

11120  
52



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTTLAN**

**BOMBA DE DISTRIBUCIÓN DE FLUIDOS CON  
SISTEMA AUTÓMATA**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA  
PRESENTA:**

**MARÍN ROMERO CARLOS MANUEL  
MONTAÑO HERNÁNDEZ ISAAC**

**ASESOR: ING. MARGARITA LÓPEZ LÓPEZ**

**CUAUTTLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO.**

**2003**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**1**



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN  
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR  
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MEXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN

**DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO  
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN  
P R E S E N T E**

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Bomba de distribución de fluidos con sistema automática"

que presenta el pasante: Carlos Manuel Marín Romero  
con número de cuenta: 9309207-2 para obtener el título de:  
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIC.

**A T E N T A M E N T E**

**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 10 de enero de 2003

PRESIDENTE	<u>Ing. Ricardo Joaquín Ramírez Verdeja</u>
VOCAL	<u>Ing. Carlos Alberto Martínez Pérez</u>
SECRETARIO	<u>Ing. Margarita López López</u>
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Silverio Joel Sánchez Pérez</u>
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Pedro Rendón Torres</u>



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN**  
**UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR**  
**DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES**

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS  
FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES CUAUTITLAN

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO**  
**DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN**  
**P R E S E N T E**

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares  
Jefe del Departamento de Exámenes  
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Bomba de distribución de fluidos con sistema automático"

que presenta el pasante: \* Isaac Montaña Hernández \*  
con número de cuenta: 9301900-8 para obtener el título de :  
Ingeniero Mecánico Electricista.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

**ATENTAMENTE**  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 10 de enero de 2003

PRESIDENTE Ing. Ricardo Joaquín Ramírez Verdeja

VOCAL Ing. Carlos Alberto Martínez Pérez

SECRETARIO Ing. Margarita López López

PRIMER SUPLENTE Ing. Silverio Joel Sánchez Pérez

SEGUNDO SUPLENTE Ing. Pedro Rondón Torres

*[Handwritten signatures and initials]*  
**3**

**AGRADECIMIENTOS Y**

**DEDICATORIAS DE**

**\* CARLOS MANUEL \***

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Dedico este trabajo a mis padres y hermana y aunque solo es un pequeño trabajo, representa una carrera y parte de mi vida con ellos.

También quiero reconocer a mis familiares, profesores y amigos porque todos ellos han contribuido en mi vida.

Este libro, dos campeonatos con los Leones y no sé que más dejaré a la UNAM como agradecimiento por ser parte de ella.

Gracias.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**AGRADECIMIENTOS Y  
DEDICATORIAS DE  
ISAAC**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Quiero agradecer a mi padre el señor **Lorenzo Montaña Torres** por su constancia, dedicación e incansable apoyo como sabio líder de la familia que hasta la fecha es imprescindible, a mi madre la señora **Leodegaria Hernández Valencia** que con su ánimo, inteligencia y habilidad administrativa es sin duda el motor de la familia y energía de mi vida, a mi hermano **Ricardo Montaña Hernández** astuto, valiente y noble guerrero que me acompaña en la épica aventura de obstáculos vencidos y obstáculos vencedores, y ¿cómo quieren que ponga al olvido a la divina **Alma Delia Godínez Reyes**? Bella y prudente musa que incondicionalmente construye conmigo las columnas que separan el cielo y la tierra, evitando que se desplome en mis desventuras.

A toda la gente que admiro y respeto, que innovan y proponen, que creen conmigo que al mundo lo podemos cambiar con honorables actos sin perturbar la decisión de los demás.

A mis alumnos de sistemas automáticos y máquinas y herramientas que con su irreverente ingenio me dan pauta a conocer más cada día.

Y diciendo estas razones a todo aquello que reconocimiento mereciere, con amor y reverencia de este noble puma armado de conocimiento que su nombre nunca muere.

Atte. Isaac Montaña Hernández.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## ÍNDICE

### PÁGINA

<b>OBJETIVO</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>2</b>
<b>CAPITULO I      FUNDAMENTOS DE NEUMÁTICA</b>	
<b>1.1 Preparación del aire comprimido.</b>	<b>8</b>
<b>1.2 Compresores.</b>	<b>9</b>
<b>1.3 Acumulador.</b>	<b>10</b>
<b>1.4 Secadores de aire.</b>	<b>11</b>
<b>1.5 Distribución del aire.</b>	<b>13</b>
<b>1.6 Unidad de mantenimiento.</b>	<b>14</b>
<b>1.7 Selección y comparación de medios de trabajo y de mando.</b>	<b>17</b>
<b>1.8 Tipos de mando.</b>	<b>18</b>
<b>1.9 Desarrollo de un sistema de mando.</b>	<b>22</b>
<b>1.10 Perspectivas de desarrollo.</b>	<b>23</b>
<b>1.11 Versiones especiales y subsistemas.</b>	<b>24</b>
<b>1.12 Realimentación en los controles electroneumáticos.</b>	<b>25</b>
<b>1.13 Cadena de control de un sistema.</b>	<b>25</b>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CAPITULO II ELECTROVÁLVULAS DISTRIBUIDORAS**

<b>2.1</b>	<b>Generación de corriente.</b>	<b>29</b>
<b>2.2</b>	<b>Resistencia e intensidad.</b>	<b>30</b>
<b>2.3</b>	<b>La ley de Ohm.</b>	<b>30</b>
<b>2.4</b>	<b>Principio de funcionamiento de un solenoide.</b>	<b>31</b>
<b>2.5</b>	<b>Válvulas distribuidoras.</b>	<b>35</b>
<b>2.6</b>	<b>Formas constructivas.</b>	<b>36</b>
<b>2.7</b>	<b>Métodos de accionamiento.</b>	<b>37</b>
<b>2.8</b>	<b>Conversión de energía eléctrica en neumática.</b>	<b>37</b>
<b>2.9</b>	<b>Electroválvula de 3/2 vías simple bobina, normalmente cerrada</b>	<b>38</b>
<b>2.10</b>	<b>Válvulas pilotadas.</b>	<b>39</b>
<b>2.11</b>	<b>Válvula de 5/2 vías, doble pilotaje.</b>	<b>40</b>
<b>2.12</b>	<b>Fiabilidad de las válvulas.</b>	<b>40</b>
<b>2.13</b>	<b>Características de conmutación de las válvulas.</b>	<b>41</b>

