características

#### 3.1 Introducción

El Simulador de Automatización Industrial (SAI) es uno de los paquetes educacionales (KIT) diseñados por Organización ORT de México, I.A.P. que pretende familiarizar a los interesados con varios tipos de dispositivos de entrada/salida, conocer la interface de estos dispositivos con una computadora y el uso de programas de control para tener un sistema totalmente automatizado.

El simulador consta de una pista a lo largo de la cual se mueven unos cilindros (que pueden representar recipientes elaborados en una fábrica), empujados por tres cilindros neumáticos con pistones y un cuarto cilindro que hace la función de un taladro para "perforar" las piezas.

El SAI también lo integran módulos sensores para detectar piezas que van pasando por un proceso y un sensor inductivo para detectar piezas metálicas.

Siendo que este KIT puede realizar funciones de control de desplazamiento, selección, sujeción y perforación de piezas se propondrá una ruta que simule una "línea de producción".

El Simulador de Automatización Industrial se controlará con el PLC teniendo una unidad CCI (interface de Control por Computadora) como enlace en el envío y recepción de información.



### 3.2 Descripción de los componentes

En este apartado se especifican los módulos y accesorios que integran el KIT, y en su caso las especificaciones técnicas pertinentes.

#### 3.2.1 Unidad CCI

La unidad de Interface de Control por Computadora (CCI) forma la interface entre el PLC y los módulos (Figura 3.2.1.1). Su función es hacer posible que el PLC seleccione y monitoree una variedad de dispositivos de entrada, como sensores y también para seleccionar y operar dispositivos de salida, como motores, solenoides etc.

Funcionalmente, la unidad CCI se divide en tres secciones: entrada, salida y puerto para aplicaciones.

#### Sección de entradas

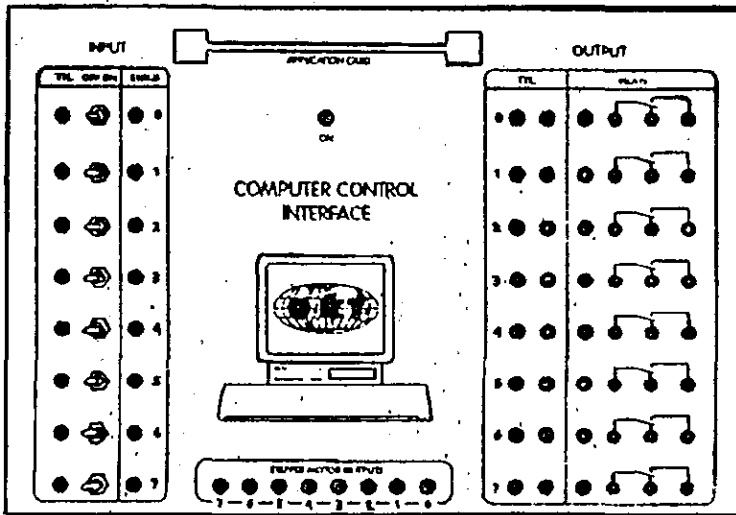
La sección de entradas (INPUT) se divide en cuatro segmentos exhibidos como columnas verticales en el lado izquierdo y en la sección a mano izquierda del panel frontal. Cada columna consta de un grupo de ocho elementos, como sigue:

La primera columna, ubicada en el panel del lado izquierdo de la unidad, consiste de ocho contactos DIN de 5 pines, a los cuales pueden conectarse sensores digitales o analógicos.

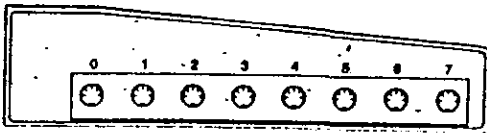
La segunda columna, ubicada del lado izquierdo del panel frontal, consiste de 8 entradas de 2 mm, a las cuales pueden conectarse señales de entrada TTL (0 a +5V).

La tercera columna consiste de ocho interruptores de palanca que también operan como señales de entrada digitales.

La cuarta columna consiste de ocho LED's rojos. Cada LED muestra el estado de la entrada digital asociada fila por fila. Los LED's, como grupo, también muestran el valor binario de cualquier sensor analógico conectado a los contactos DIN. No todos los sensores analógicos pueden ser monitoreados juntos; cada uno debe ser seleccionado individualmente.



FRENTE



Izquierdo

LATERAL



Derecho

Figura 3.2.1.1 Interface de Control por Computadora (CCI).

### Las Salidas CCI

La sección de salidas (OUTPUT) está dividida en tres partes, salidas TTL, salidas de relevador y salidas de motor de pasos.

La sección de salidas TTL consiste de ocho filas, cada una con un LED rojo y un receptor banana al cual se le pueden conectar dispositivos externos. Cada receptor produce una señal TTL (0 a +5V). El LED asociado indica el estado de la señal en ese receptor, es decir, si está alto o bajo.

La sección de relevadores (RELAYS) se compone de ocho relevadores internos que operan como polo sencillo, doble tiro (spdt) con un grupo de 3 contactos. Los contactos son conectados a terminales de 5mm. a mano derecha del frente del panel. En cada grupo de tres terminales, la que se encuentra más a la izquierda se conecta como terminal común, la que se encuentra en el medio se conecta como contacto normalmente cerrado y la terminal que se encuentra más a la derecha se conecta como contacto normalmente abierto. Cabe mencionar que las terminales por sí mismas no están conectadas a ninguna fuente de poder. Si se requiere, la energía puede ser tomada de cualquiera de las ocho terminales para este propósito a mano derecha de la CCI. Las ocho terminales de energía están interconectadas internamente.

Las salidas TTL proveen 5 volts y pueden ser usadas para operar dispositivos TTL o de bajo voltaje como los LED's.

En la parte de atrás de la CCI hay dos terminales DIN. Estas terminales se usan para conectar los motores de paso (los cuales tienen cuatro devanados y por lo tanto cuatro entradas). Cada terminal acepta un motor.

### 3.2.2 Banco de ocho válvulas solenoides

Esta unidad consiste de ocho válvulas solenoides accionadas por aire (Figura 3.2.2.1). Se requieren dos válvulas por cada cilindro de aire. La CCI controla las válvulas para proveer aire comprimido y sacar o meter el pistón de los cilindros de aire.

Se observan dos líneas de conexiones horizontales. La línea superior son entradas para conectores banana que alimentan el voltaje requerido para activar las válvulas solenoides. En la línea inferior, se tienen conectores rápidos; el primero es la entrada de aire comprimido y los otros ocho, las salidas de aire que accionan los cilindros.

### 3.2.3 Módulo de cilindro de aire de 40 mm

Este módulo es un cilindro de aire de 40 mm montado en una base y dos reguladores de presión de aire conectados en los extremos del cilindro (Figura 3.2.3.1). El pistón dentro del cilindro de aire está magnetizado, habilitando durante su operación un interruptor de caña montado cerca de la parte frontal del cilindro. Cuando el pistón es empujado hacia afuera el interruptor de caña cierra a 5 V (entrada de sensores de la CCI).

Los componentes para el ensamble de este módulo son los siguientes:

- 1 Soporte
- 1 Bloque de acrílico
- 1 Cilindro de aire de 40 mm de la marca Parker (Schrader Bellows) y del modelo M10-7102B-40 con una especificación de presión máxima de 10 bar.
- 2 Válvulas de ajuste
- 1 Interruptor de caña cde 846
  - 1 Resistor 470 ohms ¼ W 1%
  - 1 Conector DIN de 5 pines 180°
  - 1 Sujetador para interruptor de caña
- 2 Tornillos "T"

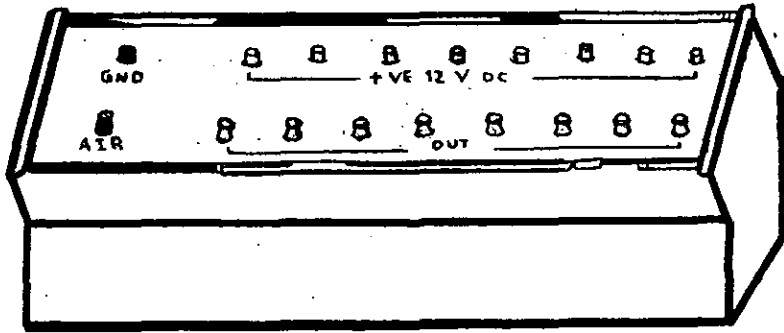


Figura 3.2.2.1 Banco de ocho válvulas solenoides.

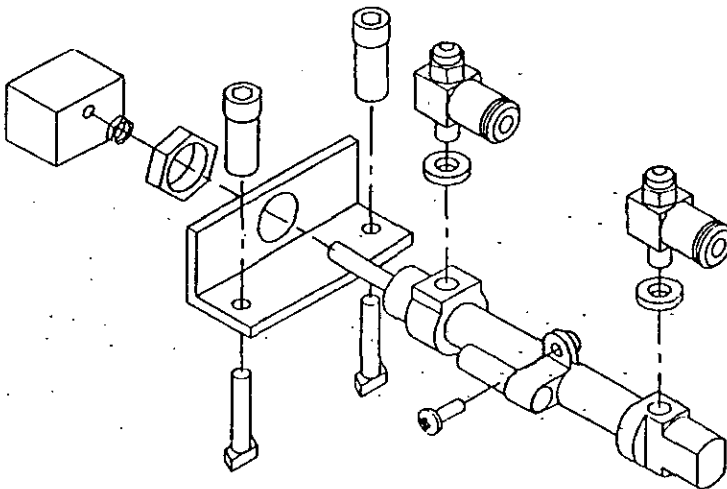


Figura 3.2.3.1 Módulo cilindro de aire de 40 mm.

### 3.2.4 Alimentador

Este módulo es un tubo transparente con diámetro interno de 26 mm el cual puede almacenar siete piezas (Figura 3.2.4.1). Es usado para cargar piezas dentro de la base del alimentador.

### 3.2.5 Base del alimentador

La base del alimentador se puede asegurar sobre la plataforma con dos tornillos de plástico (Figura 3.2.5.1). Está diseñada de tal forma que solamente pueda aceptar una pieza del alimentador. Las piezas en la base del alimentador pueden ser introducidas al sistema a través de un cilindro de aire.

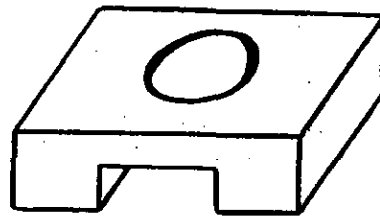
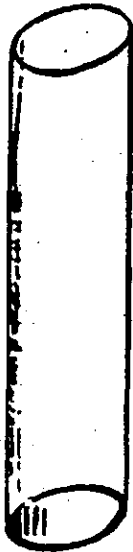


Figura 3.2.4.1 Alimentador.

Figura 3.2.5.1 Base del alimentador.

### 3.2.6 Módulo sensor del alimentador

Este módulo se usa para verificar si existen piezas en el alimentador (Figura 3.2.6.1) y se compone de los siguientes elementos:

- 1 Soporte
- 1 Sensor retrorreflexivo marca **IMO**, mod. SSC/AP3A, 10-30V y carga de 100 mA.
- Conector DIN de 5 pines 180°
- 1 Indicador naranja con foco
- 1 Resistor 2K2, ¼ W, 1%
- 1 Retrorreflector
- 2 Conectores banana rojo y negro

El haz de luz entre el sensor retrorreflexivo y el retrorreflector es interrumpido por las piezas dentro del alimentador.

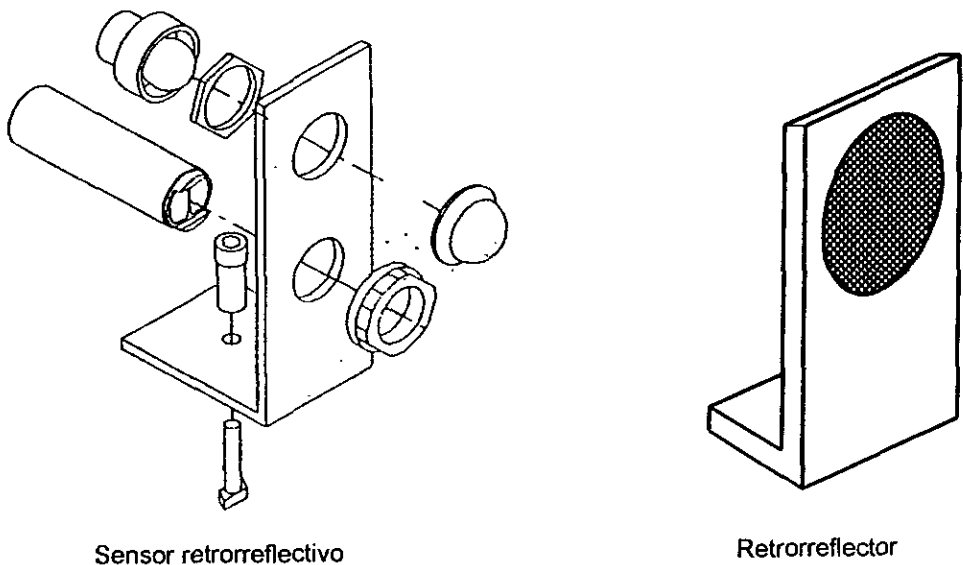


Figura 3.2.6.1 Módulo sensor del alimentador.

### 3.2.7 Sensor inductivo sobre la guía para piezas

Este módulo es básicamente un sensor inductivo de proximidad que crea un campo magnético interrumpido por la presencia de objetos metálicos (Figura 3.2.7.1). Cuando una pieza con cubierta metálica pase frente al sensor inductivo, provocará el cambio en el estado del sensor llevándolo de "0" a "1", entregando 5V como entrada.

El sensor inductivo es de la marca **IMO**, mod. **PE1/AP-2A**, de 10-30 V @ 200 mA., y viene montado sobre una guía para piezas, con un sujetador plástico y conector DIN de 5 pines.

### 3.2.8 Guía de Piezas

Las guías de las piezas son bases rectangulares de 4.5 x 2.5 cm que se usan para construir la ruta a seguir por los cilindros; y se colocarán a lo largo de la plataforma (Figura 3.2.8.1). Vienen con un tornillo plástico que permite sujetarlas fácilmente en las ranuras sobre la plataforma.

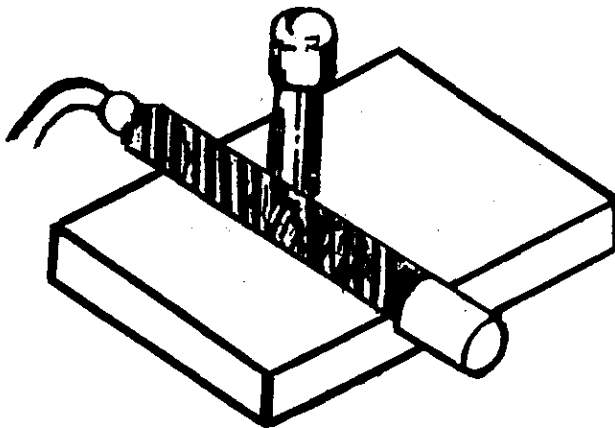


Figura 3.2.7.1 Módulo sensor inductivo.



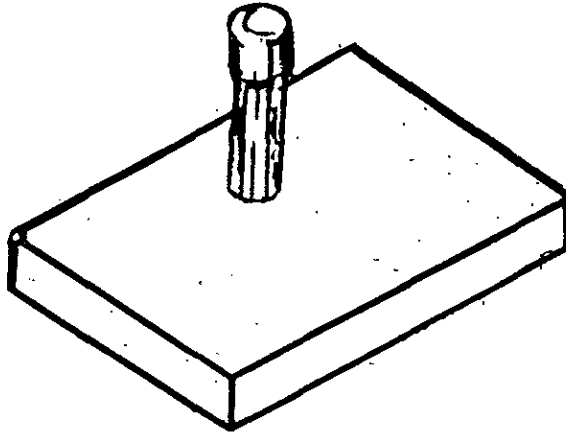


Figura 3.2.8.1 Guía de Piezas.

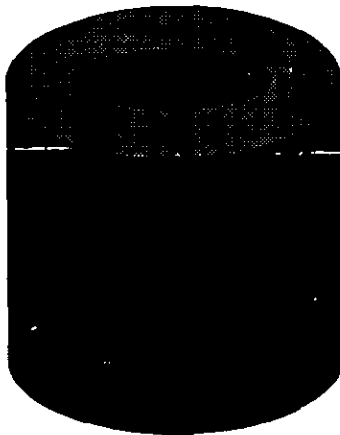


Figura 3.2.9.1 Pieza.

## CAPÍTULO 3

### 3.2.9 Piezas

Cada pieza es un cilindro de 25 mm. de diámetro, de tal forma que entren perfectamente por el alimentador y la base del mismo. Están hechos de plástico y un número de ellos tienen recubrimiento metálico (Figura 3.2.9.1). Estas piezas pueden representar contenedores, perforados ó no.

### 3.2.10 Plataforma

Es una plataforma de aluminio, Economatics, de 57 x 37 cm. de dimensiones, con 29 ranuras horizontales (Figura 3.2.10.1). Se usa para montar los módulos. Está diseñada para permitir que los módulos y las guías de piezas sean montados y removidos fácilmente sin necesidad de herramientas.

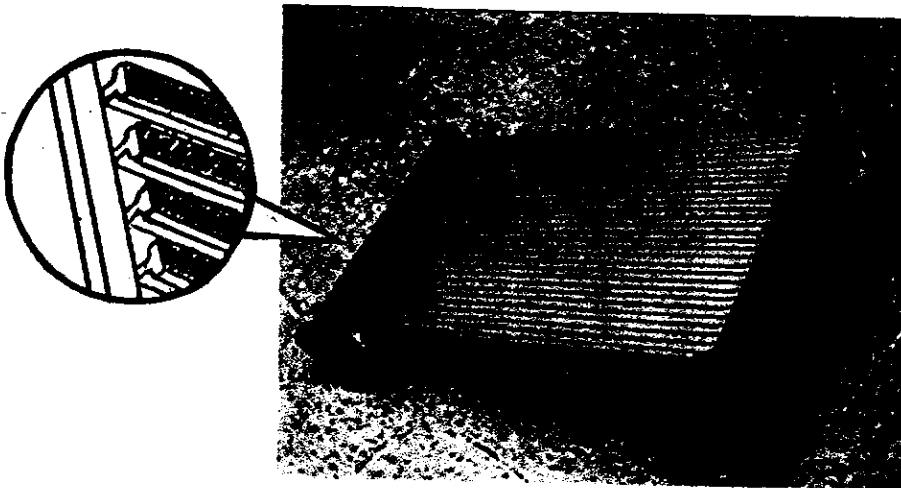


Figura 3.2.10.1 Plataforma.

### 3.2.11 Estación de procesos

La estación de procesos (Figura 3.2.11.1) consta de:

- 2 Cilindros de aire de 25 mm marca Parker (Srchrader Bellows), mod. M10-7102B-25 con especificación de presión máxima de 10 bar
- 2 Válvulas reguladoras de presión de aire
- 1 Cabeza de perforación
- 1 Sensor óptico RS 307-319
  - 1 Resistor 220 ohms, ¼ W, 1%
  - 1 Resistor 47 Kohms
  - 1 Conector DIN de 5 pines, 180°
  - 1 Cable de 4 hilos
- 1 Microinterruptor SS-5GL13 (5A / 125V - 3A / 250V)
  - 1 Cable de 8 hilos
  - 1 Conector DIN de 5 pines, 180°
- 1 Zumbador
  - 1 Cable 8 hilos
  - 2 Conectores banana rojo y negro
- 1 Indicador rojo
  - 1 Foco
  - 1 Cable 8 hilos
  - 2 Conectores banana rojo y negro

Las posibles funciones de la estación de procesos son las siguientes:

- Con el elemento del sensor óptico se puede detectar cuando las piezas pasan para ser perforadas o no.
- Sujetar una pieza adecuadamente antes de perforarla.
- Llevar un conteo de las piezas perforadas.
- Enviar una señal auditiva y visual anunciando que se va a perforar una pieza.

### CAPÍTULO 3

El sensor óptico al inicio de la estación de procesos detecta cuando un objeto es negro o blanco (este sensor tiene un rango de aproximadamente 3mm). Cuando una pieza blanca pasa bajo el sensor la salida cambia a '1' y a la entrada de sensores de la CCI a 5V.

El microinterruptor es un sensor mecánico usado para verificar que la pieza está sujeta adecuadamente. Cuando la pieza está segura se acciona el cilindro que la perfora.

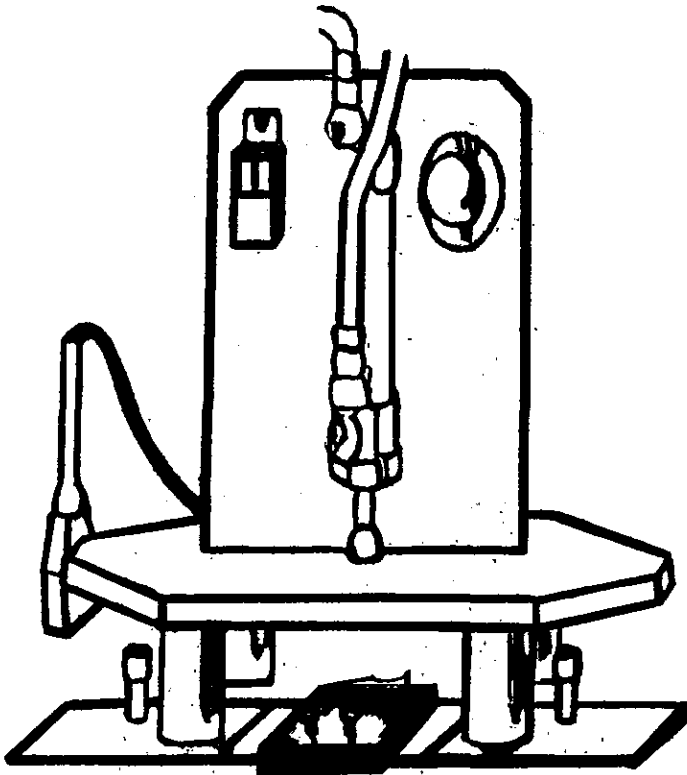


Figura 3.2.11.1 Estación de procesos.

### 3.2.12 Módulo de interruptor de botón

Este módulo es un interruptor de botón montado sobre una base (Figura 3.2.12.1). Se usa para activar un paro de emergencia y entrega 5V a la entrada de sensores de la CCI cuando se está operando.

Se compone de:

- 1 Soporte
- 1 Interruptor de botón
- 1 Conector DIN de 5 pines, 180°
- 1 Cable de 8 hilos
- 1 Tornillo "T"

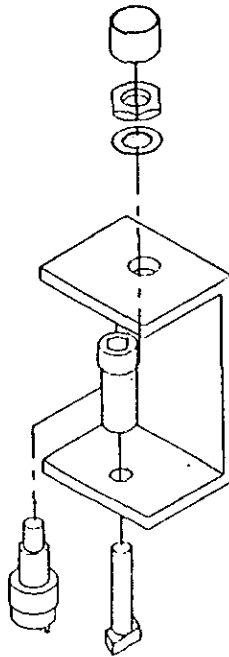


Figura 3.2.12.1 Interruptor de Botón.

### 3.2.13 Módulo de cilindro de aire del seleccionador

Este módulo es un cilindro de aire de 25mm montado en una base (Figura 3.2.13.1). Dos válvulas reguladoras de presión de aire están conectadas a los alimentadores de aire en los extremos del cilindro. Éste se usa para empujar las piezas.

Los componentes del módulo son:

- 1 Soporte
- 1 Bloque de acrílico
- 1 Cilindro de aire de 25 mm, marca Parker (Srchrader Bellows), mod. M10-7102B-25 y especificación de presión máxima de 10 bar
- 2 Válvulas de ajuste
- 2 Tornillos de ajuste

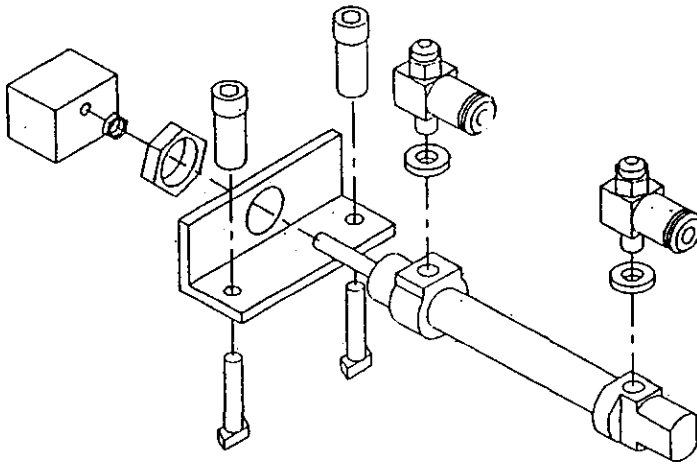


Figura 3.2.13 Módulo de cilindro de aire del seleccionador.

### 3.2.14 Módulo de despliegue de siete segmentos

Éste módulo esta conectado a las ocho salidas TTL de la CCI y se usa para desplegar un número de un dígito (Figura 3.2.14.1). Dicho número puede representar cualquier variable dependiendo del programa de control (puede ser la cuenta de las piezas metálicas, la cuenta de las piezas seleccionadas, etc.).

Los componentes del módulo son:

- 2 Partes de soportes
- 1 PCB (Circuito impreso)
  - 1 Display de siete segmentos
  - 8 Resistores de 600 ohms,  $\frac{1}{4}$  W, 1%
  - 1 Cable arcoiris de 9 hilos codificado con conectores banana de 2 mm y un conector banana de 4 mm color negro
- 2 Conectores DIN 5 pines, 270°
- 1 Placa para el despliegue de siete segmentos
- 2 Clip para cable arcoiris
- 1 Tornillo "T"

Las conexiones para este módulo se muestran en la tabla 3.2.14.1

La tabla 3.2.14.1 muestra qué hilo está conectado a cuál segmento del despliegue. Cualquier dígito entre 0 y 9 inclusive puede ser desplegado iluminando los segmentos adecuados. Los segmentos se activan con un voltaje de 5V desde el hilo correspondiente. Por ejemplo, para desplegar el dígito '1' los segmentos b y c deben iluminarse enviando 5V a través de los hilos rojo y naranja.

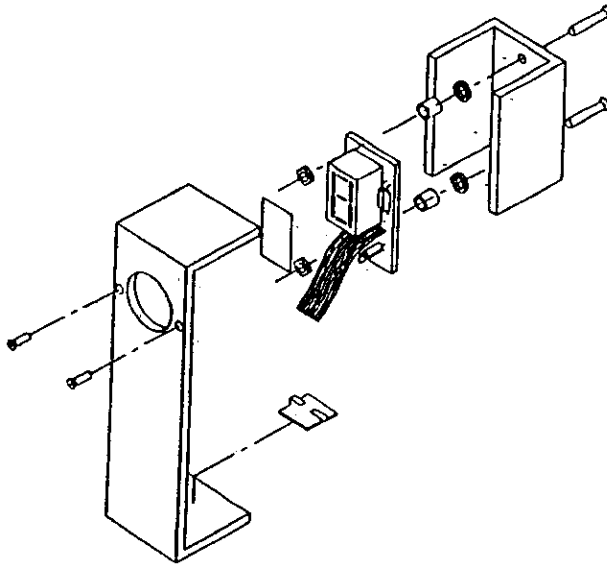
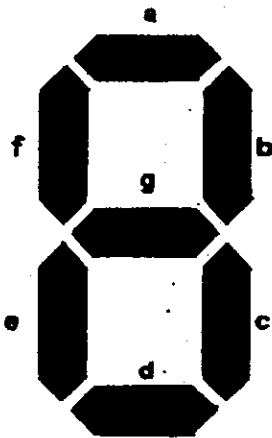


Figura 3.2.14.1 Módulo de despliegue de siete segmentos.



Salida TTL No.	Segmento del Despliegue	Color del Cable
0	A	Café
1	B	Rojo
2	C	Naranja
3	D	Amarillo
4	E	Verde
5	F	Azul
6	G	Púrpura
7	No usado	

Tabla 3.2.14.1 Guía de conexiones del despliegue de siete segmentos.



### 3.2.15 Módulo de sensor retrorreflectivo cuadrado

Se tienen dos módulos idénticos, para detectar las piezas que pasan por alguna parte del proceso (Figura 3.2.15.1). Cuando una pieza es empujada en medio del módulo del sensor y el retrorreflector, el haz de luz se interrumpe y la salida del sensor cambia del estado "0" al "1" llevando a la entrada de sensores de la CCI 5V. Este sensor es similar al sensor retrorreflectivo de la sección 3.2.6 .

El módulo se integra con los siguientes elementos:

- 1 PCB (Circuito impreso)
  - 1 Resistor de 1 Kohm, ¼ W
  - 1 Resistor de 47 Kohm, ¼ W
  - 1 Resistor de 100 Kohm, ¼ W
  - 1 Transistor BC184L
  - 1 Diodo 1N4448
  - 1 Capacitor de 0.1 microfaradios ~ 5V
  - 1 Opto interruptor
- 1 Cable de 4 hilos
- 1 Conector DIN de 5 pines, 180°
- 1 Soporte cuadrado
- 1 Tornillo "T"
- 1 Abrazadera para cable
- 1 Tubo acrílico de 15 mm de diámetro

### 3.2.16 Fuente de poder

Se requiere de una fuente de 12V DC, con una capacidad mínima de 3Amp. de corriente (No incluida en el KIT).

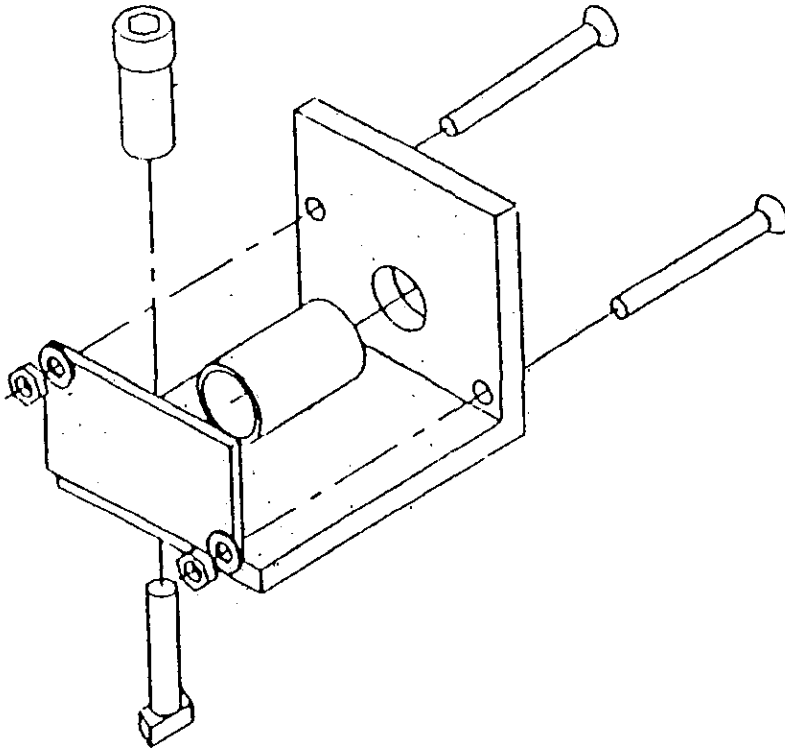


Figura 3.2.15.1 Módulo sensor retroreflectivo cuadrado.

### 3.2.17 Mangueras

Se consideran aproximadamente 8 m de manguera para aire de 1/8 " de diámetro para realizar las conexiones neumáticas. Los tramos de manguera se cortarán de acuerdo a la distancia existente entre los cilindros de aire y el banco de ocho válvulas solenoides; a la implicación de la ruta propuesta en el proceso de simulación y a la localización del compresor utilizado.

## CAPÍTULO 4. SOFTWARE

### 4.1 SOFTWARE PARA SIMULACION INDUSTRIAL

Características, ventajas y desventajas

Una parte complementaria del PLC es el software para monitoreo de las variables que se generan y procesan en el PLC.

El software es instalado en una computadora, de preferencia de uso industrial porque se necesita que trabaje 24 horas los 365 días del año. Ésta computadora se conecta al PLC, y a través de una interface recibe y envía señales al PLC.

La empresa Allen-Bradley ha desarrollado diferentes modelos de software para simulación industrial. Uno de ellos es el "ADVISOR", después salió el "CONTROL-VIEW", "PANEL-VIEW". Posteriormente surgió el "RS-VIEW32" el cual se trabaja en ambiente Windows.

En si todos los software tienen el mismo objetivo, la diferencia es que conforme se han desarrollado nuevas versiones se ha ido realizando mejoras para facilitar la configuración y manejo al usuario.

El objetivo que se persigue con la utilización de éste tipo de software es crear pantallas que simulen las condiciones en que está operando un proceso y poder monitorear cada variable que interviene en un lugar semejante al de trabajo donde está operando; con éstas ventajas, incluso se puede colocar una fotografía en la pantalla con las variables a controlar y monitorear. La presentación final depende de los recursos con que se cuenta para el desarrollo del proyecto, pero los resultados esperados son muy similares.

Con éste mismo software se puede incluir otros que manejan tendencias de una variable y poder graficarlas para monitorear las condiciones en que se ha operado un proceso y tratar de realizar mejoras en base a estos resultados. También se puede

## CAPÍTULO 4

tener señales de alarma para registrar cuando una variable exceda los límites permitidos, y así tomar una acción correctiva para evitar daños al equipo.

El proceso para integrar un sistema y monitorear lo que hace el PLC es de la siguiente manera:

- 1) Desarrollo de pantallas con gráficos que simulan la planta.
- 2) Generar la base de datos.
- 3) Interconectar la base de datos con las pantallas de control
- 4) Interconexión del software de simulación con el PLC.
- 5) Pruebas de comunicación.

### 4.1.1 Desarrollo De Pantallas

Consiste en realizar una simulación gráfica de lo que es el proceso que se va a controlar. Para su realización el software cuenta con una serie de herramientas que nos apoyan a darle la presentación deseada a nuestra pantalla. Con éste tipo de software se puede integrar cualquier sistema, esto también depende de la habilidad del integrador del sistema en el manejo y aplicación para realización de dibujos.

El software es muy amigable y por lo general nos presenta ayuda para cualquier duda que se tenga. Éste es el primer paso para monitorear nuestra planta.

Hasta aquí solo se ha hecho lo que sería la fotografía de la planta. Si en un momento dado se desea dar una mayor presentación a la pantalla, se puede hacer uso de un scanner para insertar una fotografía real de la planta a controlar.

## CAPÍTULO 4

### 4.1.2 Base De Datos

La base de datos nos sirve para traer y llevar al PLC todos los valores de las variables a controlar.

Es en la base de datos donde se crean las etiquetas o TAGS que se utilizarán para llevar los valores a la pantalla donde se realizó el gráfico de la planta.

Cada TAG corresponde a un valor digital o analógico del PLC. Por ejemplo si en el programa en escalera se tiene una entrada identificada como I: 013/01 que corresponde al arranque de una banda, entonces se tiene que crear un TAG. A éste TAG se le da un nombre de identificación y la dirección en la que se localiza la variable que se pretende monitorear. Por lo general y para una fácil identificación del TAG, a éste se le da un nombre relacionado con la variable que se está controlando. En éste caso por ejemplo se le puede llamar "arranque de banda", y es en éste TAG donde se almacena el estado de la entrada I: 013/01.

Lo mismo se tiene que hacer si se desea enviar una variable de salida.

Para las variables analógicas, que por lo general se usan en los lazos PID, se pueden manipular y monitorear los estados de la variable de control (PV), del set point (SP), del valor de la válvula de control (CV).

Con la PV se monitorea la magnitud de la variable que se desea controlar ya sea velocidad, peso, presión, temperatura, etc. Ésta es una variable de entrada a la computadora.

Con el SP se envía señal al PLC con el valor en el cual se quiere controlar el PID cuando el lazo se encuentra en modo automático. Ésta es una variable de salida de la computadora al PLC.

## CAPÍTULO 4

A través de la CV se puede ordenar al PLC aumentar o disminuir el valor de salida del PID hacia el elemento final de control, por lo general se maneja en porcentaje del 0 al 100% y con señal de 4 a 20 miliamperes, cuando el lazo está en manual es una señal de salida al PLC. Cuando el lazo está en automático solo se puede monitorear, por lo que es señal de entrada a la computadora.

### 4.1.3 Interconexión de la base de datos con la pantalla

Una vez que se ha generado la base de datos con todos los TAGS de monitoreo, el siguiente paso es colocar en cada punto de control marcado en la pantalla el nombre del TAG correspondiente, esto es para poder ver en la pantalla el valor de cada TAG definido para el control. Una vez que se ha colocado todos los TAGS requeridos en la pantalla, se procede a realizar una prueba en la que debe de corresponder cada variable monitoreada o controlada en la computadora con la que está utilizando el PLC.

En un momento dado que por alguna circunstancia se dañara la computadora o que se perdiera la comunicación, el PLC continúa realizando todas sus operaciones de control pero nosotros no podemos ver lo que está pasando en él. Éste software se puede considerar que son nuestros "ojos" que nos ayudan a ver lo que está pasando en el interior el PLC, y que si estos "ojos" fallan, el proceso se tiene que detener porque no tenemos acceso a monitorear ni a realizar acciones de control.

### 4.1.4 Comunicación de la computadora con el plc

La interfaz de comunicación entre el PLC y la computadora puede ser una tarjeta de comunicación que se inserta en uno de los slots disponible de la computadora o también puede ser externa y se conectaría entre la computadora y el PLC. Obviamente que cualquiera que sea el método, se tiene que realizar la configuración correspondiente para indicarle al sistema por que medio se está comunicando.

Éste software tiene muchas ventajas como su fácil manejo y el ser muy amigable con el usuario. Con éste sistema reducimos a una pantalla de computadora lo que eran grandes paneles de control que eran poco flexibles.

Dentro de todas las bondades que tiene el sistema, la única desventaja que se le puede señalar es el hecho de que la inversión inicial es alta, al igual como sucede con el PLC.

Al realizar la inversión se tiene que tomar en cuenta también las futuras innovaciones en el equipo así como modernizaciones del equipo. Al comprarlo se tiene que verificar que no sea una versión atrasada u obsoleta.

### **4.1.5 Aplicación del RS-VIEW32 para el control de proceso**

#### **4.1.5.1 Como crear los tags**

##### **Tags y la base de datos**

En la Base de Datos de los TAGS se define la variable que se quiere monitorear en la pantalla diseñada en RS-VIEW32. Cada variable de la Base de Datos se conoce como TAG. Un TAG es un nombre lógico para una variable en un dispositivo o en una memoria local. Por ejemplo, un TAG puede representar una variable de un proceso en un Controlador Programable (PLC).

El valor actual del TAG, cuando es requerido, se actualiza tomándolo del PLC y se almacena en la memoria de la computadora del control del proceso y queda disponible para ser utilizado por el software de monitoreo RSView32. Por ejemplo, los gráficos de control requieren valores actuales del TAG (en tiempo real) para realizar actividades de animación de objetos, actualizar gráficas de tendencias, monitorear alarmas comparando los valores actuales del TAG con valores límite predeterminados, crear un registro histórico de los parámetros de operación del proceso.

**Tipos de tags**

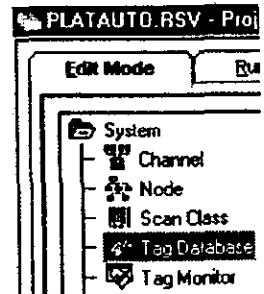
El RS-VIEW 32 puede utilizar los siguientes tipos de TAGS.

TAG	TIPO DE DATO ALMACENADO
Analógico	Valores de rango. Estos TAGS pueden representar el valor de una variable como temperatura, posición de un controlador, velocidad, etc.
Digital	Solo pueden ser 0 ó 1. Estos TAGS representan dispositivos que sólo pueden ser ON / OFF, tales como switches, contactos, y relevadores.
Sistema	Ésta información es generada cuando el sistema está corriendo como son información de alarmas, estado de la comunicación, fecha y hora del sistema, y algunas otras.

**Editor de tags de la base de datos**

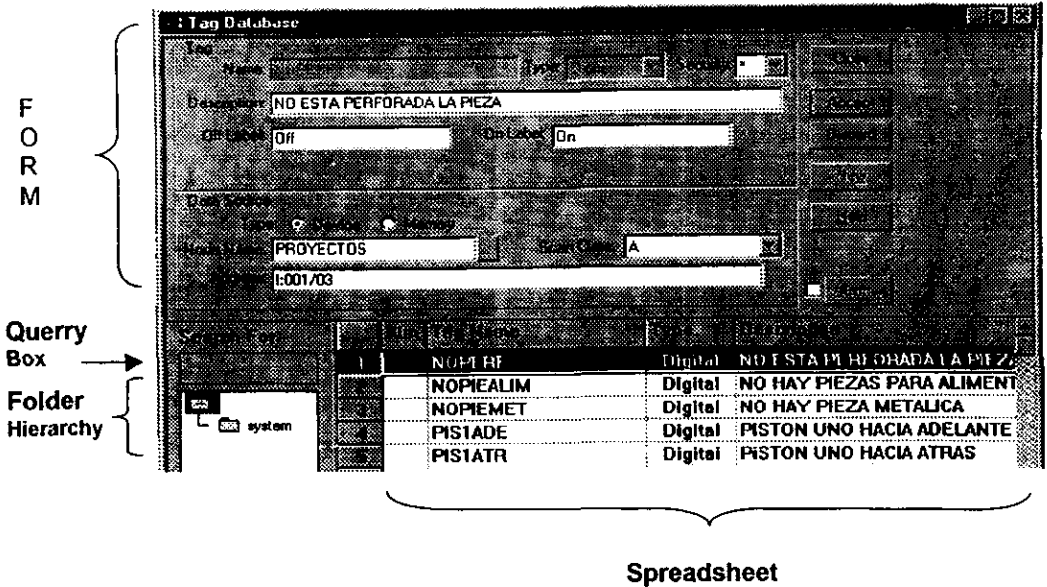
Para abrir el Editor de TAGS de la base de datos:

- 1) En el Project Manager , se abre el folder System.
- 2) Abrir el folder de Tag Database.



La pantalla del editor Tag Database tiene las siguientes partes: forma (form), caja de información (query box), folder de jerarquía (folder hierarchy), tabla extendida (spreadsheet).





Pantalla de Base de Datos.

**USO DE FORM.-** Sirve para dar de alta un TAG. En la parte superior de Form se define las características básicas del TAG, tales como su nombre, tipo, si es de seguridad, y especificaciones relacionadas con el tipo del TAG. En la parte inferior de Form se define la fuente de la variable (de donde vienen los TAGS).

**USO DE QUERY BOX.-** El uso de query box es para seleccionar los TAGS que se desea desplegar en el Spreadsheet. Esto permite editar los TAGS en diferentes folders.

**USO DE FOLDER HIERARCHY.-** El hierarchy y el spreadsheet trabajan relacionados. El hierarchy muestra los folders de TAGS y el spreadsheet muestra los TAGS que contiene el folder.

**CONFIGURACIÓN DE UN TAG ANALÓGICO.-** Para configurar un TAG analógico se realizan los siguientes pasos:

## CAPÍTULO 4

- 1) Seleccionar el TAG en la parte donde se pide el nombre del TAG (name)
- 2) En Type seleccionar el tipo del TAG, en éste caso se selecciona el analógico.
- 3) El resto de las instrucciones es para dar las características que identifican al tipo de TAG seleccionado.

The screenshot shows a software window titled "Tag Database" with a dark title bar. The window contains several input fields and buttons. At the top, there is a "Tag" section with "Name" set to "TEMPHOR", "Type" set to "Analog", and "Security" set to a lock icon. Below this is a "Description" field containing "MONITOREO DE TEMPERATURA EN EL INTERIOR DEL HORNO". The "Minimum" field is "0", "Scale" is "1", "Unit" is "GRADOS CENT.", "Maximum" is "100", "Offset" is "0", and "Data Type" is "(Default)". The "Data Source" section has "Type" with radio buttons for "Device" (selected) and "Memory". Below that, "Node Name" and "Address" fields are empty, and "Scan Class" is set to "A". On the right side, there are buttons for "Done", "Accept", "Discard", "Help", and "Cancel".

### Configuración de un tag analógico.

**SEGURIDAD.-** Se utiliza para restringir el acceso a un determinado TAG. Así se evita que cualquier usuario modifique un TAG.

**DESCRIPCIÓN.-** Es para describir el TAG. Puede ser la actividad que realiza o el lazo de control al que pertenece.

**MÍNIMO Y MÁXIMO.-** Aquí se definen los límites mínimo y máximo dentro de los cuales se puede enviar la información al PLC.

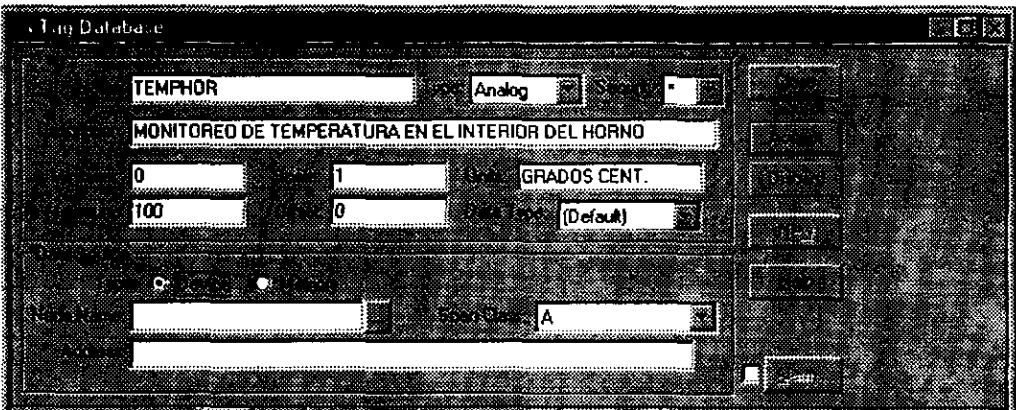
**SCALE Y OFFSET.-** La escala es un factor de multiplicación, el factor por el cual se multiplica un valor que viene del PLC. El offset es un factor fijo, un valor que se suma al dato que envía el PLC.