## **CAPITULO III EL PLC EN LA TECNOLOGÍA DE LA AUTOMATIZACIÓN**

<b>3.1</b>	<b>Introducción.</b>	<b>44</b>
<b>3.2</b>	<b>Áreas de aplicación de un PLC.</b>	<b>45</b>
<b>3.3</b>	<b>Definición básica de un PLC.</b>	<b>48</b>
<b>3.4</b>	<b>El nuevo estándar para PLC, IEC 1131.</b>	<b>50</b>

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**CAPITULO IV      MODO DE FUNCIONAMIENTO DE UN PLC**

<b>4.1</b>	<b>Estructura de un PLC.</b>	<b>54</b>
<b>4.2</b>	<b>Unidad central de un PLC.</b>	<b>56</b>
<b>4.3</b>	<b>Modo de funcionamiento de un PLC.</b>	<b>58</b>
<b>4.4</b>	<b>Memoria de programas de aplicación.</b>	<b>60</b>
<b>4.5</b>	<b>Módulo de entradas.</b>	<b>62</b>
<b>4.6</b>	<b>Módulo de salidas.</b>	<b>65</b>
<b>4.7</b>	<b>Dispositivo programador / Ordenador personal.</b>	<b>67</b>

**CAPITULO V      ANÁLISIS DE LA BOMBA DE DISTRIBUCIÓN  
DE FLUIDOS CON SISTEMA AUTÓMATA**

<b>5.1</b>	<b>Visión global del proyecto.</b>	<b>71</b>
<b>5.2</b>	<b>Noción de tiempo de ciclo.</b>	<b>71</b>
<b>5.3</b>	<b>Estructura básica general de los autómatas programables.</b>	<b>72</b>
<b>5.4</b>	<b>Campos de aplicación.</b>	<b>74</b>
<b>5.5</b>	<b>Memoria.</b>	<b>78</b>
<b>5.6</b>	<b>CPU.</b>	<b>79</b>
<b>5.7</b>	<b>Análisis de la bomba de distribución de fluidos automática.</b>	<b>80</b>

<b>CONCLUSIONES</b>	<b>86</b>
---------------------	-----------

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>87</b>
---------------------	-----------

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **OBJETIVO**

Sabemos que el saber como funcionan las cosas y quien las inventó nos sirve de mucho para nuestra formación como ingenieros, pero sería innecesario el volver a los orígenes y experimentar lo que ya ha sido comprobado.

Con este trabajo esperamos inspirar a los lectores a enfocarse en la aplicación de la tecnología moderna como los controles lógicos programables para la solución de problemas y usar el ingenio utilizando lo ya existente, mejorándolo y hasta inventando algo nuevo para los demás.

## **INTRODUCCIÓN**

Hasta no hace mucho tiempo el control de procesos industriales se venía haciendo de forma cableada por medio de contactores y relés.

Al operario que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente mantenerlas.

Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

Los PLCs se introdujeron por primera vez en la industria en 1960 aproximadamente, la razón principal de tal hecho fue la necesidad de eliminar el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relés y contactores. Bedford Associates propuso algo denominado Controlador Digital Modular (MODICON, MODular DIGital CONtroler) a un gran fabricante de coches.

Otras compañías propusieron a la vez esquemas basados en ordenador, uno de los cuales estaba basado en el PDP-8. El MODICON 084 resultó ser el primer PLC del mundo en ser producido comercialmente.

El problema de los relés era que cuando los requerimientos de producción cambiaban también lo hacía el sistema de control.

Esto comenzó a resultar bastante caro cuando los cambios fueron frecuentes. Dado que los relés son dispositivos mecánicos y poseen una vida limitada se requería una estricta manutención planificada.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Por otra parte, a veces se debían realizar conexiones entre cientos o miles de relés, lo que implicaba un enorme esfuerzo de diseño y mantenimiento.

Los "nuevos controladores" debían ser fácilmente programables por ingenieros de planta o personal de mantenimiento.

El tiempo de vida debía ser largo y los cambios en el programa tenían que realizarse de forma sencilla.

Finalmente se imponía que trabajaran sin problemas en entornos industriales adversos. La solución fue el empleo de una técnica de programación familiar y reemplazar los relés mecánicos por relés de estado sólido.

A mediados de los 70's las tecnologías dominantes de los PLC eran máquinas de estado secuenciales y CPU basadas en desplazamiento de bit.

Los AMD 2901 y 2903 fueron muy populares en el MODICON y PLCs A-B. Los microprocesadores convencionales cedieron la potencia necesaria para resolver de forma rápida y completa la lógica de los pequeños PLCs. Por cada modelo de microprocesador había un modelo de PLC basado en el mismo. No obstante, el 2903 fue de los más utilizados.

Las habilidades de comunicación comenzaron a aparecer en 1973. El primer sistema fue el bus MODICON (Modbus).

El PLC podía ahora dialogar con otros PLCs y en conjunto podían estar aislados de las máquinas que controlaban, también podían enviar y recibir señales de tensión variables, entrando en el mundo analógico.

Desafortunadamente, la falta de un estándar acompañado con un continuo cambio tecnológico ha hecho que la comunicación de PLCs sea un maremagnum de sistemas físicos y protocolos incompatibles entre sí, no obstante fue una gran década para los PLCs.

En los 80's se produjo un intento de estandarización de las comunicaciones con el protocolo MAP (Manufacturing Automation Protocol) de General Motor's, también fue un tiempo en el que se redujeron las dimensiones del PLC y se pasó a programar con programación simbólica a través de ordenadores personales en vez de los clásicos terminales de programación. Hoy en día, el PLC más pequeño es del tamaño de un simple relé.

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

El último estándar (IEC 1131-3) intenta unificar el sistema de programación de todos los PLC en un único estándar Internacional.

Ahora disponemos de PLCs que pueden ser programados en diagramas de bloques, lista de instrucciones, C y texto estructurado al mismo tiempo.

En la actualidad no se puede entender un proceso complejo de alto nivel desarrollado por técnicas cableadas, pues el ordenador y los autómatas programables han intervenido de forma considerable para que este tipo de instalaciones se hayan visto sustituidas por otras controladas de forma programada.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El Autómata Programable Industrial (API) nació como solución al control de circuitos complejos de automatización, por lo tanto se puede decir que un API no es más que un aparato electrónico que sustituye los circuitos auxiliares o de mando de los sistemas automáticos. A él se conectan los captadores (finales de carrera y pulsadores) por una parte, y los actuadores (bobinas de contactores, lámparas y pequeños receptores) por otra.

Basándonos en equipos actuales, un Autómata Programable (AP) se puede definir como un equipo electrónico el cual realiza la ejecución de un programa de forma cíclica.

La ejecución del programa puede ser interrumpida momentáneamente para realizar otras tareas consideradas prioritarias, pero el aspecto más importante es la garantía de ejecución completa del programa principal.

La potencia de un AP está directamente relacionada con la velocidad de ejecución del programa y las variables tratadas.

Un AP del mercado actual tarda unos 0,15 ms por cada cierto número de instrucciones, o sea que el resultado es perfecto para el control de cualquier automatismo. El fin de dicha ejecución es provocar el cambio de las variables tratadas. Este cambio sobre las variables se realiza antes, durante y al final del programa.

Antes del programa se realiza la lectura de las Entradas (inicio de ciclo), al final se realiza la escritura de las Salidas (fin de ciclo y enlace con el inicio).

Durante la ejecución del programa se realiza la lectura y/o escritura de las variables internas según el contexto programado.

Otro punto importante es la programación del AP. Se tiende a pasos agigantados a programar con software para PC actuales, se utilizan entornos gráficos intuitivos y agradables conocidos como Windows.

Otra forma de programar es una pequeña consola (llamada Pocket) la cual nos va a permitir una mayor autonomía. El desembolso, en un principio, es menos costoso que un ordenador. El mayor problema estriba en que estas consolas, hoy en día, están pensadas para programar AP pequeños (de hasta 48 E/S).

Es evidente que en AP superiores una programación con estas consolas se convierte en un proceso tedioso ya que se visualizan, normalmente, una o dos líneas del programa escrito. Estas consolas tienen utilidad para modificar datos autómatas pequeños como de un calibre superior.

## **CAPÍTULO I**

# **FUNDAMENTOS DE NEUMÁTICA**

## **1.1 PREPARACIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO**

Para garantizar la fiabilidad de un mando neumático es necesario que el aire alimentado al sistema tenga cierto nivel de calidad. Ello implica considerar los siguientes factores:

- Presión correcta
- Aire seco y limpio

La generación del aire a presión empieza por la compresión de aire. El aire pasa a través de una serie de elementos antes de llegar hasta el punto de su consumo. El tipo de compresor y su ubicación en el sistema inciden en mayor o menor medida en la cantidad de partículas, aceite y agua incluidos en el sistema neumático. Para el acondicionamiento adecuado del aire es recomendable utilizar los siguientes elementos:

- Filtro de aspiración
- Compresor
- Acumulador de aire a presión
- Secador
- Filtro de aire con separador de agua
- Regulador de presión
- Lubricador (bajo demanda)
- Puntos de evacuación del condensado

El aire que no ha sido acondicionado debidamente provoca un aumento de la cantidad de fallos y, en consecuencia, disminuye la vida útil de los sistemas neumáticos.

Esta circunstancia se manifiesta de las siguientes maneras:

- Aumento del desgaste de juntas y de piezas móviles de válvulas y cilindros
- Válvulas impregnadas de aceite
- Suciedad en los silenciadores
- Corrosión en tubos, válvulas, cilindros y otros componentes
- Lavado de la lubricación de los componentes móviles

En caso de fugas, el aire comprimido saliente puede afectar los materiales a mecanizar (por ejemplo, productos alimenticios).

## NIVEL DE LA PRESIÓN

Los elementos neumáticos son concebidos, por lo general, para resistir una presión de 800 hasta 1000 kPa (8 hasta 10 bar). No obstante, para que el sistema funcione económicamente, es suficiente aplicar una presión de 6bar. Dadas las resistencias que se oponen al flujo del aire en los diversos elementos y en las tuberías, deberá contarse con una pérdida de presión entre 0.1 y 0.5 bar. En consecuencia, el compresor debería generar por lo menos una presión de 6.5 hasta 7 bar con el fin de mantener una presión de servicio de 6 bar.

### 1.2 COMPRESORES

Existen compresores de émbolo, de émbolo giratorio, turbocompresores en forma radial y axial y compresores de chorro, entre otros. La elección del compresor depende de la presión de trabajo y de la cantidad de aire necesaria

De émbolo hay de cinco escalones horizontales y con émbolos escalonados para alta presión, pequeños y medianos verticales con varios codos de cigüeñal.

Rotativos para relaciones de presión pequeñas frecuentemente se usa el ventilador roots que representa una bomba de engranajes con dos ruedas de dos dientes cada una. Las dos lemniscatas no deben tocarse entre si ni tampoco la carcasa, pero deben girar con muy poca holgura. Su accionamiento debe efectuarlo un engranaje exterior.

Los turbocompresores son radiales de uno y varios escalones, e incluso de dos flujos, para grandes caudales. Estos últimos de cuatro escalones porque la relación de presión por escalón es pequeña.

El compresor radial o centrífugo consta de un rodete giratorio y alrededor del mismo un difusor fijo de cierto número de canales divergentes en los cuales, parte de la energía cinética del medio a impulsar, engendrada en el rotor, se transforma en energía estática.