**UNITS.-** Sirve para especificar las unidades del TAG, tales como galones, libras, minutos, segundos.

## CAPÍTULO 4

**CONFIGURACIÓN DE UN TAG DIGITAL.-** Para configurar un TAG digital se realizan los siguientes pasos.

- 1) Seleccionar el TAG en la parte donde se pide el nombre del TAG (*name*)
- 2) En Type seleccionar el tipo del TAG, en éste caso se selecciona el digital.
- 3) El resto de las instrucciones es para dar las características que identifican al tipo de TAG seleccionado.



**Pantalla para un TAG digital.**

**SEGURIDAD.-** Se utiliza para restringir el acceso a un determinado TAG. Así se evita que cualquier usuario modifique un TAG.

**DESCRIPCIÓN.-** Es para describir el TAG. Puede ser la actividad que realiza o el lazo de control al que pertenece.

**ETIQUETA ON Y OFF.-** Aquí se describe el estado del TAG, OFF cuando el valor es cero, y ON cuando el valor es uno.

### 4.1.5.2 Desarrollo de pantallas de control

Una pantalla de control le muestra al operador una vista de la actividad de la planta que está controlando. La pantalla puede mostrar datos del sistema o proceso y da al operar una vía para escribir valores en dispositivo externo tales como un controlador programable (PLC). Los componentes que integran una pantalla de control se conocen como objetos gráficos, y pueden ser:

- Creados en el editor Graphic Display
- Importados de alguna librería de ayuda que contiene el sistema.
- Copiados de alguna otra aplicación de Windows

Para iniciar el diseño se abre la pantalla Graphic Display, realizando los siguientes pasos:

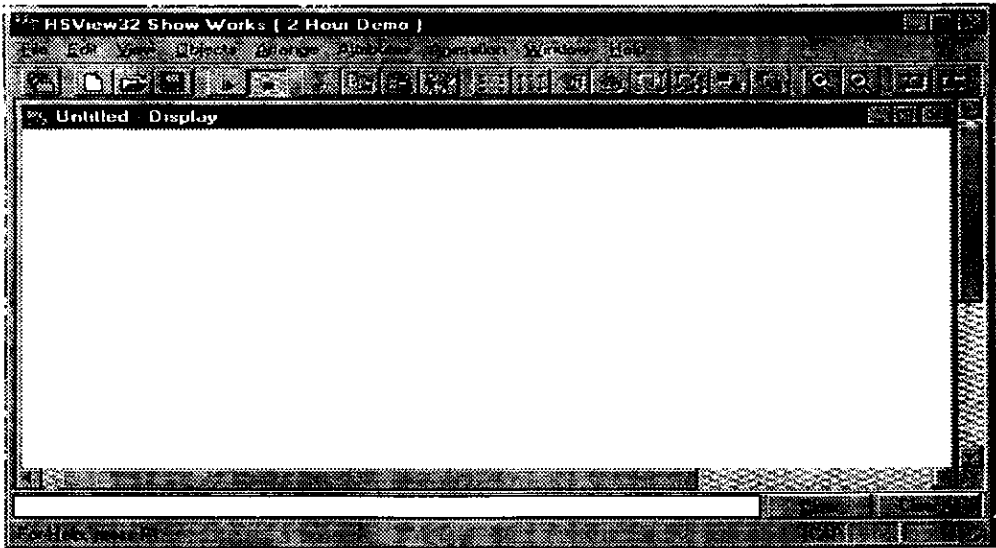
- 1) En el Project Manager se abre el folder Graphics.
- 2) Abrir el archivo Graphic Display

El editor Graphic Display contiene las siguientes partes importantes:

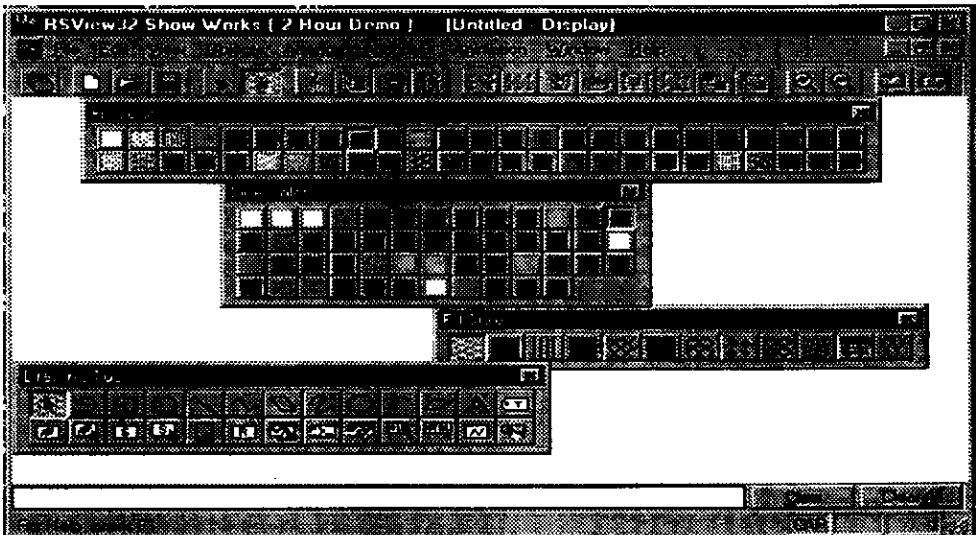
**TOOLBAR.-** Contiene los botones con los menús usados comúnmente. La figura muestra sólo una barra de heramientas, pero además se tiene barra de herramientas para dibujo, colores de línea y de relleno. Se selecciona cada barra de herramienta según la actividad que se está realizando.

**DRAWING AREA.-** El área de dibujo es donde se realizan las pantallas de control. Aquí es donde se aplica el ingenio para desarrollar una gráfico que sea lo más parecido a la planta real. Se tiene una serie de herramientas para seleccionar figuras, colores. También se cuenta con librerías que contienen gráficos prediseñados para facilitar la elaboración de una pantalla. En la siguiente pantalla se muestra la forma inicial para realizar el dibujo de la planta y algunas de las barras de herramientas con que cuenta el sistema.

## CAPÍTULO 4



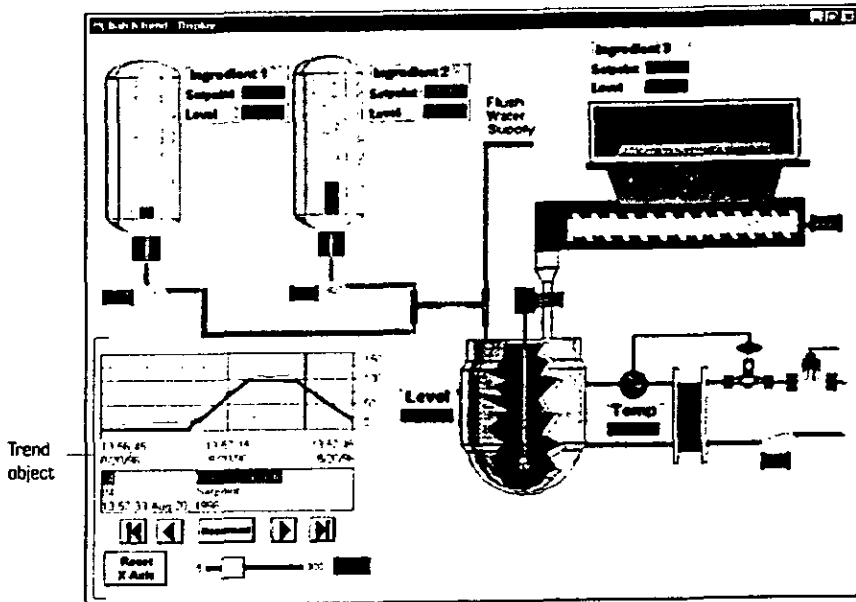
Pantalla inicial para realizar el dibujo de la planta.



Pantalla que muestra algunas barras de herramientas.

## CAPÍTULO 4

En la figura siguiente se muestra una pantalla de control de un proceso en la que se puede apreciar el gráfico de la planta, los TAGS con las variables y set point de nivel, temperatura, una gráfica que indica el comportamiento del proceso.



Pantalla de control de un proceso.

## 4.2 SOFTWARE PARA EL DESARROLLO DEL PLC

Características, ventajas y desventajas

### 4.2.1 Introducción.

Como ha ocurrido con la regulación, el desarrollo del control secuencial ha sufrido una gran evolución desde sus inicios. La evolución ha sido más patente y aguda en lo referente a los equipos y dispositivos mediante los cuales se ha implantado el control secuencial en los procesos industriales.

La estructura funcional del control secuencial es: se extrae información del proceso mediante una serie de sensores, cuya información es utilizada por una unidad lógica de tratamiento para determinar las órdenes que se suministran a los actuadores, tal como se representa en la figura 4.2.1.1.

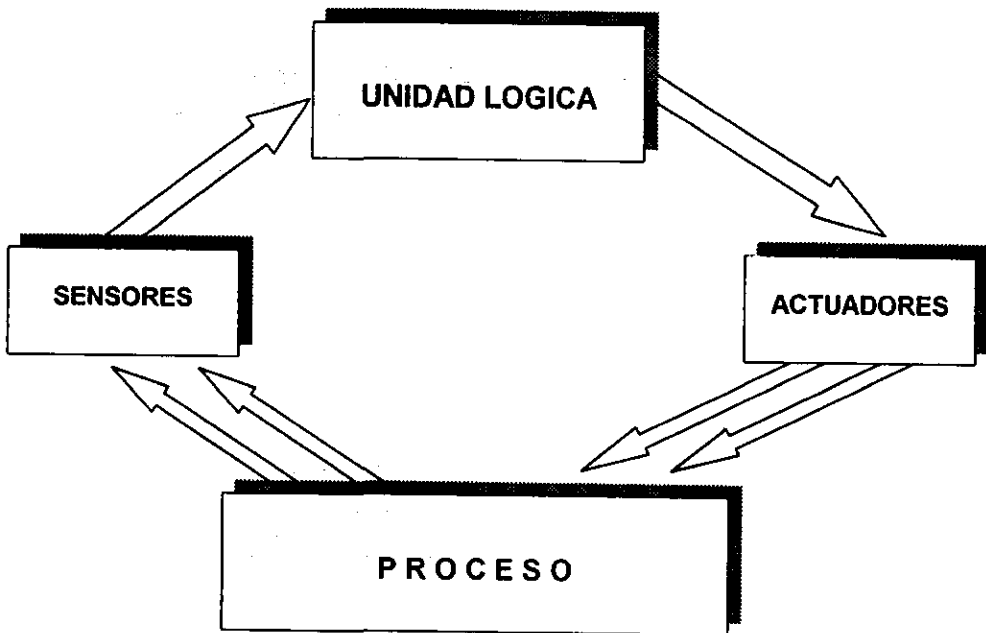


Figura 4.2.1.1 Estructura básica del comportamiento del control secuencial.

## CAPÍTULO 4

Puesto que los actuadores suelen consumir potencias elevadas, a veces no son activados directamente por la unidad lógica, sino por medio de contactores o elementos similares.

Inicialmente, la unidad lógica de tratamiento se construyó mediante relés, controlando su apertura o cierre. Se conectaban en serie o en paralelo.

Con la aparición de los circuitos integrados que realizan las funciones de AND y OR, se aumentó la velocidad en que se realizan estas funciones, además de contar con unidades de **registro, contadores y temporizadores**.

La llegada de los microprocesadores aparece como alternativa rentable a la lógica cableada existente, configuran la lógica programada. El automatismo no está implementado por una interconexión de componentes básicos mediante cables, sino por una sucesión de instrucciones que se almacenan en la memoria interna de la máquina y que, normalmente, se introducen por un teclado. La lógica programada está ligada íntimamente con el secuenciador que asocia al automatismo la noción de ejecución paso a paso. A cada etapa de funcionamiento o paso se le asocia una unidad tecnológica o memoria de etapa. El secuenciador asocia linealmente las etapas, con la ventaja de que el ciclo se desarrolla en el orden previsto, ya que no se pasa al módulo siguiente mientras no haya sido validado el anterior.

En el mercado hay dos tipos de máquinas para la realización de automatismo mediante lógica programada:

- 1) Los computadores, de cualquier capacidad
- 2) Los controladores lógicos programables (PLC)

La estructura interna de ambos es, prácticamente, la misma. La diferencia esencial estriba en que, mientras la computadora emplea lenguajes informáticos, el PLC usa un



## CAPÍTULO 4

lenguaje concreto para la definición y tratamiento de acciones lógicas, ejecutadas según la secuencia deseada.

### 4.2.2 Características de un PLC

Se puede definir a un controlador lógico programable como una máquina electrónica, de fácil programación, destinada a cumplir funciones de automatismos lógicos, en ambiente industrial y tiempo real.

Los PLC además de realizar funciones lógicas, también realizan cálculos numéricos, la regulación de PID y Servocontroles de posición.

A continuación se mencionará algunas características que sirven para la identificación de un PLC.

#### **Ficha de identidad**

Constructor original y proveedor nacional.

#### **Modelo del PLC**

Serie del equipo, no conviene escoger equipos con serie que resulte ya obsoleta.

Documentación técnica disponible e idioma.

#### **Tecnología empleada**

Tipo y tamaño de la memoria, y si se puede aumentar.

Alimentación.- Tensión y frecuencia. ¿Qué sucede si falla la alimentación y que protecciones existen?.

Condiciones ambientales.- Temperatura de trabajo, humedad de trabajo.

Presentación.- Tamaño de tarjetas.

Comunicación entre tarjetas.- Tipo de bus para la comunicación entre el procesador, las tarjetas de entrada y salida y la memoria.

## CAPÍTULO 4

### Órganos de comunicación externa

Número mínimo y máximo de entradas/salidas y bloques de entrada/salida.

Características de las entradas/salidas digitales.

Entradas y salidas analógicas, número y tamaño de los módulos.

Entradas y salidas especiales, conexión con otros PLC, conexiones a periféricos.

### Lenguajes de programación

Juego de instrucciones básicas para lógica.

Instrucciones especiales.- Lazo, salto y subrutinas.

Tratamiento numérico.- Comparaciones, modos de direccionamiento. En la figura

4.2.2.1 se muestra una hoja de especificaciones para una familia de PLC-5 de la marca

Allen-Bradley.

I/O capacity (any max)	4096
Maximum number of I/O racks <sup>1</sup>	32 (remote and local)
Compatible types of I/O modules	<ul style="list-style-type: none"><li>• 1771</li><li>• 1746</li><li>• 1791</li><li>• 1794</li><li>• products with built-in remote I/O adapter</li></ul>
Memory capacity (in 16-bit words)	<ul style="list-style-type: none"><li>• Each RM: 128K or 384K</li><li>• Each LP: 256K, 512K, 1M, or 2M</li><li>• Each RS: 8K</li></ul>
Memory type	Battery-backed RAM
Program scan time	<ul style="list-style-type: none"><li>• 0.5ms/Kwords minimum</li><li>• 2ms/Kwords typical</li></ul>
I/O scan time/rack (in a single chassis)	<ul style="list-style-type: none"><li>• 5ms Extended Local</li><li>• 9ms @ 57.6k bit/s</li><li>• 5ms @ 115.2k bit/s</li><li>• 3ms @ 230k bit/s</li></ul>
Number Selected Timed Interrupts	8 per logic-processor module
Number Independent Background Programs	4 per logic-processor module

<sup>1</sup> I/O rack — an I/O addressing unit that can contain a maximum of 128 I/O with unique addressing of I/O modules or 256 I/O with duplicate addressing of I/O modules.

Figura 4.2.2.1 Especificaciones de una familia de PLC de Allen-Bradley.

## CAPÍTULO 4

Contadores.- Juego de instrucciones sobre su contenido, número mínimo y máximo.

Temporizadores.- Número y límites de tiempo, instrucciones de programación y puesta en marcha.

### 4.2.3 Criterios de elección

El objetivo es disponer de unos criterios para apreciar la calidad del material y seleccionar el equipo más apropiado. En el momento de elegir un PLC se tiene que tener en cuenta lo siguiente:

- Características de los productos.- Se obtienen de los fabricantes.
- El objetivo.- Si se trata de la automatización de un proceso o de una máquina.
- Las especificaciones.- Según las necesidades que se tenga para la automatización.

Los criterios de elección resultantes son:

**CRITERIOS FUNCIONALES.**- Es la capacidad que tiene el PLC basado en el tipo y número de entradas y salidas necesarias. También se debe de tomar en cuenta la velocidad de ejecución de las instrucciones, tiempo de generación de las señales de salida, entre otras.

**CRITERIOS TECNOLÓGICOS.**- El PLC debe de ser capaz de interpretar cualquier tipo de señal de un sensor, sean de cualquier tipo. También las salidas para accionar los actuadores deben de ser rápidas y de acuerdo al actuador que se tenga.

**CRITERIOS OPERACIONALES.**- Si el proceso está repartido por varios lugares, debe procurarse colocar las interfaces lo más cerca posible de los lugares de medida. También se debe pensar en cambios futuros en la ampliación y modernización del material, hay que tener en cuenta la evolución para evitar realizar cambios drásticos.

### 4.2.4 Programación del PLC

Una parte esencial de un PLC es el dispositivo de programación, que también se llama **terminal de programación**, o solamente programador. Algunos PLC están equipados con un dispositivo de programación dedicado construido por la misma compañía que fabrica el PLC, pero en muchas instalaciones el dispositivo de programación es una computadora de escritorio o portátil con tarjeta de interfaz de comunicación instalada en una ranura de expansión. Un cable de comunicación serial conecta la tarjeta de interfaz con el procesador del PLC, como se muestra en la figura 4.2.4.1. Con un software especial instalado en el disco duro de la computadora, las pulsaciones en el teclado de la computadora representan instrucciones del programa de usuario que son convertidas en el código apropiado por la tarjeta de interfaz. De allí pasan por el cable de comunicación al procesador. El software del fabricante del PLC presenta ayudas que facilitan su programación. También despliega en la pantalla varios escalones del programa de lógica en escalera, como se sugiere en la figura 4.2.4.1. Esto permite al usuario observar la ejecución del programa escalón por escalón. Posteriormente, cuando el programa esté en funcionamiento, la pantalla será de ayuda para la localización de fallas y edición del mismo.

En la mayoría de los sistemas de PLC el dispositivo de programación es una computadora personal (PC) con sus periféricos: teclado y pantalla.

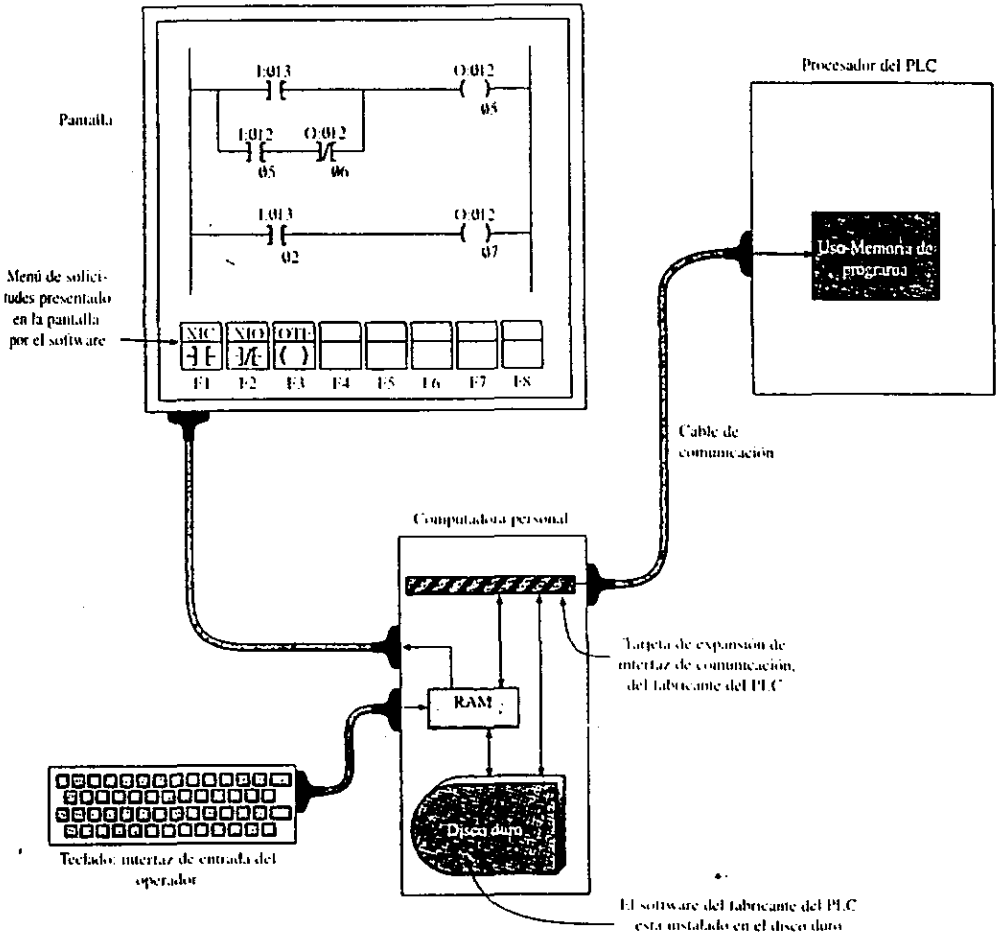


Figura 4.2.4.1 Dispositivo de programación.

### 4.2.5 Ingreso del programa

Con el procesador en el modo de programación (es decir, fuera del modo de ejecución), el usuario ingresa el programa en la memoria del procesador por medio del teclado. Las teclas de función (teclas F) de la hilera superior del teclado se usan para ingresar las instrucciones específicas del PLC, de acuerdo con el código para las teclas mostrado en la figura 4.2.5.1. No es necesario memorizar éste código pues el software del PLC presenta la imagen en la pantalla de la PC cuando una instrucción ésta a punto de ser ingresada. Como es evidente en la figura 4.2.5.1, solo hay nueve instrucciones de PLC disponibles en el menú de instrucciones básicas. Éstas son las nueve instrucciones de uso más frecuente de entre las decenas que tiene un PLC moderno.

Las instrucciones menos usadas están disponibles por medio de la tecla **F10** **TODAS LAS DEMÁS**. La pulsación de la tecla **F10** trae un menú diferente a la pantalla, que guía a la clase de instrucciones que se están buscando (instrucciones para cálculo matemático, comparación de valores, lectura y escritura de datos analógicos DE/AL bastidor de E/S, y muchas otras). En general las teclas F permiten al usuario navegar por los menús del software del PLC. En el teclado, las teclas numéricas del 0 al 9 se usan para ingresar las direcciones que acompañan a las instrucciones. Las teclas numéricas también se usan para ingresar los valores iniciales de los datos variables. Toda la información del programa se presenta en formato de lógica de escalera en la pantalla conforme se ingresa en el teclado.

El fabricante del PLC pone automáticamente éste menú en la pantalla.

```

Press a function key, type a mnemonic, or [PgUp]/[PgDn].
(File 2: Rung 0)
Rem Prog   Forces:None      Edits:None      Instr:Append 5/15 File TESIS
XIC        XIO        OTE        OTL        OTU        TON        CTU        CPT        CMP        Others
--} {-- --}/ {-- --( )-- --(L)-- --(U)--
  F1        F2        F3        F4        F5        F6        F7        F8        F9        F10
    
```


Figura 4.2.5.1 Menú de instrucciones básicas.


## CAPÍTULO 4

Hay un orden establecido en el que la información del programa debe ingresarse. El orden preestablecido, así como los detalles sobre la secuencia de teclas exacta, difieren entre los diferentes fabricantes de PLC, y aun entre los distintos modelos del mismo fabricante. Dado que se intenta mostrar algunos ejemplos de secuencias de teclas para ingresar escalones en un programa de usuario, debe escogerse un fabricante y un modelo particular para ejemplificar. Se escoge el modelo PLC 5/15 de la compañía Allen-Bradley. Éste es un modelo avanzado de controlador lógico programable, y es capaz de manejar la mayoría de las aplicaciones de control industrial.

La regla principal para el ingreso del programa de usuario es que la información relacionada con un escalón de instrucciones debe ingresarse antes de comenzar con el siguiente escalón de instrucciones. Dentro de un escalón de instrucciones, el orden requerido es demostrado en los siguientes nueve pasos. Para ser concretos, se relacionará la secuencia de teclas de ingreso de programa con el escalón de instrucciones de la figura 4.2.5.2.

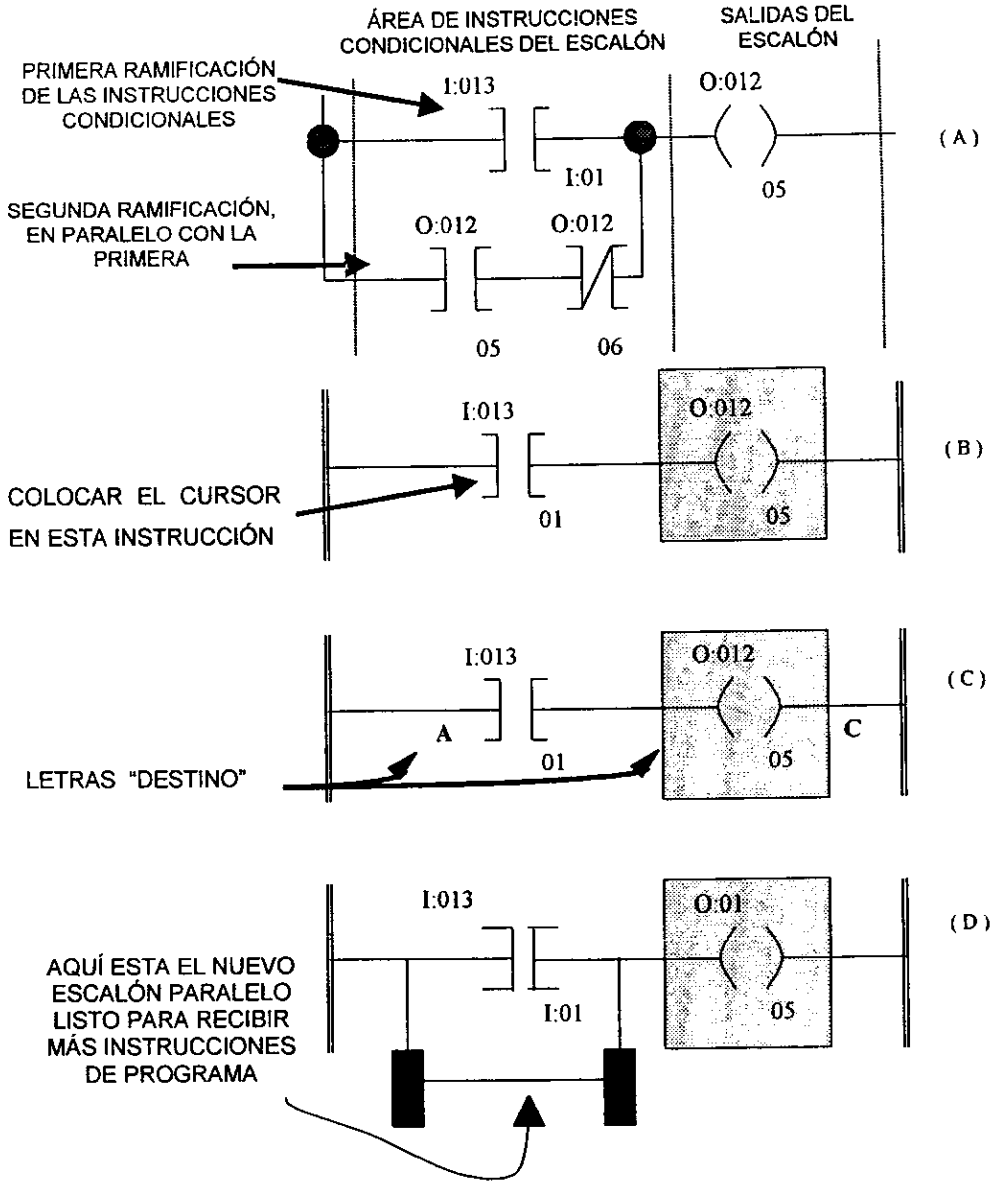
Siguiendo las instrucciones dadas en el manual de instrucciones de Allen-Bradley, debe tenerse el menú apropiado en la pantalla, es decir el menú de edición de escalón.

1) Usar la tecla  (flecha abajo) para colocar el cursor en la línea fin de archivo (línea inferior) de la pantalla de lógica en escalera.

2) Pulsar la tecla de función  , que es para **INSERT RUNG** , como se indicará en el menú actual. El software de Allen Bradley pasará automáticamente a un menú nuevo, llamado el menú de instrucciones, que aparecerá en la parte inferior de la pantalla.

**CAPÍTULO 4**

Escalón para mostrar como se ingresan las instrucciones en lógica de escalera.



**Figura 4.2.5.2 Instrucciones en lógica de escalera.**



## CAPÍTULO 4

```
PLC-5 PROGRAMMING SOFTWARE

A 6200 Series Software Product

Copyright 1986, 1996, Rockwell Software Inc.
. All Rights Reserved

Release 5.21

This software is licensed to: Company INSTRUMENTISTAS HORNOS FAT-1
                             Location TAMSA VERACRUZ

Serial Number: 26101966

Tue Mar 30, 1999 Current Offline File: TESIS 11:56:02 am
Terminal Address:70 Current Device: Serial to PLC, KE/KF PLC Address:3
```

Press a function key

Online	Online	Offline	Offline	Who	Sftware	File	Reports	Compare	Exit
Program	Configr	Program	Configr	Configr	Configr	Utils	F8	F9	System
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10

**Figura 4.2.5.3 Pantalla inicial al programar en lenguaje de escalera.**

```
PROGRAM DIRECTORY FOR PROCESSOR: TESIS [ OFFLINE ]
```

File	Name	Type	Size(words)
0		system	13
1		undefined	4
2	PROCESO	ladder	18

Press a function key or enter file number or name.

```
>
Rem Prog          PLC-5/15 Series B Revision M      5/15 File TESIS
Proc  Save/  Return  Change      Memory  General Monitor
Functns Merge  to Menu  File          Map  Utility File
F1      F2      F3      F4          F6      F7      F8
```

**Figura 4.2.5.4 Pantalla para seleccionar el archivo que se desea editar.**

## CAPÍTULO 4

```

I:001 I:001                                O:000
] [---] / [---] ( )
00 02                                       01
I:001                                       O:000
] [---] ( )
03                                           05
N9:0 N9:5                                  BTR
] / [---] / [---] BLOCK TRANSFER READ (EN)
15 15                                       Rack 00
                                           Group 2 (DN)
                                           Module 0
                                           Control block N9:0 (ER)
                                           Data file N10:0
                                           Length 12
                                           Continuous N

N9:0 N9:5                                  BTW
] / [---] / [---] BLOCK TRANSFER WRITE (EN)

```

Press a function key.

(File 2: Rung 0) █

Rem Prog	Forces:None	Edits:None					5/15 File TESIS
Change	Config	Return	Program	Documnt	Search	General	Data Force Edit
Mode	Display	to Menu	Dirctry			Utility	Monitor
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8 F9 F10

**Figura 4.2.5 Pulsar F10 para editar el programa de escalera.**

```

I:001 I:001                                O:000
] [---] / [---] ( )
00 02                                       01
I:001                                       O:000
] [---] ( )
03                                           05
N9:0 N9:5                                  BTR
] / [---] / [---] BLOCK TRANSFER READ (EN)
15 15                                       Rack 00
                                           Group 2 (DN)
                                           Module 0
                                           Control block N9:0 (ER)
                                           Data file N10:0
                                           Length 12
                                           Continuous N

N9:0 N9:5                                  BTW
] / [---] / [---] BLOCK TRANSFER WRITE (EN)

```

Press a function key for desired editing function.

(File 2: Rung 0) █

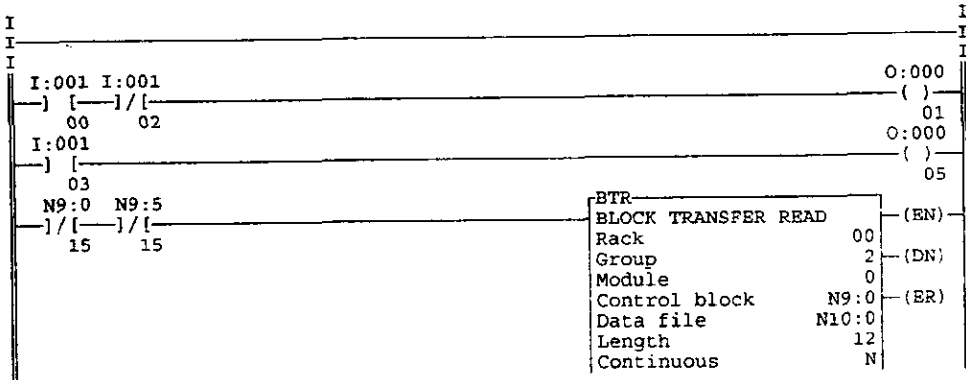
Rem Prog	Forces:None	Edits:None					5/15 File TESIS
Change	I/O	Append	Insert	Modify	Delete	Undel	Advancd Test Cancel
Mode	Edit	Rung	Rung	Rung	Rung	Rung	Editing Edits Edits
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8 F9 F10

**Figura 4.2.6 Pulsar F4 para insertar un nuevo renglón**

## CAPÍTULO 4

3) Pulsar de nuevo la tecla de función **F4** ; En este nuevo menú de edición de instrucciones, la función **F4** cambiará a **INSERT INSTRUCCIÓN** , como se verá en la pantalla.

En este punto, el software de Allen Bradley pasará al menú de instrucciones básicas mostrado en la figura 4.2.5.1.



Press a function key for desired editing function, or type a mnemonic.  
(File 2: Rung 0)

Rem Prog	Forces:None	Edits:None	Rung:Insert	5/15 File TESIS	
Branch	Append	Insert	Modify	Delete	Undel
*	Instr	Instr	Instr	Instr	Instr
F1	F3	F4	F5	F6	F7
					Accept
					Rung
					F10

**Figura 4.2.5.7 Pulsar F4 para insertar instrucción.**

CAPÍTULO 4

4) Pulsar **F1**, que es para, una instrucción de **EXAMINAR-ENCENDIDO**. En la pantalla, el color de la instrucción **EE** se invertirá (el fondo oscuro se tornará claro y el símbolo esquemático blanco se oscurecerá). Un cursor parpadeante aparece después del mensaje "ingrese dirección de bit". Esta es la solicitud para indicar la

```

I
I
I
I:001 I:001 O:000
] [---]/[ ( )
  00 02 01
I:001 O:000
] [---]/[ ( )
  03 05
N9:0 N9:5 BTR:
] [---]/[ (EN)
  15 15 BLOCK TRANSFER READ
          Rack 00
          Group 2 (DN)
          Module 0
          Control block N9:0 (ER)
          Data file N10:0
          Length 12
          Continuous N

```

Press a function key, type a mnemonic, or [PgUp]/[PgDn].

```

(File 2: Rung 0)
Rem Prog Forces:None Edits:None Instr:Insert 5/15 File TESIS
XIC X10 OTE OTL OTU TON CTU CPT CMP Others
--] [---]/[--- ( )--- (L)--- (U)---
  F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8 F9 F10

```

Figura 4.2.5.8 (a) Pulsar F1 Para seleccionar la instrucción XIC.

```

I:001 I:001 O:000
] [---]/[ ( )
  00 02 01
I:001 O:000
] [---]/[ ( )
  03 05
N9:0 N9:5 BTR:
] [---]/[ (EN)
  15 15 BLOCK TRANSFER READ
          Rack 00
          Group 2 (DN)
          Module 0
          Control block N9:0 (ER)
          Data file N10:0
          Length 12
          Continuous N

```

Enter the operand.

Enter bit address > I:013/01

```

Rem Prog Forces:None Edits:None Instr:Insert 5/15 File TESIS

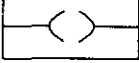
```

Figura 4.2.5.8 (b) Ingreso de bits de control.

## CAPÍTULO 4

5) Ingrese la dirección asociada con la instrucción. Aquí la dirección I: 013/01, dando al final **ENTER**.

Si colocamos otra instrucción en serie en el área de instrucciones condicionales, figura 4.2.5.2(a) en la primera línea del escalón, se repetirían los pasos 4 y 5. Se continúa de este modo hasta que el área de instrucciones condicionales de la primera línea esté completamente especificada. En un programa complicado, puede haber varias series de instrucciones (instrucciones con la lógica AND) en esta área.

6) Ingrese la instrucción tipo salida para este escalón. Hay muchas instrucciones tipo salida, de las cuales **ENERGIZAR -SALIDA**  es la más sencilla. Siempre hay solo una instrucción de tipo salida por cada escalón. Para la figura 4.2.5.2(a), y en referencia al menú de instrucciones básicas de la figura 4.2.5.1, secuencia de teclas **F3** teclear la dirección y luego **ENTER**

Esto completa la línea superior del escalón.

```

I I:013
I-] I-
I 01
I:001 I:001
-] [-] / [-] 0:000
00 02 ( )
I:002 01
-] [-] 0:000
03 ( )
N9:0 N9:5 05
-] / [-] / [-]
15 15




```


BTR	
BLOCK TRANSFER READ	
Rack	00
Group	2
Module	0
Control block	N9:0
Data file	N10:0
Length	12
Continuous	N



Enter the operand.  
Enter bit address > 0:01/00  
Rem Prog Forces:None Edits:None Instr:Insert 5/15 File TESIS

**Figura 4.2.5.9 Ingreso de una instrucción de salida OTE.**

## CAPÍTULO 4

7) Ahora debe programarse la ramificación paralela de la figura 4.2.5.2(a). Usar la tecla  para mover el cursor a la instrucción de EXAMINAR-ENCENDIDO a la izquierda de la línea superior, como lo requiere la figura 4.2.5.2(b). Pulsar la tecla  en el extremo superior izquierdo del teclado para regresar a un menú más primario. Pulsarlo dos veces se vuelve al menú de edición de escalón, que está dos niveles atrás en la jerarquía de menús. Este menú tiene **MODIFICAR ESCALÓN** como la función de la tecla .

En general, se consigue "regresar" a un menú anterior usando la tecla , pero a veces se logra por medio de una tecla F particular, etiquetada como REGRESAR\_MENÚ

Oprimir la tecla  **MODIFICAR\_ESCALON**. El software de Allen Bradley pasará a un nuevo menú con ramificación como la función de la tecla .

```

I I:013                                     O:001 I
I-] [ ( )-I
I 01                                       00 I
I:001 I:001                               O:000
-] [---]/[ ( )
 00 02                                       01
I:001                                       O:000
-] [ ( )
 03                                       05
N9:0 N9:5
-]/[---]/[
 15 15

```

**BTR**

BLOCK TRANSFER READ (EN)

Rack 00

Group 2 (DN)

Module 0


Control block N9:0 (ER)

Data file N10:0

Length 12

Continuous N

Press a function key for desired editing function, or type a mnemonic.

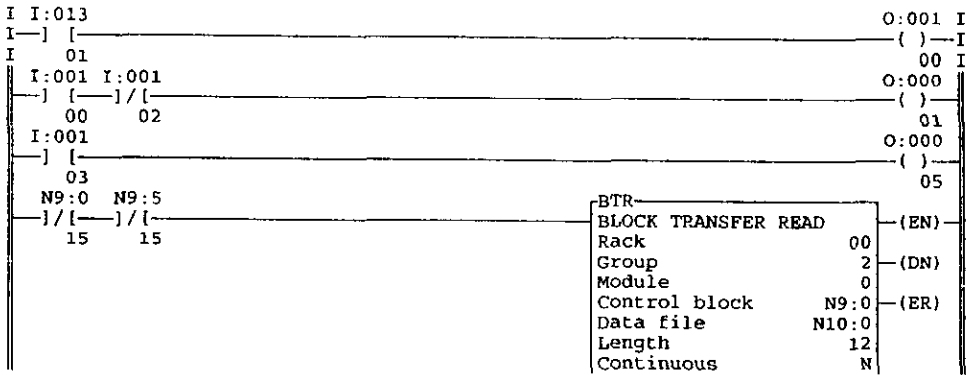
(File 2: Rung 0) 

Rem Prog	Forces:None	Edits:None	Rung:Insert	5/15	File TESIS	
Branch	Append	Insert	Modify	Delete	Undel	Accept
*	Instr	Instr	Instr	Instr	Instr	Rung
F1	F3	F4	F5	F6	F7	F10

**Figura 4.2.5.10 Ingresando al menú para una ramificación paralela (Branch)**

## CAPÍTULO 4

Pulsar esa tecla. El software pasará al menú de EDICIÓN DE RAMIFICACIONES, que tiene INSERTAR\_RAMIFICACION como la función de la tecla **F4**. La pulsación de **F4** hace que una nueva ramificación paralela comience en el lado izquierdo de la instrucción seleccionada en la figura 4.2.5.2(b). (Pulsando la tecla **F3** **AGREGAR RAMIFICACION**, se provocará que una nueva ramificación comience en el lado derecho de la instrucción seleccionada.)



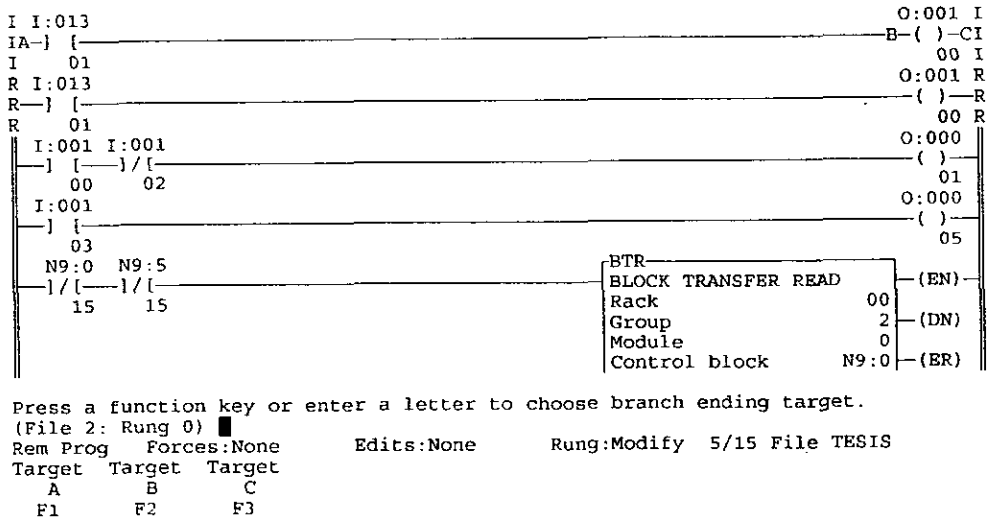
Press a function key for desired branch editing function.  
 (File 2: Rung 0) **F4**  
 Rem Prog Forces:None Edits:None Rung:Insert 5/15 File TESIS  
 Extend Extend Append Insert Delete Undel  
 Up Down Branch Branch Branch Branch  
 F1 F2 F3 F4 F6 F7

**Figura 4.2.5.11 Pulsar F4 para insertar ramificación.**

Después de pulsar **F4** el software colocará "letra destino" en varias localidades de la línea de lógica en escalera que contiene la instrucción seleccionada. En la figura 4.2.5.2(c), las únicas letras que aparecerán serán A, B y C. La letra A estará a la izquierda de la instrucción **EXAMINAR-ENCENDIDO**, y B aparecerá a la derecha de

## CAPÍTULO 4

ella, junto a la instrucción de salida. La letra C está en el riel de la derecha. (En una línea con una lógica mas complicada, con varias instrucciones condicionales, el software de Allen Bradley pondrá una letra del alfabeto en cada lugar posible donde una ramificación paralela siguiente podría terminar.) Cada letra será asociada con una letra F en la parte inferior de la pantalla. A estará asociada a **F1** y B con **F2**. El lugar donde se desea que termine la ramificación paralela siguiente (el único lugar en que es razonable que termine en la figura 4.2.5.2(c)) es el punto B, a la derecha de la instrucción **EXAMINAR-ENCENDIDO**, por tanto debe pulsarse **F2** para el punto B.

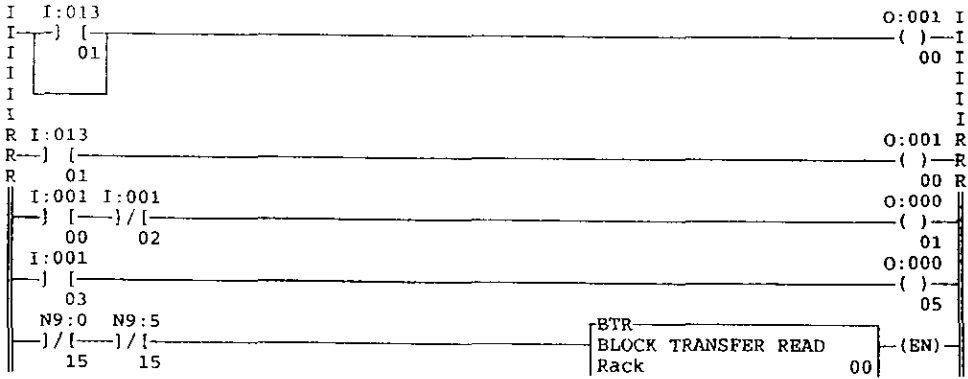


**Figura 4.2.5.12 Localización para inicio y fin de la ramificación.**

El software de programación del PLC responde de inmediato dibujando una rama en paralelo con la instrucción de EXAMINAR-ENCENDIDO, como se muestra en la figura 4.2.5.2 (d).



## CAPÍTULO 4



Press a function key for desired editing function, or type a mnemonic.  
 (File 2: Rung 0)

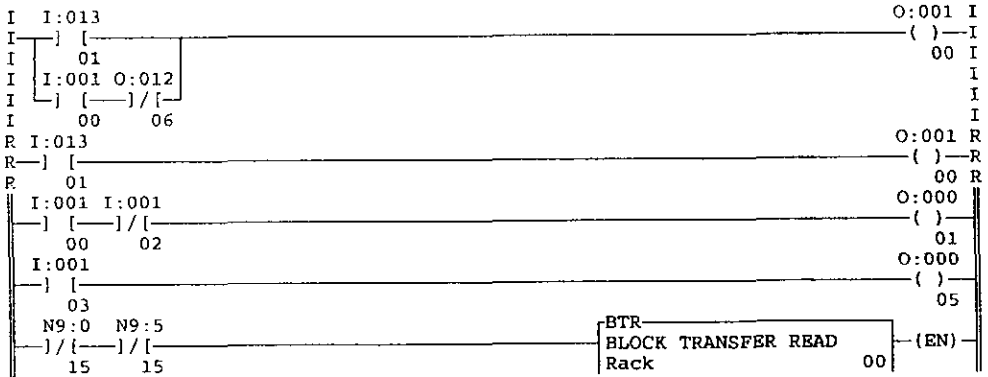
Rem Prog	Forces:None	Edits:None	Rung:Modify	5/15	File TESIS	
Branch	Append	Insert	Modify	Delete	Undel	Accept
*	Instr	Instr	Instr	Instr	Instr	Rung
F1	F3	F4	F5	F6	F7	F10

**Figura 4.2.5.13 Rama activada en paralelo con la XIC**

8) Programar las instrucciones condicionales que pertenecen a esta ramificación paralela. Hacerlo usando las cuatro teclas de flecha (también llamadas teclas de control del cursor) del teclado, para posesionar el cursor en cualquier extremo del escalón paralelo en blanco de la figura 4.2.5.2 (d). Si se está en el extremo izquierdo, pulsar **F3** para **AGREGAR INSTRUCCIÓN** ; Si el cursor está a la derecha de la ramificación, pulsar **F4** para **INSERTAR INSTRUCCIÓN** . En el software del PLC 5, AGREGAR siempre significa hacer algo hacia la derecha; INSERTAR siempre significa hacer algo hacia la izquierda.

Ingresa las instrucciones repitiendo los pasos 4 y 5. El software de Allen Bradley presentará el menú de instrucciones básicas.

## CAPÍTULO 4



Press a function key, type a mnemonic, or [PgUp]/[PgDn].

{File 2: Rung 0}

Rem Prog	Forces:None	Edits:None	Instr:Append 5/15	File TESIS					
XIC	XIO	OTE	OTL	OTU	TON	CTU	CPT	CMP	Others
--]	--]	--]	--]	--]					
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10

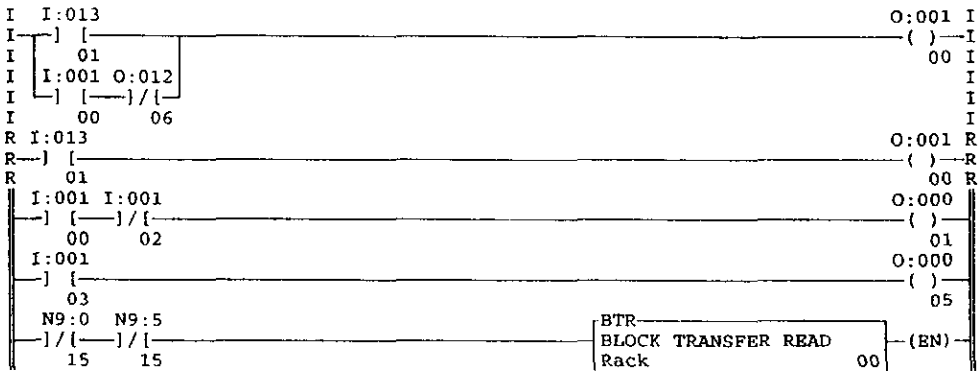
**Figura 4.2.5.14 Programación de instrucciones de la ramificación**

Con este modelo de PLC, no hay instrucciones específicas que deban ingresarse para indicar la terminación de la ramificación paralela. Esto es diferente a otros modelos de PLC en los que el usuario debe ingresar una instrucción de fin de ramificación para dar a entender que la ramificación ahora tiene que estar amarrada a la línea anterior, haciendo una condicional OR con esa línea. El software del modelo PLC 5/15 ya ha recibido su letra de ramificación de destino en el paso 7.

- 9) Indicar al dispositivo de programación que el escalón ya está completo. Esto se logra por medio de la tecla **ESC** para regresar a un menú anterior que tiene la tecla **F10** etiquetada con **ACEPTAR ESCALON**. Pulsar **F10** para que el software

## CAPÍTULO 4

de Allen-Bradley archive oficialmente el escalón como uno completo. Hecho esto, el código de programa para el escalón es copiado del archivo de trabajo en la memoria RAM de la computadora a la memoria del programa de usuario del procesador por medio de la tarjeta de interfaz de comunicaciones.



Press a function key for desired editing function, or type a mnemonic.

(File 2: Rung 0)

Rem Prog	Forces:None	Edits:None	Rung:Modify	5/15	File TESIS
Branch	Append	Insert	Modify	Delete	Undel
*	Instr	Instr	Instr	Instr	Instr
F1	F3	F4	F5	F6	F7
					Accept
					Rung
					F10

**Figura 4.2.5.15 Aceptación de un renglón en el programa de escalera.**

Para comenzar el ingreso del siguiente escalón de instrucciones del programa de usuario, es necesario mover el cursor a la línea de fin de archivo en la pantalla de lógica en escalera. Repetir el procedimiento completo para el segundo escalón.

### 4.2.6 Edición del programa

Como es de imaginarse, es poco probable que un programa funcione perfectamente en su primera corrida. Hay demasiadas posibilidades de errores conceptuales en el diseño del programa y demasiadas posibilidades de errores tipográficos en el ingreso del programa, que es casi seguro que el programa requerirá de algún proceso de corrección antes de estar listo para operar. Con esto en mente, los fabricantes de PLC ofrecen capacidades de edición con el software de programación. Las capacidades de edición permiten alterar un programa de varias formas. Por ejemplo, se pueden insertar o remover instrucciones individuales, insertar o remover escalones de instrucciones completos, cambiar direcciones y cambiar valores iniciales de datos variables. También son posibles muchos otros tipos de cambios. La edición se lleva a cabo con el procesador en el modo de programación. Las funciones de edición del software del PLC de Allen-Bradley son invocadas mediante el menú principal editor de diagramas de escalera, que es el menú que tiene la tecla **F10** etiquetada editar. Entonces pulsar la tecla. **F10**

Al editar un programa se requiere colocar el cursor en la posición adecuada, por lo general en la instrucción o escalón de instrucciones a alterar. El cursor puede moverse una línea o escalón a la vez con las teclas de flecha arriba y flecha abajo. También es posible enviar el cursor a una posición específica del programa, aun a un punto a muchos escalones de distancia de su posición actual en la pantalla. Esto se logra en el software de Allen-Bradley usando la función **BÚSQUEDA**, que es la tecla **F6** en el menú principal de edición de escalera. En general, debe consultarse el manual del fabricante del software para conocer procedimientos de búsqueda y edición de un programa.

## CAPÍTULO 4

```

I:013                                     O:001
] [ ( )
  01                                     ( )
  00                                     00
I:001 O:012
] [ ( ) / [ ( )
  00                                     06
I:001 I:001                               O:000
] [ ( ) / [ ( )
  00                                     02
I:001                                     O:000
] [ ( )
  03                                     ( )
  05
N9:0 N9:5
] / [ ( ) / [ ( )
  15                                     15
] BTR                                     (EN)
  BLOCK TRANSFER READ
  Rack                                     00
  Group                                    2 (DN)
  Module                                    0
  Control block N9:0 (ER)

```

Press a function key.

(File 2: Rung 0) █

Rem Prog	Forces:None	Edits:None					5/15 File TESIS		
Change Mode	Config	Return	Program	Documnt	Search	General	Data	Force	Edit
F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10
	Display to Menu	Dirctry				Utility	Monitor		

Figura 4.2.6.1 Edición de un programa.

### 4.2.7 Prueba del programa

Dada la improbabilidad de que un programa funcione de manera satisfactoria la primera vez, los fabricantes de PLC proveen un tercer método de operación del procesador, además de programación y ejecución. Este es el modo prueba, en el que el procesador ejecuta el programa sin energizar las terminales de salida de la sección de E/S. En su lugar, un indicador LED para cada terminal de salida se enciende cuando esa terminal

## CAPÍTULO 4

de salida debería energizarse si el procesador estuviera operando en el modo de ejecución. De esta manera, es posible simular la operación del sistema industrial sin energizar en realidad los dispositivos de carga.

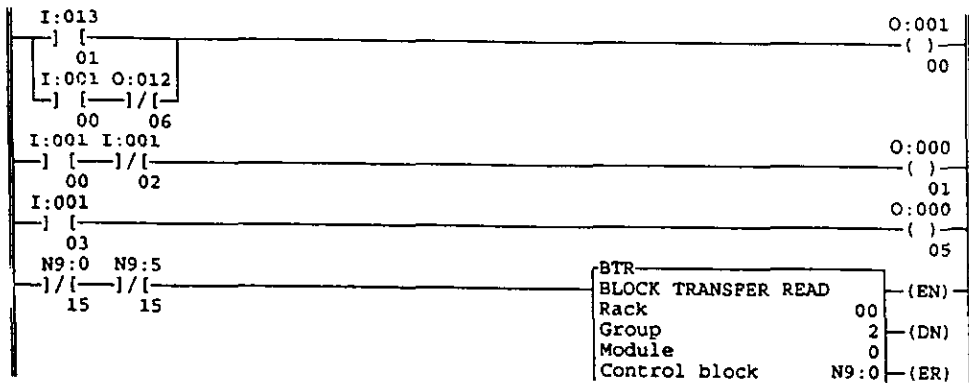
Por ejemplo, supóngase que el sistema industrial contiene dos cilindros hidráulicos cuyas barras de extensión se intersectan. Es indispensable que el programa nunca permita la extensión de ambos cilindros al mismo tiempo, ya que el último en llegar chocará con el primero. Si se comete un error lógico en el diseño del programa de usuario, o si se comete un error tipográfico en el ingreso del mismo mediante el teclado, la ejecución del programa con error puede tener como consecuencia tal colisión. Al ejecutar inicialmente el programa en el modo de prueba, hay la oportunidad de detectar tales errores. En este ejemplo, si se observa que ambas lamparas indicadoras se encienden simultáneamente en las terminales de salida de control de ambos cilindros, se advertirá que hay problemas con el programa y podrán tomarse medidas correctivas.

Una vez que el programa está completamente probado, una ejecución en el modo de prueba indicará que todas las salidas operan según lo planeado. Entonces el procesador puede conmutarse al modo de ejecución con plena confianza.

Con el propósito de llevar a cabo una prueba de programa se debe tener un método para controlar artificialmente las entradas, a fin de que provoquen las señales de entrada que ocurrirían normalmente si el sistema estuviera en operación. Por ejemplo en la figura 4.2.5.2 (a), el primer escalón del programa para el sistema de banda transportadora/clasificadora contiene una instrucción que examina la entrada I: 013/01. Para poder alimentar un voltaje de 120 volts de manera natural, LS1 debe ser activado. Pero LS1 no puede ser activado pues no se tienen partes en la banda transportadora en el modo prueba, la banda transportadora ni siquiera se puede mover. ¿Qué hacer entonces? ¿Empujar LS1 con un palo? No. Esas son practicas peligrosas. Aun si estuviera trabajando con un tablero de control con relevador, no se haría de ese modo. En cambio, se conectaría un puente de alambre del "vivo" de la línea de CA, a la terminal LS1 del tablero de control.

## CAPÍTULO 4

Con un PLC no hay necesidad de preocuparse de tales inconvenientes, pues el software de programación proporciona funciones de forzamiento. Las funciones forzar-encendido **F2** y forzar apagado **F1** están disponibles en el menú de forzamiento, y se activan pulsando **F9** para forzar del menú principal del editor de programas de escalera. La función forzar-encendido permite poner un 1 digital en una dirección particular del archivo de imágenes de entrada, independiente del estado actual de su terminal de entrada correspondiente. Por tanto puede hacerse que el procesador piense que hay potencia aplicada a la terminal de entrada cuando en realidad no la hay. Esto es mucho mejor que empujar LS1 con un palo.



```

Press a function key.
(File 2: Rung 0) █
Rem Prog Forces:None Edits:None 5/15 File TESIS
Change Config Return Program Documnt Search General Data Force Edit
Mode Display to Menu Dirctry Utility Monitor
F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8 F9 F10
  
```

**Figura 4.2.7.1 Menús para aplicar un forzamiento.**

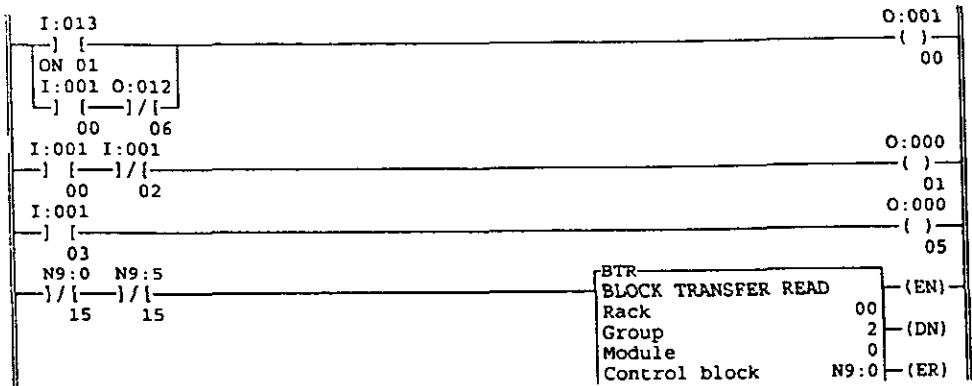
La tecla forzar-apagado produce un 0 digital en el archivo de imágenes de entrada, sin importar el estado real de la terminal de entrada.

El procedimiento para usar las funciones de forzamiento es explicado en el instructivo del software.

## CAPÍTULO 4

Las funciones de forzamiento pueden aplicarse también a las salidas. En el modo de prueba, la capacidad de forzamiento de las salidas es útil para saber lo que el programa haría si ocurriese una combinación particular de condiciones de entrada y salida.

En el modo de ejecución un forzamiento de salida afecta el modulo de salida. esto nos permite energizar y desenergizar los dispositivos de carga del sistema a voluntad, lo que es útil para revisar su comportamiento mecánico, hacer ajustes, etc.



Press a function key for desired forcing function.

(File 2: Rung 0) █

Rem Prog	Forces:ENABLED	Edits:None		5/15 File TESIS
Force	Force	Remove	Remove	Specify
Off	On	Force	All	Bit
F1	F2	F3	F4	F5
				Enable
				Disable
				F6
				F7
				Monitor
				Monitor
				Inputs
				Outputs
				F9
				F10

**Figura 4.2.7.2 Activación del forzamiento de una entrada (ON).**

Los PLC no están limitados solo a funciones tipo relevador. Poseen un grupo completo de otras funciones, incluyendo todos los tipos de temporizadores (retardo-encendido, retardo-apagado, retentivo), conteos ascendentes y descendentes, comparación (igual a, mayor que, menor que) flip-flop (cierre y apertura), funciones matemáticas (aritmética básica, trigonometría), y más. Es su amplia gama de capacidades lo que otorga a los PLC su versatilidad industrial.



## CAPÍTULO 5. CÁMARAS DE VÍDEO

### 5.1 Introducción

Las cámaras de vídeo son, hoy en día, una herramienta muy útil para la supervisión de los diferentes procesos en una línea de producción. Con ellas, una sola persona puede llevar a cabo una inspección completa de las etapas importantes de la producción de prácticamente cualquier producto, obteniendo así un ahorro considerable en la mano de obra por este concepto.

Además resulta una herramienta de gran valor en caso de requerirse un control remoto de la línea de producción, ya que nos permite observar en tiempo real lo que está sucediendo en la línea de producción, por lo que resulta un complemento imprescindible en la automatización de cualquier proceso en una planta de producción.

Las cámaras de vídeo comúnmente utilizadas para estos propósitos, son cámaras que operan con vídeo de banda base en un circuito cerrado. Son conocidas comercialmente como cámaras de Circuito Cerrado de Televisión, o bien cámaras de C.C.T.V.

Las cámaras de C.C.T.V. han tenido un auge tecnológico en los últimos años, impulsado principalmente por el mercado de la seguridad. Este auge, las ha llevado a un punto en el que ofrecen una excelente calidad de imagen en prácticamente cualquier condición ambiental, sus dimensiones son muy reducidas, por lo que prácticamente pueden instalarse en cualquier lugar, cuentan con una gran variedad de accesorios para cubrir cualquier tipo de aplicación, incluso en ambientes explosivos, corrosivos y/o de altas temperaturas, comúnmente encontrados en la industria, finalmente, su precio es muy accesible. Por lo anterior, en esta época resulta una alternativa muy accesible para contribuir en la optimización de los recursos de las industrias, incluso de las pequeñas industrias.

## 5.2 Principio de operación

Un sistema básico de C.C.T.V. está conformado por el siguiente equipo:

- 1 Cámara
- 1 Lente
- 1 Monitor de vídeo
- 1 Medio de transmisión de la señal de vídeo

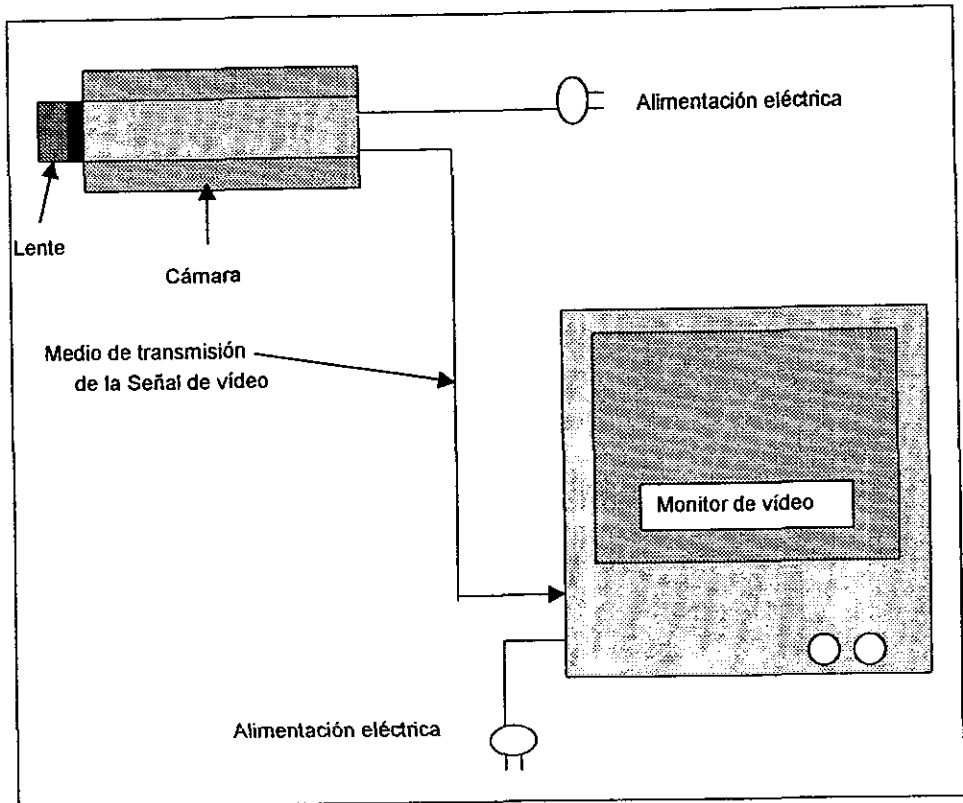


Figura 5.2.1 Sistema de CCTV básico.

### 5.2.1 Funcionamiento de la cámara de C.C.T.V.

Las cámaras de C.C.T.V. son dispositivos electrónicos de estado sólido.

Aunque hoy en día, existen cámaras analógicas, la tendencia actual mira hacia las cámaras digitales, comúnmente conocidas como cámaras **DSP** por sus siglas en inglés Digital Signal Processor (Procesador de Señal digital). Esta tendencia se debe principalmente a la creciente demanda de reproducción de imágenes de mayor calidad.

En el pasado reciente, condiciones como: iluminación pobre, escenas con alto contraste y la necesidad de crear imágenes de mayor definición, eran causa de grandes frustraciones para alguien que deseaba utilizar una cámara de C.C.T.V. Estos problemas se resuelven con la incorporación de las cámaras DSP.

Para entender mejor el funcionamiento de las cámaras digitales, es necesario hacer un rápido recorrido por la historia de las cámaras de C.C.T.V.

Muchos de los avances en la industria del C.C.T.V. comenzaron en el área de los electrónicos domésticos, sin operador puede ajustar los parámetros de la cámara, para lograr una imagen aceptable, las cámaras de C.C.T.V. deben de realizar todos estos ajustes para obtener una imagen de gran calidad aún en las condiciones más extremas.

La primera forma de "cámaras digitales" surgió cuando los fabricantes introdujeron el **CCD**, del inglés Charged Coupled Device (dispositivo de carga acoplada), este dispositivo de estado sólido produce una imagen de vídeo en forma digital; Sin embargo, la información digital básica, es rápidamente convertida en una señal analógica y así el resto de la electrónica de la cámara, puede procesar la señal como vídeo compuesto estándar, requerido por otros componentes del sistema. El problema principal asociado con este tipo de cámara analógica, es la inestabilidad de los componentes utilizados para ajustar los parámetros de operación de la cámara.

## CAPÍTULO 5

Este tipo de cámaras utiliza resistencias variables y capacitores para ajustar dichos parámetros, por lo que, al cambiar la temperatura ambiente, los parámetros también lo hacen, requiriendo por lo tanto el reajuste de la cámara.

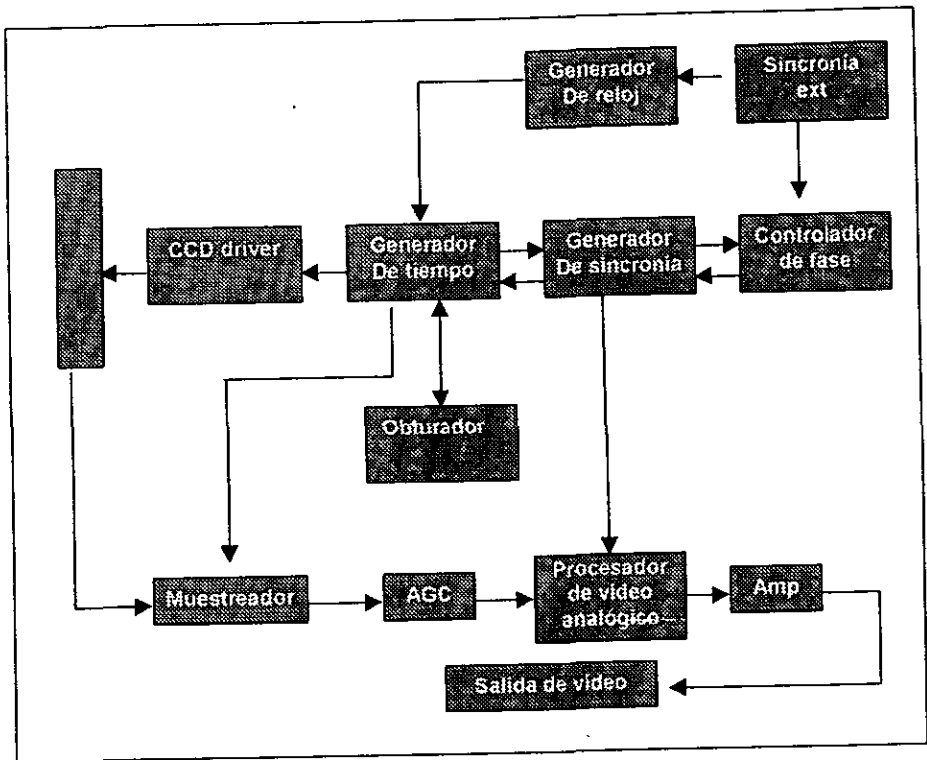


Figura 5.2.1.1 Diagrama de bloques básico de una cámara CCD analógica.

## CAPÍTULO 5

Conforme la tecnología fue avanzando, la siguiente cámara digital incorporaba en lugar de resistores y capacitores para ajustar los parámetros de operación, botones o menús en pantalla, con los que se realizaba el ajuste. Estas cámaras digitales ofrecían una manera más fácil y rápida para ajustar la cámara y ofrecían mayor estabilidad por periodos de tiempo más largos. Sin embargo la electrónica básica utilizada para el procesamiento del vídeo permaneció sin cambios.

Para cubrir las demandas de los integradores de sistemas e instaladores de este tipo de equipos, los fabricantes tenían que proporcionar una cámara que pudiera eliminar la mayoría de los problemas relacionados con las cámaras existentes, a un precio accesible. Esto dio como resultado, la cámara DSP.

En las cámaras DSP, todo el procesamiento del vídeo se realiza en forma digital. Este tipo de procesamiento no solo incrementa el rendimiento general de la cámara, sino que incrementa la calidad de la imagen, ya que incluye etapas donde se perfecciona el vídeo durante el procesamiento de la señal.

Dentro de una cámara DSP, la señal de vídeo es primeramente digitalizada a través de un convertidor analógico/digital (A/D). Después, la señal se procesa por un codificador controlado por un microcontrolador, en esta etapa es donde se perfecciona la señal de vídeo.

Se pueden obtener mejoras como: incremento en la escala de grises, corrección de la apertura del obturador, zoom electrónico e incremento del rango dinámico de la cámara. Después de que la señal se procesa, entra nuevamente a un convertidor, en esta ocasión digital/analógico (D/A) y después pasa al conector BNC de la cámara para ser distribuida al resto del sistema.

Otro avance significativo en las cámaras DSP, es su diseño en un solo chip, el cual elimina la necesidad de elementos adicionales para acoplar la señal de vídeo. Este diseño reduce el ruido que se generaba en los circuitos, dando como resultado una

## CAPÍTULO 5

imagen de una claridad muy superior a la obtenida con las cámaras anteriores. Además, el consumo de energía se reduce, obteniendo así, una cámara más eficiente.

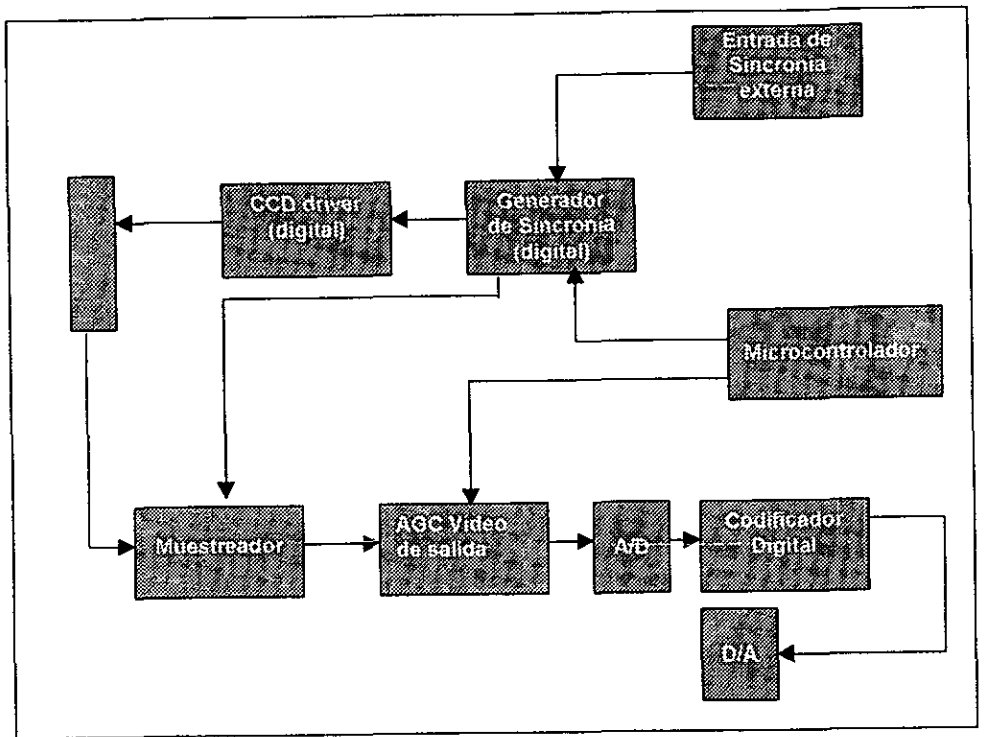


Figura 5.2.1.2 Diagrama de bloques básico de una cámara CCD Digital (DSP).

5.2.2 Principio de operación de las lentes de C.C.T.V.

El propósito de la lente es, primero, enfocar de manera apropiada una imagen en la carátula del sensor de una cámara y segundo, permitir el paso de cierta cantidad de luz al sensor de CCD. EL tamaño del área enfocada en el CCD, se determina por la longitud focal de la lente. La cantidad de luz que entra al sensor de la cámara está determinada por la apertura de la lente, también conocida como el "F-Stop" (en español se conoce como el número F) de la lente.

Las lentes se utilizan para reflejar la escena que la cámara de C.C.T.V. "ve" en el sensor CCD.

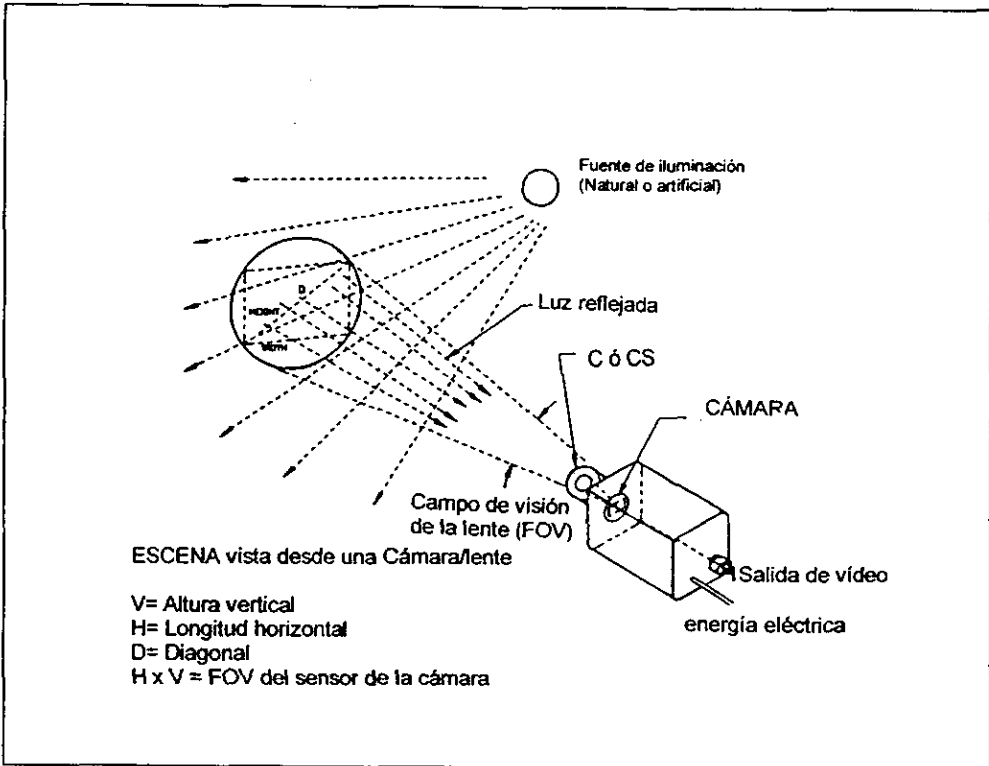


Figura 5.2.2.1 Cámara de CCTV, escena y fuente de iluminación.

Para describir la función de las lentes, podemos realizar una analogía con el ojo humano. El ojo humano tiene una lente de longitud focal fija y un iris comparable al de una lente de C.C.T.V. de longitud focal fija con autoiris.

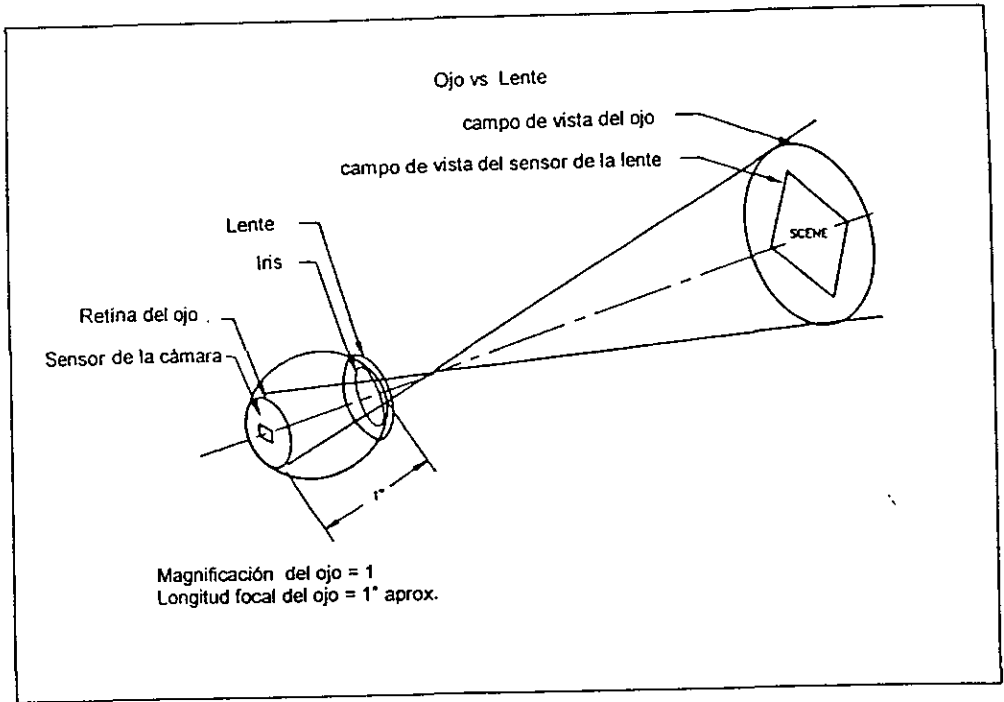
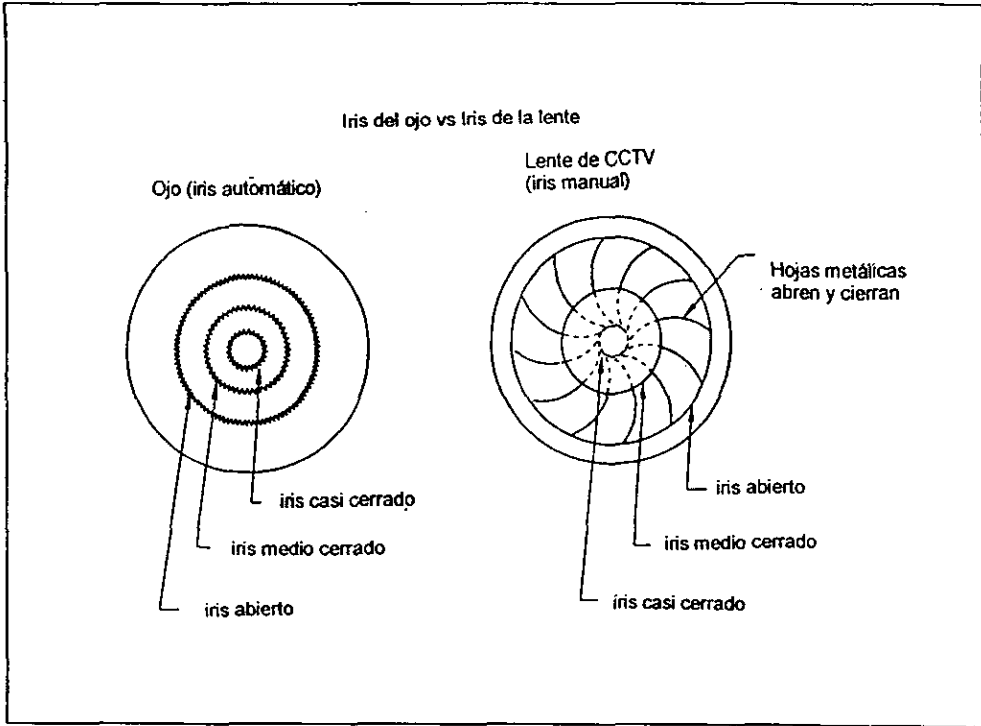


Figura 5.2.2.2 Comparación del ojo humano con una lente de CCTV.

Las lentes, en ambos, el ojo humano y la cámara, concentran la luz reflejada por la escena o la luz que proviene directamente de una fuente luminosa y enfoca la del objeto de la escena en la retina o en el sensor CCD. La retina es análoga al sensor CCD. El ojo humano tiene un iris o diafragma, el cual abre o cierra tal y como lo hace el iris automático de la lente, para adecuar los cambios en el nivel de luminosidad que normalmente se encuentran en una escena. Esto optimiza la cantidad de luz captada por el sensor (retina), dando como resultado la mejor imagen posible. El iris en el ojo humano es una membrana controlada por un músculo. En la lente de C.C.T.V. el autoiris es controlado por un motor eléctrico.





**Figura 5.2.2.3 Comparación del iris humano y el de una lente de CCTV.**

Las lentes de C.C.T.V. están disponibles con iris manual o autoiris. Las lentes más simples son las de iris manual, que se utilizan cuando la intensidad luminosa se mantiene relativamente constante.

La velocidad óptica o número  $F$  de la lente, como ya se mencionó, define la capacidad de la lente para captar luz. Mientras más luz pueda captar y transferir al CCD, la imagen tendrá mejor calidad en el monitor. Esta capacidad para captar luz depende del tamaño de la óptica, mientras más grande es la óptica, más luz podrá captar. En el ojo humano no hay opciones, ya que en general el tamaño del ojo es prácticamente el mismo. Sin embargo en los sistemas de C.C.T.V. el tamaño de la lente (el diámetro

## CAPÍTULO 5

frontal) puede variar y por lo tanto la velocidad óptica puede variar significativamente. En otras palabras, una lente con un tamaño 2 veces mayor que otro, puede aceptar 4 veces mayor cantidad de luz. Mientras más luz entre al CCD, mayor será el contraste y la calidad de la imagen. Esto se representa en las lentes con una F baja como por ejemplo F/1.2 ó F/1.0.

La velocidad óptica de la lente está relacionada con la longitud focal y el diámetro, con la ecuación  $F/\# = \text{longitud focal}/\text{diámetro}$ . En el punto 5.2 se ampliará la información sobre estos cálculos.

El ojo humano tiene una longitud focal de aproximadamente 25mm. Esto es, la distancia desde el centro de la lente en el frente del ojo hasta la retina en la parte posterior del ojo, ver figura 5.2.2.2. Esta condición se conoce como: magnificación  $M=1$ . En los sistemas de C.C.T.V. la correspondencia a  $M=1$  es una lente de 25 mm y una cámara de formato 1", o bien, una lente de 8mm con una cámara de formato 1/3".

La construcción básica de las lentes siempre será la misma, sin embargo, la necesidad de producir lentes más rápidos, con ángulo de apertura más ancho y con menos distorsión siempre será un reto.

En los tiempos de las cámaras de tubo, la distorsión de las lentes, generalmente no afectaba el funcionamiento de las cámaras; esto se debía a que las cámaras producían mayor distorsión que las lentes. Las cámaras de CCD analógicas eliminan esta distorsión, pero dada la carencia de circuitos especiales para cámaras, tales como los circuitos de compensación de contraluz o zoom electrónico, las características de las lentes permanecieron sin cambio. La mayoría de las lentes que se vendían y compraban en la industria del C.C.T.V. estaban en los rangos de los 30 a 60 grados de apertura. Sin embargo, con las cámaras digitales, las lentes requieren tener menor distorsión y ángulos más amplios por lo que los fabricantes de lentes están realizando nuevos esfuerzos por mejorarlos.



## CAPÍTULO 5

El CRT consta de: un cátodo que emite electrones para "pintar" la imagen, una rejilla que controla el flujo de los electrones cuando pasan por la misma, un haz de electrones que pasa por otro juego de electrodos que enfocan el haz y una pantalla de fósforo que produce la imagen visible.

Cuando el haz ya enfocado, pasa a través del campo del yugo de deflexión, es desviado por éste, para pegar en el punto adecuado en la pantalla de fósforo. Variando el voltaje en las bobinas horizontal y vertical, el haz de electrones se mueve a través del CRT con un patrón barrido. La pantalla emite entonces luz con la intensidad proporcional a la intensidad del haz, dando como resultado una imagen en el monitor.

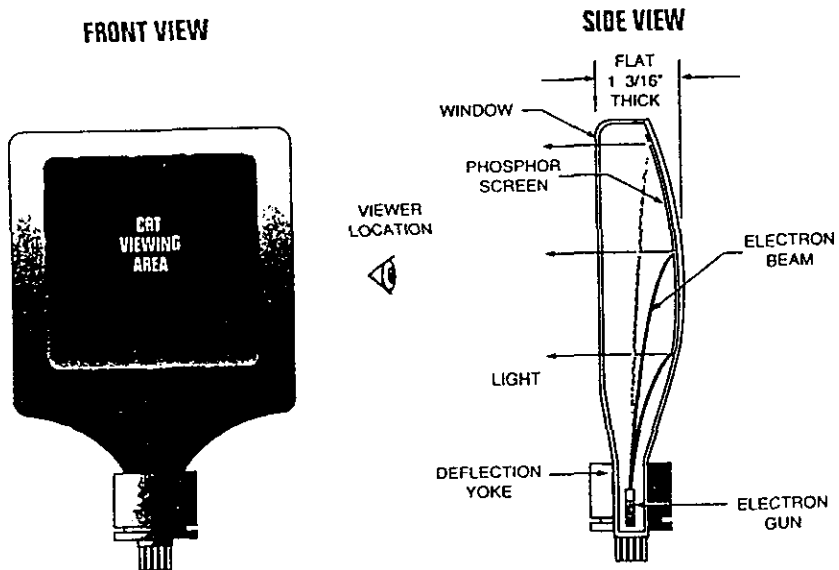


Figura 5.2.3.2 El tubo de rayos catódicos CRT.

## CAPÍTULO 5

Los monitores de C.C.T.V. aceptan la señal normal de C.C.T.V. que es una señal de banda base (20 Hz a 6.0 MHz) y despliega la imagen en el fósforo del CRT. Todos los monitores monocromáticos o a color, sin importar su tamaño, aceptan el estándar de 525 líneas NTSC como señal de entrada. Esta señal entra al monitor, a través de un conector BNC acoplado por una de dos impedancias: 75 ohms, la cual es compatible con la impedancia del cable coaxial, o alta impedancia (generalmente entre 10 y 100 Kohms), la cual iguala la impedancia del cable, pero se usa cuando la señal del monitor se conecta a otro equipo, por ejemplo una videocasetera que deberá tener terminación a 75 Ohms.

### 5.2.4 Medios de transmisión de las señales de vídeo

Los sistemas de transmisión son el medio para llevar la señal de vídeo producida en la cámara de C.C.T.V. hasta el monitor. Existen varios tipos de sistemas de transmisión para las señales de vídeo, incluyendo: cable coaxial, fibra óptica, par trenzado, microondas, radiofrecuencia y otras.

El sistema de transmisión más común para las señales de vídeo es sin duda el cable coaxial.

Las ventajas del cable coaxial son: su bajo costo, fácil instalación, ancho de banda suficiente, probado desempeño y su disponibilidad. Sus desventajas son: rutas de cableado restringidas en cuanto a longitud y son propensos a ruidos e interferencias electromagnéticas y de radio frecuencia.

En sistemas de C.C.T.V. se utilizan generalmente tres diferentes tipos de cable coaxial: RG59U, RG11U y RG6U. El RG59U se utiliza cuando la trayectoria de cable es menor a 300 M, El RG11U se puede utilizar hasta 600 M.

### 5.3 Especificaciones Técnicas

#### 5.3.1 Especificaciones Técnicas de las cámaras

**Resolución:** Se define como la calidad o claridad de una imagen y esta representada por el numero de líneas de televisión de la cámara.

**Medida del CCD:** Existen diferentes tamaños de CCD, a continuación se presentan:

FORMATO	VERTICAL	HORIZONTAL	DIAGONAL
2/3"	6.6	8.8	11.0
1/2"	4.8	6.4	8.0
1/3"	3.6	4.8	6.0

**Nota:** Todas las medidas están en mm

**Sensibilidad:** Se define como la capacidad que tiene la cámara para poder "ver" una imagen, en relación con la cantidad de luz que recibe de la escena.

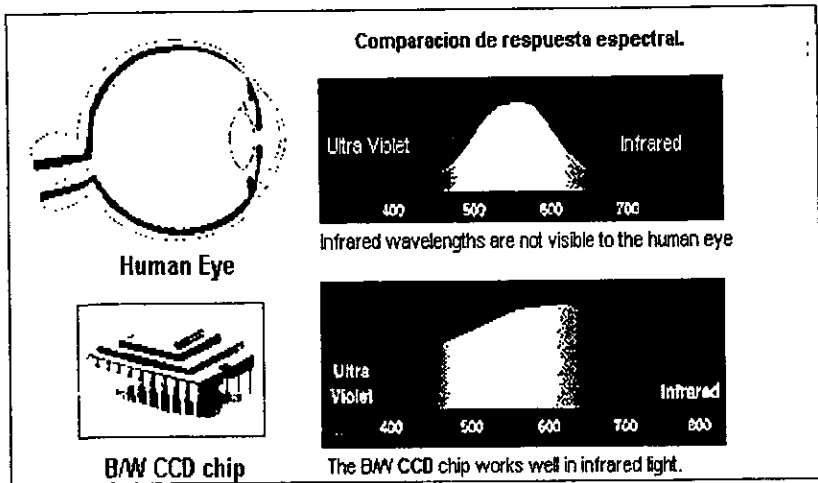


Figura 5.3.1.1 Comparación de la respuesta espectral del ojo humano y el CCD B/N.

## CAPÍTULO 5

**Contraluz:** Este efecto ocurre cuando hay excesiva luz en el fondo de una escena y el sujeto principal está frente a la cámara y detrás de dicha luz, de tal manera que proyecta una sombra hacia la cámara.