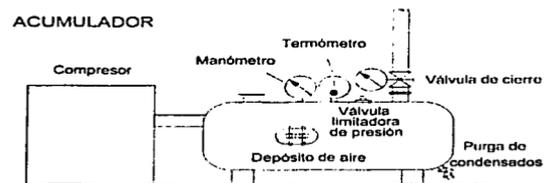
El compresor axial consta de un rotor y una carcasa. El rotor lleva filas de alabes y la carcasa lleva una fila de alabes directrices para cada fila de alabes del rotor. La función de los alabes principales consiste en imprimirle al aire un impulso que se traduzca en un aumento de presión y velocidad. La función de los alabes directrices es transformar en presión el exceso de velocidad mediante la acción del difusor y, además imprimir al aire la dirección adecuada para su entrada en la fila inmediata de los alabes del rodete.

### **1.3 ACUMULADOR**

Para estabilizar el aire comprimido se coloca adicionalmente al compresor un acumulador. El acumulador equilibra las oscilaciones de la presión al extraer aire comprimido del sistema. Si en el acumulador cae la presión por debajo de un determinado valor, entonces el compresor lo llenará hasta alcanzar el valor superior de presión ajustado.

Esto tiene la ventaja de que el compresor no tiene que trabajar en funcionamiento continuo.

La superficie relativamente grande del acumulador provoca un enfriamiento del aire contenido en él. Durante este proceso de enfriamiento se condensa agua que debe ser purgada regularmente.



El tamaño del acumulador depende de los siguientes criterios:

- Caudal del compresor
- Cantidad de aire requerida en el sistema
- Red de tuberías (posible necesidad de volumen de aire adicional)
- Regulación del compresor
- Oscilación permisible de la presión en el sistema

#### 1.4 SECADORES DE AIRE

El aire comprimido con un contenido demasiado elevado de humedad reduce la vida útil de los sistemas neumáticos. En consecuencia es necesario instalar secadores de aire con el fin de reducir el contenido de humedad del aire.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Para secar el aire puede recurrirse a alguno de los siguientes métodos:

- Secador por enfriamiento
- Secado por adsorción
- Secado por absorción

#### SECADOR POR ENFRIAMIENTO

El secador usado con más frecuencia es el secador por enfriamiento. En él, el aire que circula es enfriado en un intercambiador térmico. La humedad contenida en el aire es segregada y recogida en un recipiente.

#### SECADO POR ADSORCIÓN

La adsorción es la unión de los átomos, iones o moléculas de un gas o de un líquido (adsorbato) a la superficie de un sólido o líquido (adsorbente). El agente secador también denominado gel secador, es un granulado compuesto principalmente de óxido de silicio.

#### SECADO POR ABSORCIÓN

La absorción ocurre cuando una materia gaseiforme es fijada por una materia sólida o líquida. Este proceso de secado es un método químico que es utilizado muy pocas veces a raíz de los elevados costos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

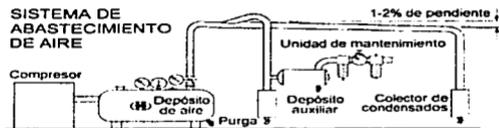
## 1.5 DISTRIBUCIÓN DEL AIRE

Para que la distribución del aire sea fiable y no cause problemas, es recomendable acatar una serie de puntos. Entre ellos, las dimensiones correctas del sistema de tuberías son tan importantes como la elección correcta de los materiales, de la resistencia al caudal del aire, así como la configuración del sistema de tuberías y la ejecución de los trabajos de mantenimiento.

### MATERIAL DE LAS TUBERÍAS

Los sistemas neumáticos modernos exigen la instalación de tubos que cumplan con determinadas condiciones. Concretamente, los materiales tienen que cumplir con lo siguiente:

- Bajo nivel de pérdida de presión
- Estanqueidad (sin fugas)
- Resistencia a la corrosión
- Posibilidad de ampliación



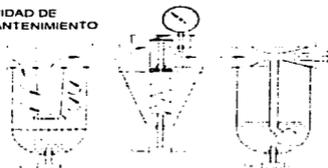
Aunque el sistema de evacuación de aire del sistema generador de presión sea eficiente, siempre puede haber residuos de condensado en el sistema de tuberías debido a caídas de presión o de la temperatura exterior. Para evacuar ese condensado, todo el sistema debería tener una inclinación de 1 hasta 2 % en dirección del flujo de aire (Por ejemplo, si el tubo mide un metro, la pendiente sugerida será de 1 a 2 cm). Los puntos de evacuación también pueden instalarse escalonadamente. De esa forma, el condensado puede ser evacuado en los puntos respectivamente más bajos a través de un separador de agua.

## 1.6 UNIDAD DE MANTENIMIENTO

Las distintas funciones del acondicionamiento del aire a presión, filtrar, regular y lubricar pueden llevarse a cabo con elementos individuales. A menudo estas funciones se han unido en una unidad operativa, la unidad de mantenimiento. Dicha unidad es antepuesta a todas las instalaciones neumáticas.

Por lo general la lubricación de aire a presión ya no es necesaria en las instalaciones modernas. Solo debería aplicarse puntualmente, sobre todo en la sección de potencia de una instalación. El aire comprimido en la sección de mando no debería lubricarse.

UNIDAD DE  
MANTENIMIENTO



## FILTROS DE AIRE

El condensado, las impurezas y demasiada cantidad de aceite pueden ser motivo de desgaste de piezas móviles y de juntas de elementos neumáticos. Dichas sustancias pueden contaminar el medio ambiente a través de fugas en el sistema. Si no se utilizan filtros, es posible que los productos que se produzcan en la fábrica queden inutilizados por efecto de la suciedad (por ejemplo, en el caso de alimentos o productos farmacéuticos o químicos).

El abastecimiento de aire a presión de buena calidad en un sistema neumático depende en gran medida del filtro que se elija. El parámetro característico de los filtros es la amplitud de los poros. Dicho parámetro determina el tamaño mínimo de has partículas que pueden ser retenidas en el filtro.

Los filtros tienen que ser sustituidos después de cierto tiempo, ya que las partículas de suciedad pueden obturarlos. Si bien es cierto que el efecto de filtración se mantiene incluso si el filtro está sucio, cabe tener en cuenta que un filtro sucio significa una resistencia mayor al flujo del aire. En consecuencia se produce una mayor caída de presión en el filtro.

Para determinar el momento oportuno para cambiar el filtro, deberá efectuarse un control visual o una medición de la diferencia de presiones.

### REGULADORES DE PRESIÓN

El nivel de la presión del aire comprimido generado por el compresor no es constante. Las oscilaciones de la presión en las tuberías puede indicar negativamente en las características de conmutación de las válvulas, en la velocidad de los cilindros y en la regulación del tiempo de válvulas de estrangulación y de retardo.

En consecuencia, es importante que la presión de aire sea constante para que el equipo neumático no ocasione problemas. Para obtener un nivel constante de la presión del aire se instalan reguladores de presión en la red con el fin de procurar la uniformidad de la presión en el sistema de alimentación de aire comprimido (presión secundaria), independientemente de las oscilaciones que surjan en el circuito principal (presión primaria). El reductor o regulador de presión es instalado detrás del filtro de aire, con el fin de mantener un nivel constante de la presión de servicio. El nivel de la presión siempre debería regirse por las exigencias que plantee la parte correspondiente del sistema.

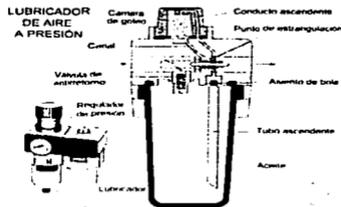
En la práctica una presión de servicio de 6 bar en la sección de operación y 3 a 4 bar en la sección de mando han demostrado ser la mejor solución para satisfacer los criterios de generación de aire a presión y los del rendimiento de los elementos neumáticos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Si la presión de trabajo es más elevada no se aprovecharía debidamente la energía y además el desgaste sería mayor; si la presión es menor, disminuiría el rendimiento, especialmente en la sección operativa del sistema.

## LUBRICACIÓN DEL AIRE

En términos generales, no debería lubricarse el aire a presión. No obstante, si las partes móviles de válvulas y cilindros requiriesen de lubricación, deberá enriquecerse el aire a presión constantemente con una cantidad suficiente de aceite. La lubricación del aire a presión debería siempre limitarse tan solo a los segmentos del sistema que necesiten lubricación.



El aceite que pasa del compresor al aire a presión no es apropiado para la lubricación de elementos neumáticos.

Los cilindros provistos de juntas resistentes al calor no deberían recibir aire a presión lubricado, ya que el aceite contenido en el aire podría producir un lavado de la grasa especial que llevan los cilindros.

Si se opta por usar aire a presión no lubricado en sistemas que antes sí lo usaban, será necesario renovar la lubricación original de fábrica de las válvulas y de los cilindros, ya que es posible que dicha lubricación original entretanto haya desaparecido.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El aire a presión debería contener aceite de lubricación en los siguientes casos:

- Necesidad de operar con movimientos extremadamente veloces
- Uso de cilindros de grandes diámetros (en este caso, es recomendable instalar la unidad de lubricación inmediatamente antes del cilindro)

Si la lubricación es demasiado copiosa, pueden surgir los siguientes problemas:

- Funcionamiento deficiente de elementos
- Mayor contaminación del medio ambiente
- Agarrotamiento de elementos después de períodos de inactivación prolongados

## FUNCIONAMIENTO

El aire a presión pasa a través de la unidad de lubricación. Al atravesar una zona de estrangulación en dicha unidad, se produce un vacío. Este vacío provoca la succión del aceite a través de una tubería conectada a un depósito. El aceite pasa a una cámara de goteo donde es pulverizado y mezclado con el aire.

### **1.7 SELECCIÓN Y COMPARACIÓN DE MEDIOS DE TRABAJO Y DE MANDO**

Al elegir los medios más apropiados para el mando, deberán considerarse los siguientes criterios:

- Requisitos en relación con las secciones de trabajo o salida
- Método de mando favorable
- Recursos técnicos y empresariales disponibles para la ejecución del proyecto
- Sistemas existentes, en los que se ha de integrar el nuevo proyecto

En primer lugar deberán constatarse las ventajas y desventajas de los medios disponibles, tanto en lo que se refiere a los elementos de mando como también en lo que respecta a los elementos de trabajo.

## 1.8 TIPOS DE MANDO

Para diferenciar entre los diversos mandos pueden aplicarse varios criterios diferentes. A continuación se explican los tipos de mandos según las normas industriales DIN 19226. Existen tres grupos principales. La atribución de un mando a uno de los tres grupos principales depende de la función que cumpla. Si se trata de un mando mediante programa, se puede elegir entre los tres subgrupos de mandos por programas.

### TIPOS DE MANDO SEGÚN DIN 19226



#### MANDO SENSITIVO

Entre la magnitud piloto y la magnitud de salida existe una relación específica, siempre y cuando no haya interferencias externas. Los mandos sensitivos no operan con memorias.

#### MANDO POR RETENCIÓN

Al desaparecer o retirar la señal piloto, especialmente al concluir la señal de activación, se mantiene el valor alcanzado (memorizado). Para que una magnitud de partida vuelva al valor inicial, es necesario recurrir a una magnitud contraria o diferente o a una señal de activación opuesta. Los mandos por retención siempre trabajan con memoria.

## MANDO PROGRAMADO

Los tres tipos de mandos programados son:

- Mando según el recorrido. Tratándose de mandos en función del recorrido, las magnitudes rectoras son ofrecidas por un transmisor de programa (memoria de programa), cuyas magnitudes de partida dependen del trayecto recorrido o de la posición de una pieza móvil del equipo sujeto al control del mando.
- Mando secuencial. El programa está memorizado en un medio de transmisión de programas, el cual se encarga de ejecutar paso a paso el programa en función del estado del equipo.
- Mando temporizado. Tratándose de un mando en función del tiempo, las magnitudes de salida son establecidas por una memoria programada en función del tiempo. En consecuencia, los mandos en función del tiempo se distinguen por la presencia de un transmisor de programa y por la ejecución del programa en función del tiempo. Los transmisores pueden ser los siguientes:
  - Árbol de levas
  - Disco de leva
  - Tarjeta perforada
  - Cinta perforada
  - Memoria electrónica

## FORMA DE PRESENTACIÓN DE LA INFORMACIÓN. MANDOS ANALÓGICOS

En lo que respecta al procesamiento de las señales, estos mandos trabajan con señales analógicas. El procesamiento de las señales se efectúa principalmente mediante elementos funcionales de efecto constante.