Las cámaras modernas incluyen una circuitería para reducir este efecto ajustando el iris electrónico de la cámara de acuerdo a la imagen central de la escena. Las cámaras DSP procesan cada pixel del CCD por lo que prácticamente este efecto desaparece.

**Control de ganancia:** Las cámaras de C.C.T.V. cuentan con un control de ganancia, el cual adecua el nivel de la señal de vídeo para obtener la mayor calidad en la imagen. El control puede ser automático o manual.

**Control de iris:** Existen varias maneras para controlar la cantidad de luz que entra en la cámara:

**Obturador electrónico:** En este caso la función de iris la realiza la cámara directamente, sin enviar señal de control hacia la lente.

Sus características principales son:

Velocidad variable de 1/60s a 1/100,000 s (Depende del fabricante).

Opera automáticamente según el cambio de iluminación

**Control para el lente en función de señal de vídeo:** En este caso, la cámara envía la señal de vídeo a la lente y esta la amplifica para abrir o cerrar el iris.

Se necesita que la lente acoplada sea auto iris con control de Galvanómetro.

**Control para el lente en función de señal de DC:** En este caso, la cámara envía a la lente un nivel de voltaje de DC, el cual es proporcional al nivel de la señal de vídeo captada por el CCD.

Se necesita que la lente acoplada, sea auto iris con control estator/rotor de DC.

**Sincronía:** Existen diferentes maneras de sincronizar la señal de vídeo de las cámaras:

- **Sincronía interna:** Opera con un oscilador interno. Se enlaza con la frecuencia de exploración horizontal y vertical.
- **Sincronía externa:** Opera mediante un generador de frecuencia externo.
- **Line lock (Amarre de línea):** Mantiene enlazada la frecuencia del pulso de sincronía vertical con el punto de cruce por cero de la señal de línea de alimentación alterna de 24 V AC a 60 Hz, o con la línea de 127 VAC a 60 Hz.
- **Genlock:** Este sistema enlaza los pulsos de sincronía horizontal y vertical de la señal de vídeo.

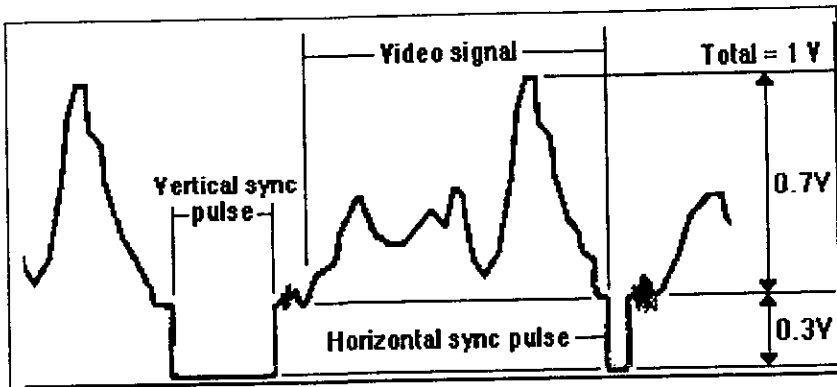


Figura 5.3.1.2 La sincronización Gen lock enlaza los pulsos de sincronía vertical y horizontal.

Tipo de montaje: Existen dos diferentes tipos de montaje para acoplar la lente a la cámara:

- Montaje C.
- Montaje CS.

A continuación presentamos una tabla de compatibilidad entre lente y cámara, en relación con su tipo de montaje:



<u>Cámara</u>	<u>Lente</u>	<u>Posibilidad</u>
Mont-C	Mont-C	sí
Mont-C	Mont-CS	no
Mont-CS	Mont-C	sí, con adaptador
Mont-CS	Mont-CS	si

Algunas cámaras incluyen el adaptador para cualquiera de estos dos tipos de montajes

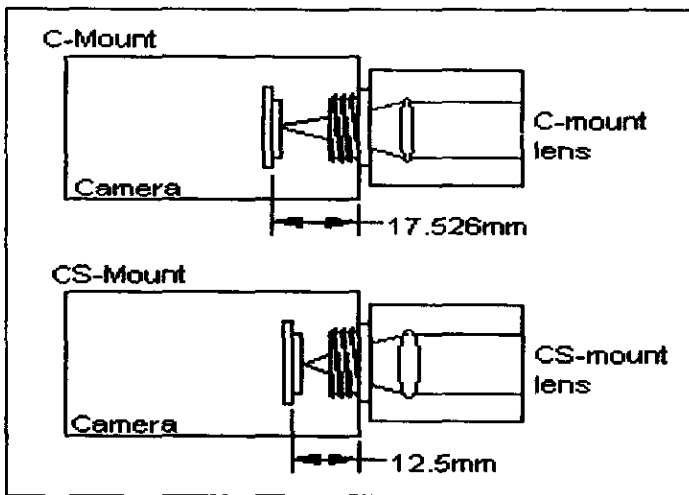


Figura 5.3.i.3 Montaje C y CS entre cámara y lente.

Alimentación: Existe una gran variedad de alternativas para energizar una cámara, de acuerdo a las necesidades específicas de cada aplicación:

- 127 VAC
- 24 VAC
- 12 VDC
- 9 VDC

### 5.3.2 Especificaciones técnicas de las lentes de C.C.T.V.

Primeramente habrá que definir diferentes grupos de lentes según sus características:

#### **Monofocal.**

- Longitud focal fija. (Medida indicada por el fabricante).
- Iris manual o autoiris

#### **Varifocal (Enfoque variable).**

- Longitud focal variable (Rango limitado)
- Iris manual o autoiris

#### **Zoom manual.**

- Longitud focal variable de amplio rango. (Factor de proporción: 6X, 8X, etc.).
- Iris automático controlado por señal de DC

#### **Zoom motorizado.**

- Longitud focal variable de manera remota de amplio rango. (Factor de proporción: 6X, 8X, etc.).
- Iris automático controlado por señal de DC o por vídeo
- Posibilidad de incluir posiciones predeterminadas (Presets)
- Posibilidad de enfoque automático.
- Voltaje de operación: 6VDC, 9 VDC y 12 VDC.

#### **Lente pinhole.**

- De enfoque variable. (También de 90°)
- Iris manual ó Auto iris. (También de 90°)

### 5.3.3 Características principales de las lentes

**Campo de visión:** Es el área de una escena que se puede observar a través de una cámara. Esta limitada por las características de la lente y dimensiones del CCD.

Depende de:

Altura y longitud de la escena

Distancia entre la cámara y la escena.

Distancia focal entre el CCD y el lente.

**Cálculo para encontrar la longitud focal "f":**

$$f = (V \times D) / H$$

Donde: f es la longitud focal

V es la medida vertical del CCD

D es la distancia

H es la altura de la escena

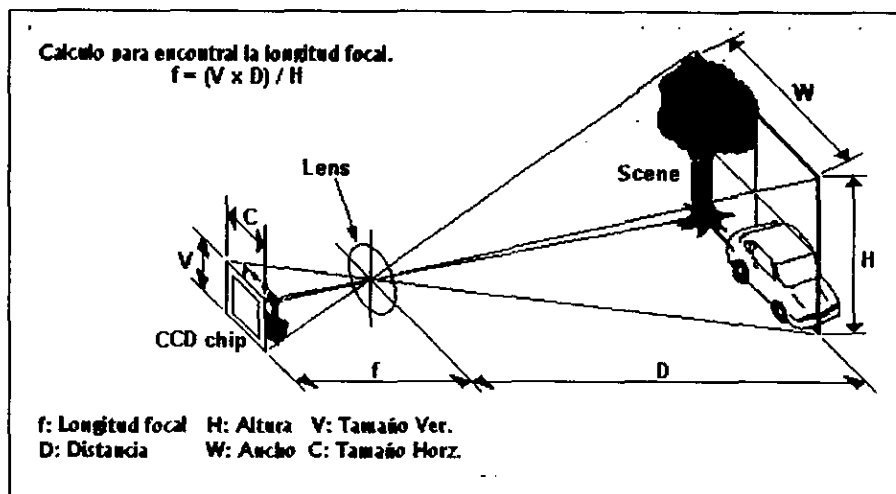


Figura 5.3.3.1 Cálculo para encontrar la longitud focal.

## CAPÍTULO 5

**Radio de magnificación.** Es un número que expresa el cambio de dimensiones de un sujeto visto en un monitor, comparado con la imagen vista desde una lente de medida estándar  $M=1$

Esta proporción esta determinada por la relación de la longitud focal de una lente con respecto a la longitud focal de una lente estándar, esto es:

$$X = f / f_s.$$

Donde  $M$ = radio de magnificación  
 $f$ = longitud focal de la lente  
 $f_s$ = Longitud focal de una lente estándar



Figura 5.3.3.2 Ejemplo para el cálculo del radio de magnificación.

## CAPÍTULO 5

**F-Stop:** También se representa como F(Número), indicando la capacidad de penetración de luz de la lente.

Se determina dividiendo la longitud focal, entre el diámetro del diafragma del iris.

$$F = f/d \text{ (Medidas en mm).}$$

Donde:                    f: longitud focal  
                              d: Diámetro del diafragma del iris

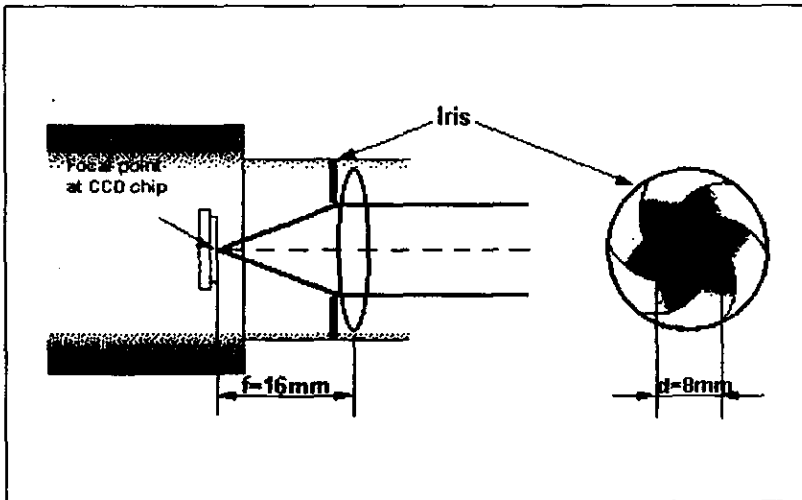


Figura 5.3.3.3 Determinación del factor F.

## CAPÍTULO 5

**Profundidad de Campo.** Es el área de la escena donde la imagen aparece perfectamente definida o enfocada.

Parámetros de que depende:

- F-STOP
- Longitud focal
- Distancia
- Área enfocada.

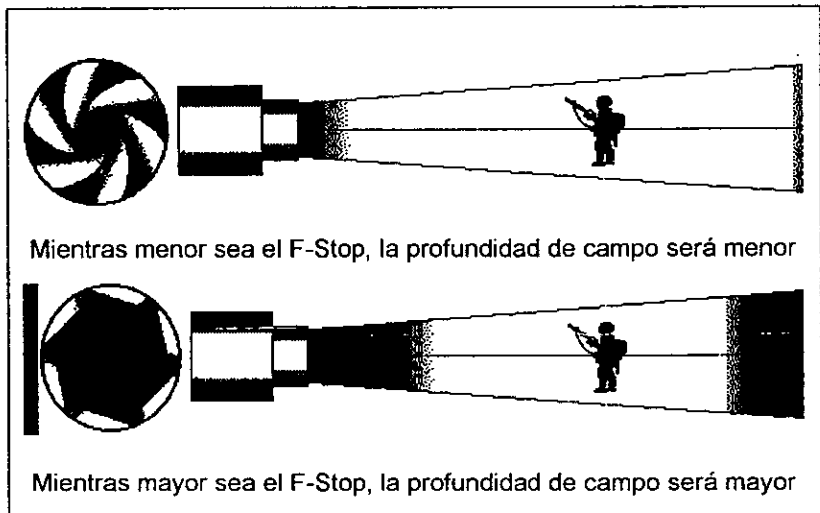


Figura 5.3.3.4 Parámetros que afectan la profundidad de campo.

### Filtros para las lentes de C.C.T.V.

- **Ultra violeta:** Para luz solar brillante, previene daños contra la luz natural.
- **Densidad neutra (ND).** Reduce la luz reflejada de objetos muy brillantes.
- **Polarizado:** Reduce la intensidad de luz reflejada del agua y de las superficies cristalinas.
- **Filtro blando:** Atenúa ligeramente el brillo.

### 5.3.4 Especificaciones técnicas de los Monitores

Características importantes:

**Resolución:** Se define como la calidad o claridad de una imagen y esta representada por el número de líneas.

La resolución de un monitor, por lo general está medida al centro del cinescopio. Debido a que la superficie del CRT no es plana sino cóncava, la resolución en las esquinas es menor. Por esta razón, es recomendable tener un monitor cuando menos con 20% mayor resolución que la cámara.

**Alimentación.** Normalmente es de 120 VAC +/- 10% a 60 Hz

**Entrada de señal Conexiones:**

- Entrada/Salida de vídeo conector BNC. Con interruptor para 75 Ohms o alta impedancia.
- Entrada/Salida de Audio conector RCA.
- Entrada de Sincronía conector. BNC.
- Impedancia de acoplamiento. Resistencia de 75 Ohm
- Resistencia abierta o infinita.

### 5.3.5 Medios de transmisión de las señales de C.C.T.V.

#### Cable coaxial

- Características que debe de tener el cable coaxial para el Sistema CCTV.
- Centro sólido de cobre.
- Malla cerrada de cobre al 93%
- Sin recubrimiento de Foil de aluminio.
- Impedancia de 75 Ohm.
- Amplio ancho de banda.
- Dieléctrico de polietileno sólido o celular
- Forro de PVC

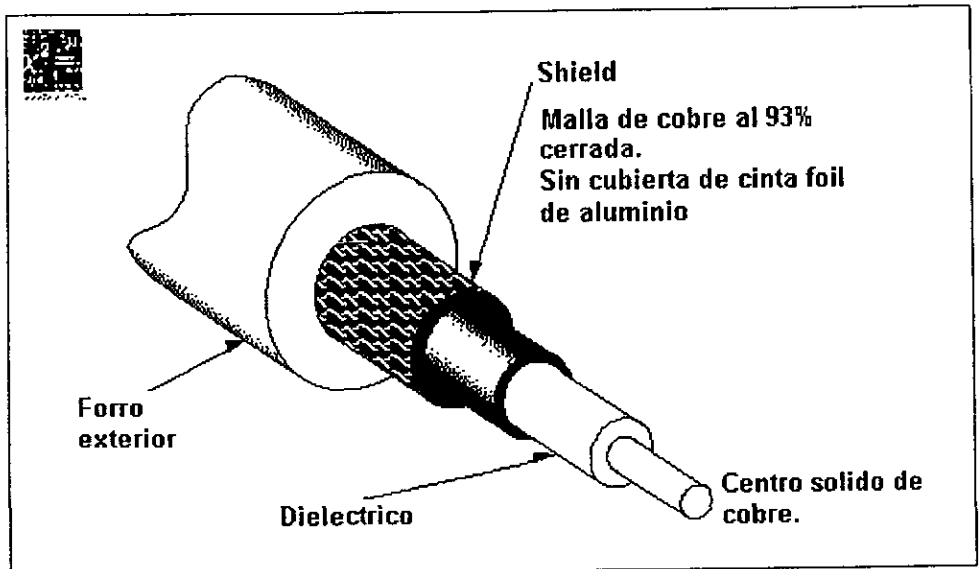


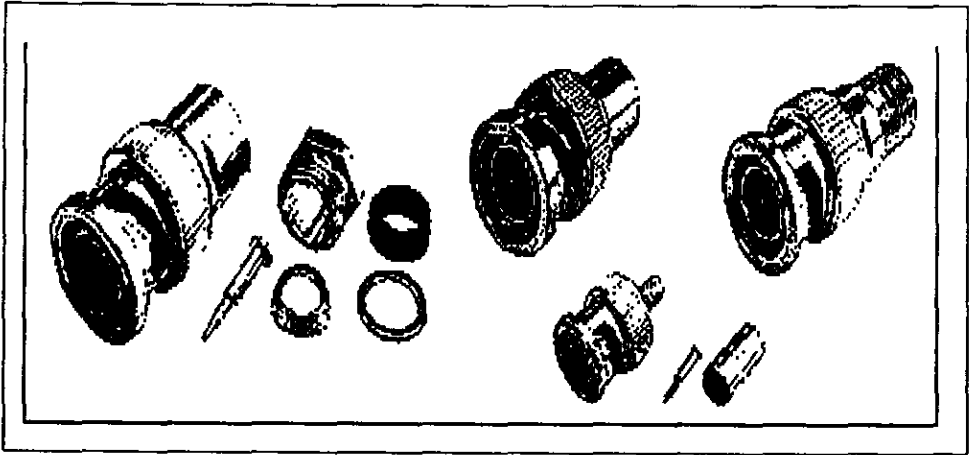
Figura 5.3.5.1 Características del cable coaxial para CCTV.



**Conectores**

Tipos de conectores BNC.

- De rosca
- De soldar pin
- De "ponchar" pin.



**Figura 5.3.5.2 Ejemplos de conectores BNC.**

### 5.3.6 Transmisión de señales de control

En los sistemas de C.C.T.V. frecuentemente se requiere que las cámaras de vídeo tengan movimiento, tanto vertical como horizontal, además de contar con lentes ajustables, lentes zoom motorizados; de esta manera, es posible captar diferentes objetivos con una misma cámara.

Para lograr estas funciones, se requieren diferentes equipos: unidades de movimiento, también llamadas Pan/Tilt, lentes zoom y por supuesto un controlador para estos equipos.

Existen diferentes métodos para transmitir las señales de control. Desde el envío de señales de contactos secos por medio de un cable para cada variable, lo cual se traduce en un mínimo de 12 cables además de la señal de vídeo, hasta sistemas de control que envían las señales a través del mismo cable de vídeo.

Este tipo de transmisión para las señales de control es muy práctico cuando se requiere controlar varias cámaras y cuando la distancia entre dichas cámaras y el controlador es mediana o grande.

El controlador inserta un tren de pulsos que contiene la información requerida, en el pulso de sincronía vertical de la señal de vídeo, en el lado de la cámara, se requiere un aparato que separe esta señal de la señal de vídeo y la transforme en la señal necesaria para controlar los diferentes parámetros de la cámara; este aparato se conoce como receptor.

Tomaremos como ejemplo la tecnología para la transmisión de vídeo de Pelco, uno de los principales fabricantes de equipo de C.C.T.V. en el mundo.

## CAPÍTULO 5

Su sistema de transmisión se llama "COAXITRON" y consiste en enviar las señales de control para cámara y lente a través del pulso de sincronía vertical de la señal de vídeo enviada por la cámara; para esto se vale de un tren de 16 pulsos los cuales están codificados para responder a cada una de las señales requeridas por el controlador.

Tabla de control del sistema Coaxitron de Pelco mostrando las señales de control de movimiento de la cámara y ajuste de la lente:

CODIGO	COMANDO
01010101010100	Derecha
01010101010101	Izquierda
01010101010110	Arriba
01010101010111	Abajo
010101010101000	Zoom Tele
010101010101001	Zoom wide
0101010101011010	Foco far
0101010101011011	Foco near

**Tabla 5.3.6.1 Control del sistema Coaxitron de Pelco.**

Además de estas señales, se pueden enviar señales de control de encendido/apagado de la cámara, encendido y apagado de calefactor, defroster, ventilador y auxiliares.

## CAPÍTULO 6. SISTEMAS DE CONTROL

La ingeniería de sistemas de control está enfocada al conocimiento y control de una parte de su medio, frecuentemente denominado sistema, a fin de proporcionar un producto económico y útil para la sociedad. Los objetivos de éste son complementarios ya que, para poderlo controlar más efectivamente, el sistema bajo estudio debe ser entendido y modelado. El desafío para los ingenieros de control es el modelado y control de sistemas interrelacionados modernos y complejos sin embargo, el ingeniero afortunado tiene la oportunidad de estudiar muchos sistemas de automatización industrial útiles e interesantes.

La ingeniería de control se basa en los fundamentos de la teoría de la retroalimentación y el análisis de sistemas lineales, e integra los conceptos de las teorías de redes y de comunicación. Por tanto, esta no está limitada a ninguna disciplina de la ingeniería, sino que es igualmente aplicable a las ingenierías aeronáuticas, química, mecánica, del medio ambiente, civil y eléctrica. Por ejemplo, un sistema de control incluye con mucha frecuencia componentes eléctricos, mecánicos y químicos.

Un sistema de control es una interconexión de componentes que forman una configuración del sistema que proporcionará una respuesta deseada de éste. La base para el análisis de un sistema es el fundamento proporcionado por la teoría de los sistemas lineales, la cual supone una relación de causa-efecto para los componentes de éste. Por tanto, un componente o proceso que vaya a ser controlado puede representarse mediante un bloque como el de la figura 6.1. La relación entrada-salida representa la relación de causa y efecto del proceso, la cual a su vez representa el procesamiento de la señal de entrada para proporcionar una variable de señal de salida, frecuentemente con una amplificación de potencia. Un sistema de control de malla abierta utiliza un regulador o actuador de control a fin de obtener la respuesta deseada, como se muestra en la figura 6.2.



Figura 6.1 Proceso a controlar.

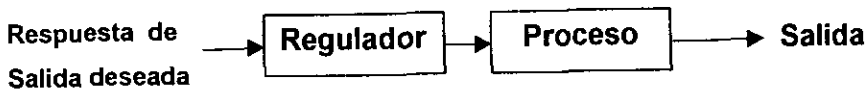


Figura 6.2 Sistema de control de circuito malla abierta.

En contraste con un sistema de control de malla abierta, el de malla cerrada utiliza una medición adicional de la salida real, para compararla con la respuesta de salida deseada. En la figura 6.3 se muestra un sistema de control simple de malla cerrada con retroalimentación. La definición estándar de un sistema de control con retroalimentación es la siguiente: un sistema de control con retroalimentación es aquel que tiende a mantener una relación prescrita de una variable del sistema con otra, comparando funciones de estas variables y usando las diferencias como medio de control.

Para controlar un proceso, un sistema de control con retroalimentación suele emplear una función de una relación prescrita entre la salida y la entrada de referencia. A menudo, la diferencia entre la salida del proceso bajo control y la entrada de referencia se amplifica y emplea para controlar el proceso, de manera que esta diferencia se reduce continuamente. El concepto de retroalimentación es el fundamento para el análisis y diseño de sistemas de control.

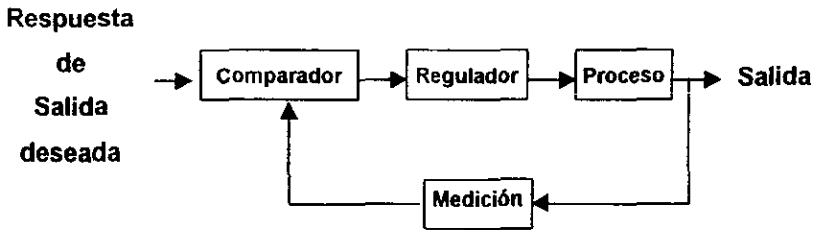


Figura 6.3 Sistema de control de malla cerrada con retroalimentación.

Debido a una mayor complejidad del sistema bajo control y al interés en obtener el funcionamiento óptimo, en esta década ha crecido la importancia de la ingeniería de sistemas de control. Además, conforme los sistemas se hacen más complejos, en su esquema deben considerarse las interrelaciones de muchas variables controladas.

Vamos a definir la terminología necesaria para describir los sistemas de control.

**Plantas.** Una planta es un equipo, quizá simplemente un juego de piezas de una máquina funcionando juntas, cuyo objetivo es realizar una operación determinada. Por lo tanto designaremos como una planta a cualquier objeto físico que ha de ser controlado.

**Proceso.** Se define proceso como una operación o desarrollo natural, progresivamente continua, caracterizada por una serie de cambios graduales que llevan de una a otra de un modo relativamente fijo y que tienden a un determinado resultado o final; o una operación artificial o voluntaria, progresivamente continua que consiste en una serie de acciones controladas o movimientos dirigidos sistemáticamente hacia determinado resultado o fin. Se ha de denominar proceso a cualquier operación que se vaya a controlar. Los procesos, por ejemplo, son químicos, económicos o biológicos.

## CAPÍTULO 6

**Sistema.** Un sistema es una combinación de elementos trabajando en conjunto para lograr un determinado objetivo. Un sistema no está limitado a los objetivos físicos. El concepto de sistema puede ser aplicado a fenómenos abstractos y dinámicos, como los de la economía. Por tanto, hay que interpretar el término "sistema" como referido a sistemas físicos, biológicos, económicos, etc.

**Función de transferencia.** La función de transferencia de un sistema se define como la relación entre la transformada de Laplace de la variable de salida y la transformada de Laplace de la variable de entrada, suponiendo que todas las condiciones iniciales se hacen iguales a cero. La función de transferencia de un sistema (o elemento) representa la relación que describe la dinámica del sistema bajo consideración.

Una función de transferencia puede definirse solamente para un sistema lineal y estacionario (de parámetro constante). Un sistema no estacionario, frecuentemente conocido como sistema que varía con el tiempo, tiene uno o más parámetros que varían en dicha forma y no puede utilizarse la transformación de Laplace. Además, una función de transferencia es una descripción entrada-salida del comportamiento de un sistema. Por tanto, la descripción de la función de transferencia no incluye ninguna información concerniente a la estructura interna del sistema y a su comportamiento.

**Modelos de diagramas de bloques.** Los sistemas dinámicos que comprenden sistemas de control automático se representan matemáticamente mediante un sistema de ecuaciones diferenciales simultáneas. La introducción de la transformación de Laplace reduce el problema a la solución de un conjunto de ecuaciones algebraicas lineales. Como los sistemas de control se ocupan del control de variables específicas, se requiere conocer la relación entre las variables controladas y la de control. Esta relación se representa típicamente mediante la función de transferencia del subsistema que relaciona las variables de entrada y salida. Por tanto, podemos suponer correctamente que la función de transferencia es una relación importante para la ingeniería de control.

## CAPÍTULO 6

La importancia de la relación causa y efecto de la función de transferencia se hace evidente por el interés en representar las relaciones de las variables, del sistema por medios diagramáticos. La representación por diagrama de bloques para las relaciones de los sistemas predomina en la ingeniería de sistemas de control. Los diagramas de bloques constan de bloques operacionales y unidireccionales que representan la función de transferencia de las variables de interés.

Para representar un sistema con diferentes variables bajo control, se utiliza una interconexión de bloques.

**Perturbaciones.** Una perturbación es una señal que tiende a afectar adversamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema, se le denomina interna, mientras una perturbación externa se genera fuera del sistema y constituye una entrada.

**Control de realimentación.** Control de realimentación es una operación que, en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida y la entrada de referencia de un sistema (o un estado deseado, arbitrariamente variado) que lo hace sobre la base de esta diferencia. Aquí solamente se consideran perturbaciones a las no previsible (es decir, las desconocidas de antemano), pues para las que pueden ser predichas o conocidas siempre se puede incluir una compensación dentro del sistema de modo que sean innecesarias las mediciones.

**Sistemas de control realimentado.** Sistema de control realimentado es aquel que tiende a mantener una relación preestablecida entre la salida y la entrada de referencia, comparando ambas y utilizando la diferencia como parámetro de control. Es de notar que los sistemas de control realimentado no están limitados al campo de la ingeniería, sino que se los puede encontrar en áreas ajenas a la misma, como economía y la biología. Por ejemplo, el organismo humano, en un aspecto, es análogo a una intrincada planta química con una enorme variedad de operaciones unitarias. El control de procesos de esta red de transporte y reacciones químicas involucra una variedad de



lazos de control. De hecho, el organismo humano es un sistema de control realimentado extremadamente complejo.

**Servomecanismos.** Un servomecanismo es un sistema de control realimentado en el cual la salida es alguna posición, velocidad o aceleración mecánica. Por tanto, los términos sistema de control de servomecanismo o de posición (o de velocidad o de aceleración) son sinónimos. Los servomecanismos son extensamente usados en la industria moderna. Por ejemplo, el funcionamiento totalmente automatizado de máquinas y herramientas, con su instrucción programada, son cumplidos por el uso de servomecanismos.

**Sistemas de regulación automática.** Un sistema de regulación automática es un sistema de control realimentado en el que la entrada de referencia o la salida deseada son o bien constante o varían lentamente en el tiempo, y donde la tarea fundamental consiste en mantener la salida en el valor deseado a pesar de las perturbaciones presentes.

**Sistemas de control de procesos.** Un sistema de regulación automático en el que la salida es una variable como temperatura, presión, flujo, nivel de líquido o pH, se llama sistema de control de procesos. El control de procesos tiene amplia aplicación en la industria. Se hace notar que la mayoría de los sistemas de control de procesos incluyen servomecanismos como parte integral.

### 6.1 Sistemas de Control de Malla Abierta

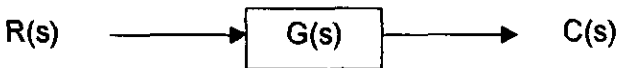
Los sistemas de control de malla abierta son sistemas de control en los que la salida no tiene efecto sobre la acción de control. Es decir, en un sistema de control de malla abierta la salida ni se mide ni se realimenta para compararla con la entrada. Un ejemplo práctico es la máquina de lavar. El remojo, lavado y el enjuague en la máquina de lavar

## CAPÍTULO 6

se cumplen sobre una base de tiempos. La máquina no mide la señal de salida, es, decir, la limpieza de la ropa.

En un sistema de control de malla abierta cualquiera, no se compara la salida con la entrada de referencia. Por tanto, para cada entrada de referencia corresponde una condición de operación fijada. Así, la exactitud del sistema depende de la calibración. (Los sistemas de control de malla abierta deben ser cuidadosamente calibrados y para que sean útiles deben mantener esa calibración.) En presencia de perturbaciones un sistema de control de malla abierta no cumple su función asignada. En la práctica, sólo se puede usar el control de malla abierta si la relación entre la entrada y la salida es conocida y si no hay perturbaciones ni internas ni externas. Estos sistemas claramente no son sistemas de control realimentado. Nótese que cualquier sistema de control que funciona sobre una base de tiempos es de malla abierta. Por ejemplo, el control del tráfico por señales actuadas en función de tiempos es otro caso de control de malla abierta.

Su expresión matemática se obtiene de la figura 6.1.1



**Figura 6.1.1 Sistema de malla abierta.**

Donde la función de transferencia queda definida como:

$$\frac{C(s)}{R(s)} = G(s)$$

## 6.2 Sistemas de Control de Malla Cerrada

Un sistema de control de lazo cerrado es aquel en el que la señal de salida tiene efecto directo sobre la acción de control.

Esto es, los sistemas de control de lazo cerrado son sistemas de control realimentado. La señal de error actuante, que es la diferencia entre la señal de entrada y la de realimentación (que puede ser la señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas), entra al detector o control de manera de reducir el error y llevar la salida del sistema al valor deseado. En otras palabras, el término "malla cerrada" implica el uso de acción de realimentación para reducir el error del sistema.

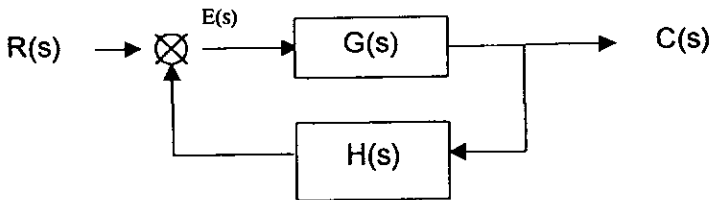


Figura 6.2.1 Sistema de malla cerrada.

De la gráfica vemos que:

$$E(s) = R(s) - H(s)$$

$$C(s) = E(s) G(s) \dots\dots\dots a)$$

Reemplazando E(s) en a)

$$C(s) = G(s) ( R(s) - H(s) )$$

Lo que nos da su función de transferencia.

$$\frac{C(s)}{R(s)} = \frac{G(s)}{1 + H(s) G(s)}$$

### **Comparación entre los sistemas de control de malla cerrada y de malla abierta**

Una ventaja del sistema de control de malla cerrada es que el uso de la realimentación hace al sistema, en su respuesta, relativamente insensible a perturbaciones externas y a variaciones internas de parámetros del sistema. De este modo es posible utilizar componentes relativamente inexactos y económicos y lograr la exactitud de control requerida en determinada planta; mientras esto sería imposible en el caso de malla abierta.

Desde el punto de vista de la estabilidad, en el sistema de control de malla abierta es más fácil de lograr, ya que la estabilidad no constituye un problema importante. Por otro lado, en los sistemas de malla cerrada la estabilidad siempre constituye un problema de importancia, por la tendencia a corregir errores, que puede producir oscilaciones de amplitud constante o variable.

Hay que recalcar que para sistemas en los que las entradas son conocidas previamente y en los que no hay perturbaciones, es preferible usar el control de malla abierta. Los sistemas de control de malla cerrada solamente tienen ventajas si se presentan perturbaciones no previsibles y/o variaciones imprevisibles de componentes del sistema. Se hace notar que la magnitud de potencia de salida determina parcialmente el costo, peso y tamaño de un servomecanismo (o inversión de capital, o en personal, etc., en sistemas empresariales). Para disminuir la potencia requerida de un sistema, si es aplicable, se puede utilizar control de malla abierta. Generalmente se logra un funcionamiento satisfactorio y más económico de todo el sistema si se opta por una combinación adecuada de controles de malla abierta y cerrada.

### **6.3 Sistema de Control on/off (o de dos posiciones)**

El elemento accionador tiene dos posiciones fijas. Este control es relativamente simple y económico, por lo que es altamente utilizado.

## CAPÍTULO 6

Sea la señal de salida de control  $m(t)$  y la señal de error actuante  $e(t)$ . En este tipo de control, la señal  $m(t)$  permanece en un valor máximo o mínimo, según la señal de error actuante sea positiva o negativa, de modo que:

$$\begin{aligned}m(t) &= M_1 && \text{para } e(t) > 0 \\m(t) &= M_2 && \text{para } e(t) < 0\end{aligned}$$

donde  $M_1$  y  $M_2$  son constantes. El valor de  $M_2$  es cero o bien menos  $M_1$ .

### 6.4 Sistema de Control Proporcional

Un control automático compara el valor efectivo de salida de una planta con el valor deseado, determina la desviación y produce una señal de control que reduce la desviación a cero o a un valor pequeño. La forma en que el control automático produce la señal de control recibe el nombre de acción de control.

Un control automático debe detectar la señal de error actuante, que habitualmente se encuentra a un nivel de potencia muy bajo, y amplificarla a un nivel suficientemente alto. Por tanto, se requiere de un amplificador. La salida del control automático va a actuar sobre un dispositivo de potencia, como un motor neumático o válvula, un motor hidráulico o un motor eléctrico.

Acción de control proporcional. Para un control de acción proporcional, la relación entre la salida del controlador  $m(t)$  y la señal de error actuante  $e(t)$  es

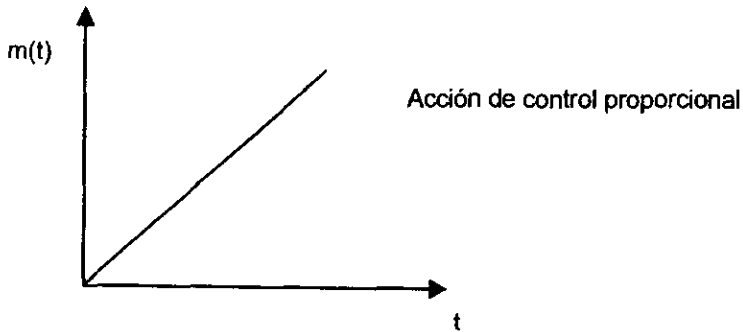
$$m(t) = K_p e(t)$$

o, en magnitudes transformadas de Laplace,

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p$$

## CAPÍTULO 6

donde  $K_p$  se denomina sensibilidad proporcional o ganancia.



**Figura 6.4.1 Acción de control proporcional.**

Cualquiera que sea el mecanismo en sí, y sea cual fuere la potencia que lo alimenta, el control proporcional esencialmente es un amplificador con ganancia ajustable.

En la fig. 6.4.1 vemos un diagrama que muestra la salida del control proporcional a una entrada de rampa unitaria.

### 6.5 Sistema de Control Derivativo

La acción de control derivativa agregada a un control proporcional brinda un medio de obtener control con alta sensibilidad. Una ventaja de usar acción de control derivativa es que responde a la velocidad de variación del error actuante y puede producir una corrección significativa antes que el valor del error actuante se haga excesivo. De este modo, el control derivativo se anticipa al error actuante, inicia una acción correctiva temprana y tiende a aumentar la estabilidad del sistema.

Aunque el control derivativo no afecta directamente al error en estado de régimen, añade amortiguamiento al sistema y, por tanto, permite el uso de un valor de ganancia

## CAPÍTULO 6

$K_p$  más elevado, lo que produce un mejoramiento en la exactitud del estado de régimen.

Como el control derivativo actúa con la velocidad de variación del error actuante, y no con el error actuante en sí, este modo nunca es usado solo. Se lo usa siempre en combinación con acción proporcional o proporcional e integral.

La acción de control proporcional y derivativa queda definida por la siguiente ecuación:

$$m(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt}$$

o la función transferencia es:

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p (1 + T_d s)$$

donde  $K_p$  es la sensibilidad proporcional y  $T_d$  es el tiempo derivativo. Tanto  $K_p$  como  $T_d$  son regulables. La acción de control derivativa, a veces denominada control de velocidad, es cuando el valor de salida del control es proporcional a la velocidad de variación de la señal de error actuante. El tiempo derivativo  $T_d$  es el intervalo de tiempo en el que la acción de velocidad se adelanta al efecto de acción proporcional. Como puede verse la acción de control derivativo tiene carácter de anticipación. Sin embargo, por supuesto, la acción derivativa nunca puede anticiparse a una acción que aún no ha tenido lugar.

Mientras la acción de control derivativo tiene la ventaja de ser anticipadora, tiene las desventajas de que amplifica las señales de ruido y puede producir efecto de saturación en el accionador.

Hay que notar que nunca se puede tener una acción de control derivativo sola, porque este control es efectivo únicamente durante periodos transitorios.

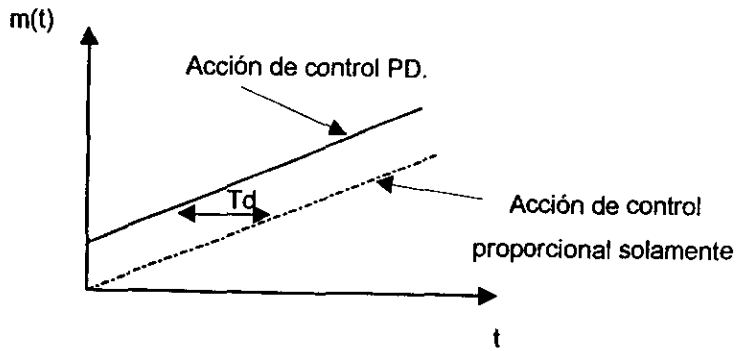


Figura 6.5.1 Acción de control proporcional derivativo para una entrada de rampa.

## 6.6 Sistema de Control Integral

En un control con acción integral, el valor de la salida del controlador  $m(t)$  varía proporcionalmente a la señal de error actuante  $e(t)$ . Es decir,

$$\frac{dm(t)}{dt} = K_i e(t)$$

o

$$m(t) = K_i \int e(t) dt$$

donde  $K_i$  es una constante regulable. La función transferencia del control integral es

$$\frac{M(s)}{E(s)} = \frac{K_i}{s}$$



Si se duplica el valor de  $e(t)$ , el valor de  $m(t)$  varía dos veces más rápido. Para un error actuante igual a cero, el valor de  $m(t)$  se mantiene estacionario. La acción de control integral recibe a veces el nombre de control de reposición.

En el control proporcional de una planta cuya función transferencia no posee un integrador  $1/s$ , hay un error en estado de régimen o corrimiento en la respuesta a una entrada escalón. Se puede eliminar este corrimiento si se incluye acción de control integral en el control.

En el control integral de una planta, la señal de salida del control en cualquier instante es la superficie bajo la curva de la señal de error actuante hasta ese momento. La señal de control  $m(t)$  puede tener un valor que no sea cero cuando la señal de error actuante  $e(t)$  es cero. Esto es imposible en el caso del control proporcional pues una señal de control no nula requiere una señal de error actuante no nula. (Una señal de error actuante distinta de cero en estado de régimen significa que hay un corrimiento). Si se duplica el valor de  $e(t)$ , el valor de  $m(t)$  varía dos veces más rápido. La acción de este control recibe el nombre de control de reposición.

Se hace notar que la acción de control integral, si bien elimina el efecto de corrimiento o error de estado de régimen, puede llevar a respuesta oscilatoria de amplitud lentamente decreciente o a una de amplitud creciente ambas generalmente indeseables.

### 6.7 Sistema de Control P.I.D.

La combinación de los efectos de acción proporcional, acción de control derivativa y acción de control integral, se llama acción de control proporcional, derivativa e integral. Esta acción combinada tiene las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales. La ecuación de un control con esta acción de control combinada está dada por

$$m(t) = K_p e(t) + K_p T_d \frac{de(t)}{dt} + \frac{K_p}{T_i} \int e(t) dt$$

## CAPÍTULO 6

donde la función transferencia es:

$$\frac{M(s)}{E(s)} = K_p \left( 1 + T_d s + \frac{1}{T_i s} \right)$$

donde  $K_p$  representa la sensibilidad proporcional,  $T_d$  el tiempo derivativo y  $T_i$  el tiempo integral. Si  $e(t)$  es una función de rampa unitaria, la salida de control se tendrá como en la figura 6.7.1.

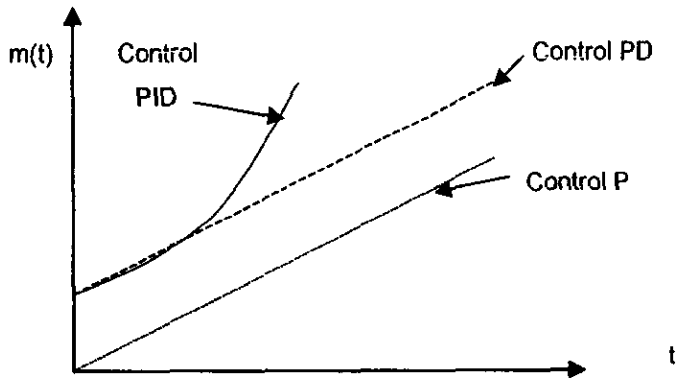


Figura 6.7.1 Salida del control PID.

## CAPÍTULO 7. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN

### 7.1 DEFINICIÓN Y ACOTACIÓN DEL PROBLEMA

#### 7.1.1 Definición del problema

Debido a un sin número de circunstancias, en general, la pequeña y mediana industria en México, cuenta con un rezago tecnológico que la hace cada día menos competitiva y menos eficiente. Esto, aunado a la vertiginosa apertura comercial de nuestro país y a la tendencia mundial hacia la comercialización global, ha dado como consecuencia un gran problema nacional, ya que los productos extranjeros están desplazando a los nacionales por contar con mejor calidad y menor precio.

Si tomamos en cuenta que en México, un alto porcentaje de la planta productiva se emplea en este tipo de empresas, se puede evidenciar un grave problema de desempleo y baja en los ingresos de la sociedad mexicana.

Este trabajo pretende ofrecer una alternativa para hacer más productiva a la pequeña y mediana industrias en México, para estandarizar la calidad de los productos que fabrica y para poder competir en precio, con las industrias de países con mayor grado tecnológico.

Se diseñará e implementará una línea de producción genérica, integrando diferentes sistemas electrónicos para controlarla y monitorearla automáticamente.

Desde luego, este es solo uno de los pasos que el empresario deberá seguir para lograr la competitividad; primeramente deberá evaluar si sus procesos de fabricación y sus procedimientos operativos son eficientes y en caso contrario aplicar las técnicas adecuadas para la "reingeniería de los procesos". Después de automatizar sus líneas de producción, deberá implantar un sistema de aseguramiento de calidad y capacitar continuamente a sus empleados.

### 7.1.2 Acotación del problema

El desarrollo de este trabajo, deberá abarcar la conceptualización e implementación de la línea de producción simulada, la selección de los sensores, transductores y actuadores que se acoplarán a la misma para automatizarla, la integración y programación del PLC que la controlará y el sistema de vídeo que se empleará para el monitoreo.

El sistema resultante deberá servir como modelo para las empresas mexicanas que tengan interés en mejorar el rendimiento de sus empresas.

El documento contendrá la información básica para que el empresario sin conocimientos previos en el tema, pueda entender la forma en que la integración de sistemas de control y monitoreo pueden llevarse a cabo en su empresa para incrementar su productividad.