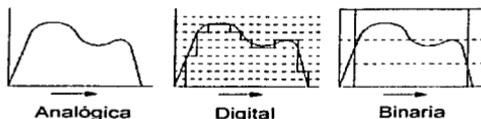
## MANDOS DIGITALES

En lo que respecta al procesamiento de las señales, este mando trabaja con señales digitales. La información es representada mediante números. Las unidades funcionales son contadores, registros, memorias, unidades de computación.

## MANDOS BINARIOS

En lo que respecta al procesamiento de señales, estos mandos trabajan con señales binarias. Las señales binarias no son parte integrante de informaciones representadas mediante números.

## SEÑALES



## FORMA DEL PROCESAMIENTO DE SEÑALES. MANDOS SINCRÓNICOS

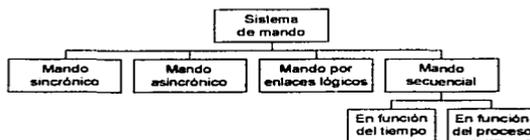
Se trata de un mando que procesa las señales sincronizadamente con una señal de impulso.

## MANDOS ASINCRÓNICOS

Se trata de mandos que trabajan sin señal de impulso, produciéndose los cambios de señales exclusivamente a través de un cambio de señales de entrada.

## MANDOS POR ENLACES LÓGICOS

Se trata de un mando, en el que las señales de entrada son atribuidas a determinadas señales de salida en concordancia con los enlaces según Boole (por ejemplo, Y, O, NO).



## MANDOS SECUENCIALES

Se trata de mandos con ejecución obligatoria por pasos. La conmutación de un paso al siguiente paso establecido en el programa depende de las condiciones que se hayan establecido. Estos mandos permiten, especialmente la programación de saltos, bucles, bifurcaciones, etc.

El mando secuencial está dividido en dos subgrupos:

- Mandos secuenciales en función del tiempo. Se trata de mandos secuenciales en los que la conmutación al siguiente paso depende exclusivamente del tiempo. Las condiciones para la conmutación se producen por elementos temporizadores, contadores de tiempo o controladores con velocidad constante.
- Mandos secuenciales en función del proceso. Se trata de mandos secuenciales, en los que la conmutación al siguiente paso depende exclusivamente de las señales emitidas por el equipo sujeto al control del mando.

## **1.9 DESARROLLO DE UN SISTEMA DE MANDO**

Para efectuar el desarrollo de sistemas, es necesario definir claramente el problema. Con ese fin se puede recurrir a diversos métodos, ya sea mediante textos o gráficos. Los métodos para representar un sistema de mando son los siguientes:

- Plano de situación
- Diagrama de pasos
- Diagrama de mando
- Diagrama de funciones
- Plano de funcionamiento
- Esquema de distribución

### **PLANO DE SITUACIÓN**

El plano de situación muestra la relación existente entre los elementos de accionamiento y la composición de la máquina. El plano debe indicar correctamente la dirección del accionamiento, aunque no es necesario que esté confeccionado a escala ni tiene que ser demasiado detallado. El esbozo es utilizado conjuntamente con la descripción del proceso de trabajo y con el diagrama de movimientos.

### **DIAGRAMA DE PASOS**

El diagrama de pasos y el diagrama de espacio-tiempo son diagramas de movimiento. El diagrama de pasos es utilizado para contar con una representación esquematizada de las secuencias de movimientos. El diagrama indica cual es la secuencia de trabajo de los elementos de accionamiento. El espacio es representado en función de las secuencias de pasos.

## DIAGRAMA DE MANDO

En el diagrama de mando se muestra el estado de conmutación de los elementos de mandos en función de los pasos o del tiempo. Aquí no es considerado el tiempo de conmutación.

## DIAGRAMA DE FUNCIONES

El diagrama de funciones es la combinación entre el diagrama de movimiento y el diagrama de mando. Las líneas encargadas de mostrar los distintos estados se denominan líneas funcionales.

## ESQUEMA DEL CIRCUITO

El esquema del circuito muestra el flujo de señales y la relación entre los elementos del mando y las conexiones de aire a presión. En el esquema del circuito no se indica la disposición física y mecánica de mando.

### **1.10 PERSPECTIVAS DE DESARROLLO**

La válvula de vías es un componente importante para la transmisión de la potencia desde el procesador hacia el actuador lineal o rotativo.

Muchas de las características del actuador dependen del tamaño y del tipo de la válvula de vías.

El desarrollo de válvulas de vías manifiesta tener las siguientes tendencias:

- Montaje de placas de conexión y de regletas colectoras con conexiones conjuntas de alimentación y evacuación de aire a presión.
- Servopilotaje para menor consumo de energía en el accionamiento.
- Válvulas multifuncionales, modificación de las características de las válvulas mediante variantes de discos y de juntas.
- Materiales nuevos, especialmente plásticos; métodos de fundición a presión.
- Integración de varias válvulas en un terminal de válvulas con control electrónico (PLC) integrado y/o conexión a un bus de campo.
- Montaje de la válvula de vías sobre el cilindro.

Las válvulas montadas en serie utilizan la misma conexión de alimentación de aire a presión y, además, la misma conexión para la evacuación del aire. Los escapes de aire pueden contar, cada uno, con una tubería o, en caso de ser necesario, puede instalarse un sistema de conductos conjuntos. El montaje de unidades compactas y rígidas es apropiado para su inclusión en un armario de distribución.

### **1.11 VERSIONES ESPECIALES Y SUBSISTEMAS**

En la neumática, el concepto de subsistema se refiere a una combinación de actuadores y válvulas. El ejemplo más sencillo de un subsistema sería el de la combinación de un cilindro y una válvula de vías. Los submódulos se caracterizan por tener tan sólo una conexión para la operación de accionamiento. Un subsistema puede contener varios cilindros y varias válvulas para ejecutar una función especial en calidad de elemento de accionamiento lineal.

## **1.12 REALIMENTACIÓN EN LOS CONTROLES ELECTRONEUMÁTICOS**

Los circuitos de control emplean diferentes métodos para detectar la posición del vástago de un cilindro o de un actuador rotativo. En el nivel más simple la detección se realiza por finales de carrera. Circuitos más sofisticados emplean contactos reed y sensores electrónicos. Para detección continua se emplean transductores lineales, galgas extensiométricas, potenciómetros lineales. Este proceso de detección se conoce como realimentación (feedback).

Una forma elemental de realimentación es la utilización de finales de carrera para proporcionar información de los movimientos en un sistema. El grado de requerimiento de estas señales depende de las necesidades de la aplicación en cuanto a fiabilidad, exigencias de seguridad, complejidad de la secuencia o acciones y la necesidad de simplificar el diseño. Es aconsejable en todos los sistemas de control que incluyen secuencias de movimientos, que se utilicen detectores del recorrido de los actuadores para asegurar correctamente la secuencia.

Para algunas aplicaciones puede ser necesaria también una confirmación de posición intermedia. Un método para conseguirlo sería situar finales de carrera adicionales en las posiciones intermedias deseadas. Es la limitación de espacio lo que determina cuántos finales de carrera pueden instalarse y con qué precisión.

## **1.13 CADENA DE CONTROL DE UN SISTEMA**

Una aproximación al desarrollo de un sistema de control es la de ver el sistema como si tuviera tres secciones definidas. Estas comprenden los dispositivos de salida, los componentes que controlan las salidas y los elementos que proporcionan las entradas y la información realimentada. Estas divisiones representan una cadena de control en donde las señales y la energía fluyen en un sentido identificable hacia el circuito.

## EL FLUJO DE SEÑALES Y LA CADENA DE CONTROL

El controlador puede ser representado con un bloque que puede descomponerse posteriormente. Un control también puede descomponerse en bloques para mostrar la disposición de los componentes individuales. Al mismo tiempo, esto muestra el flujo de señales.

La cadena de control se caracteriza por un flujo que va desde la entrada de señales, a través del procesamiento de estas señales hacia la salida de señales y ejecución de las instrucciones.

En términos de hardware, esto significa que para estas señales deben existir los dispositivos de entrada, dispositivos de procesamiento y dispositivos de salida. Los dispositivos físicos pueden ser interruptores reed, sensores electrónicos, relés y actuadores neumáticos.

Para el diseñador y el responsable del mantenimiento de sistemas electroneumáticos es importante identificar los niveles dentro de un circuito. Cada nivel tiene una determinada tarea relacionada al paso o procesamiento de las señales. Los niveles pueden utilizarse para ayudar en los siguientes procesos:

- Situación de los componentes en el esquema
- Identificación del tamaño físico, tensión e intensidad nominal de componentes
- Indica si una sección debe utilizar un relé o un contactor
- Para determinar disposiciones de consola
- Para que el personal de mantenimiento pueda identificar y localizar claramente los componentes

Utilizando la cadena de control como guía, los dibujos pueden desarrollarse de una manera uniforme y estructurada. La cadena de control también proporciona una base a partir de la cual los circuitos pueden desarrollarse metódicamente. Por ejemplo, la estructura de la cadena de control puede utilizarse como guía para:

- Agrupar componentes con funciones similares, por ejemplo, en la etapa de entrada de señales: siempre que sea posible, todos los pulsadores y finales de carrera deberían agruparse
- Minimizar el número de líneas que se cruzan en las secciones neumática y eléctrica del esquema
- Producir dibujos con una metodología uniforme, simplificando así la lectura del esquema

## **CAPÍTULO II**

### **ELECTROVÁLVULAS DISTRIBUIDORAS**

## **2.1 GENERACIÓN DE CORRIENTE**

### **CORRIENTE ALTERNA (CA)**

Un alternador simple consiste en un estator con imanes de polaridad opuesta y un rotor o inducido bobinado con muchas vueltas de conductor de cobre. Cuando el inducido gira cortando los campos magnéticos se induce una tensión. A medida que aumenta la velocidad de rotación, aumenta la tensión inducida.

### **CORRIENTE CONTINUA (CC)**

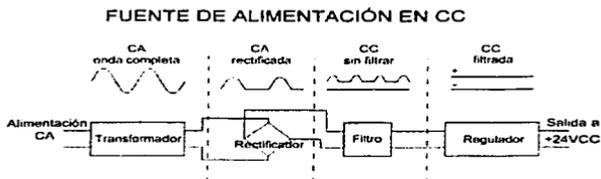
Otro método de generar corriente es por electrólisis. Si dos placas (electrodos) de diferentes materiales tales como zinc y cobre se sumergen en una solución salina se produce una acción galvánica, las placas se cargan y se produce una tensión.

En controles electroneumáticos, las baterías, si se utilizan, son generalmente para fines de salvaguarda. Esto es, en caso de fallo de la tensión principal de alimentación, se mantiene una reserva de energía eléctrica para las funciones de emergencia, alarmas, pilotos, etc.

Un sistema que utilice CA, puede requerir la utilización de una fuente de alimentación consistente solo en un transformador. Donde se necesite CC, la CA debe rectificarse, filtrarse y regularse para proporcionar una salida de CC con una componente muy baja o nula de CA remanente (rizado).

La fuente de alimentación debe poder alimentar desahogadamente la corriente total del sistema sin sobrecargarse. Allí donde la fuente de alimentación se monte en un espacio cerrado, es primordial una ventilación adecuada.

La fuente de alimentación debe estar situada de tal forma que no pueda transferirse calor a otros elementos sensibles circundantes, tales como circuitos impresos y elementos de control. En algunas instalaciones suelen emplearse ventiladores para la refrigeración de la fuente de alimentación.



## 2.2 RESISTENCIA E INTENSIDAD

Abajo se muestra un circuito completo formado por una batería, un elemento de consumo (lámpara), un interruptor e hilos de conexión. Cuando se cierra el interruptor, la corriente fluye por la lámpara y enciende.