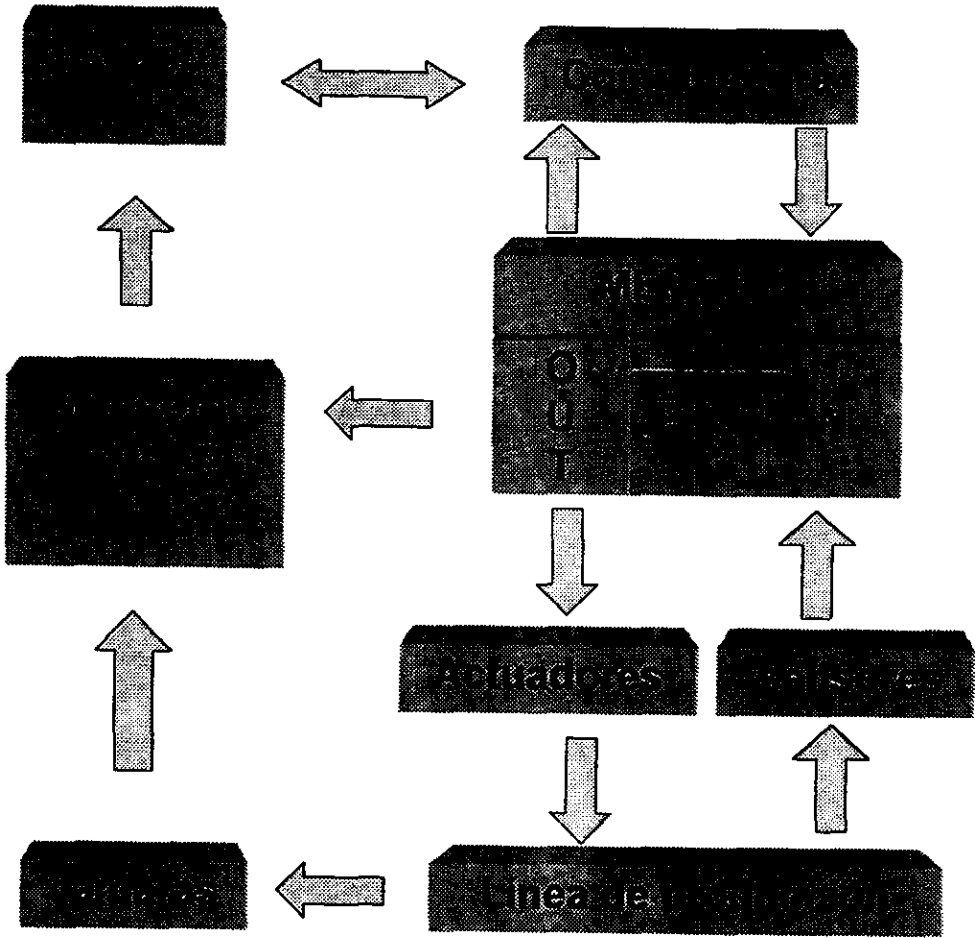


Figura 7.1.2.1 Diagrama de Bloques de una línea de producción controlada y monitoreada automáticamente.

## 7.2 REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA.

Los requerimientos que debe tener el sistema van estrechamente relacionados con los requerimientos del usuario y, como hemos hecho mención, el usuario o los usuarios del sistema son la pequeña y mediana industria, por lo tanto mostraremos los requerimientos de ambas con el fin de lograr a un sistema que realmente permita cubrir las necesidades de las mismas. El sistema debe de ser modular, es decir, tener la posibilidad de crecer junto con la planta resolviendo todos los problemas que con ello se origina. Debe de ser flexible, es decir, tiene que permitir su aplicación en diferentes tipos de proceso. El sistema estará enfocado las siguientes áreas: Producción, mantenimiento. El sistema contara con un enlace a una computadora, la cual contara con un software tanto de comunicación, así como de animación, de manera de que pueda brindar información de la línea de producción a la persona o al departamento que la empresa elija. En la figura 7.2.1 se muestra un esquema de como se puede interrelacionar el sistema con la organización de la empresa.

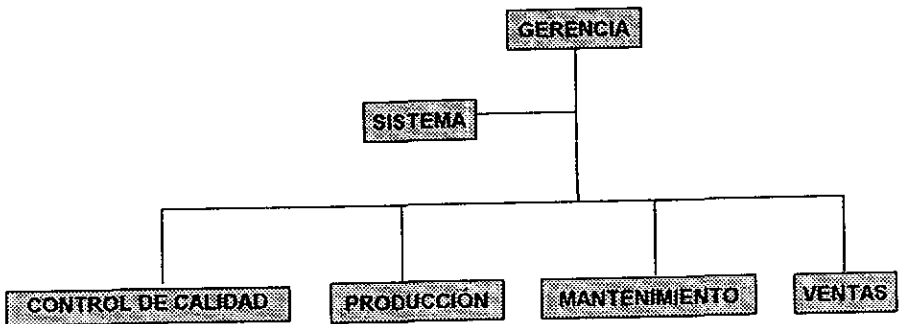


Figura 7.2.1 Esquema del sistema incorporado a un organigrama.

## CAPÍTULO 7

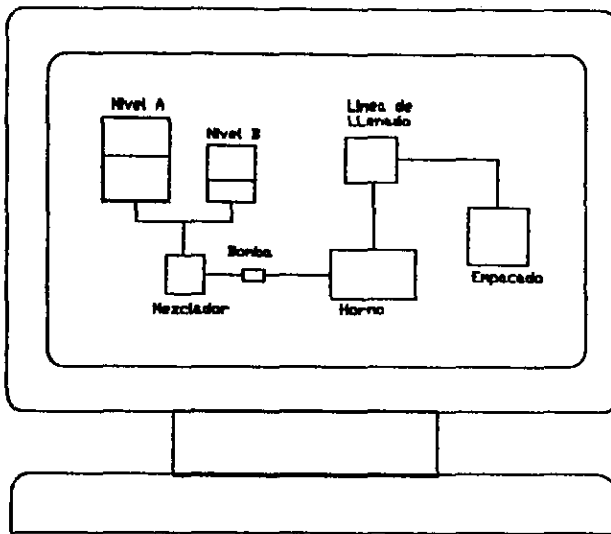
De acuerdo a las áreas que debe de brindar servicio, el sistema debe de tener las siguientes características:

Para producción:

Con base en los requerimientos de producción, el sistema debe ser capaz de facilitar la programación de la producción teniendo como restricción que esta solo se podrá establecer a nivel gerencial, o salvo otra petición del usuario.

Debe de permitir el control a nivel de línea, máquina, o proceso, esto es, puede en cualquier circunstancia permitir el mando manual. Además, debe de contar con un monitor en donde se simularán las diferentes estaciones de la línea, máquina o proceso, mostrando el estado de las variables de control. En la figura 7.2.2 se muestra el ejemplo de lo que sería el monitor para una línea de producción.

Debe de contar con un programa que permita a producción saber cual es la cantidad de piezas o producto terminado, así como la cantidad de producto de rechazo.



**Figura 7.2.2 Monitor de la línea de producción.**

## CAPÍTULO 7

Dentro del sistema de monitoreo se debe mostrar un gráfico que simule el estado de la materia o las piezas a procesar.

En función de los datos que se generen en el sistema, otros departamentos podrán generar bases de datos útiles a la empresa, por ejemplo: pueden generar un programa que utilice los datos del proceso, y generar lo que sería un control estadístico del proceso.

Mediante claves de acceso, restringirá acciones de control así como acceso a la información de acuerdo al rango de la persona que utilice el sistema.

Mediante terminales con ambientes amigables permitirá el control por parte de los jefes de línea o supervisores e inclusive de los operadores en caso de ser necesario.

Por el lado de mantenimiento, tenemos:

Cuando el sistema llegue a fallar deberá de emitir una señal de alarma, al tiempo que sucede esto, un equipo de vídeo instalado en campo deberá mostrar en el monitor la zona o parte de la línea donde se localiza la falla. Cuando halla localizado la falla bajo la petición del personal de mantenimiento, el sistema proporcionará los lugares del fallo. ...

Se podrá crear un software para que mediante una pantalla de computadora se le pueda ayudar al personal de mantenimiento solucionar fallas. Es decir suponiendo que una falla ocurra esta será detectada por el personal de mantenimiento, lo siguiente es que mediante un programa para computadora la persona responsable del mantenimiento, establezca la zona donde ocurrió la falla, y el programa le ayude a establecer las causas posibles a las que se debe el fallo. La figura 7.2.3 muestra un ejemplo de una pantalla de ayuda para mantenimiento.



## CAPÍTULO 7

Otras características importantes del sistema son:

- Que el proceso pueda ser monitoreado por tres cámaras fijas y una móvil.
- Que el P.L.C. sea reprogramable de acuerdo al producto que se este fabricando.
- Que posea un programa para la simulación del proceso en cuestión.
- Que posea alarmas que indiquen los puntos de falla.
- Que las cámaras ubiquen los puntos de falla.
- Que a través de alarmas alerte al operador de posibles fallas.
- Que maneje variables analógicas y digitales, de entradas y salidas.
- Que cuente las piezas de producción, rechazo, perforadas, pintadas, etc.

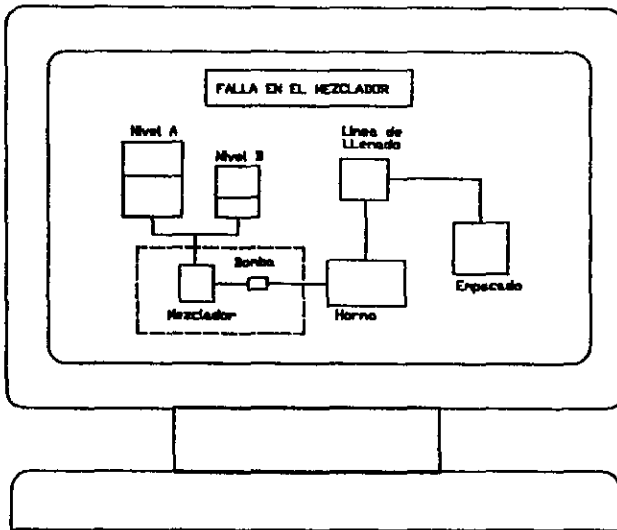


Figura 7.2.3 Pantalla de ayuda a mantenimiento.

Por último el sistema debe de permitir la restricción al proceso a personas que no correspondan al área de interés.

## 7.3 DEFINICIÓN DEL PROCESO A SIMULAR UBICANDO LOS DIFERENTES MÓDULOS DEL KIT ORT

### 7.3.1 Presentación

En este apartado se ordenarán los módulos concernientes al **KIT ORT**, que identificamos como Simulador de Automatización Industrial (SAI), de acuerdo al ensamble e instalación que estos tendrán en la "línea de producción".

El SAI simulará una fábrica de recipientes, representados por piezas perforadas, que deben ser separados por tipos y pasarse a otra línea ó perforarse. Se tendrán dos tipos de piezas; plásticas y de cubierta metálica. La superficie de cada pieza plástica puede tener adherida una etiqueta plateada que representará una pieza no barrenada, la cual será detectada para sujetarla y perforarla debidamente. En total se tendrán cuatro permutaciones.

El KIT podrá simular las funciones de control de desplazamiento, selección, sujeción y perforación de piezas, pero adicionalmente se representará un proceso donde las piezas son introducidas a un horno.

Se hará referencia a la forma en que se logra el accionamiento de los cuatro cilindros neumáticos utilizados en el proceso, mencionando su control a través de válvulas solenoides.

La distribución y ensamble de los módulos sobre la plataforma, su interconexión con el banco de válvulas solenoides y el PLC se explicarán uno por uno, de tal manera que al final, quede trazada la ruta que se propone para configurar la simulación del sistema y a su vez pasar a desarrollar el software requerido, así como determinar los puntos críticos de supervisión.

## CAPÍTULO 7

### 7.3.2 Ensamblado de los módulos sobre la plataforma

Se explicará la ubicación de los módulos, así como los pasos a seguir en el montaje de los mismos sobre la plataforma, mencionando su lógica y función.

1) La plataforma tiene 29 ranuras (figura 7.3.2.1). Con la plataforma sobre una mesa y viéndola de frente, la ranura 1 se cuenta como la más cercana a uno y paralela al frente de la mesa.

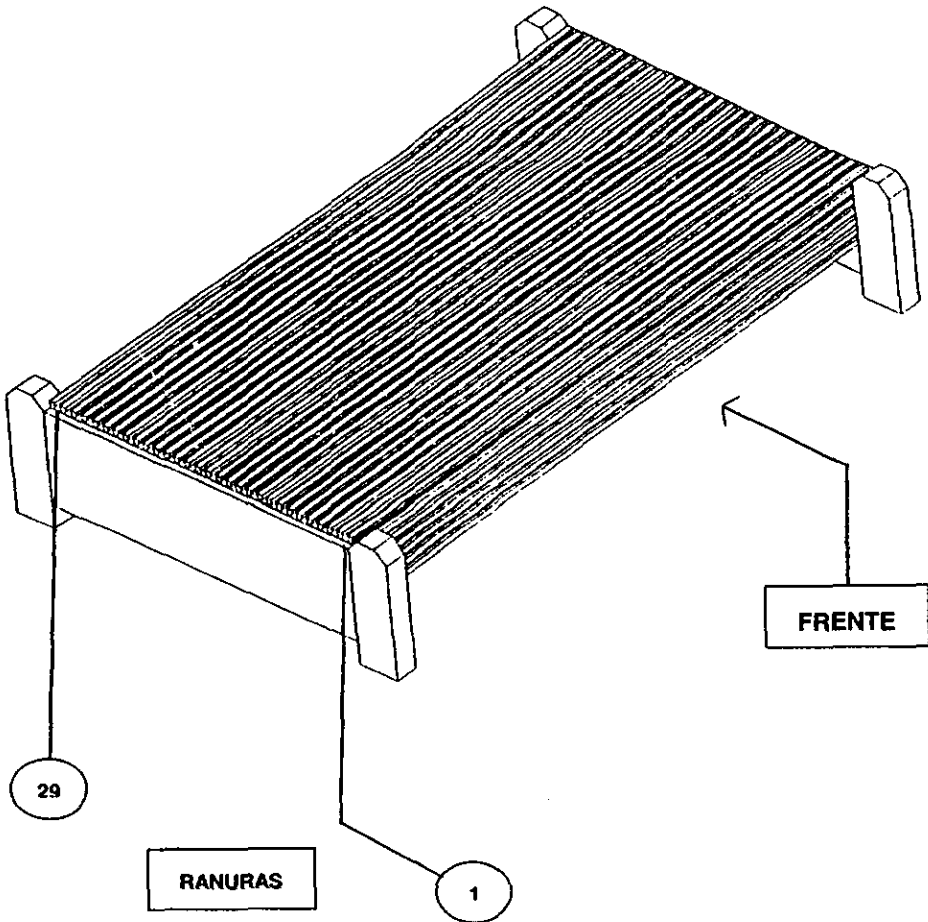


Figura 7.3.2.1 Ubicación de las ranuras en la plataforma.

## CAPÍTULO 7

2) El cilindro de aire (40 mm) se coloca y sujeta con el módulo del interruptor de caña que empuja los bloques hacia el lado derecho con los tornillos de plástico en las ranuras 12 y 16, aproximadamente 30 mm a la izquierda de la arista de la plataforma. Los tornillos de plástico pueden sujetarse con los dedos.

La ubicación de este cilindro del lado izquierdo y al centro de la plataforma es para identificar el principio de la línea propuesta y aprovechar todos los módulos del KIT, de tal forma que se simule un proceso lo más completo posible

Este primer elemento a colocar, el cilindro de aire de 40 mm. tendrá la función de introducir las piezas, que ya deben ir "perforadas", a la línea de producción. El interruptor de caña acoplado en este cilindro permitirá accionar una alarma cuando el cilindro se trabe por cualquier circunstancia o no lleve a cabo toda su carrera.

3) El módulo base del alimentador se ubica en línea con el módulo referido en el párrafo 2 (con los tornillos de plástico en las ranuras 11 y 17) y se ajusta con los tornillos. Se coloca entonces el alimentador dentro de su posición con un movimiento giratorio hasta que este seguro en el orificio.

La base del alimentador ensamblada con el tubo alimentador se encargarán de proporcionar las piezas que irá desplazando el cilindro de 40 mm., una por una, dadas las dimensiones del tubo, que acepta una columna de piezas, y por las dimensiones de la base, la cual puede albergar una pieza a la vez. Las piezas tomarán su turno de desplazamiento al ir cayendo por gravedad a la base del alimentador y conforme una pieza desplazada por el cilindro neumático, deje su lugar a otra al ser retraído el mismo cilindro, para repetir la acción continuamente.

4) El módulo sensor del alimentador se coloca al lado del módulo referido en el párrafo 3 y se ajusta la cara del sensor hacia el alimentador antes de asegurarlo con el tornillo de plástico en la ranura 21. De forma similar se coloca el módulo retrorreflector de cara al alimentador y al sensor ajustando el tornillo de plástico en la ranura 7.

## CAPÍTULO 7

Este sensor detecta la existencia de piezas en el tubo alimentador. Cuando el alimentador tiene piezas el haz de luz entre el sensor y el retrorreflector se interrumpe. La salida del sensor es '1' cuando el alimentador contiene piezas y hay un voltaje en la entrada de sensores del PLC de 120V. Al vaciarse el alimentador la ruta del haz de luz hasta el sensor no se interrumpe y el haz regresa al sensor desde el reflector, en este caso el sensor tiene a la entrada de sensores del PLC en 0V. En el mismo sensor se tiene una lámpara indicadora color naranja que se usa como señal del estado del alimentador, cuando hay piezas está apagada, cuando se vacía enciende.

La vista en planta de la figura 7.3.2.2 ilustra el montaje de los módulos mencionados.

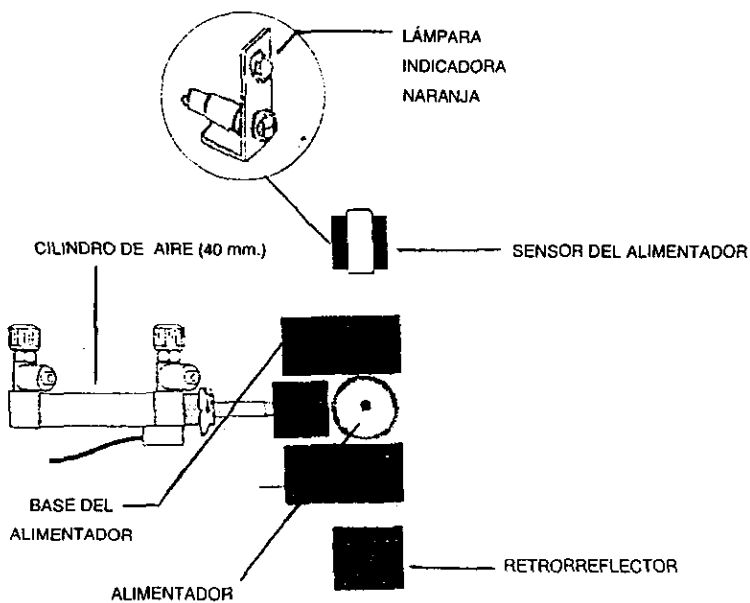


Figura 7.3.2.2 Vista en planta del cilindro, base, tubo alimentador y el sensor de piezas.

5) Se coloca una de las guías de las piezas en el borde y en línea con la base del alimentador y se ajusta con el tornillo de plástico en la ranura 17.

6) Se coloca el sensor inductivo en el módulo de las guías de las piezas en línea con la parte más baja de la base del alimentador y se ajusta el tornillo de plástico en la ranura 11. Verificando que frente de esta guía se encuentre la descrita en el párrafo 5, se ajusta. Ahora se coloca una de las piezas con cubierta metálica frente al sensor y se ajusta a una distancia de 2 mm de la pieza aproximadamente.

El sensor inductivo permitirá detectar el paso de una pieza con recubrimiento metálico, originando un cambio de estado de '0' a '1' cuando esto ocurra. Mientras pasen frente al sensor piezas de plástico, este mantendrá su nivel '0'.

Las guías de piezas mencionadas en los párrafos 5 y 6 empezarán a formar una trayectoria horizontal, que se identificará como pista principal.

7) Uno de los módulos que poseen un cilindro de aire (25 mm) se coloca para empujar las piezas a 2 ó 3 mm de la arista de la guía de piezas y se ajusta en la ranura 20. Este módulo lo describiremos como módulo de cilindro de aire seleccionador.

La función de este cilindro de aire será seleccionar las piezas metálicas, para desplazarlas a otra pista corta, perpendicular a la principal, previo el envío de la señal correspondiente que con antelación habrá mandado el módulo sensor inductivo. Cuando el sensor inductivo mantenga su estado invariable, las piezas (plásticas) seguirán por la pista principal, manteniéndose el cilindro de aire seleccionador inmóvil.

8) Se coloca el módulo de la estación de procesos con el zumbador y la lámpara roja hacia uno ajustándose en las ranuras 11 y 17 respectivamente. En la parte de atrás de la estación de procesos se tiene un espacio entre guías donde se colocará el segundo cilindro neumático de 25 mm. Con el acrílico hacia la estación de procesos se ajusta en

## CAPÍTULO 7

la ranura 20, de tal manera que quede paralelo al otro cilindro de 25 mm. seleccionador, ensamblado previamente. El cilindro neumático colocado en la estación de procesos lo identificaremos como sujetador.

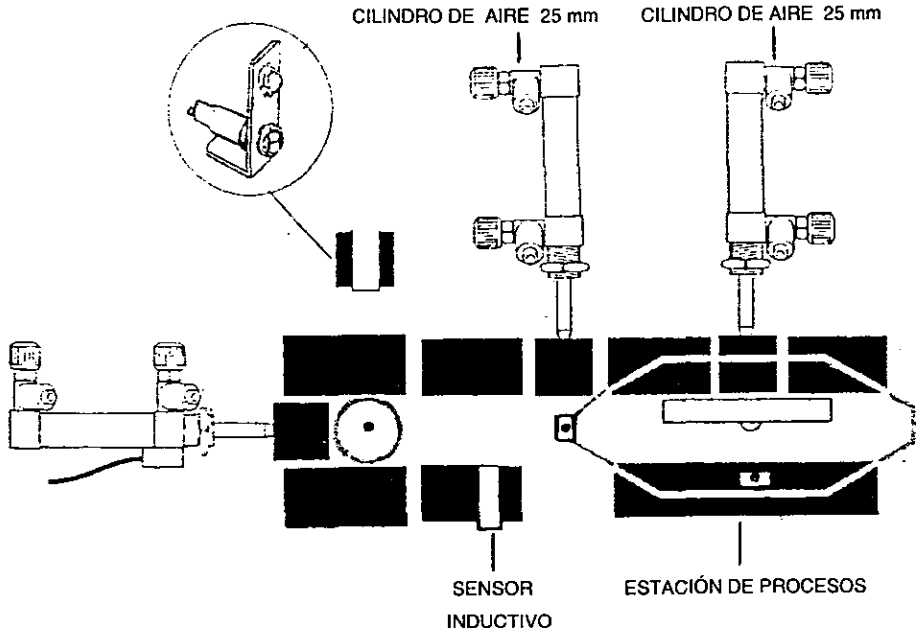
La estación de procesos a la entrada cuenta con un sensor óptico que detectará cuando una pieza no ha sido perforada, esto se simula colocando una etiqueta plateada en la superficie de la pieza, el sensor mandará una señal avisando que ha pasado una pieza sin perforar, dando tiempo a que dicha pieza llegue a donde se ubica el otro cilindro de 25 mm. sujetador, el cual asegura la pieza al recibir la señal indicada de accionamiento. Con este movimiento se acciona un microinterruptor que verifica si la pieza se sujeto adecuadamente, accionándose entonces el cilindro perforador colocado en forma perpendicular a la pista principal. La lámpara roja enciende cuando se va a perforar una pieza. Igualmente se llevará un conteo de las piezas que van siendo perforadas. El zumbador en la estación de procesos se accionará en el momento que ocurra alguna falla en el sistema.

La vista en planta de la figura 7.3.2.3 muestra los módulos ensamblados después del párrafo 4 y hasta el 8.

9) Una de las guías de piezas se coloca de forma tal, que su borde superior esté alineado con el borde superior del módulo de la estación de procesos y se ajusta en la ranura 17. Se coloca otra de las guías exactamente alineada con la anterior.

10) Se coloca una de las guías de piezas alineando su borde inferior con el borde inferior del módulo de la estación de procesos, ajustando en la ranura 11. Se coloca otra de las guías alineada exactamente con la anterior.

Las guías de los párrafos 9 y 10 sirven para continuar la pista principal del proceso por donde correrán las piezas.



**Figura 7.3.2.3 Vista en planta del ensamblaje de módulos hasta el párrafo 8.**

11) En la parte final de esta pista se colocará un módulo que no corresponde al Kit y que simulará un horno, a manera de túnel, por donde continuarán pasando las piezas llevándose a cabo un control de temperatura. De esta forma se puede sentir una variable analógica.

12) Se coloca una guía de piezas y se ajusta en la ranura 7, con la parte más corta de la guía en línea con la arista izquierda de la estación de procesos.

13) Se coloca una guía de piezas y se ajusta en la ranura 7, con la parte más corta de la guía en línea con la arista derecha del sensor inductivo sobre el módulo de la guía.

Los párrafos 12 y 13 servirán para implementar la pista corta por donde se desplazarán las piezas metálicas que han sido separadas por el cilindro neumático seleccionador. Hasta aquí finaliza la pista corta, donde también se podrán contar las piezas separadas



## CAPÍTULO 7

de la pista principal.

14) Se coloca el módulo del interruptor de botón en la ranura 17 y se ajusta.

El interruptor de botón sirve para restablecer el proceso cuando ocurra alguna contingencia en la línea de producción, al mandar un '1' a la entrada de sensores del PLC.

Este módulo se ubica en la plataforma considerando el espacio y la comodidad que se tenga para accionarlo. En este caso se ubica en la parte final de las guías de la pista principal, antes del horno.

En la figura 7.3.2.4 se observa el conjunto de todos los módulos que forman la línea de producción desde una vista en planta.

En la figura 7.3.2.5 se observa la integración de todos los módulos utilizados de acuerdo a la ubicación física de los mismos sobre la plataforma.

15) Los módulos referidos en el apartado 1.4 concernientes al módulo de despliegue de siete segmentos y a los módulos de sensores retrorreflectivos cuadrados se omiten en el proceso que se simulará; no obstante, una función de conteo de piezas metálicas y plásticas le serán encargadas al PLC para aprovechar en mayor medida las capacidades del mismo con el consecuente ahorro de componentes en la implementación del proceso a simular. Esta idea podría ser más atractiva si en algún momento se pensara en comercializar el sistema.

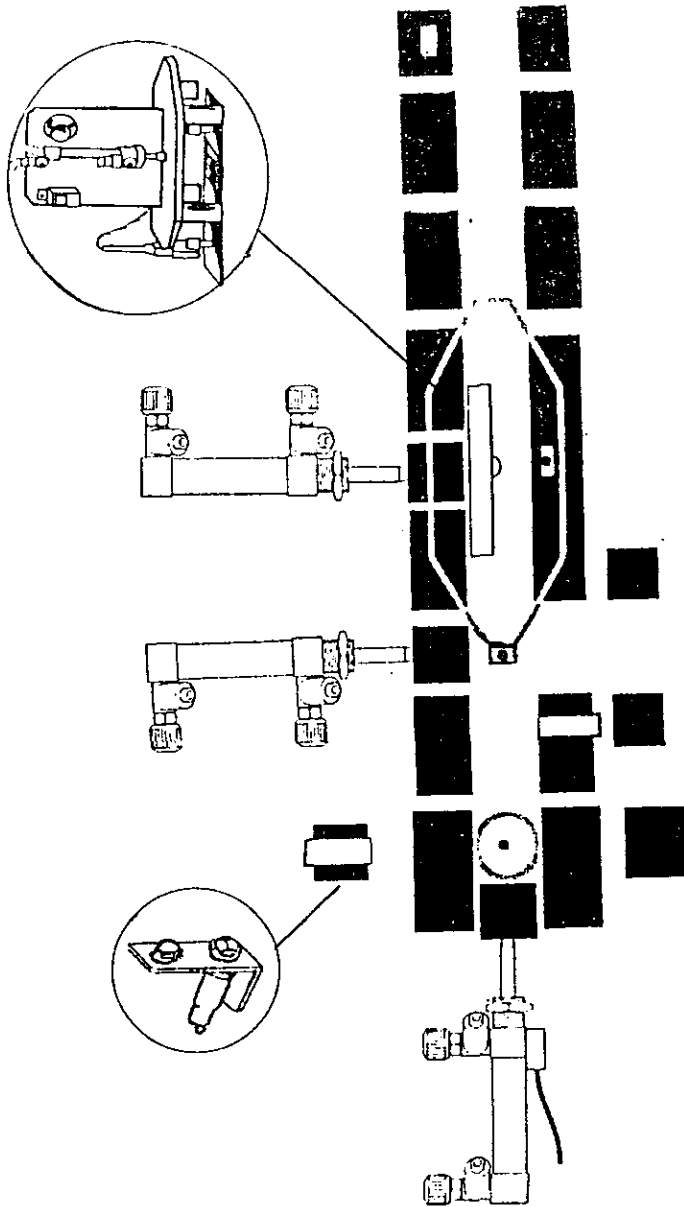


Figura 7.3.2.4 Vista en planta de la línea de producción simulada.

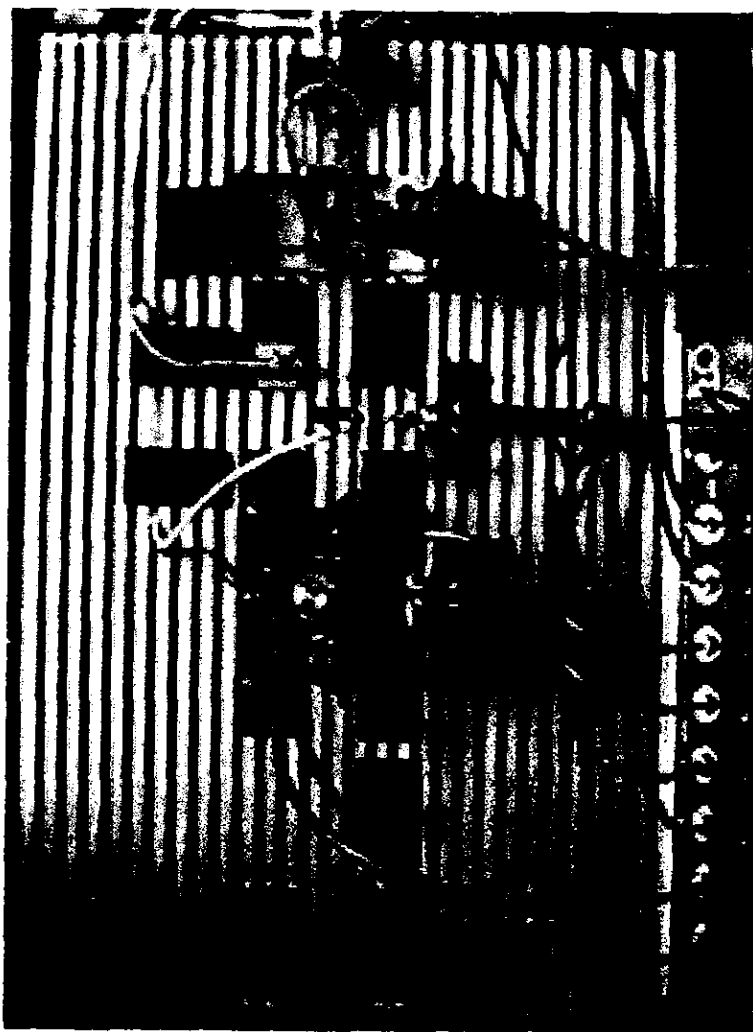


Figura 7.3.2.5 Integración de los módulos sobre la plataforma.

### 7.3.3 Colocación del banco de 8 válvulas solenoides

En esta sección se describen las conexiones neumáticas para extender o contraer los vástagos de los cilindros de aire comandados por el PLC, según las necesidades del proceso.

1) Se coloca el bloque de sujeción en una ranura de la parte posterior de la plataforma, aproximadamente a 100 mm de la arista izquierda como se muestra en la figura 7.3.3.1 y se ajusta. De manera similar se coloca el segundo bloque de sujeción en la misma ranura de la parte posterior de la plataforma, aproximadamente a 100 mm de la arista derecha y se ajusta permitiendo que pueda deslizarse en forma horizontal sobre la ranura. (Obsérvese que los dos tornillos de plástico de los bloques de sujeción estén en la segunda ranura hacia arriba en la parte trasera de la plataforma).

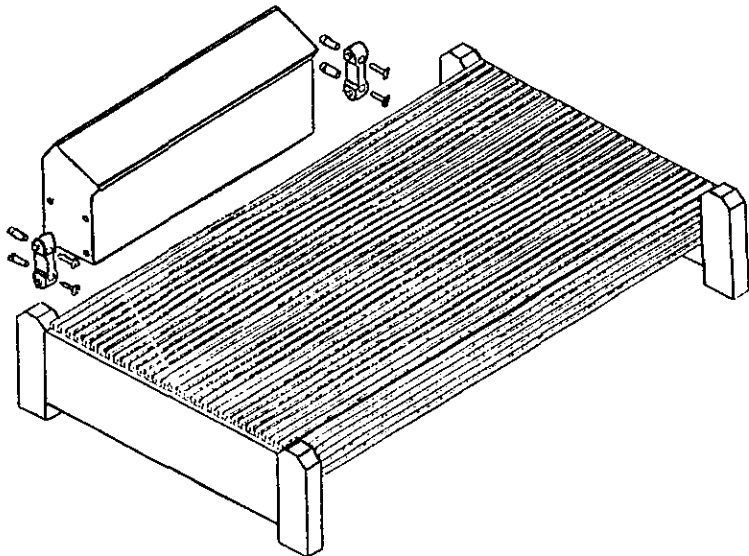


Figura 7.3.3.1 Empalmo del banco de 8 válvulas solenoides.

## CAPÍTULO 7

2) Enseguida se coloca el banco de 8 válvulas solenoides en las guías del bloque de sujeción izquierdo asegurando que las guías estén dentro de los orificios del banco sosteniéndolo.

3) Se desliza el bloque de sujeción sobre la ranura hasta que las guías entren en los orificios del banco y se ajusta con los tornillos de plástico. Debe asegurarse que el banco de 8 válvulas solenoides quede bien sujeto a la plataforma.

### 7.3.4 Funciones del PLC en el proceso propuesto

El PLC se encargará de mandar las señales correspondientes para accionar los cilindros neumáticos, las alarmas y recibir las señales de los sensores involucrados en el proceso. Estos aspectos se detallarán en las secciones siguientes.

#### 7.3.4.1 Como trabajan los cilindros neumáticos

Los cuatro cilindros neumáticos son operados con aire comprimido y controlados por válvulas operadas por solenoides. Se requieren dos válvulas por cada cilindro (ocho válvulas en total). La unidad con el juego de ocho válvulas solenoides está en el panel acoplado en la parte trasera del simulador.

La figura 7.3.4.1.1 ilustra cómo se conecta el primer cilindro de aire a las válvulas solenoides.

Examinando las válvulas solenoides, se observarán dos mangueras de plástico desde la válvula a cada cilindro, estas mangueras llevan aire comprimido. Las mangueras conectadas a la parte trasera de los cilindros que empujan los pistones cuando el aire comprimido fluye a través de ellas y las mangueras conectadas a la parte delantera de los cilindros que retraen los pistones. El aire es controlado a través de válvulas solenoides las cuales están eléctricamente conectadas a las salidas del PLC. Cuando

una válvula solenoide está encendida, el aire comprimido fluirá a través de la manguera conectada al solenoide correspondiente. Las dos válvulas solenoides requeridas por cada cilindro neumático están conectadas a una salida tipo 'relevador' del PLC, por lo tanto cuatro 'relevadores' controlan a los cuatro cilindros. La conexión eléctrica es tal que cuando el 'relevador' apropiado esté encendido, será empujado el pistón del cilindro conectado a él, cuando el 'relevador' esté apagado, el pistón del cilindro será retraído.

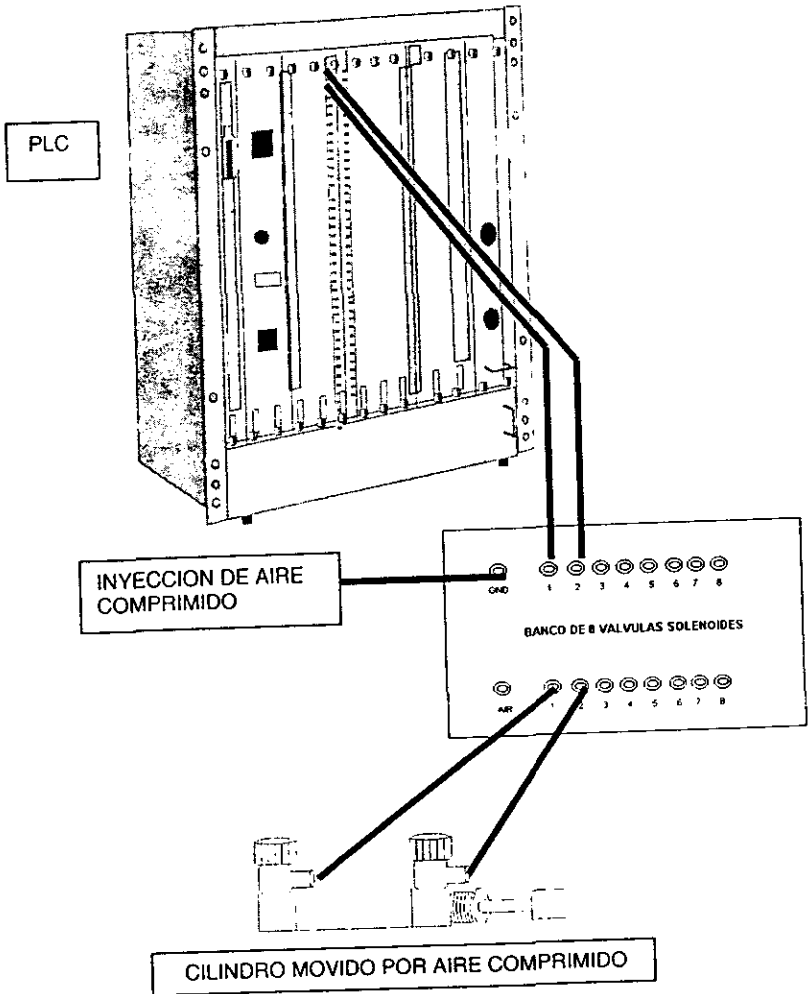


Figura 7.3.4.1.1 Conexión del primer cilindro de aire al banco de 8 válvulas solenoides.

## CAPÍTULO 7

### 7.3.4.2 Otras salidas

Así como los cuatro cilindros neumáticos son controlados por 'relevadores' del PLC, hay otras tres salidas también controladas por 'relevadores', estas son:

- La luz naranja en el distribuidor (alimentador).
- La luz roja en el cilindro del taladro
- El zumbador en el cilindro del taladro

### 7.3.4.3 Las entradas

En el simulador industrial se tienen ocho entradas para controlar y se resumen de la siguiente manera:

- En el primer cilindro neumático, el cual empuja las piezas del distribuidor, hay un interruptor de lengüeta. Este interruptor es operado por un imán dentro del cilindro y provee una señal cuando el pistón está totalmente extendido.
- Al lado del distribuidor (el tubo vertical de plástico transparente) y en línea con este hay un sensor retrorreflectivo. Este sensor envía un rayo infrarrojo a través del distribuidor hacia el reflector que se encuentra del otro lado. Este sensor es usado para detectar si hay o no piezas en el distribuidor.
- En el otro lado de la pista entre el distribuidor y el segundo cilindro de aire, hay un sensor inductivo de proximidad. Este sensor crea un campo magnético que es interrumpido por la presencia de objetos metálicos. De tal forma que se puede usar para determinar cuando hay una pieza de metal o no.
- Arriba de la pista y en línea con el segundo cilindro hay un sensor óptico. A diferencia del sensor retrorreflectivo descrito antes, este sensor es del tipo de

## CAPÍTULO 7

reflexión difusa y puede detectar luz reflejada por etiquetas plateadas pegadas a algunas de las piezas.

- Al lado de la pista, bajo el cilindro del taladro y en línea con la abrazadera del cilindro, hay un interruptor. Este interruptor es usado para determinar cuando esta sujeta una pieza que va a ser perforada.
- El sensor de la entrada final es un botón de presión. Se usará para proveer una señal de paro por emergencia que detenga el proceso.

### 7.3.4.4 Conexiones neumáticas

Para las conexiones neumáticas se requieren aproximadamente 5 metros de manguera para aire y unas tijeras. Puede requerirse un destornillador plano de 8 mm para apretar las válvulas.

Las conexiones neumáticas usadas en este KIT son del tipo "push-fit" (conexión rápida).

Antes de realizar cualquier conexión debe verificarse que todas las válvulas de ajuste de los cilindros de aire estén bien apretadas.

- 1) El largo de la manguera necesario se mide para conectar cada una de las válvulas con cada válvula solenoide del banco de alimentación de aire, excediendo unos 30mm para introducirla en cada conector rápido.
- 2) Se conecta cada una de las mangueras de los cilindros a las válvulas solenoides, cilindro alimentador, cilindro seleccionador, cilindro sujetador y cilindro perforador.
- 3) La conexión de las mangueras se realiza de acuerdo a la tabla 7.3.4.4.1 y figura 7.3.4.4.1.



## CAPÍTULO 7

4) De forma similar se conecta otra manguera desde el compresor al alimentador del banco de válvulas solenoides. La longitud de la manguera depende de la localización del compresor. La presión de aire máxima es de 4 bar, pero ésta se ajusta de acuerdo a la fuerza de empuje y retracción de los cilindros de aire.

Plataforma Tecnológica		Banco de ocho válvulas solenoides No. de conector
Cilindro de aire del Alimentador	Válvula de ajuste Trasera	1
	Válvula de ajuste Delantera	2
Cilindro de aire del Seleccionador	Válvula de ajuste Trasera	3
	Válvula de ajuste Delantera	4
Cilindro de aire del Sujetador	Válvula de ajuste Trasera	5
	Válvula de ajuste Delantera	6
Cilindro de aire del Taladro	Válvula de ajuste Trasera	7
	Válvula de ajuste Delantera	8

**Tabla 2.4.4.4.1 Guía de conexiones neumáticas**

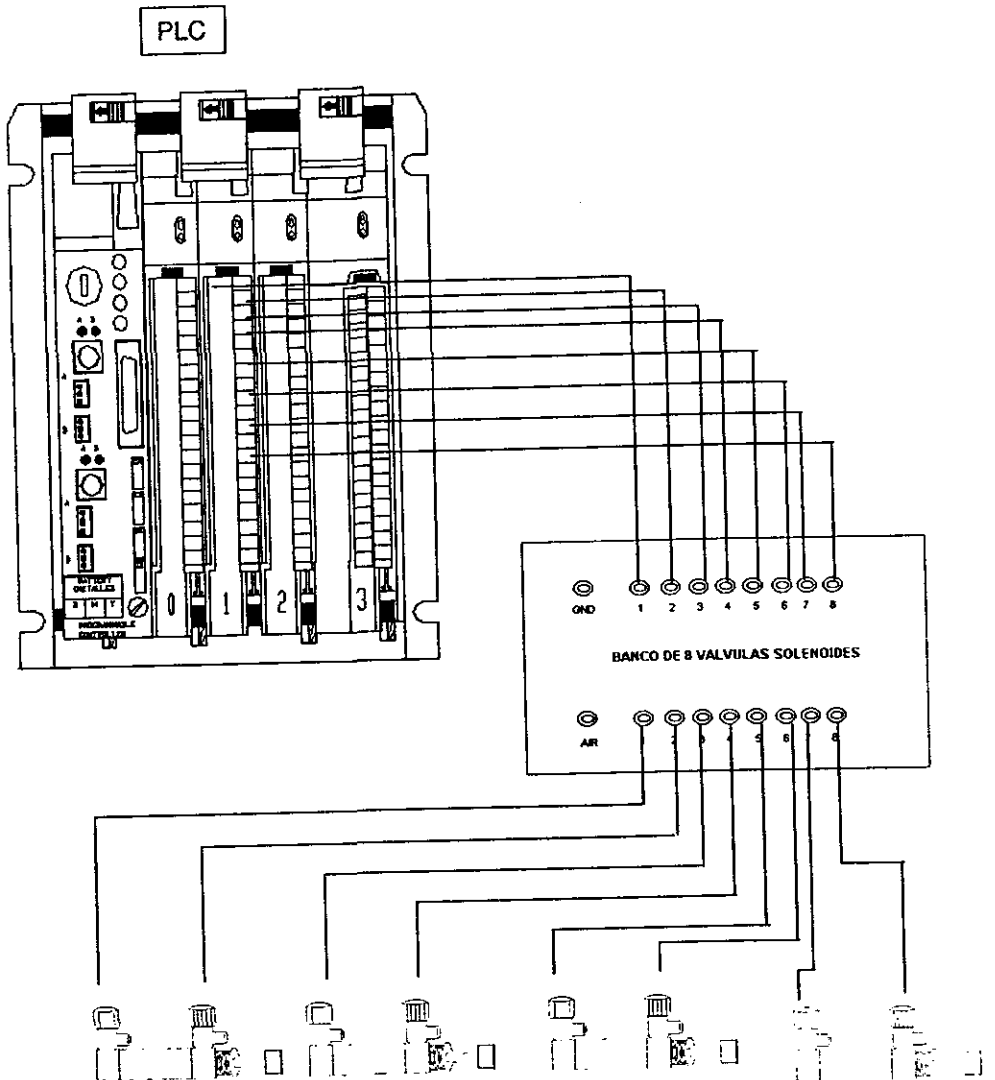


Fig. 7.3.4.4.1 Guía de conexiones para el banco de válvulas solenoides al PLC.

## CAPÍTULO 7

### 7.3.4.5 Instalación eléctrica del banco de ocho válvulas solenoides

1) Se conectan ocho alambres del cable de varios hilos a los conectores del banco de solenoides (12V). Los extremos libres deberán conectarse a las salidas de los 'relevadores' controlados por el PLC como se detalla en la Sección 7.3.4.6 (Conexiones Eléctricas del PLC) posteriormente. (Ver la figura 7.3.4.4.1 guía de conexiones para el PLC y el banco de ocho válvulas solenoides).

2) Se conecta un alambre a la tierra del banco de válvulas solenoides. El otro extremo del cable deberá ser conectado a una tierra común de la fuente de 12V<sub>dc</sub>, ubicada en la tarjeta de circuito impreso detallada en la Sección 3.3, Integración del Proceso a Modelar.

### 7.3.4.6 Conexiones eléctricas del PLC

1) Cada sensor se conecta de acuerdo al número de entrada asignado para el PLC como se muestra en la tabla de conexiones 7.3.4.6.1.

2) Las salidas tipo 'relevador' del PLC trabajan con 127 V<sub>ac</sub> por lo que se usa una tarjeta de circuito impreso con relevadores de 12V<sub>dc</sub> y de 5V<sub>dc</sub> para adaptar las señales de los sensores, la cual se mencionará en la sección 3.3. Se requieren dos fuentes de alimentación en el proceso; una fuente de +12V<sub>dc</sub>, -12V<sub>dc</sub> y 5V<sub>dc</sub> para la tarjeta de acoplamiento (circuito impreso) y otra de 12V<sub>dc</sub> para accionar los solenoides, lámparas y zumbador.

## CAPÍTULO 7

Entrada de sensor en el PLC	Descripción del sensor	Nombre del módulo
00	Retrorreflectivo	Sensor del alimentador
01	Inductivo	Sensor inductivo
02	Interruptor de caña	Cilindro de aire del alimentador
03	Óptico	Estación de procesos
04	Microinterruptor	Estación de procesos
05	Interruptor de botón	Interruptor de botón

Tabla 7.3.4.6.1 Selección de conexiones de entrada al PLC.

### 7.3.4.7 Ajuste de las válvulas reguladoras de presión de los cilindros

Antes de empezar, se verifica lo siguiente:

- Confirmar la presencia de un compresor de aire conectado a la entrada correspondiente del banco de válvulas solenoides.
- Asegurarse de que no haya fugas de aire en los conectores.
- Asegurarse de que las válvulas reguladoras de los cilindros de aire estén cerradas.
- Verificar que la fuente de poder esté encendida.

Hay dos válvulas reguladoras conectadas a las dos entradas de aire de los cilindros. Las válvulas deben ajustarse para controlar el flujo de aire al cilindro. Esto puede ser realizado con el uso de un destornillador plano de 3mm hasta que el movimiento del pistón sea el adecuado.

Antes de empezar este ajuste hay que verificar que ambos movimientos de entrada y salida del pistón puedan siempre controlarse ajustando el flujo de aire de descarga y

## CAPÍTULO 7

no por el flujo de aire de entrada.

Para ajustar un cilindro, se puede forzar al PLC a mover un cilindro, primero hacia adelante. Si el pistón no se mueve hacia delante de manera apropiada ajústese el tornillo de la válvula del frente, en sentido horario para decrementar y en sentido antihorario para incrementar la velocidad del movimiento.

Enseguida se obliga al PLC a retraer el pistón. El pistón debe moverse suavemente hacia atrás a su posición original. Si esto no sucede, se ajusta el tornillo de la válvula de atrás del cilindro, en sentido horario para decrementar y en sentido antihorario para incrementar la velocidad del movimiento.

### **7.3.4.8 Ajuste de los cilindros de aire**

El ajuste de los cuatro cilindros de aire utilizados en el proceso (cilindro de aire del alimentador (40 mm), cilindro de aire del seleccionador (25mm) cilindro de aire sujetador (25 mm) y cilindro de aire perforador (25 mm)) se determinará en el desarrollo del software del sistema que se verá más adelante.

## 7.4 ELECCIÓN DE LAS VARIABLES Y PUNTOS DE CONTROL DE ACUERDO AL SISTEMA PLANTEADO.

Para poder manejar un sistema de control existen infinidad de variables que son susceptibles de ser medidas, manejadas y controladas. Estas pueden ser variables de *posición*, de *temperatura*, de *presión*, etc., para nuestro sistema de control vamos a delimitar las variables y puntos que vamos a controlar en todo el proceso.

Como vimos la simulación de la línea de producción estará conformada por un cilindro que empujara las piezas dentro de un sensor de selección de piezas, luego pasara a la estación de procesos en la cual se definirá el proceso a seguir, para después entrar a un sistema de pintura horneada.

Los módulos de control con que simularemos la línea de producción son:

- Módulo Del Alimentador
- Módulo De Selección De Piezas
- Módulo De Sujeción
- Módulo De Perforación
- Módulo De Pintura Horneada

Cada módulo tiene su propio sistema de control, de los cuales seleccionaremos las variables necesarias para poder controlar el proceso mediante el uso del PLC y para la supervisión con el uso de las cámaras de televisión.

Las variables que vamos a seleccionar por lo tanto serán:

- Una Variable De Posición (**VPo**)
- Una Variable De Detección De Material (**VM**)
- Una Variable De Barrenado (**VB**)
- Una Variable De Sujeción (**VS**)

## CAPÍTULO 7

- Una Variable De Perforación (VPe)
- Una Variable De Temperatura (VPi)
- Tres Variables Para El Control Del Vídeo (CV1, CV2, CV3)

La variable de posición está ubicada en el módulo alimentador ya que en este módulo tendremos un control para determinar la posición de las piezas.

La variable de detección de material esta ubicada en el módulo de selección de piezas y nos determinara el material con que esta hecha la pieza.

La variable de barrenado junto con las variables de sujeción de piezas y perforación se ubican dentro del módulo de sujeción que nos determinara si la pieza esta o no barrenada, esta en el lugar indicado y bien sujeta para proceder a la perforación.

Como podemos observar las variables de barrenado, sujeción y perforación son en si variables de posición ya que todas ellas nos dan una señal de control que depende de la posición y estado de las piezas, y para poder diferenciarlas mejor les asignamos un nombre de acuerdo a la acción que realiza.

La variable de temperatura se ubica en el módulo de pintado y nos indicara la temperatura del horno para el proceso de pintado.

De las tres variables del vídeo dos se hallan en el módulo del alimentador, y otra en el módulo de sujeción y nos darán las imágenes cuando ocurra un error para poder supervisar el proceso desde un monitor de vídeo.

En la fig. 7.4.1 se muestran las variables que se seleccionaron al igual que los puntos de control para el vídeo.

El punto VPo nos indica si el alimentador esta lleno o vacío y será la variable de posición. En este punto también existe un control para el vídeo (CV1). Otro punto de

## CAPÍTULO 7

control de vídeo (CV2) se halla en este módulo y nos determinara la posición de un pistón. La variable de detección de material estará ubicada en VM. El punto VB es el control de barrenado, él cual nos indicara si la pieza esta barrenada o no, en este punto tenemos otra variable para el control de vídeo (CV3), después de este punto habrá otro punto de control y será para detectar si la pieza está sujeta (VS) y para perforar la pieza (VPe). El punto VPi es un control de pintura que nos determinara la temperatura del horno.

El siguiente diagrama de bloques nos muestra las acciones en cada módulo y las variables involucradas en dicho módulo.

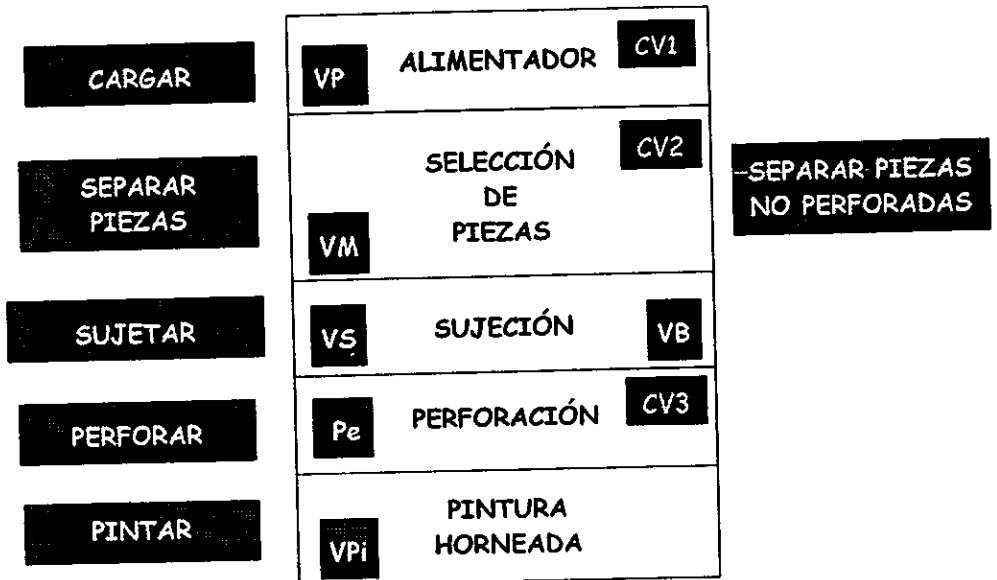


Figura 7.4.1 Diagrama de bloques del proceso especificando los puntos de control.



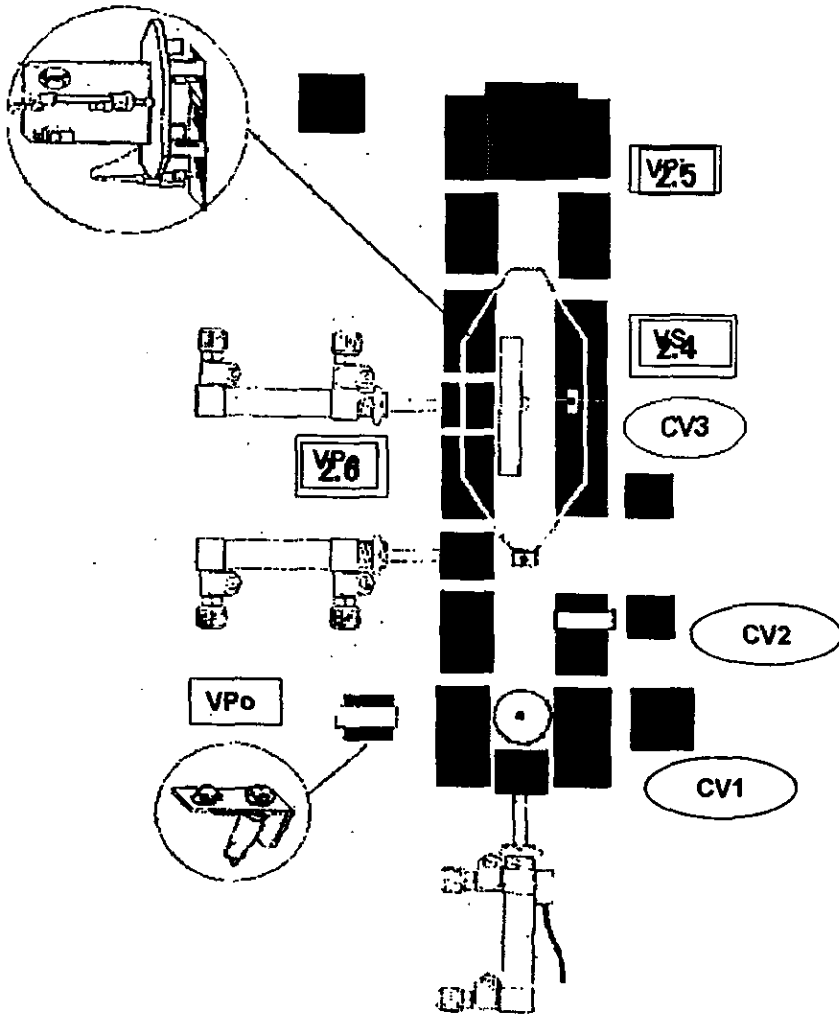


Figura 7.4.2 Diagrama en planta ubicando cada una de las variables.

## 7.5 ELECCIÓN DEL EQUIPO DE VÍDEO

### 7.5.1 Elección de la cámara de vídeo

#### Justificación

Para definir la cámara de vídeo a utilizar, se tomarán en cuenta los siguientes parámetros:

- Aplicación
- Iluminación disponible
- Energía eléctrica disponible
- Dimensiones del objetivo a monitorear
- Condiciones ambientales
- Interfaces necesarias
- Ubicación de la cámara y del monitor
- Presupuesto disponible

#### Aplicación

Para poder seleccionar correctamente el tipo de cámara a utilizar, lo primero que se debe definir, es la aplicación que tendrá la cámara; es decir para qué se utilizará la cámara.

La cámara requerida para supervisar la línea de producción en este proyecto, deberá cumplir principalmente tres tareas:

1. Inspeccionar los puntos críticos del proceso de fabricación o producción.
2. Mantener una supervisión continua de todo el proceso, para mantener el control de todos los parámetros involucrados en el mismo: mecanismos, personal, condiciones del entorno.
3. Herramienta para monitoreo inmediato de algún tipo de contingencia en el proceso de producción.

## CAPÍTULO 7

En este caso, dado que es una línea de producción simulada, se definirán tres puntos de inspección durante el proceso de producción. Se definirán 4 áreas de posibles contingencias en la línea de producción.

### **Iluminación disponible**

Es necesario conocer la iluminación disponible en el lugar donde se instalará la cámara, es importante saber si dicha iluminación es constante o varía durante la jornada de operación de la misma; también es requisito saber la ubicación de la fuente de iluminación. Tomando en cuenta estos factores, podremos seleccionar la cámara que garantice la calidad de la imagen, incluso si la iluminación cambia.

En nuestro caso de estudio, suponemos que la línea de producción se encuentra en un lugar cerrado, iluminado por lámparas que brindan una iluminación equivalente a la obtenida en una habitación con una ventana en un día soleado.

### **Energía eléctrica disponible**

Es importante conocer el voltaje disponible en la planta de producción para seleccionar una cámara compatible con el mismo.

La energía eléctrica disponible para poder alimentar la cámara de vídeo, es de 120 Vac +/- 10% monofásica, a 60 Hz.

### **Dimensiones del objetivo a monitorear**

En este caso, como se ha definido en el párrafo concerniente a la aplicación, en la página anterior, existen varios objetivos y de diferentes dimensiones.

### Condiciones ambientales

Se considera que la línea de producción tendrá aire normalmente limpio, libre de polvo, agentes corrosivos y oxidantes. En este caso, la cámara se instalará en interior, por lo que las condiciones ambientales estarán siempre entre los siguientes rangos:

- Temperatura: entre 5 y 40 grados centígrados.
- Humedad relativa máxima: 60 %.

### Interfaces necesarias

La cámara deberá interactuar con el sistema de control de la línea de producción (PLC), por lo que se requerirá de sensores para contactos secos N.A. y N.C. (normalmente abiertos y normalmente cerrados) para definir la ubicación de la cámara en cada momento.

### Ubicación

El conocer la ubicación de la cámara y del monitor, es esencial para poder definir correctamente el sistema de transmisión de la señal de vídeo y en caso de existir las señales de control.

En este caso, el monitor y la cámara estarán ubicadas en la misma habitación, a una distancia menor a 50 metros. La cámara estará soportada en algún muro o bien del techo o plafón.

### Presupuesto disponible

Es de suma importancia conocer el presupuesto disponible para determinar la solución adecuada para el monitoreo de la línea de producción. De otra forma se podrá caer en

## CAPÍTULO 7

el inconveniente de proponer soluciones que no sean factibles de realizar por no contar con presupuesto suficiente.

En nuestro caso, dado que se trata de una simulación, no se considerará este factor y nos ajustaremos a la disposición de equipo que se consiga en préstamo.

### 7.5.2 Elección del sistema de vídeo

Con base en los parámetros definidos en la sección anterior, haremos el análisis del sistema de vídeo necesario para cubrir las necesidades requeridas.

Para cubrir todos los puntos definidos en la aplicación, requeriremos 4 cámaras de vídeo. Tres de ellas estarán encargadas de monitorear de forma permanente los puntos de inspección del proceso, la cuarta cámara, se encargará de mantener una supervisión continua del proceso y del monitoreo inmediato en caso de contingencia.

Por lo anterior, las tres primeras cámaras, serán cámaras fijas, ya que tienen un solo objetivo y dado que dicho objetivo está bien identificado, no se hace necesario que las cámaras sean a color, dado que se incrementaría el costo innecesariamente.

La cuarta cámara deberá ser una cámara móvil, ya que no tiene un objetivo específico, si no que por el contrario, deberá captar diferentes puntos en la línea de producción y en su entorno. Por el tipo de contingencias que se pudiera esperar (corto circuito, incendio, materias primas atoradas a lo largo de la línea, accidentes del personal, detección de personas no autorizadas en la línea de producción), se hace necesario seleccionar esta cámara a color, de esta manera podrán diferenciarse con mayor rapidez y exactitud dichos eventos. Además, dado que esta cámara incluirá dispositivos para movimiento, la diferencia de precio entre la cámara a color y la B/N no es significativa en el costo total del sistema necesario para esta cámara.

## CAPÍTULO 7

Las cámaras serán de formato 1/3" ya que hoy en día es el más comercial y el más económico.

La resolución de las cámaras, en especial de las dos en B/N deberá ser suficientemente buena para distinguir los detalles del proceso.

La sensibilidad de las cámaras no será un parámetro importante, ya que la iluminación se mantendrá constante y será suficiente durante todo el lapso de operación del sistema.

Las condiciones ambientales tampoco impactarán en la selección de las cámaras, ya que todos los equipos están diseñados para trabajar dentro de los rangos definidos. Por lo anterior, tampoco será necesario protegerlas con gabinetes especiales

Todos los equipos del sistema de vídeo deberán ser compatibles con la alimentación de 120 Vac 60 Hz.

La cámara móvil, deberá contar con entradas para contactos N.A. y N.C. y deberá ser capaz de girar en forma vertical +/- 90 grados y en forma horizontal cuando menos 355 grados. Deberá incluir también **Presets** (Capacidad para predeterminar en la cámara, posiciones específicas, dentro de su rango de movimiento). Deberá ser programable.

Dado que nuestra línea de producción es simulada y de dimensiones muy pequeñas, las cámaras se instalarán lo más próximo a la misma, para tratar de ajustar la longitud focal de las lentes comerciales, al objetivo a observar en nuestra línea de producción.

Todas las cámaras tendrán control automático de ganancia **AGC** (de sus siglas en inglés: automatic gain control)

## CAPÍTULO 7

La sincronía de las cámaras será preferentemente del tipo interno y/o Line lock, ya que por el número de cámaras y el tipo de aplicación, no se requiere de un tipo de sincronía más complejo y costoso.

El montaje para lente podrá ser C o CS de acuerdo a la lente seleccionada.

Las lentes para las cámaras fijas serán de iris manual (ya que no habrá cambios en la iluminación) y monofocales. Por las razones expuestas en el segundo párrafo de esta página, se dispondrán lentes con longitud focal de 8mm. En una línea de producción real, la longitud focal se deberá calcular de acuerdo a la fórmula definida en el capítulo 5.

$$f = (V \times D) / H$$

La lente para la cámara móvil, deberá contener un zoom motorizado cuando menos con una magnificación de 10X (Se ha definido arbitrariamente por las mismas razones expresadas en el párrafo anterior) y podrá ser con iris motorizado o bien autoiris, dependiendo de la disponibilidad. Al igual que el dispositivo de movimiento, esta lente deberá incluir Presets.

En cuanto a los monitores, se seleccionarán dos, el primero, en blanco y negro de 9" y el segundo a color de 14". La dimensión de los monitores se ha seleccionado tomando en cuenta la distancia a la que estará la persona encargada de supervisarlos y de acuerdo a los objetivos a captar. Los monitores serán de alta resolución para garantizar la nitidez de las imágenes.

Adicionalmente se requerirá de un equipo denominado **Quad**, el cual dividirá la pantalla del monitor B/N en cuatro partes, de tal forma que sea posible observar todas las cámaras de manera simultánea.

También se proporcionará un controlador programable para las funciones de movimiento de la cámara móvil. Este equipo tendrá la capacidad de controlar todas las

## CAPÍTULO 7

variables de la lente: foco, iris y zoom; así como también las del movimiento de la cámara movimientos horizontales y verticales (movimientos de Pan/tilt). Además este controlador será el medio para programar las funciones de presets.

El sistema de transmisión de las señales de vídeo y datos de control será por medio de cable coaxial del tipo RG-59U

### 7.5.3 Equipo Seleccionado

#### Cámaras fijas

Se han seleccionado las cámaras marca **TOPICA**, modelo TP 505D/3 de las cuales se anexa copia del catálogo donde se pueden observar las características de las mismas.

Sus características principales son:

- Cámara en B/N con CCD de 1/3"
- Sincronía: interna o Line lock (opcional)
- Resolución: 460 TVL (alta resolución)
- Alimentación: 24 Vac (se incluye transformador de 120:24 Vac)
- Temperatura de operación: -10 a 60 grados centígrados
- Montaje CS o C

La lente seleccionada para estas cámaras es de la marca Seiko / Avenir, modelo SSE812

Sus características principales son:

- Lente monofocal de 8mm
- Iris manual
- Montaje CS



## CAPÍTULO 7

Se incluirá el brazo para montaje de estas cámaras.

La cámara móvil será de la marca **PELCO**, serie Spectra, modelo SD5C-PG-0

Sus características principales son:

- Cámara a color con CCD de 1/2"
- Incluye mecanismo de movimiento y lente zoom
- Sincronía: interna o Line lock
- Resolución: 460 TVL (alta resolución)
- Alimentación: 18 – 30 Vac (Se incluye transformador de 120:24 Vac)
- Temperatura de operación: 0 a 50 grados centígrados
- Movimiento horizontal (Pan): 360 grados, velocidad máxima: 150 grados / segundo
- Movimiento vertical (Tilt): +2 a -92 grados, velocidad máxima: 40 grados / segundo
- Lente zoom 12X de 8 – 48 mm
- Íris y foco automáticos

El monitor B/N será el modelo TP-098 de la marca **TOPICA**.

Sus características principales son:

Resolución: 800 líneas al centro, 700 líneas en las esquinas

Alimentación: 110 Vac +/- 10%

CRT: 9"

Temperatura de operación: -10 a 60 grados centígrados

El monitor a color será el modelo TP-1400 de la marca Topica

Sus características principales son:

- Resolución: 450 líneas al centro

## CAPÍTULO 7

- Alimentación: 110 Vac +/- 10%
- CRT: 14"
- Temperatura de operación: -10 a 60 grados centígrados

El Quad será de la marca **TOPICA**, modelo TP-400B.

Sus características principales son:

- Entrada para 4 cámaras
- 30 campos por segundo
- Temperatura de operación: 5 a 40 grados
- Alimentación: 12 Vdc (Se incluye fuente de 120 Vac: 12 Vdc)

El controlador seleccionado es de la marca **PELCO**, modelo MPT9500.

Sus características principales son:

- Control de todas las funciones de lente y Pan/Tilt
- Control "Coaxitron":
  - Todas las señales de control se transmiten por el mismo cable coaxial del video
- Programación con menús en pantalla
- Capacidad de programar Presets
- Alimentación: 120 Vac 60 Hz
- Temperatura de operación: -18 a 49 grados centígrados

## 7.6 ELECCIÓN DEL TIPO DE CONTROL A UTILIZAR EN EL PROCESO

Para poder seleccionar el tipo de control que vamos a utilizar tenemos que determinar el proceso que se desarrolla en cada uno de los módulos con que cuenta la línea de producción.

En todos los módulos donde exista un sistema de control vamos a determinar el control que necesitaremos dependiendo si la señal de salida va a ser comparada o no, con una señal de referencia y la diferencia de estas nos va a dar un error resultante que será utilizado para hacer funcionar a los actuadores.

Los módulos que van a utilizar un sistema de control son:

En el módulo del alimentador la salida de su sensor es "1" cuando el alimentador esta lleno de piezas y "0" cuando el alimentador no tiene piezas. Esta señal tiene que ser comparada con una señal de referencia que nos determinara si se acciona o no el actuador. La señal de referencia tiene un valor de "1" por lo tanto cuando el alimentador tenga piezas, el error resultante será "0" y el sistema de control no hará funcionar al actuador, y cuando no haya piezas el error será de "1", el sistema de control mandara una señal al actuador para que funcione. De acuerdo a estas condiciones se utilizará un sistema de control de malla cerrada de dos posiciones (on/off), porque la acción del sistema de control solo tiene dos posiciones, el sistema planteado se puede ver en la figura 7.6.1.

En el módulo de selección de piezas la señal del sensor cuando la pieza es metálica es de "1" y "0" cuando es de plástico, por lo que la señal de referencia va ser igual a "0" para que cuando el sensor detecte una pieza metálica mande una señal al actuador para que separe la pieza. Como en el anterior módulo, el sistema de control solo provoca dos estados "1" y "0" por lo que se utilizará el mismo sistema de control.

## CAPÍTULO 7

Para el módulo de barrenado, el sensor nos dará un "1" cuando la pieza no este perforada y un "0" cuando si lo este por lo que nuestra señal de referencia será de "0" para que el sistema de control de la señal al actuador solo cuando detecte una pieza no perforada. El sistema de control será el mismo que los anteriores.

El módulo de sujeción al igual que los anteriores, utilizara la misma lógica y el mismo sistema de control por lo que su diagrama de bloques es el mismo de la figura 7.6.1

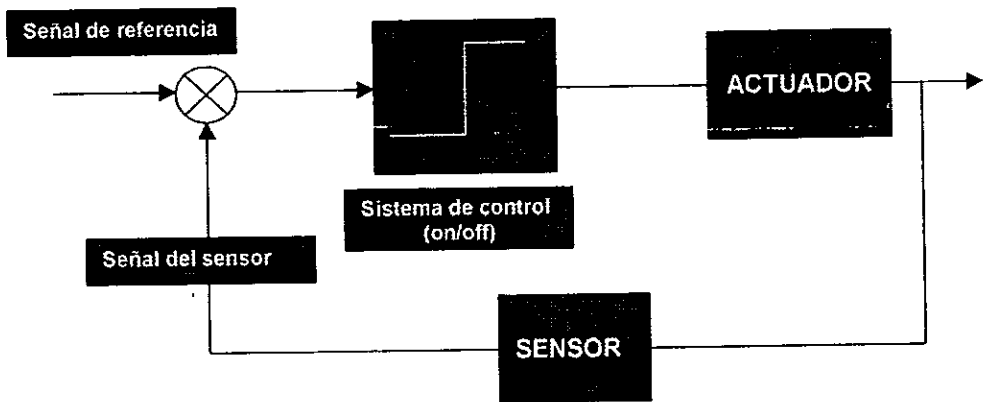


Figura 7.6.1 Diagrama de bloques del control de dos posiciones.

## CAPÍTULO 7

El módulo de perforación utilizara un sistema de control de malla abierta que será controlado por tiempo, ya que la señal de salida no va a ser comparada con ninguna señal de referencia y solo actuara con la señal de entrada como se ve en la figura 7.6.2.

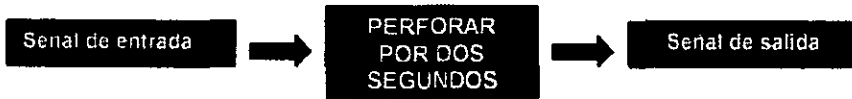


Figura 7.6.2 Diagrama de bloques del módulo de perforado.

Para el módulo de pintado donde la salida de su sensor que es analógica, se tiene que comparar con una señal de referencia que es establecida por un rango de temperatura de operación del horno y este error resultante tiene que mantener la temperatura del horno dentro de este rango establecido, por lo que utilizaremos un sistema de control del tipo PID que dará la señal necesaria al actuador para tener la temperatura dentro del rango. El sistema de control será de malla cerrada con un PID.

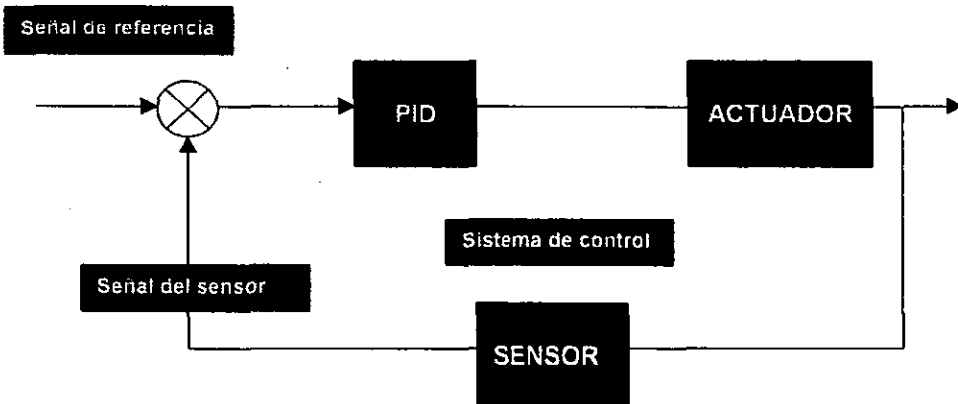


Figura 7.6.3 Diagrama de bloques del módulo de pintado.

## CAPITULO 8. DISEÑO E INTEGRACIÓN DEL PROCESO

### 8.1 DESARROLLO DE LAS RUTINAS DE CONTROL Y MONITOREO DEL PLC

Los módulos del kit ORT definidos en el proceso a simular, inciso 7.3 del capítulo anterior, se integrarán para trabajar y ser controlados por el PLC-5 de la marca Allen Bradley, de tal manera ahora se definirán las entradas y las salidas, tanto analógicas como digitales requeridas para ser asignadas a los sensores, actuadores y alarmas que permitan el buen funcionamiento del sistema.

Se identificarán a las variables del proceso para manejarlas rápidamente y ubicarlas en la programación de las rutinas de control e igualmente se indicarán las adecuaciones realizadas para lograr optimizar el proceso de simulación de la línea de producción.

En esta parte se adicionará al KIT una función simulada que representará la entrada de piezas a un horno para controlar la temperatura del mismo.

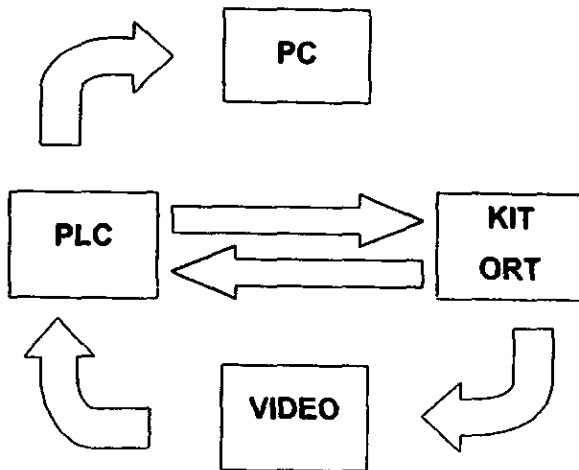


Figura 8.1.1 Diagrama de bloques del sistema planteado.

**3.1.1 Asociación de variables de entrada**

Las variables de entrada utilizadas en el sistema proveniente de los sensores e interruptores del kit son las siguientes: interruptor de caña, sensor del alimentador, sensor magnético, sensor óptico, microinterruptor de sujeción e interruptor de emergencia.

La conexión a la sección de entradas digitales al PLC de las variables manejadas se asigna de acuerdo a la tabla de dirección **8.1.1.1**.

<b>VARIABLE DE ENTRADA</b>	<b>CONEXIÓN AL PLC (DIRECCION)</b>
Sensor del alimentador	I:001/00
Sensor magnético	I:001/01
Interruptor de caña	I:001/02
Sensor óptico	I:001/03
Microinterruptor	I:001/04
Interruptor de emergencia	I:001/05

**Tabla 8.1.1.1 Asignación de entradas en el módulo del PLC.**

**3.1.2 Asociación de variables de salida**

Las variables de salida requeridas en el sistema son: accionamiento del cilindro de aire del alimentador (P1), accionamiento del cilindro de aire separador de piezas (P2), accionamiento del cilindro de aire sujetador (P3), accionamiento del cilindro de aire perforador, lámpara indicadora (naranja) de ausencia de piezas en el alimentador; lámpara indicadora (roja) y zumbador anunciando una falla en el sistema.

La asignación de las salidas hacia el módulo de contactos se puede observar en la tabla de direcciones **8.1.2.1**.

**CAPÍTULO 8**

<b>FUNCIÓN</b>	<b>DIRECCIÓN</b>
Lámpara indicadora de Ausencia de piezas	O:000/01
Lámpara indicadora de Perforación de piezas	O:000/02
Zumbador	O:000/03
Accionamiento de la Resistencia del horno	O:000/04
Accionamiento del cilindro de Aire del alimentador	O:000/10
Accionamiento del cilindro de Aire del separador	O:000/11
Accionamiento del cilindro de Aire del sujetador	O:000/12
Accionamiento del cilindro de Aire del perforador	O:000/13
Accionamiento de la Cámara de vídeo	O:000/15
Accionamiento de la Cámara de vídeo	O:000/16
Accionamiento de la Cámara de vídeo	O:000/17

**Tabla 8.1.2.1 Asignación de salidas en el módulo del PLC.**



### 3.1.3 Etapas del proceso a modelar

Vamos desarrollar independientemente las rutinas de software para cada uno de los módulos de control para después integrarlos todos en la línea de producción.

Las rutinas que integraran el proceso son: alimentación de piezas, separación de piezas (metálicas y plásticas) y perforación de piezas.

#### 3.1.3.1 Alimentación de piezas

El diagrama de flujo para el módulo de existencia de piezas es el siguiente.

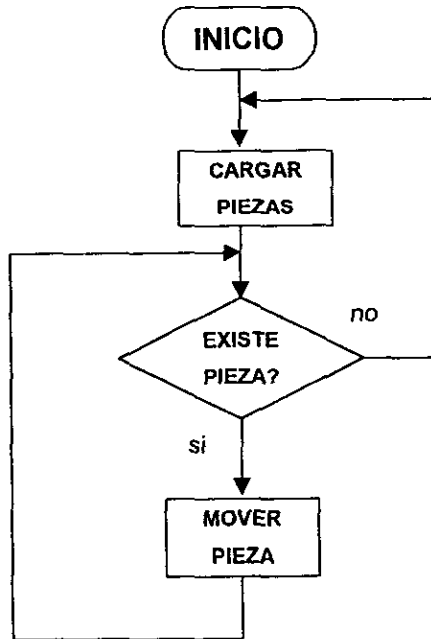


Figura 8.1.8.1.1 Diagrama de flujo del módulo de existencia.

La rutina de alimentación de piezas se representa en el diagrama de escalera de la figura 8.1.8.1.2.

## CAPÍTULO 8

El primer escalón tiene como salida el accionamiento del cilindro de 40 mm. (O:000/10), que está condicionado por cinco instrucciones de examinar apagado (XIC). Dos condiciones son de entrada, dos de salidas y una de un temporizador. La I:001/02 indica el accionamiento del cilindro cuando el interruptor de caña este cerrado; la I:001/00 referida al sensor de piezas en el alimentador permitirá moverse al cilindro siempre y cuando en el alimentador existan piezas. Las condiciones de salida retomadas como entrada en la memoria interna del programa son O:000/12 y O:000/18. La O:000/12 permitirá el desplazamiento de piezas mientras no se encuentre alguna pieza perforándose en ese momento y la O:000/03 sino esta accionado el buzzer de la alarma Finalmente, la instrucción rotulada como T4:13/DN controla el tiempo de accionamiento del cilindro, que en este caso es de 2 segundos.

El segundo escalón muestra una instrucción de examinar encendido (XIC) rotulado con O:000/12 que corresponde al cilindro sujetador de piezas controlando una salida OTL de enganche. La lámpara (ámbar) que indica ausencia de piezas se encenderá cuando la instrucción (XIC) en el tercer renglón referida como I001/00 entrada del sensor del alimentador este activada.

En el cuarto renglón se condiciona un contador T4:11 para inicializarse cuando la salida O:000/10 (cilindro de alimentación este energizada). El contacto auxiliar del temporizador T4:11 en el quinto escalón se acciona cuando el timer llega a la cuenta de 50 segundos accionando un bit interno B3/241.

El bit B3/241 se toma como condición en el renglón 6 para activar la salida O:000/10 correspondiente al cilindro alimentador durante un lapso de tiempo dado por el temporizador T4:13 que lo mantendrá accionado durante dos segundos. En el sexto renglón el auxiliar T4:13 asegura el enganchamiento del bit B3/241 durante los dos segundos programados en el timer.

La instrucción JSR del renglón 7 manda el programa a un salto en la subrutina colocada en el archivo número 8.

CAPÍTULO 8

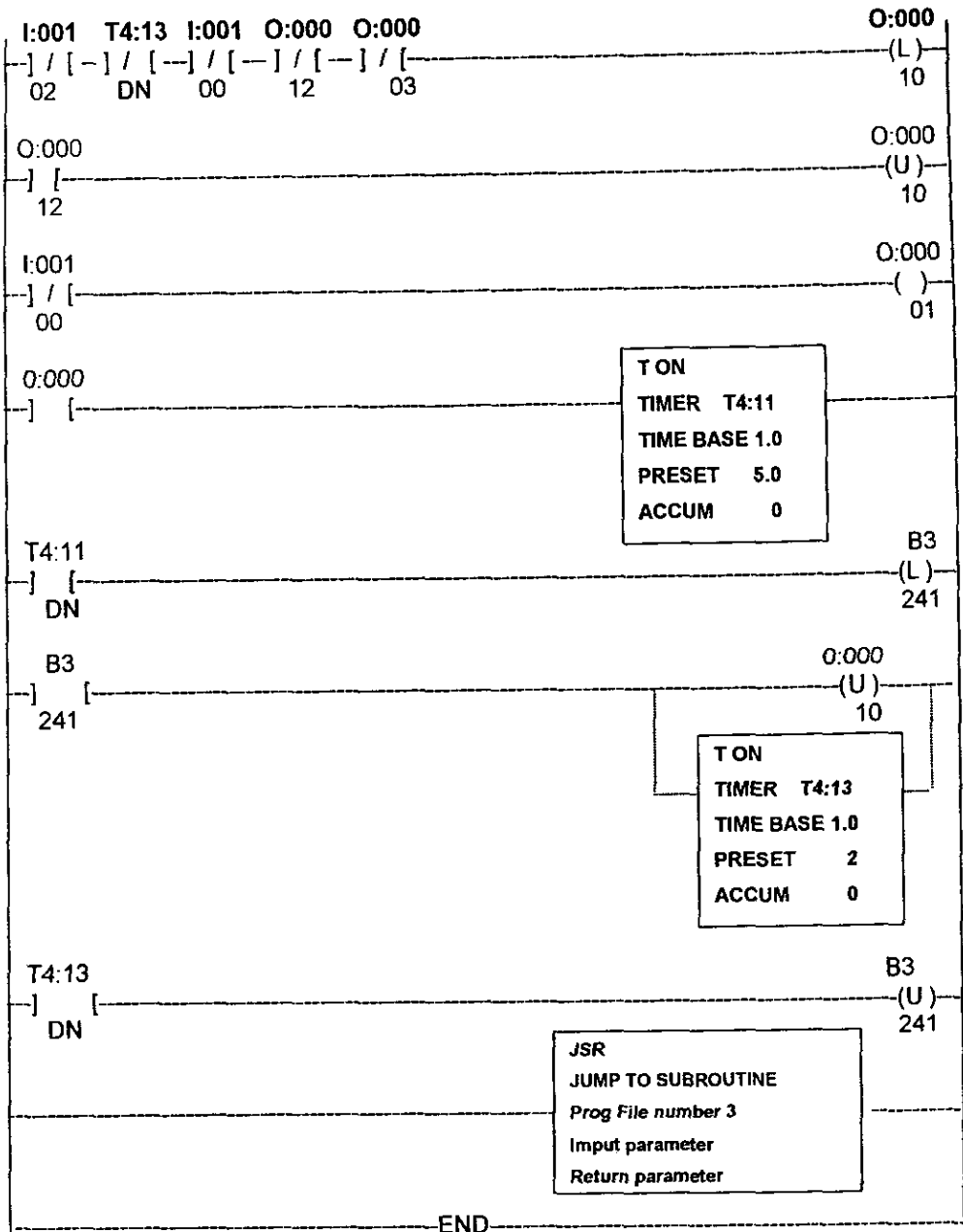


Figura 8.1.8.1.2 Rutina de Alimentación Piezas.

3.1.3.2 Separación de piezas

Para el módulo de selección de piezas tenemos el siguiente diagrama de flujo.

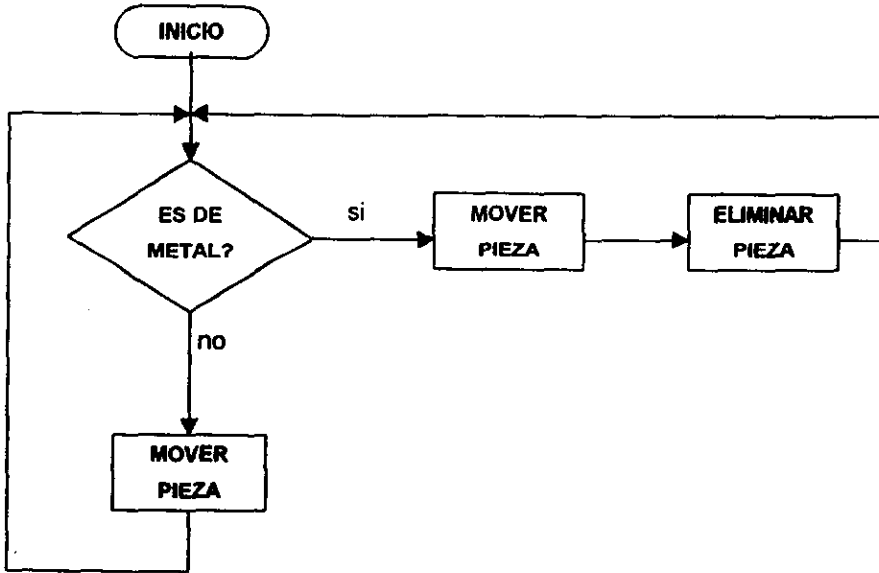


Figura 8.1.8.2.1 Diagrama de flujo del módulo detector de material.

En la figura 8.1.8.2.2. se observa la rutina establecida para separar las piezas metálicas y plásticas. Las metálicas serán separadas de la pista principal a una pista corta y las de plásticos continuarán circulando por la pista principal.

En el primer renglón cuando la entrada I:001/02 ( interruptor de caña ) este cerrado activará un registro de desplazamiento a la izquierda del bit B3:1.

## CAPÍTULO 8

El segundo escalón muestra una condición XIC I:001/01 ( sensor magnético ) que estando energizado activa un bit B3:161 de enganchamiento.

El bit B3:161 se toma como condición para inicializar un temporizador T4:10 durante un segundo en el escalón 3 del diagrama.

Al cumplir un segundo el timer T4:10 acciona el auxiliar T4:10/ON del escalón 4 propiciando el desenganchamiento del bit B3:161.

En el renglón cinco se ve que el cilindro separador de piezas O:000/11 se acciona en el momento que el auxiliar B3:161 está cerrado.

Al accionarse el cilindro separador de piezas se activa un temporizador T4:5 durante 1.5 segundos. Ver renglón 6.

Concluyendo los 1.5 segundos programados en T4:5, en el renglón 7 se producirá una instrucción de modificación de bit. El bit 0 ( source bit ) que se encuentra en la fuente 1 se cambia al B3:1 ( destination ) bit 1.

Igualmente, una vez cumplidos los 1.5 segundos de T4:5 se acciona un desenganche del cilindro separador de piezas O:000/11 que se representa en el renglón 8.

En el escalón 9 se provoca un salto hacia la rutina ubicada en el archivo de programa 4 con la instrucción JSR.

De esta forma se han conjuntado hasta aquí la alimentación de piezas y la separación de las metálicas y plásticas con dos subrutinas que al principio se conformaron por separado.

CAPÍTULO 8

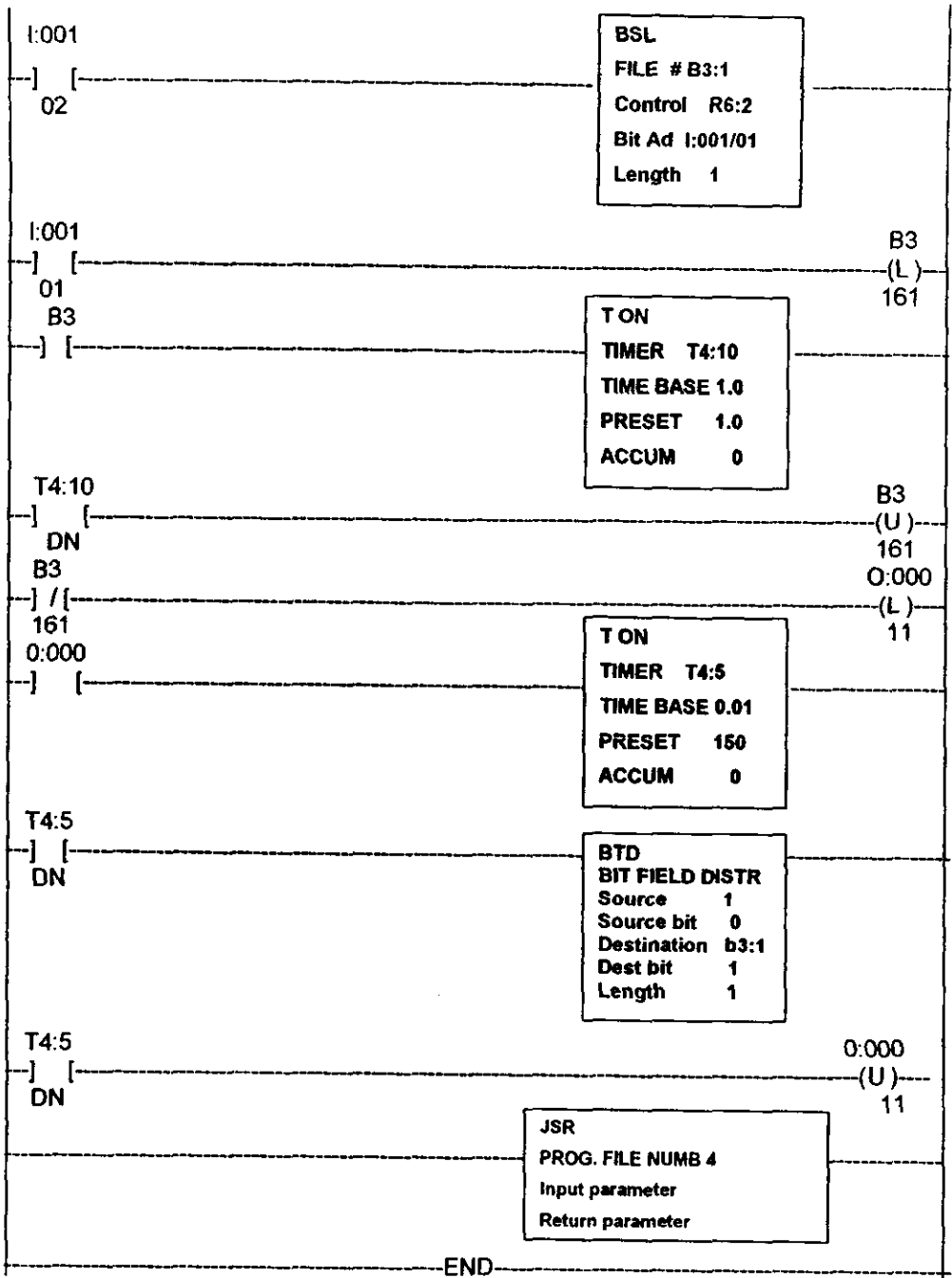


Figura 8.8.4.2.1 Rutina de Separación de piezas.

3.1.3.3 Perforación de piezas

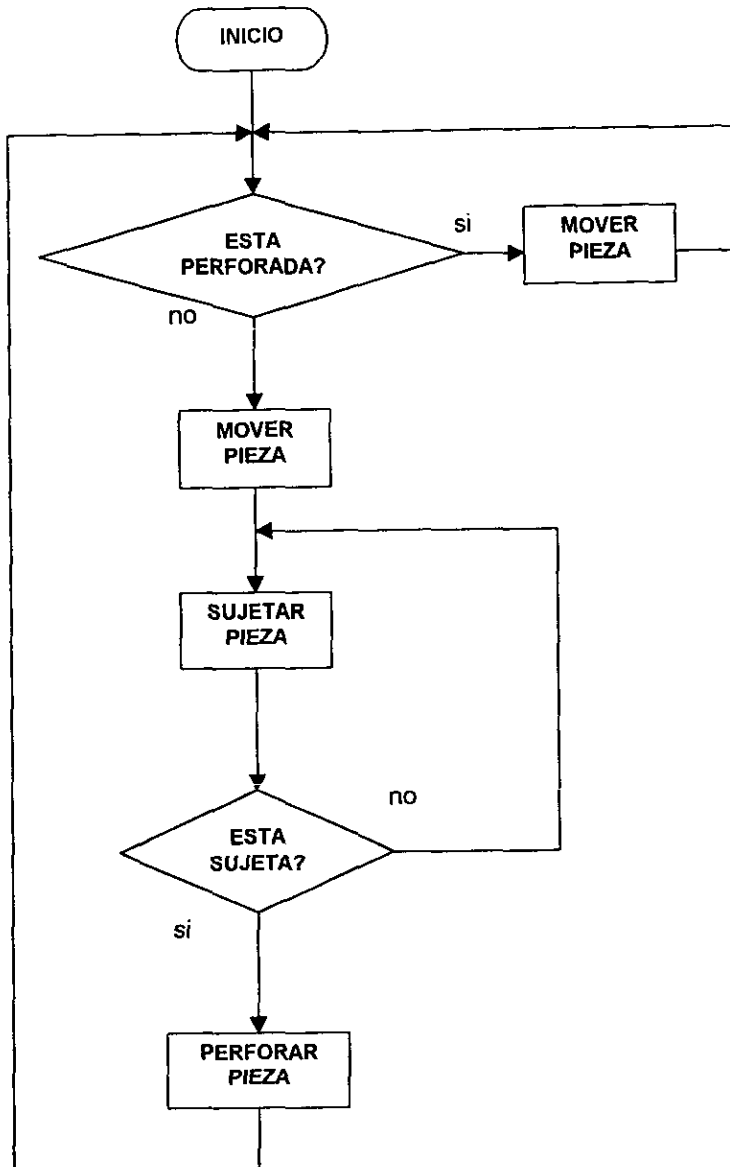


Figura 8.1.8.8.1 Diagrama de flujo de los módulos de sujeción y perforación.

## CAPÍTULO 8

La rutina correspondiente al perforado de piezas involucra: el sensado de la pieza plástica no perforada (con etiqueta plateada), las posiciones que tiene que recorrer hasta donde va a ser perforada, la sujeción adecuada de la pieza y la perforación de la misma.

En la figura 8.1.8.8.2 se presenta el diagrama de escalera para el proceso de perforación.

En el renglón 1 si la entrada I:001/02 del interruptor de caña esta energizada acciona un temporizador T4:11 durante medio segundo.

Un registro de desplazamiento de bit a la izquierda ( BLS, archivo, B3:0 ) se activará en el renglón 2 que llevará la cuenta de los 3 desplazamientos que debe cumplir la pieza al ser detectada y hasta llegar a la línea de perforación. Esto siempre que el registro interno B3:161 (XIO) este cerrado al no haber sensado una pieza metálica y una vez que el temporizador T4:11 ha llegado a su tiempo preestablecido activando el auxiliar T4:11/DN que le indica que el recorrido del pistón de alimentación se ha efectuado.

La condición XIC del bit B3:0/3 en el escalón 3 se cerrará después de que la pieza no perforada fue sensada y posterior a que la misma se desplazo tres posiciones accionando la salida O:000/12 referida al pistón de sujeción.

El pistón de sujeción accionado energiza a la condición de entrada X10 del renglón 4 inicializando un temporizador T4:3 hasta 2 segundos.

Al completar su carrera el cilindro sujetador empuja la pieza a perforar que a su vez cierra el microinterruptor que aparece como I:001/04 en el renglón 5 activando la salida O:000/13 del cilindro perforador.



## CAPÍTULO 8

Accionado el cilindro perforado la instrucción X10 O:000/13 del escalón 6 activa un temporizador T4:4 durante 0.5 segundos que se refiere al tiempo de accionamiento del cilindro perforador.

En el renglón 7 un auxiliar Tr:4/DN se energizará cuando el temporizador T4:4 concluya los 0.5 segundos preestablecidos desenganchando la salida O:000/13 del cilindro perforador, provocando el regreso del vástago del perforador.

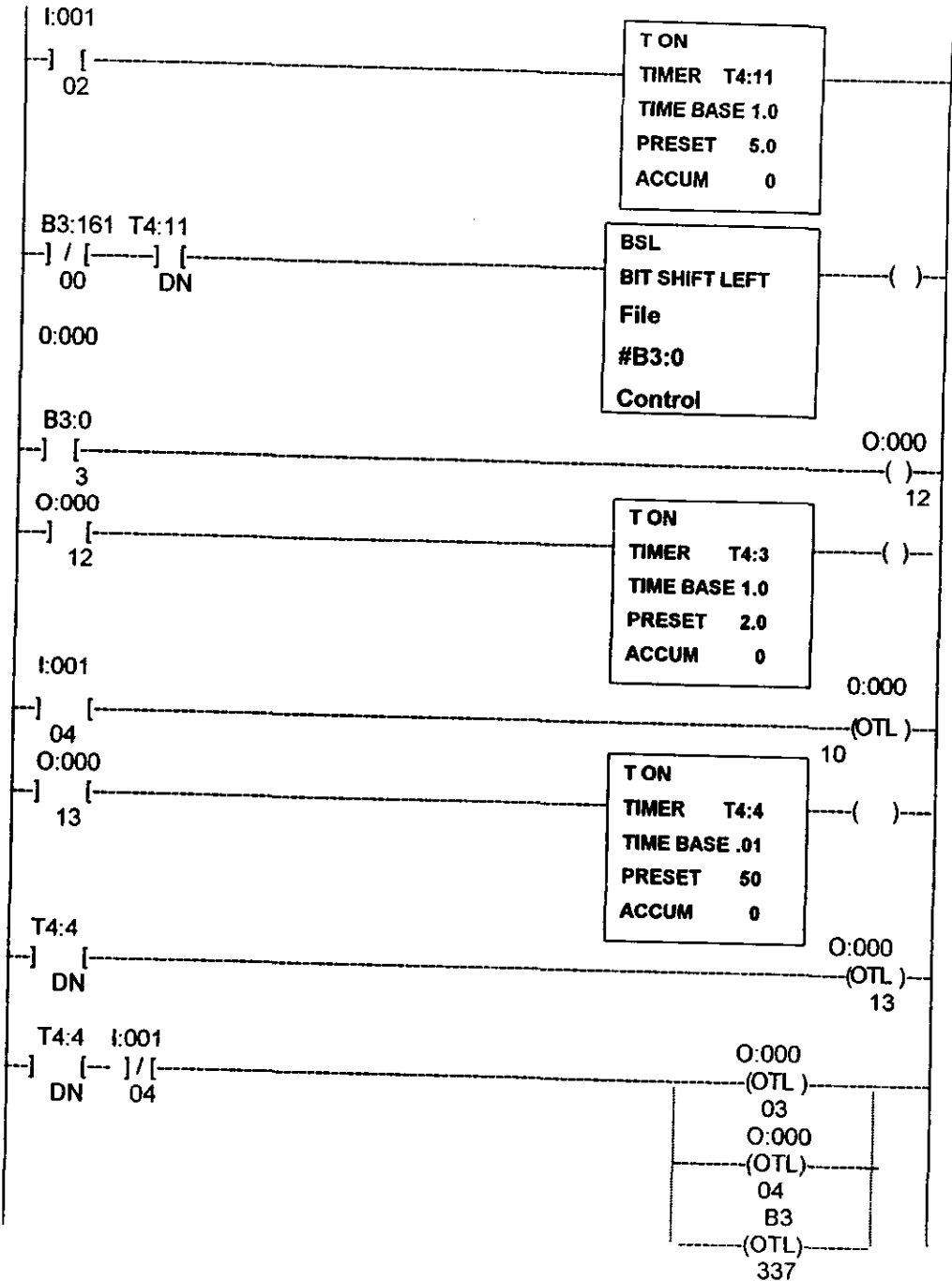
Cumplidos los 2 segundos del timer T4:3 se cierra el auxiliar T4:3/DN del renglón 8 y si el microinterruptor no se accionó por no haberse sujetado una pieza adecuadamente se activarán las salidas O:000/03, O:000/04 y B3:337, que corresponden respectivamente al buzzer, a la cámara de video ( que se trata en el siguiente capítulo ) y a la lámpara roja, indicando una falla en el proceso.

En el renglón 9 estando activada la entrada I:001/05 ( interruptor de emergencia ) se desenganchan las salidas de las señales de emergencia: O:000/03 buzzer, O:000/04 cámara de video, B3:337 lámpara roja.

También una vez llegado a su término el contador T4:3 energiza la condición T4:3/DN del renglón 10 activando el modificador de bit para poner en 0 al bit B3:0 para hacer regresar al pistón sujetador.

Estas tres rutinas mencionadas en los incisos **8.1.8.1** a **8.1.8.3** enlazan los procesos básicos del Kit ORT para posteriormente integrarlos con el proceso de monitoreo y supervisión con las cámaras de video.

CAPÍTULO 8



CAPÍTULO 8

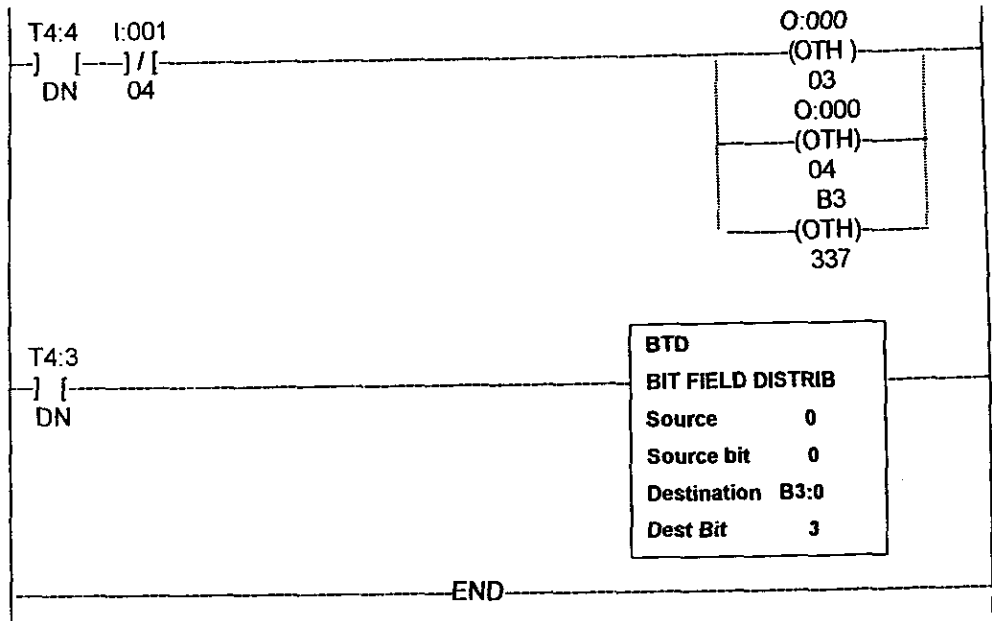


Figura 8.1.8.1.2 Rutina de Alimentación Piezas.

## 8.2 Desarrollo del Front End del sistema en la Computadora Personal

En el presente inciso se realizará la pantalla de monitoreo del sistema, tomando en cuenta el procedimiento descrito en el capítulo 4.1.

Lo primero que se realiza es una vista ya sea lateral o de planta del proceso que se va a controlar. En este caso se utiliza una vista de planta, realizando además dos ampliaciones en el sensor de piezas del cilindro y la perforación de piezas de plástico no perforadas.

En la representación de la planta se incluyen todos los sensores, actuadores y variables que se desea monitorear para el control del proceso. En este caso se seleccionó lo siguiente:

### ACTUADORES:

- Pistón No. 1, salida O: 000/10 del alimentador de piezas
- Pistón No. 2, salida O: 000/11 del separador de piezas metálicas
- Pistón No. 3, salida O: 000/12 del sujetador de piezas
- Pistón No. 4, salida O: 000/13 del pistón perforador
- Salida O: 000/15 para posicionar la cámara en la alarma No. 1
- Salida O: 000/16 para posicionar la cámara en la alarma No. 2
- Salida O: 000/17 para posicionar la cámara en la alarma No. 3
- Salida O: 000/01 foco ambar. Existencia de piezas en el cilindro alimentador
- Salida O: 000/02 foco rojo. Indicador de proceso de perforación en marcha
- Salida O: 000/03 zumbador. Indicador de alguna alarma en el sistema.
- Salida O:000/04 para accionar la resistencia calefactora del horno de pintado.

## SENSORES

- Entrada I: 001/00 para el sensor de existencia de piezas en el cilindro.
- Entrada I: 001/01 para el sensor de piezas metálicas.
- Entrada I: 001/02 para el sensor de limite de carrera del pistón No. 1.
- Entrada I: 001/03 para el sensor de piezas de plástico no perforadas.
- Entrada I: 001/04 para el sensor de piezas sujetas.
- Entrada I: 001/05 para el botón de restablecer después de una falla del proceso.
- Entrada N9:12 para la medición de la temperatura en el horno de pintura.

El siguiente paso es realizar el gráfico tomando en cuenta todas las acciones que realiza el equipo. Esta actividad se realiza en el software de Allen Bradley RS-VIEW32 en el modo de programación; aquí también se realizará la base de datos que sirve para la comunicación del gráfico de control con el controlador programable PLC.

- 1) Para los pistones se utilizarán dos posiciones; cuando el pistón esta accionado hacia adelante o hacia abajo (cilindro perforador) se pondrá en color verde el extremo de accionamiento del pistón. Cuando el pistón esté hacia atrás, la parte de accionamiento del pistón cambiará a color rojo, indicando que el pistón vuelve a su posición inicial. Este cambio de color se realizará con cada movimiento de algún pistón, logrando identificar cada vez que el pistón es accionado y en que dirección. El tiempo de accionamiento de cada pistón depende del programa de control en el PLC.
- 2) Para los switch de límite se colocó la nomenclatura de un switch abierto (en color rojo) y de cerrado (en color verde). Con esto se logró que cada vez que un switch esté cerrado se encienda un gráfico de color verde con el símbolo de un switch cerrado. Así mismo cuando el switch está abierto se enciende un gráfico de color rojo, con el símbolo de un switch abierto, identificando con cada una de estas acciones el estado real que guarda el switch.

## CAPÍTULO 8

- 3) Para monitorear el funcionamiento de los sensores de existencia, piezas metálicas y piezas sin perforar se utilizaron lamparas en color rojo y verde. Cuando el sensor está en su posición normal se pone una lampara color verde. Cuando el sensor se activa se pone en color rojo.
- 4) Para el control de la temperatura en el cuarto de pintura se utilizó una entrada de caracteres para poder monitorear la temperatura que se está controlando, de tal manera que se puede ver la temperatura real de la cámara de pintado. También se colocó un foco rojo/verde para indicar cuando la resistencia calefactora esta energizada (color rojo) y cuando esta desenergizada (color verde).

El paso siguiente después de haber realizado el dibujo de la planta y tomando en cuenta todas las condiciones del proceso que se desea monitorear, es el de asignar a cada punto de monitoreo el **tag o etiqueta** correspondiente para lograr la lectura y escritura de datos de/hacia el PLC. En este trabajo se asignaron los siguientes tags, con los cuales se realiza la **base de datos** para que el software pueda monitorear el valor o estado de cada variable seleccionada.

- 1) Pistón uno hacia adelante **PIS1ADE**
- 2) Pistón dos hacia adelante **PIS2ADE**
- 3) Pistón tres hacia adelante **PIS3ADE**
- 4) Pistón cuatro hacia adelante **PIS4ADE**
- 5) Pistón uno hacia atrás **PIS1ATR**
- 6) Pistón dos hacia atrás **PIS2ATR**
- 7) Pistón tres hacia atrás **PIS3ATR**
- 8) Pistón cuatro hacia atrás **PIS4ATR**
- 9) Si hay piezas para alimentar **SIPIEALIM**
- 10) No hay piezas para alimentar **NOPIEALIM**
- 11) Si hay pieza metálica **SIPIEMET**
- 12) No hay pieza metálica **NOPIEMET**
- 13) Switch de caña accionado **SWCAON**

## CAPÍTULO 8

- 14) Switch de caña desactivado SWCAOFF
- 15) Si está perforada la pieza SIPERF
- 16) No está perforada la pieza NOPERF
- 17) Si está sujeta la pieza a perforar SISUJETA
- 18) No está sujeta la pieza a perforar NOSUJETA
- 19) Variable de la temperatura de control TEMPCONT
- 20) Resistencia calefactora activada RECALON
- 21) Resistencia calefactora desactivada RECALOFF

El siguiente paso es probar que el gráfico funcione y que realice lo que se programó en un inicio. Para ello se tiene que pasar al modo de corrida (**RUN**) el software de Allen Bradley (RS-VIEW32). Si se logra hacer lo que se planeo, se puede dar por terminado el diseño de la pantalla y si se desea realizar alguna mejora al gráfico se tiene que regresar al modo de programación.

En el caso de que no funcione el gráfico adecuadamente, se tiene que revisar la configuración de cada punto de control para corregir la falla que se tenga. Esta actividad se tiene que realizar en el modo de programación.

En el presente proyecto se configuraron los tags de cada punto de control, logrando que el gráfico funcione de manera correcta y además se realizaron las pruebas suficientes para detectar alguna falla en el diseño del Front-End. Cada color de pistón corresponde a su posición, cada color de los switches corresponde a su estado (abierto/cerrado), cada lámpara indicadora de los sensores opera correctamente, el valor de la temperatura del horno es la correcta (coincide con el indicador de temperatura que se colocó en el horno).

El gráfico de control que finalmente se tiene es el que se muestra en la figura 8.2.1 que es una forma gráfica de representar el proceso que se desea controlar el cual ayuda al operador del proceso a monitorear y a identificar las variables que intervienen en el mismo.

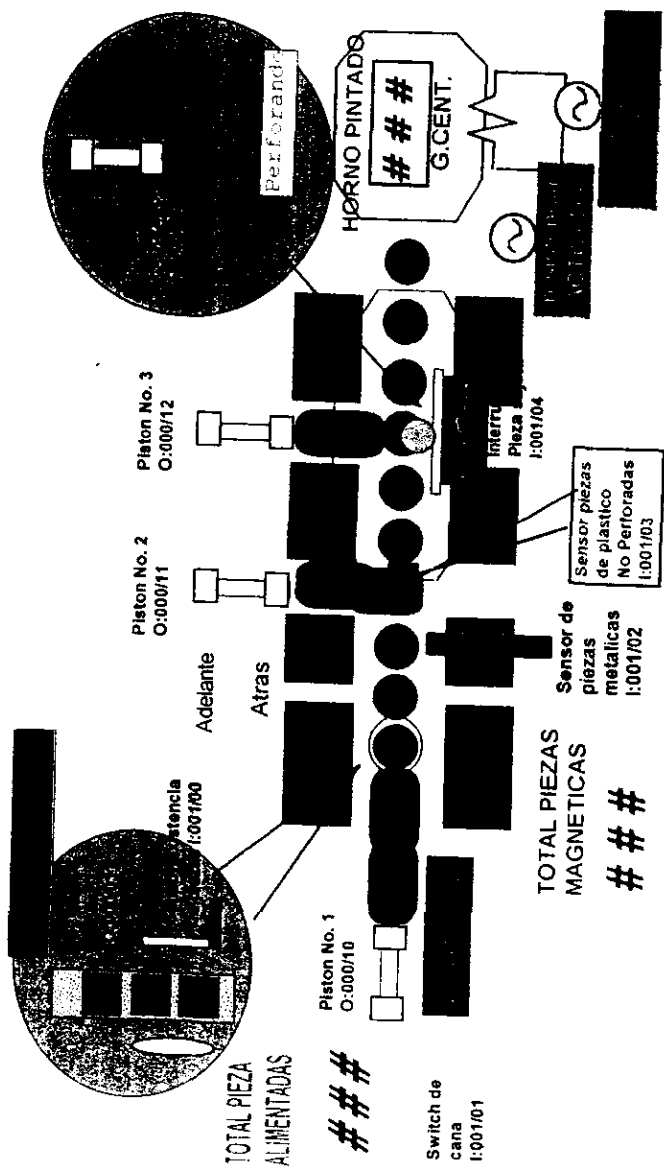


Figura 3.2.1 Gráfico de control de la plataforma que muestra todos los puntos de control.



## 8.3 INTEGRACIÓN DEL PROCESO A MODELAR

### 8.3.1 Introducción

En este apartado del capítulo se justifica el uso del software propuesto con el hardware del sistema explicando los dispositivos y circuitos que se utilizaron para propiciar la interconexión entre el proceso de simulación y los módulos del Controlador Lógico Programable (PLC).

Se hace referencia al manejo de variables tomadas de los sensores del kit ORT y la acción de estas en los actuadores y/o señales de salida del mismo.

Mencionamos los elementos utilizados en la Tarjeta de acoplamiento, la cual es una placa de circuito impreso elaborada específicamente para adaptar las entradas del kit hacia el PLC, dado que este último maneja una lógica de "0" y "120" Vac. De esta manera se muestran sus diagramas y conexiones empleados.

Finalmente nos referiremos al proceso agregado al kit en el que interviene una variable analógica tomada de la temperatura de un horno simulado y que forma parte también de la integración del sistema.

8.3.2 Elementos del Proceso

El proceso a modelar se compone del Simulador de Automatización Industrial (SAI), de una tarjeta de acoplamiento, del Controlador Lógico Programable (PLC) y una computadora personal (PC). La interconexión de estos elementos se aprecia en el diagrama de la figura 8.3.2.1.

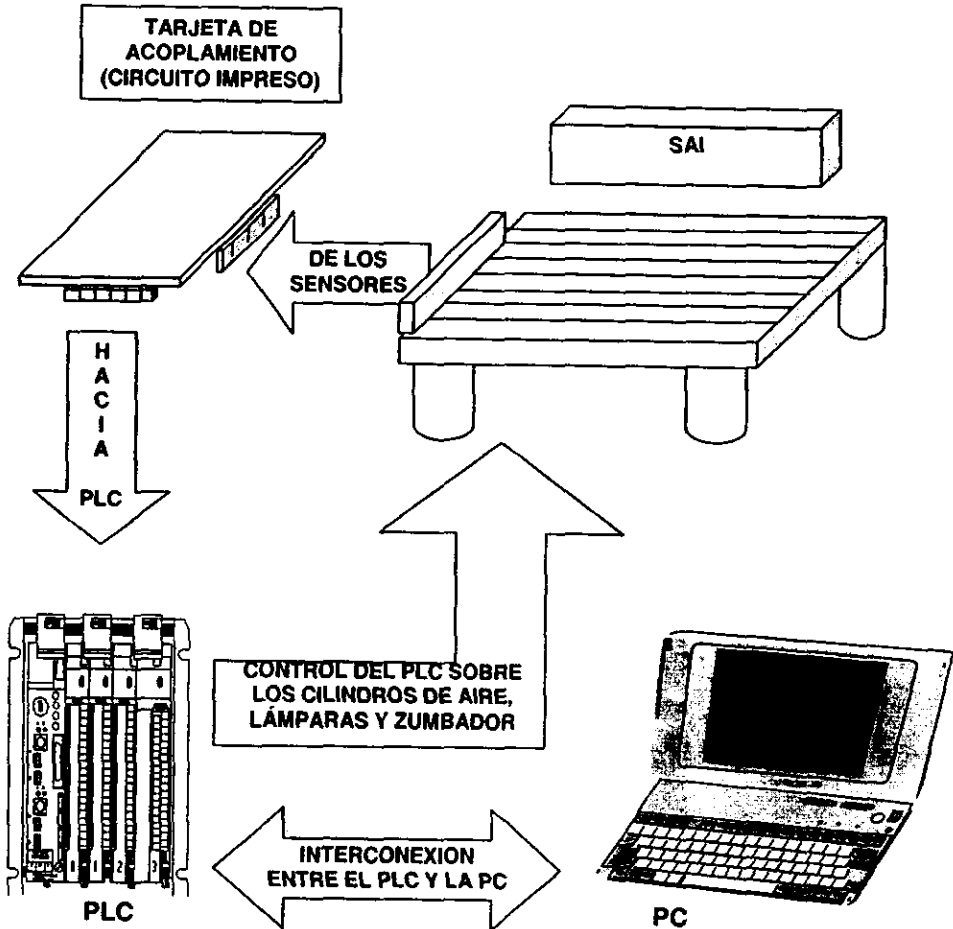


Figura 8.3.2.1 Elementos del proceso a modelar.

### 8.3.3 Tarjeta de Acoplamiento

Esta tarjeta de circuito impreso permite manejar los 120Vac con los que trabajan las entradas del PLC a través de relevadores accionados por los sensores e interruptores del kit. Los relevadores, al energizarse su bobina, abren y cierran contactos normalmente cerrados (N.C.) y normalmente abiertos (N.O.) respectivamente, de los que se obtienen los 120Vac para el PLC. La figura 8.3.3.1 muestra la ubicación de los componentes en el circuito.

El impreso se compone de cinco relevadores. Tres de ellos de 12Vdc y dos de 5Vcd, los cuales se encargarán de recibir las señales de los sensores magnético, retrorreflectivo, óptico y de los interruptores de caña y sujeción. La tabla 8.3.3.1 indica la asignación de relevadores a los sensores e interruptores.

TIPO DE SENSOR O INTERRUPTOR	No. DE RELEVADOR / VOLTAJE
Magnético de Piezas metálicas	1 / 12V
Retrorreflectivo de Piezas en el Alimentador	2 / 12V
Optico de Piezas Perforadas	3 / 12V
Interruptor de Caña	4 / 5V
Interruptor de Sujeción	5 / 5V

**Tabla 8.3.3.1 Asignación de relevadores a los sensores.**

La tarjeta cuenta también con cuatro conectores de ocho terminales debidamente identificados del No. 1 al 4. Las tablas 8.3.3.2 permiten identificar al conector con su descripción de terminales. Estos conectores también se aprecian en la figura 8.3.3.1 e igualmente en el Apéndice se presenta el detalle de las pistas del circuito impreso de la tarjeta mencionada.

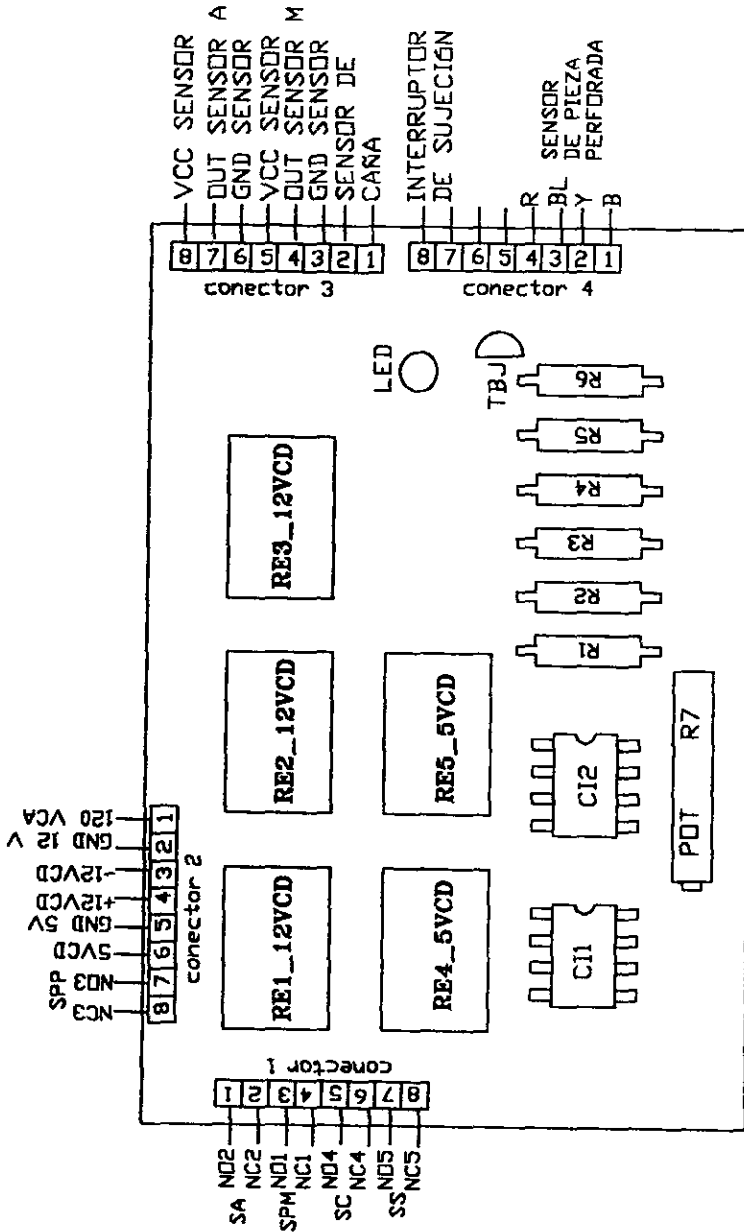


Figura 8.3.3.1 Tarjeta de Acoplamiento.

**CAPÍTULO 8**

**a) Conector 1**

<b>TERMINAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>INTERRUPTOR O SENSOR</b>
1	Contacto N.C.	<i>Interruptor de Sujeción</i>
2	Contacto N.O.	<i>Interruptor de Sujeción</i>
3	Contacto N.C.	<i>Interruptor de Caña</i>
4	Contacto N.O.	<i>Interruptor de Caña</i>
5	Contacto N.C.	<i>Sensor Magnético</i>
6	Contacto N.O.	<i>Sensor Magnético</i>
7	Contacto N.C.	<i>Sensor de Piezas en el Alimentador</i>
8	Contacto N.O.	<i>Sensor de Piezas en el Alimentador</i>

**b) Conector 2**

<b>TERMINAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
1	Contacto N.C. del Sensor de Piezas Perforadas
2	Contacto N.O. del Sensor de Piezas Perforadas
3	Voltaje de Alimentación de 5Vcd (+)
4	Tierra de la fuente de 5Vcd (-)
5	Voltaje de Alimentación de 12Vcd (+)
6	Voltaje de Alimentación de 12Vcd (-)
7	Común de la Fuente de 12Vcd
8	Alimentación de 120Vca

**c) Conector 3**

<b>TERMINAL</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>SENSOR O INTERRUPTOR</b>
1	Salida de +12Vcd al Sensor	<i>Sensor del Alimentador</i>
2	Señal de Activación del Sensor	<i>Sensor del Alimentador</i>
3	Común de la fuente de 12Vcd	<i>Sensor del Alimentador</i>
4	Salida de +12Vcd al Sensor	<i>Sensor Magnético</i>
5	Señal de Activación del Sensor	<i>Sensor Magnético</i>
6	Común de la fuente de 12Vcd	<i>Sensor Magnético</i>
7	Salida de 5Vcd al Interruptor	<i>Interruptor de Caña</i>
8	Regreso del Interruptor	<i>Interruptor de Caña</i>

d) Conector 4

TERMINAL	DESCRIPCIÓN
1	Salida de 5Vcd al Interruptor de Sujeción
2	Regreso del Interruptor de Sujeción
3	No Conexión
4	No Conexión
5	Del Anodo del diodo (Sensor de Piezas Perforadas)
6	Del cátodo del diodo (Sensor de Piezas Perforadas)
7	Del Emisor del Transistor (Sensor de Piezas Perforadas)
8	Del Colector del Transistor (Sensor de Piezas Perforadas)

**Tabla 8.3.3.2 Identificación de las terminales en los conectores de la Tarjeta de Acoplamiento.**

**8.3.3.1 Función del Sensor Magnético en la Tarjeta**

El diagrama esquemático de la función del sensor magnético de piezas metálicas se observa en la figura 8.3.3.1.1.

La salida del sensor magnético es del tipo PNP por ello se le manda un voltaje de 12V al emisor y cuando una pieza magnética es sensada se provoca una corriente por colector que pasará al relevador 1, activando su bobina y accionando sus contactos N.C. y N.O. En nuestro caso usamos un contacto N.C. hacia el PLC, sin embargo es indistinto cual contacto se use, puesto que esta situación se puede controlar de manera directa modificando el software de programación del PLC.

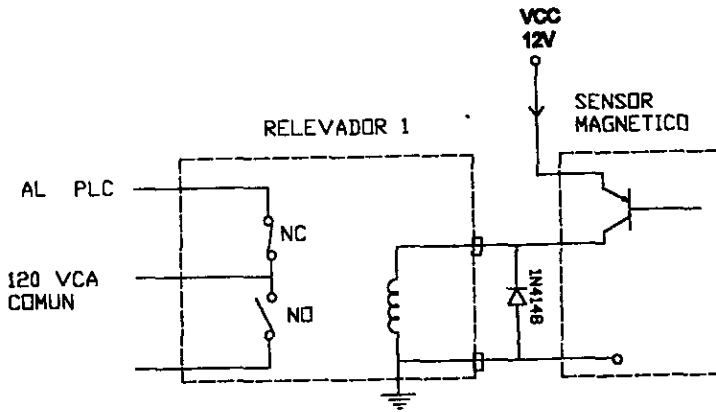


Figura 8.3.3.1.1 Accionamiento del sensor magnético en la Tarjeta.

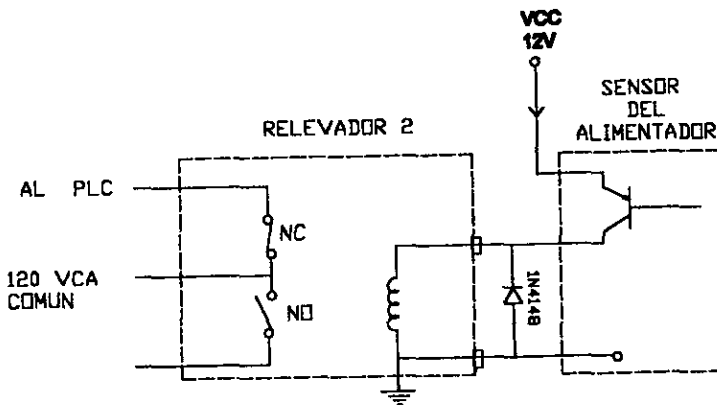


Figura 8.3.3.1.2 Accionamiento del sensor del alimentador en la Tarjeta.

### 8.3.3.2 Función del Sensor del Alimentador en la Tarjeta

La salida del sensor de piezas en el alimentador es del tipo PNP como el sensor magnético, por lo que su diagrama esquemático se observa en la figura 8.3.3.2.1, considerando, que solamente se varíe el relevador por el No. 2 y el sensor magnético por el de piezas en el alimentador. El haz de luz al ser reflejado por el retroreflector mantiene activado al relevador 2 quien mediante un contacto N.O. manda un voltaje de 120Vac al PLC. Cuando las piezas en el alimentador interrumpen el haz de luz el transistor se corta y desenergiza al relevador.

En nuestro caso usamos un contacto N.C. que va de acuerdo a la programación utilizada.

### 8.3.3.3 Función del Sensor Optico en la Tarjeta

La figura 8.3.3.3.1 muestra además los circuitos integrados (Amplificadores Operacionales), seis resistencias, un potenciómetro, un transistor TBJ y un LED. Con estos elementos se elaboró un circuito con la energía necesaria para activar el relevador 3 correspondiente al sensor óptico de piezas perforadas, dado que la señal proveniente del mismo no era suficiente.

En el circuito que se ilustra en la figura 8.3.3.3.1. se observa que al recibir el impulso de señal en la base del transistor reflejada del diodo por una pieza con etiqueta plateada, el transistor se satura proporcionando el flujo de corriente de emisor que alimenta la terminal ( + ) del Amplificador Operacional ( A.O. ) en el C.1 2 a través de R4. El arreglo de la R1 y R3 propicia una ganancia aproximada de 10 (  $220\text{ K} / 27\text{ K}$  ) veces a la salida del operacional, la que a su vez se aplica a la terminal ( + ) del A.O.2 para compararse con el voltaje aplicado a través del potenciómetro R7 a la terminal ( - ) del A.O.2. R7 ajusta la sensibilidad, proveniente de la salida del A.O.2 para provocar la conducción del transistor BC548 y activar la bobina del relevador 3 que cerrará un contacto N.O. (



## CAPÍTULO 8

Terminal 2, conector 1 ) mandando los 127 Vac al PLC. El led en el circuito indica la presencia de una pieza no perforada también, al dividirse la corriente aplicada a la base del BC547 por la R2.

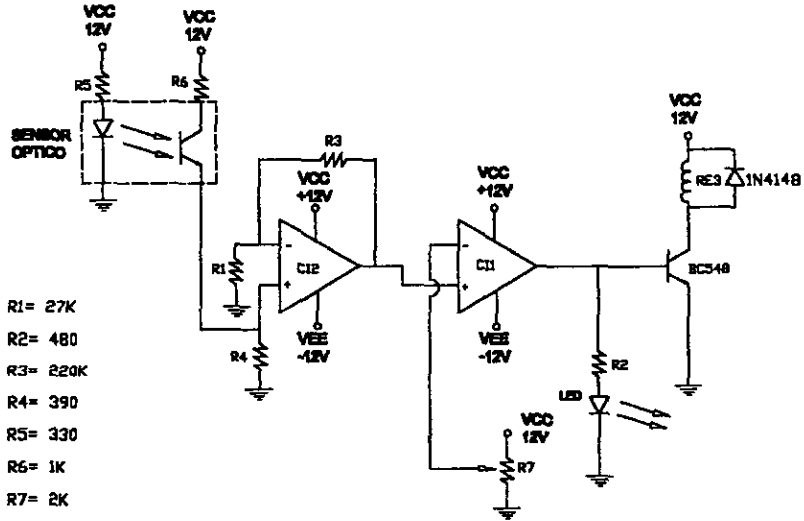


Figura 8.3.3.3.1 Diagrama de conexiones para el sensor óptico.

### 8.3.3.4 Función del Interruptor de Caña en la Tarjeta

El interruptor de caña sencillamente abre o cierra el paso al voltaje de 5 Vdc que se aplica al relevador 4 para accionar un contacto N.O. con los 127 Vac para el PLC. La figura 8.3.3.4.1 refiere su representación esquemática. Cuando el cilindro de aire que contiene al interruptor impulsa al vástago, este permanece abierto y al llegar a su máxima carrera se cierra.

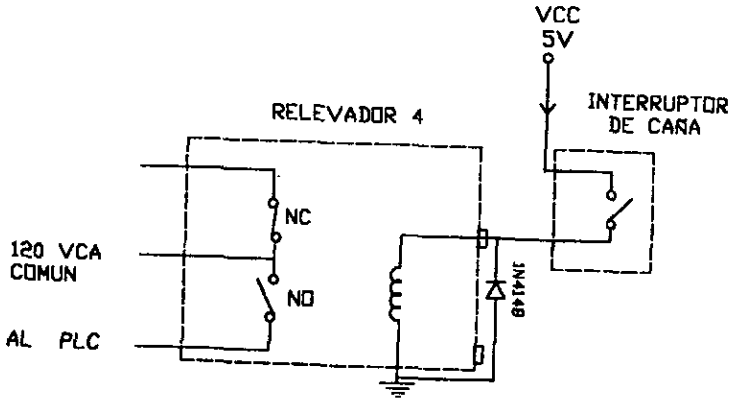


Figura 8.3.3.4.1 Diagrama de la función del interruptor de caña con el relevador 4.

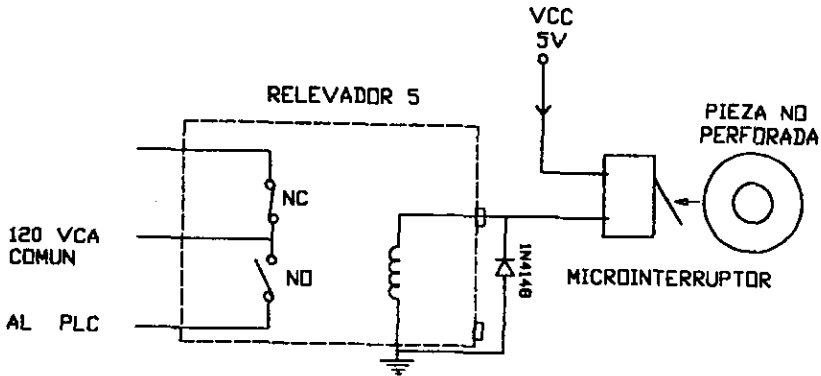


Figura 8.3.3.5.1 Diagrama del microinterruptor con el relevador 5.

### 8.3.3.5 Función del Interruptor de Sujeción en la Tarjeta

El relevador 5 de 5 Vcd controlado por el Interruptor de sujeción funciona en forma semejante al interruptor de caña, solo que el de sujeción se acciona mecánicamente por una pieza no perforada en la línea principal. La figura 8.3.3.5.1 muestra la conexión relevador microinterruptor.

De la misma forma al oprimirse el microinterruptor se energiza el relevador 5 mandando 120Vac al PLC mediante un contacto N.O.

### 8.3.4 Conexiones con el PLC

El PLC se ubica en un rack que identificamos como 0 en la cavidad izquierda y tiene además cuatro ranuras (grupos del 0 al 3) donde se ubican los módulos de entradas y salidas. El grupo 0 corresponde a las salidas que accionan los cilindros, las señales luminosas, de video y el zumbador. El grupo 1 alberga a las entradas digitales del sistema. El grupo 2 recibe las entradas analógicas y el grupo 3 corresponde a la fuente.

#### 8.3.4.1 Módulo de salidas

Este módulo se compone de 16 salidas numeradas en sistema octal de la 00 a la 07 y de la 10 a la 17. El primer grupo (00 a 07) corresponde a contactos N.O. El segundo grupo ( 10 a 17 ) utiliza contactos de 1 polo 2 tiros, es decir, por cada salida se puede tomar un contacto N.C. o N.O.

Un diagrama de las conexiones de salida se observa en la figura 8.3.4.1.1 y la asignación de salidas para el Kit ORT, el horno y las cámaras de video se detalla en la tabla de conexiones 8.3.4.1.1, de acuerdo a la terminal utilizada en el módulo; al cable que lo identifica y a la función de control en el proceso. Igualmente se indican las salidas libres y que se prestarían para aumentar las capacidades del PLC, pensando en hacerlo más redituable desde un punto de vista comercial.

CAPÍTULO 8

GRUPO O BORNE	TIPO DE CONTACTO	COLOR CABLE	FUNCION DE CONTROL
00	N.O.	LIBRE	LIBRE
01	N.O.	NARANJA	LAMPARA AMBAR ON/OFF
02	N.O.	AMARILLO	LAMPARA ROJA ON/OFF
03	N.O.	CAFÉ	ZUMBADOR ON/OFF
04	N.O.	CAFÉ/NEGRO	RELEVADOR 6 (HORNO)
05	N.O.	LIBRE	LIBRE
06	N.O.	LIBRE	LIBRE
07	N.O.	LIBRE	LIBRE
10	N.C.	ROJO	P1 HACIA ATRÁS
10	N.O.	AZUL	P1 HACIA DELANTE
11	N.C.	CAFÉ/PTOS. NEGROS	P2 HACIA ATRÁS
11	N.O.	NEGRO	P2 HACIA DELANTE
12	N.C.	NARANJA/PTOS.NEGROS	P3 HACIA ATRÁS
12	N.O.	AMARILLO/PTOS.NEGROS	P3 HACIA DELANTE
13	N.C.	ROJO/PTOS.NEGROS	P4 HACIA ATRÁS
13	N.O.	AZUL/PTOS.NEGROS	P4 HACIA DELANTE
14	N.C.	LIBRE	LIBRE
14	N.O.	LIBRE	LIBRE
15	N.C.	LIBRE	LIBRE
15	N.O.	VERDE	ALARMA CAMARA DE VIDEO
16	N.C.	LIBRE	LIBRE
16	N.O.	BLANCO	ALARMA CAMARA DE VIDEO
17	N.C.	LIBRE	LIBRE
17	N.O.	AMARILLO	ALARMA CAMARA DE VIDEO

Tabla 8.3.4.1.1 Identificación de terminales de salida.

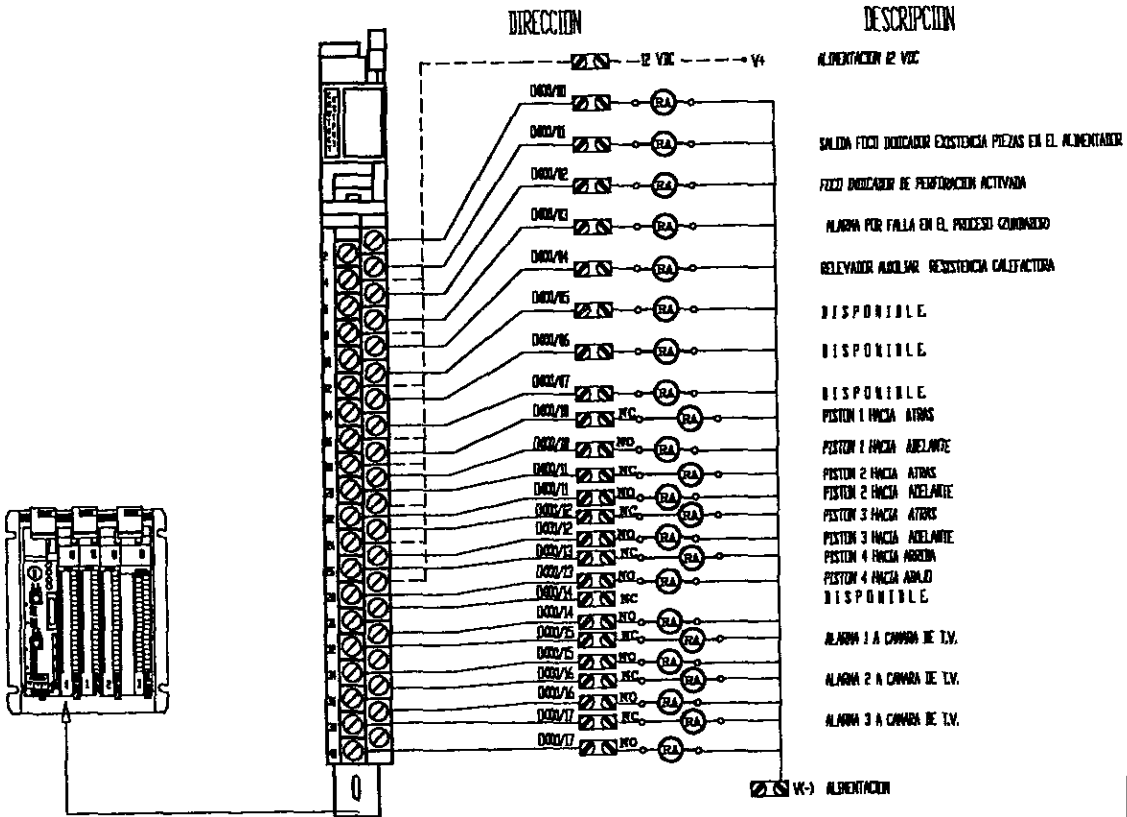


Figura 8.3.4.1.1 Módulo de salidas en el PLC.

## CAPÍTULO 8

En la tabla de conexiones **8.3.4.1.1** se asigna la siguiente identificación para los cilindros de aire.

- P1** = Cilindro de aire alimentador de piezas
- P2** = Cilindro de aire separador de piezas
- P3** = Cilindro de aire sujetador de piezas
- P4** = Cilindro de aire perforador de piezas

Las salidas del PLC hacia los elementos en el Kit ORT, tienen una terminal común de 12 Vdc con el que trabaja el banco de ocho válvulas solenoides, las lámparas y el zumbador. En la sección **2.8.4.4** se hace referencia a la guía de conexiones para el accionamiento de los cilindros.

### **8.3.4.2 Módulo de entradas discretas**

A este módulo de 8 entradas digitales se harán llegar las salidas de los contactos auxiliares de los relevadores asignados a los sensores e interruptores vistos en la sección **8.3.3**. La figura **8.3.4.2.1** ilustra la asignación de variables, así mismo se observa que este módulo se ubica en la ranura 1 del rack 0 ya mencionado.

*Cabe recordar que se requirió controlar estas entradas mediante relevadores para proveer los 120 Vac necesarios con que opera el PLC. En la figura **8.3.4.2.1** aparece también la asignación que se hizo en la tabla **7.3.4.6.1** para cada uno de los sensores e interruptores. De esta manera quedan libres dos entradas discretas de las 8 con que se cuenta. Las conexiones provenientes de la Tarjeta de acoplamiento al módulo se explican en la tabla **8.3.4.2.1**. Obsérvese que el interruptor de restablecimiento es la única entrada directa de 120 Vac al PLC.*

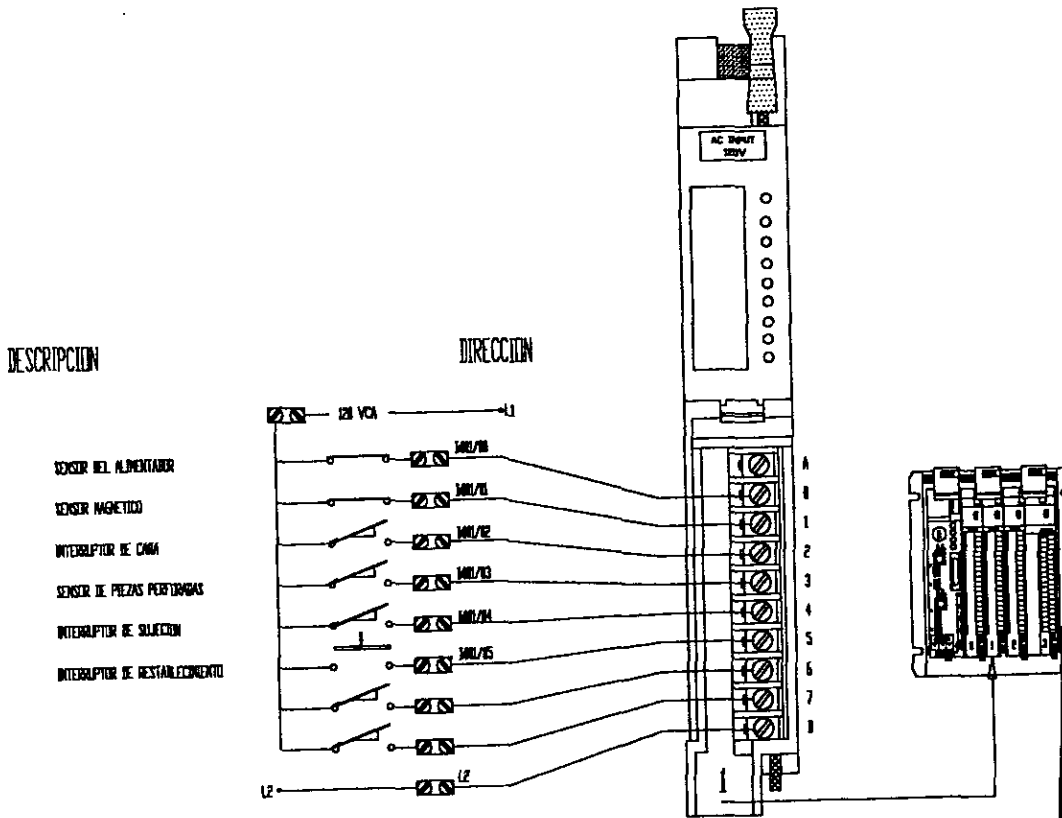


Figura 8.3.4.2.1 Módulo de entradas discretas.

TARJETA DE ACOPLAMIENTO		MODULO DE ENTRADAS DISCRETAS
Tipo de entrada	Conector / Terminal	Borne
Sensor del alimentador	1 / 2	0
Sensor magnético	1 / 4	1
Interruptor de caña	1 / 5	2
Sensor óptico	2 / 7	3
Interruptor de sujeción	1 / 7	4
Botón restablecedor	Directo de 120 Vac	5

Tabla 8.3.4.2.1 Guía de conexiones de entradas discretas.

### 8.3.4.3 Módulo de entradas analógicas

La figura 8.3.4.3.1 muestra a las entradas analógicas ubicadas en la ranura 2 del rack 0. La única variable analógica que manejamos es la temperatura del horno simulado al final del proceso y que obtenemos directamente del horno a través de un relevador y un convertidor A/D. Cuando la temperatura sube a su máximo permisible se desconecta la resistencia térmica y de igual manera al bajar la temperatura al mínimo establecido se vuelve a activar la resistencia calefactora.



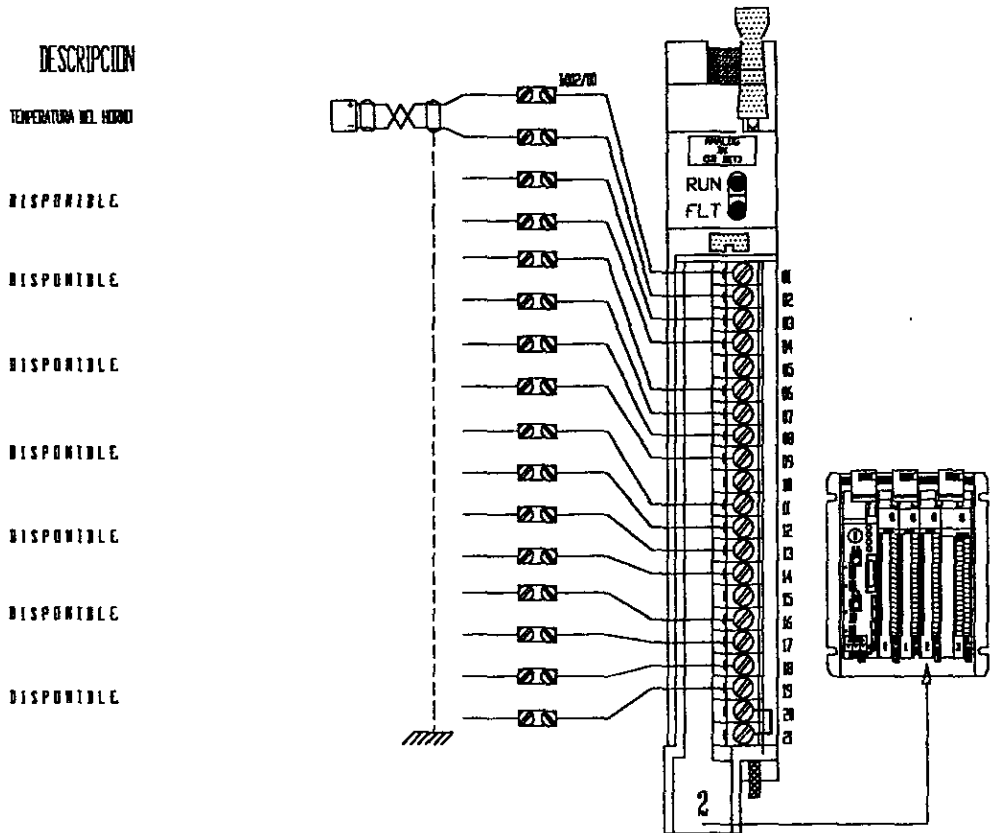


Figura 8.3.4.8.1 Módulo de entradas analógicas.

## 8.4 INTEGRACIÓN, SUPERVISIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE VÍDEO.

Para integrar el sistema de vídeo al proceso, se tomarán en cuenta los siguientes parámetros:

- A. Los puntos de inspección que se verificarán visualmente serán los siguientes:
- 1) Alimentación de las piezas, a la entrada de nuestro proceso. Este punto es considerado crítico, ya que un problema en el alimentador de las piezas, originará un paro general en toda la línea de producción.
  - 2) Segregación de piezas metálicas. Este es nuestro segundo punto de inspección, en caso de atorarse el cilindro de segregación de piezas metálicas, también causará el paro de la línea de producción, o bien permitirá el paso de piezas metálicas al resto del proceso.
  - 3) Perforado de piezas plásticas. Tercer punto de inspección, asegura la correcta operación del proceso de perforado, en caso de que esta etapa no operara correctamente, se podría pasar por alto el perforado de algunas piezas, o bien podría bloquear el resto de la línea en caso de atorarse alguna pieza.

Estos puntos de inspección deberán permanecer visibles en el monitor en todo momento.

- B. La ubicación de la cámara móvil deberá coordinarse con el PLC para que muestre de manera automática la zona de la línea de producción donde se origine un evento de alarma. En este caso, se han predefinido 3 puntos de alarma: el primero: en caso de que el alimentador se quede sin piezas, se originará una señal de alarma visible y se enviará una señal (contacto seco N.A. y N.C.) a la cámara, que se ajustará de manera automática e inmediata para poder observar esta área. El segundo punto de alarma, se originará en el cilindro de alimentación, el cual, en caso de atorarse o no operar (debiendo hacerlo) enviará una señal del mismo tipo que el caso anterior a la cámara, además activará la señal audible. El tercer punto de alarma estará ubicado en área de perforado, en este caso, la cámara se ubicará

## CAPÍTULO 8

automáticamente en esta zona de la línea de producción si el cilindro sujetador no realiza su función, impidiendo así que el cilindro perforador se active.

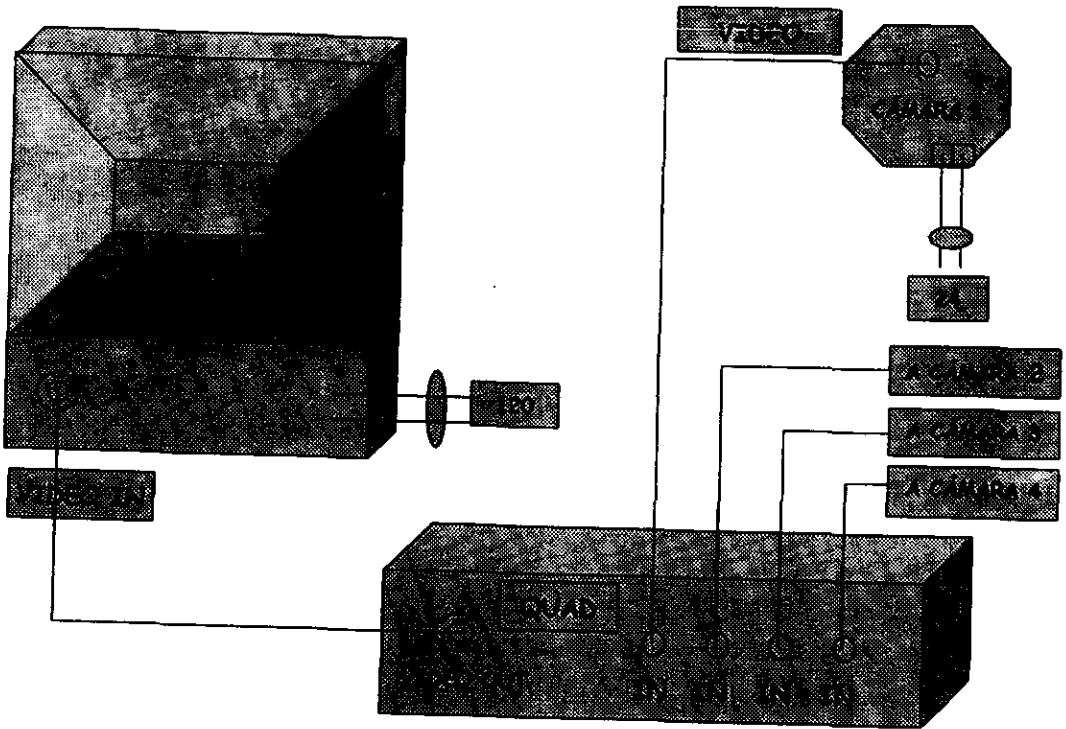
- C. La cámara móvil, por excepción, podrá realizar un barrido automático a lo largo y ancho de la línea de producción y del equipo de control (PLC), de manera que el operador pueda tener una visión general de todo lo que acontece en el entorno del proceso.
- D. Además de la operación automática, controlada por el PLC, el operador del sistema, deberá tener la posibilidad de controlar de manera manual la posición y ajuste de la lente de la cámara móvil.

El punto A anterior, se cumplirá instalando cada una de las tres cámaras B/N seleccionadas en el punto 7.5 del capítulo anterior, en el lugar adecuado para poder observar claramente los puntos de inspección determinados. Estas tres cámaras serán observadas en el monitor a través del Quad, que será el encargado de presentarnos estas imágenes de manera simultánea, haciendo una división en cuadrantes de la pantalla. El diagrama de conexiones se observa en la figura 8.4.1 de la siguiente página.

Para cumplir con el punto B, primeramente deberemos programar el PLC para que nos entregue las salidas necesarias para ubicar la cámara móvil en las zonas de alarma previamente definidos.

Como ya mencionamos, para efectos de este trabajo, hemos definido 3 condiciones de alarma:

- 1) El alimentador se queda sin piezas.
- 2) El pistón de segregación de piezas metálicas no se activa o se atora en su recorrido, después de detectar una pieza metálica.
- 3) Las piezas para perforar no se sujetan correctamente.



**Figura 8.4.1 Diagrama de conexiones de las 3 cámaras fijas.**

Las salidas del PLC requeridas por la cámara móvil, para ubicar las zonas de alarma, deben ser contactos secos N.A., por lo tanto, se programarán las salidas 15, 16 Y 17 para obtener estas salidas. (Para ver el desarrollo de la programación de estas salidas, referirse al punto 8.1 de este capítulo).

## CAPÍTULO 8

La cámara requiere un contacto que al originarse la señal de alarma se cierre y se vaya a tierra. Al recibir esta señal, se iniciará la rutina preestablecida en el controlador PELCO Mod. MPT9500 (ver cap. 7 punto 5) y se ubicará precisamente en el punto de la alarma.

Lo anterior se realiza de la siguiente forma:

- 1) Se selecciona una de las siete terminales indicada como "alarm input" en el domo de la cámara móvil.
- 2) Se realiza la conexión entre el PLC y el borne seleccionado.
- 3) Se programa el controlador MPT9500 para ubicar la zona de alarma.

Para programar la zona en el controlador, se siguen los siguientes puntos:

- 1) Ubicar la cámara en el punto que se desea observar en caso de alarma.
- 2) Presiona la tecla "Preset Set".
- 3) Escribir el letrero de identificación del punto seleccionado. Para hacer esto utilizar el Joystick: hacia arriba busca letra ascendentemente, hacia abajo busca letra descendentemente, a la derecha mueve al siguiente espacio, a la izquierda retrocede espacio.
- 4) Oprimir la tecla "F2".

Para cumplir con el inciso C de la página anterior, programaremos el controlador MPT9500 de la siguiente forma:

- 1) Se selecciona el número de recorrido deseado, puede ser un número entre 1 y 65.
- 2) Se oprime la tecla "F1".

## CAPÍTULO 8

- 3) Con ayuda del Joystick (palanca para realizar movimientos) y de las teclas "zoom wide" y "zoom tele" movemos la cámara y la lente por la ruta que queremos supervisar. En este caso a lo largo y ancho de la línea de producción y por el área del PLC. Este recorrido exactamente es el que quedará programado.
- 4) Se oprime la tecla "F2".
- 5) Para iniciar el recorrido se selecciona el número de recorrido y se oprime la tecla "3" seguido de la tecla "F1".

Para el punto d), se dispondrá del teclado de control del controlador MPT9500.

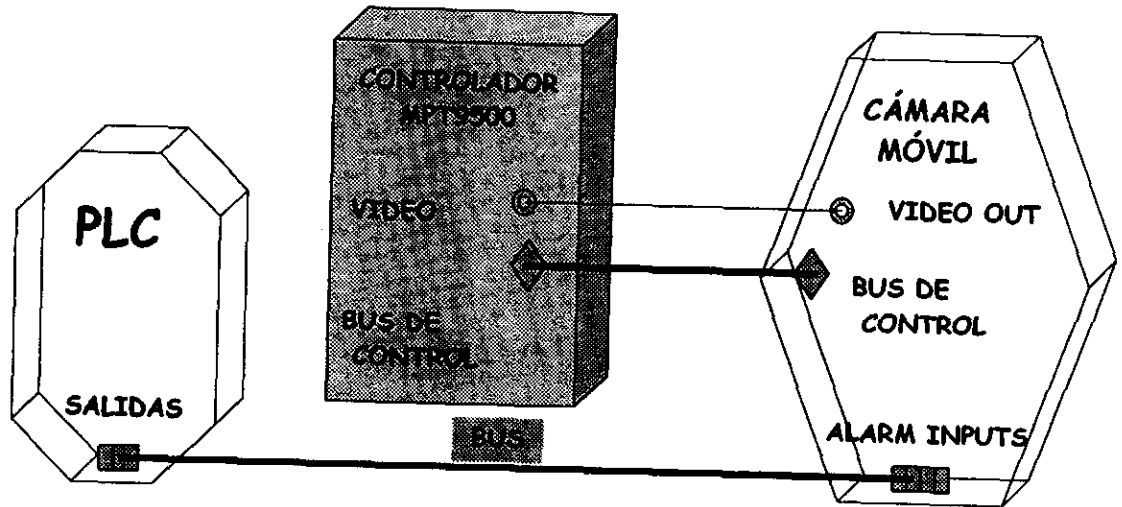


Figura 8.4.2 Diagrama de conexiones de la cámara móvil.

## 8.5 INTEGRACIÓN DE TODO EL SISTEMA Y DEPURACIÓN DEL MISMO

Una vez que fue posible contar con todos los componentes del sistema, (Kit Ort, PLC Allen Bradley, computadora personal y sistema de vídeo), se procedió a interconectar todo el sistema.

En función a lo anterior cada uno de los componentes se adaptó al sistema de la siguiente forma:

- El PLC quedó constituido por: el **CPU** (unidad Central de Procesamiento), tarjeta de salidas por contacto, tarjeta de entradas discretas, tarjeta de entradas analógicas y una fuente de alimentación. Todos estos componentes quedaron unidos en un **rack** (gabinete), como lo muestra la figura 8.5.1.

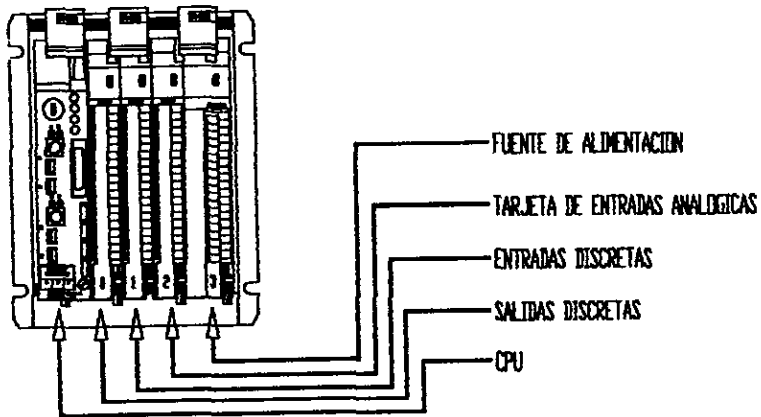


Figura 8.5.1. Distribución de las tarjetas del PLC dentro del rack.

## CAPÍTULO 8

- El Kit Ort quedo integrado por:
  - Un módulo de alimentación con sensor de piezas y sensor de final de carrera del cilindro neumático alimentador.
  - Un módulo de detección de piezas metálicas con un sensor inductivo y un actuador neumático separador de piezas metálicas.
  - Un módulo para detectar piezas perforadas con sensor óptico, sensor de sujeción y un cilindro neumático para perforado.
  - Finalmente por un horno para el acabado térmico.

En la figura 8.5.2 se puede observar la forma en que quedo distribuido el Kit Ort.

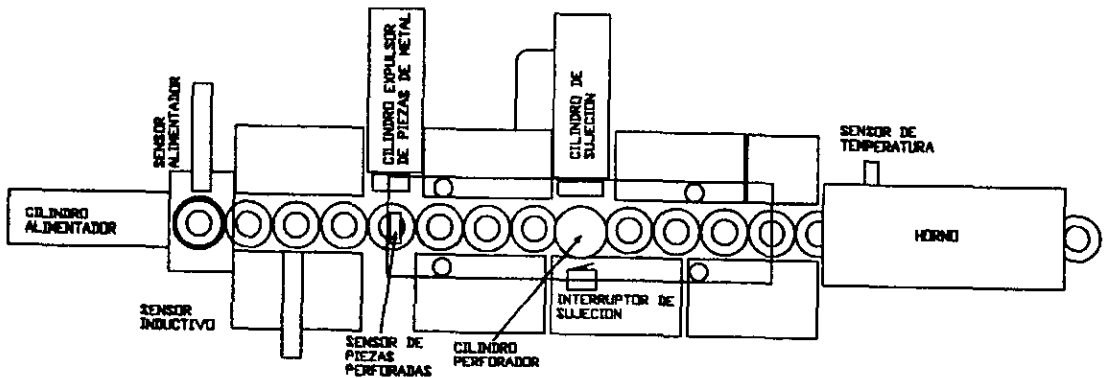


Figura 8.5.2 Distribución de partes en el Kit Ort.



- El sistema de video se armo con una consola de programación de los movimientos de la cámara de video, la cámara misma y un monitor para vigilar el proceso, como se muestra en la figura 8.5.3. Además al sistema se le incorporaron otras 2 cámaras fijas para monitorear el proceso.
- La computadora personal fue necesaria para monitorear el estado de algunas partes criticas del proceso, como es el alimentador, el separador de piezas metálicas, el perforador y la temperatura del horno; además de que fue necesaria para programar las rutinas del PLC.

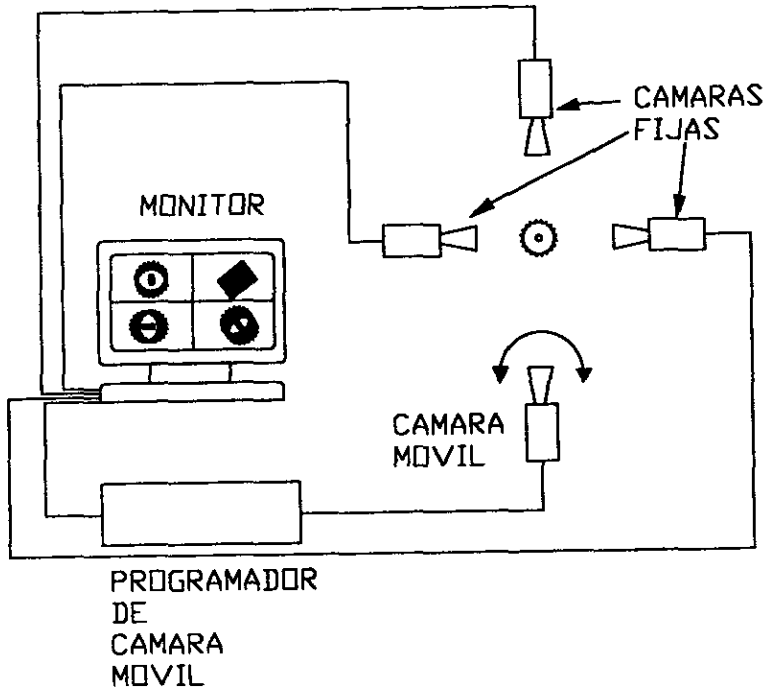


Figura 8.5.3 Arreglo del sistema de video.

## CAPÍTULO 8

Una vez que cada parte del sistema fue constituida por separado, se tuvo que adecuar cada una de las partes para que se pudiera tener un arreglo como el que se muestra en la figura 8.5.4.

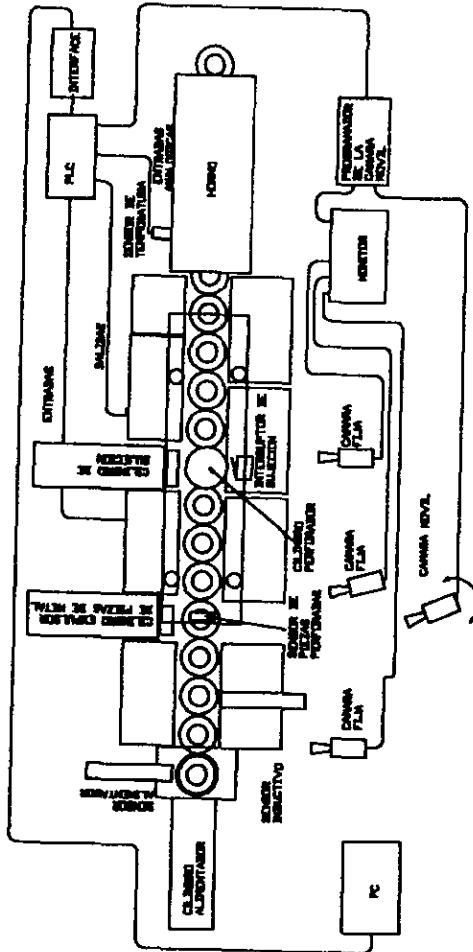


Figura 8.5.4 Distribución final del sistema.

## CAPÍTULO 8

Una vez armado el sistema, se empezó la programación de las rutinas de control. En dichas rutinas se contemplaba las tareas que debería de realizar el sistema y estas eran:

- Alimentar de piezas al proceso
- Detectar y dar aviso mediante un indicador luminoso de que el alimentador se encontraba vacío
- Activar alarma audible y posicionar la cámara móvil de vídeo de manera automática en el sitio de la falla
- Detectar y expulsar piezas metálicas del proceso
- Encontrar piezas sin perforar y efectuarles dicho proceso
- Llevar un contenedor de piezas perforadas, piezas metálicas, y piezas totales a la salida del proceso.
- Llevar a cabo el control de temperatura del horno de acabado térmico.
- Monitorear el proceso mediante un front-end (pantalla donde se muestra el estado de las variables del proceso)
- Vigilar mediante un monitor el estado de las 3 cámaras de vídeo

Cuando el programa estuvo listo y se probó, se tuvieron los siguientes problemas:

- 1) Se tuvieron que adecuar todas las entradas a 120 volts de corriente alterna (Vca).
- 2) El sensor óptico del magazine de alimentación fallaba así que se tuvo que revisar y adecuar la salida de este.
- 3) El tiempo en el que se llevaba a cabo el sensado de piezas magnéticas no checaba con la activación de un registro de desplazamiento a la derecha que empleamos para el control de las piezas no perforadas, es decir, nosotros empleamos un registro de desplazamiento, y cada vez que se detectaba una pieza que no fuese de metal el registro se tenía que desplazar, ya que el bit del registro correspondía a

## CAPÍTULO 8

la posición de la pieza en el área de perforado y además dicho bit indicaba si la pieza era o no perforada, esto significaba que cuando se detectaba una pieza metálica, el registro de desplazamiento no tenía por que seguir desplazándose, ya que la pieza metálica no tenía por que seguir formando parte del proceso ya que iba a ser expulsada.

Este problema se arreglo disparando un temporizador durante un tiempo suficiente para que la señal estuviese presente para ser procesada, esto no fue suficiente ya la posición de la pieza de metal también se tuvo que controlar mediante un registro de desplazamiento, ya que la posición en donde nos importaba esta pieza no era precisamente donde era detectada, si no que en la posición en la que era expulsada.

- 4) Por otro lado se tenían problema de sincronización entre los diferentes actuadores, lo que ocasionaba que la línea se bloqueara. Para esto se tuvieron que programar los tiempos de los diferentes actuadores, así como se tuvo que condicionar el estado del actuador del alimentador al estado de los demás actuadores, ya que este no podía estar operando al mismo tiempo que los otros, no se puede alimentar una pieza a la línea mientras que se este expulsando o perforando otra. Con el fin de que la operación de los actuadores fuese correcta se le calibro la velocidad y se ajusto la presión de operación a 15 PSI.

## 8.6 PRUEBAS Y AJUSTES

### 8.6 Ajustes de sensores

1. Se tuvo problema con los sensores del sistema. Para solucionar este problema se adaptó circuitos que operan con bajo voltaje (5 y 12 VDC) y que tienen salidas de potencia para mandar señales de 120 volts de alterna a las tarjetas de entrada del Rack del PLC.
2. Se ajustó la posición del sensor retrorreflexivo porque no estaban paralelos el sensor y la pantalla reflejante.
3. Se retardó la señal del sensor magnético para que el pulso se mantuviera durante un segundo, esto porque el movimiento era muy rápido y el actuador del bit de corrimiento BSL no alcanzaba a sensar el cambio de estado cuando se sensa una pieza metálica.
4. Se ajusto la señal del sensor de piezas no perforadas para que quedara a la altura óptima en la que sensara correctamente.

#### 8.6.2 Ajustes neumáticos

5. Se instaló un regulador de presión de aire a la salida del tanque almacenador para poder controlar la presión con la que trabajan los cilindros neumáticos (20 libras), así mismo se colocó un manómetro para medir la presión a la que se está ajustando.
6. Los cilindros neumáticos se ajustaron de acuerdo a su posición en la línea de producción simulada. El cilindro seleccionado para introducir piezas a la pista principal se ajustó con las válvulas reguladoras de presión de aire para accionarlo hacia delante y para retraerlo de acuerdo al peso de las piezas en el alimentador y

## CAPÍTULO 8

que le permitieran desplazar adecuadamente pieza por pieza al irse acumulando éstas en la línea principal. El cilindro separador de piezas se ajustó de la misma manera para desplazar una pieza un lugar y retraerse lentamente. El cilindro sujetador de piezas para perforar se ajustó para tener la fuerza necesaria de sujeción, así como una lenta retracción para evitar que la pieza se volteara. Finalmente el cilindro perforador se ajustó para perforar la pieza con la fuerza requerida.

### 8.6.3 Ajustes de los desplazamientos

7. Se ajustaron las guías por donde corren las piezas porque se presentaba atoramiento en algunos puntos. También se corrigió algunas piezas que presentaban problema en la pista donde corren.
8. Se logró la sincronización en el movimiento de los pistones ya que al principio se bloqueaban al accionarse al mismo tiempo. Se realizó las pruebas suficientes para detectar anomalías en el proceso, lo que se fue presentando se corrigió.

## CONCLUSIONES

### CONCLUSIONES FINALES

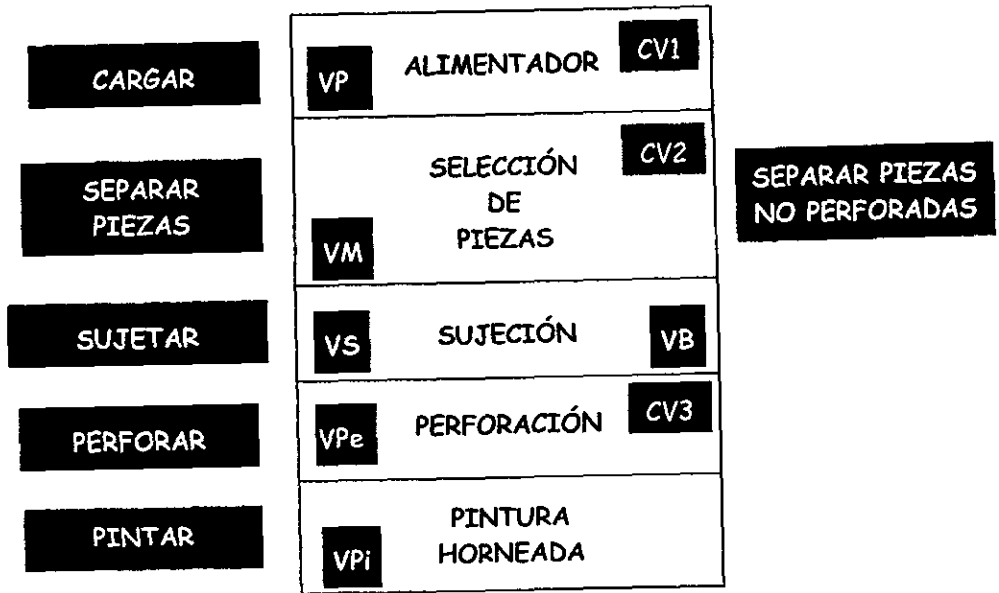
La aplicación de la tecnología de automatización disponible (llamase ALLEN BRADLEY, SIEMENS, etc.) permite aumentar la rentabilidad y confiabilidad de operación de las diversas industrias mexicanas. Lo anterior implica alcanzar mayores grados de automatización, mediante el empleo de estructuras y estrategias de regulación y control avanzadas, lo cual es un requisito indispensable para obtener productos de alta calidad, observandose al mismo tiempo una mayor seguridad y protección para el personal, los equipos y el medio ambiente. Siendo esté, una parte esencial de nuestra vida cotidiana, debemos comenzar a evitar su deterioro con cualquier proceso industrial que se este implementando. Como ejemplo podemos citar la reciente modernización y ampliación de la Refinería "Francisco I. Madero" localizada al noreste del país, en el municipio de Cd. Madero, Estado de Tamaulipas frente al golfo de México entre los puertos de Tampico y Altamira.

La utilización de sistemas de automatización (PLC, también conocido como automata programable), para las pequeñas y medianas industrias es factible y redituable. Este proyecto tiene como objetivo principal la demostración de éste hecho, ya que por medio del trabajo propuesto se puede ver que el uso del PLC es adaptable a cualquier proceso donde se vean involucrados sensores, actuadores y lazos de control.

Este proyecto ejemplifico la forma y tratamiento de variables de control analógicas (1), digitales (8) y lazos de control de malla cerrada.

Para poder manejar un sistema de control existen infinidad de variables que son susceptibles de ser medidas, manejadas y controladas. Así que la eficiencia de los procesos depende de la selección óptima de dichas variables.

## CONCLUSIONES



### Selección de Variables de la Línea de Producción.

Se tuvo que emplear el ingenio para resolver cada uno de los problemas que se presentaron para realizar la sincronía en el movimiento de cada elemento (piezas de maquilación).

Se aplicaron principios básicos de electrónica para adaptar las señales de cada sensor de modo que fueran procesadas correctamente por el PLC. Discutiéndose las diferentes opciones de solución para seleccionar la que mejor se adaptó a nuestras necesidades y presupuesto.



## CONCLUSIONES

Para resolver cada accionamiento del sistema se realizaron diagramas de flujo con la lógica que utiliza cada pistón para su funcionamiento, después se paso a lenguaje de escalera, facilitándose la realización del proyecto. Lo que se recomienda en trabajos de este tipo es primero plantear el algoritmo que resuelva el punto tratado, posteriormente plantear el diagrama de flujo y luego transcribirlo a la lógica de escalera, esto con el fin de minimizar los errores de lógica. Se deben realizar los diagramas de flujo con las acciones de control que se necesitan en la planta.

La integración de sistemas ya existentes en el mercado y su utilización en las industrias es el mejor método para el desarrollo de las mismas, es lo que se conoce como diseño **Top Down** o diseño **Modular Descendente**, quedando por último el diseño de módulos de interface para el acoplamiento de todo el sistema.

La realización del presente trabajo involucro a personas con diferentes puntos de vista y experiencia lo cual enriquecio el trabajo, ya que cada uno apporto los conocimientos de su área de desempeño.

Finalmente el objetivo principal de este trabajo se debe considerar satisfactorio al lograr integrar un **SISTEMA DE VIDEO**, un **SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN** y un **KIT** didáctico en la simulación de una **LÍNEA DE PRODUCCIÓN**. Verificamos la hipótesis al controlar la línea propuesta con los elementos del **KIT** mediante el **PLC**, que a su vez nos proporciona una operación de monitoreo implementando las funciones de video dispuestas para casos de contingencia. Nos dimos cuenta de la versatilidad y posibilidades de un **PLC** en la automatización de procesos, los cuales se adaptan con una programación adecuada.

## CONCLUSIONES

En cuanto al desarrollo de la tesis se observaron algunas de las funciones propias del ingeniero; modificando e implementando sistemas de forma práctica, haciendo uso de las tecnologías de vanguardia y demostrando las capacidades adquiridas en el proceso de enseñanza – aprendizaje de la facultad de Ingeniería al abstraer la esencia de un problema, analizarlo y propiciar una solución, discriminada de varias opciones, tratando de elegir siempre la mejor opción, con la habilidad de cada uno de los integrantes para el desarrollo del proyecto. Con ello se demuestra que trabajar en equipo es una buena forma de resolver problemas, dado que la labor ingenieril no es excluyente, acepta ideas, técnicas y metodologías que permiten obtener un panorama más amplio de las situaciones para concertar con bases y criterio al momento de proponer soluciones.

Una cuestión destacable y que merece mención es el Programa de Apoyo a la Titulación (PAT), opción por la cual se presenta este proyecto y al que recomendamos ampliamente sobre todo para los egresados que ya laboran y no se han titulado. El PAT sirve como un órgano de enlace y coordinación para acercar al alumno a la culminación de su carrera brindándole asesores preparados para su tema, facilidades administrativas y técnicas en el trámite de la documentación e igualmente una amplia flexibilidad en cuanto a tiempo y disponibilidad de las personas responsables de este programa.

**BIBLIOGRAFÍA**

- 1) AUTÓMATAS PROGRAMABLES.  
BADÍA, ALBERT MAYOL I.  
ED. MARCOMBO.  
ESPAÑA 1990.
- 2) CURSOS INSTITUCIONALES DE AUTÓMATAS PROGRAMABLES.  
FIGUEROA, JAVIER V.  
FACULTAD DE INGENIERÍA. DIVISIÓN DE EDUCACIÓN CONTINUA.  
MÉXICO 1992.
- 3) MANUAL DE INSTRUCCIONES DEL PLC.  
ALLEN-BRADLEY.  
E.U.A. FEBRERO 1993.
- 4) PLC-5 FAMILY PROGRAMMABLE CONTROLLERS CAT. NO. 1785-LT  
ALLEN-BRADLEY.  
E.U.A. NOVIEMBRE 1987.
- 5) MANUAL DE PRUEBA Y MANTENIMIENTO.  
ALLEN-BRADLEY.  
E.U.A. NOVIEMBRE 1987.
- 6) SOFTWARE DE PROGRAMACION DE PLC.  
ROCKWELL SOFTWARE.  
E.U.A. FEBRERO 1993.
- 7) ANALOG INPUT MODULE CAT. NO. 1771-IFE.  
ALLEN-BRADLEY.  
E.U.A. ABRIL 1987.

## BIBLIOGRAFÍA

- 8) INDUSTRIAL ELECTRONICS  
HUMPHRIES, JAMES T.  
EDITORIAL PARANINFO.  
ESPAÑA, MARZO 1993. 4ª EDICIÓN.
- 9) ELECTRONICA INDUSTRIAL  
MALONEY, TIMOTHY J.  
MODERNA-PRENTICE HALL.  
MEXICO 1990.
- 10) MANUAL DE OPTOACOPLADORES  
TOSHIBA.  
E.U.A. ABRIL 1990.
- 11) MANUAL DE OPTOACOPLADORES  
MOTOROLA.  
E.U.A. ABRIL 1991.
- 12) STANDARDS AND RECOMMENDED PRACTICES FOR INSTRUMENTATION  
AND CONTROL.  
MANUAL DE LA ISA, VOLUMEN DOS, EDICION ONCE.  
E.U.A. NOVIEMBRE 1990.
- 13) INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL.  
CREUS, ANTONIO.  
ED. ALFAOMEGA-MARCOMBO.  
ESPAÑA 1990.

## BIBLIOGRAFÍA

- 14) **SENSORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL.**  
PALLÁS, ARENY RAMÓN.  
ED. MARCOMBO.  
ESPAÑA 1990.
- 15) **MANUAL DEL SIMULADOR DE AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**  
ORGANIZACIÓN ORT DE MÉXICO, I.A.P.  
MARIANO ESCOBEDO 353-A DEPTO. 1201  
COL. CHAPULTEPEC MORALES MÉXICO D.F. 11570, 1994.
- 16) **ORT INTERNACIONAL LTD 1993-1995**  
CURSO DE PRODUCCIÓN DEL IAS-ORT  
CONALEP 1996. MÉXICO.
- 17) **UNDERSTANDING THE LENS AND OUTS OF DIGITAL CAMERAS.**  
WIMMER, ROBERT A.  
SECURITY TECHNOLOGY & DESIGN.  
E.U.A. AGOSTO 1998.  
PAGINAS 45 - 53.
- 18) **CAMERA AND OPTICS.**  
WIMMER, ROBERT A.  
SECURITY TECHNOLOGY & DESIGN.  
E.U.A. ENERO-FEBRERO 1997.  
PAGINAS 34 - 39.
- 19) **LENSES FOR CCTV SYSTEMS.**  
KRUEGLE, HERMAN A.  
VISUAL METHODS INC. CCTV SOURCE BOOK.  
E.U.A. 1992.  
PAGINAS 45 - 52.

## BIBLIOGRAFÍA

- 20) CCTV MONITORS AND TERMINALS  
KRUEGLE, HERMAN A.  
SECURITY TECHNOLOGY & DESIGN.  
E.U.A. MAYO 1996.  
PAGINAS 12 - 16.
  
- 21) UNDERSTANDING VIDEO TRANSMISION.  
NEAL, STEVE.  
VISUAL METHODS INC. CCTV SOURCE BOOK.  
E.U.A. 1992.  
PAGINAS 123 - 131.
  
- 22) MEMORIAS DEL CURSO BÁSICO SOBRE C.C.T.V.  
TOVAR LARA J. ALFREDO.  
VIDEO SUMINISTROS S.A. DE C.V. MÉXICO 1998.
  
- 23) MANUAL DE ESPECIFICACIONES PELCO.  
CALIFORNIA, E.U.A. 1998.  
PAGINAS 201, 202.
  
- 24) CATÁLOGO CÁMARA SPECTRA C251-3/97.  
CALIFORNIA, E.U.A. 1998.
  
- 25) CATÁLOGO TOPICA.  
TAIWAN 1998.
  
- 26) INGENIERÍA DE CONTROL MODERNA.  
OGATA, KATSUMIKO.  
ED. PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA  
MÉXICO 1980.  
PAGINAS 1 - 16, 164 - 208.

## BIBLIOGRAFÍA

- 27) SISTEMAS MODERNOS DE CONTROL.  
DORF, RICHARD C.  
ED. ADDISON WESLEY IBEROAMERICANA.  
WILMINGTON, DELAWARE. E.U.A. 1989.  
PAGINAS 1 - 18, 44 - 72, 93 - 114.
- 28) SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO.  
KUO, BENJAMIN C.  
ED. PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA  
MÉXICO 1996.  
PAGINAS 1 - 20, 77 - 90.
- 29) LA AUTOMATIZACIÓN EN LOS PROCESOS DE MANUFACTURA.  
MALDONADO CARRASCO, JUAN CARLOS  
ED. PORRÚA.  
MÉXICO, 1999.  
PAGINAS 123 - 135.