La resistencia al paso de una corriente en un conductor depende del tipo de material, su sección y su longitud.

En los circuitos eléctricos y electroneumáticos la resistencia puede ser la bobina de un solenoide, un motor eléctrico o un dispositivo de señal acústica; a ellos nos podemos referir como resistencia de carga o simplemente L.

CIRCUITO ELÉCTRICO



## 2.3 LA LEY DE OHM

Ya que es la tensión lo que hace subir la intensidad, un incremento de tensión, provocará un incremento de intensidad en un circuito.

Observar en el circuito superior que un descenso en la resistencia provoca un incremento en la intensidad, pero la tensión permanece inalterable. Utilizando la fórmula:

$$I = V / R$$

Extremando la situación, si R se reduce a 0 Ohms, se produce un cortocircuito. Las fuentes de alimentación disponibles comercialmente tienen una intensidad nominal. La fuente de alimentación debe tener capacidad para alimentar todas las necesidades del circuito, incluyendo los elementos de conmutación.

$$\text{Intensidad} = \text{Tensión} / \text{Resistencia}$$

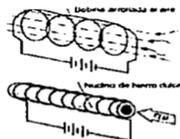
## 2.4 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE UN SOLENOIDE

Si a un conductor se le da la forma de una circunferencia y se hace circular por él una corriente, se forma una fuerza electromotriz (FEM). Las líneas de fuerza alrededor del conductor se concentran por la forma circular. Esta forma circular concentra la FEM en un sentido, mientras que en un conductor recto, se extiende en su longitud. Añadiendo vueltas al conductor, el campo magnético se fortalece y se incrementa la FEM. Para aplicaciones en solenoides, un electroimán consistente en simples bobinas de hilo no generan suficiente FEM para mover las levas de la mayoría de las válvulas.

La FEM se incrementa mucho con el mismo consumo de corriente, si la bobina se forma alrededor de un núcleo de hierro dulce, en lugar de hacerlo al aire.

Complementando esto con la ley de Ohm, la fórmula  $V = E + IR$  donde E es el campo eléctrico.

PRINCIPIO DE UN SOLENOIDE



## SOLENOIDE DE CC. DISPOSICIÓN CONSTRUCTIVA

Los solenoides de CC tienen un núcleo de hierro dulce. Esto asegura un diseño sencillo y robusto. El calentamiento que se produce durante el funcionamiento depende de la resistencia de la bobina del solenoide y por lo tanto de la intensidad. El núcleo sólido de hierro también proporciona un medio óptimo de conducción del campo magnético.



## CONMUTACIÓN

Cuando se excita un solenoide de CC, la intensidad crece lentamente. Durante la creación del campo magnético la inductancia de la bobina produce una fuerza contraelectromotriz que se opone a la tensión aplicada. Esto explica la acción ligeramente amortiguadora de los solenoides en CC.

Los solenoides en CC ofrecen ventajas y desventajas:

### Ventajas:

- Funcionamiento suave
- Fácilmente conectables
- Baja potencia de excitación
- Baja potencia de mantenimiento
- Larga duración del orden de las  $100 \times 10^6$  maniobras
- Silenciosos

## Desventajas

- Se producen sobretensiones al desconectar
- Se requiere una supresión del arco
- Desgaste de los contactos por las altas tensiones inducidas
- Se requiere un rectificador si solo se dispone de CA
- Largo tiempo de respuesta

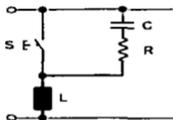
## DESCONEXIÓN DE LOS SOLENOIDES DE CC

Cuando se desconectan cargas inductivas tales como bobinas, el campo magnético se colapsa; esto puede provocar una tensión inducida de muchas veces la tensión aplicada.

Esta alta tensión inducida puede dañar el aislamiento del devanado de la bobina. Esto provoca arcos entre los contactos de los interruptores y relés provocando un rápido desgaste e incluso en casos extremos la soldadura de los contactos. Una solución es montar un supresor de arco.

Por ejemplo, un condensador en paralelo con el interruptor. El condensador absorbe la sobrecorriente durante la desconexión. Para evitar la descarga brusca del condensador al cerrar el interruptor, se requiere una resistencia que mantenga la descarga de corriente a un valor bajo.

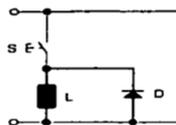
SUPRESIÓN DEL ARCO R-C



Se conecta una resistencia en serie con el condensador (C). El circuito está protegido siempre que la resistencia (R) no sea excesivamente pequeña. Un valor demasiado pequeño anularía el interruptor (S) y excitaría permanentemente la bobina (L) del solenoide.

Un método muy común de absorber el arco es la utilización de un diodo conectado en paralelo con la bobina. Cuando se conecta un diodo con su ánodo orientado hacia el positivo, conduce la corriente y se dice que está directamente polarizado. Por lo tanto, en un circuito de supresión, el diodo debe estar polarizado inversamente de forma que cuando se acciona el interruptor no se produzca un cortocircuito.

SUPRESIÓN DEL ARCO CON DIODO



La corriente que fluye en los solenoides con núcleo de hierro, causa unas corrientes parásitas que generan calor. Una solución a esta pérdida de energía es la de utilizar finas hojas laminadas montadas en capas y aisladas entre sí con barniz o poliuretano.

#### SOLENOIDES DE CA

Otro tipo de pérdida de energía sucede con los solenoides de CA, denominada pérdida por histéresis, causada por la CA que tiene que compensar constantemente la tendencia del núcleo a mantener su estado magnético.

El núcleo laminado minimiza estas pérdidas. Sin embargo, aún se genera una elevada temperatura en un solenoide funcionando con CA.

Cuando se excita una bobina con CA, se solicita una elevada intensidad. La intensidad de llamada depende de la impedancia, de la resistencia, del bobinado y de la inductancia. En proporción con esta elevada corriente, la fuerza de tracción es correspondientemente grande. Esto produce tiempos de conmutación relativamente cortos. El espacio de aire entre la armadura y el núcleo afecta al nivel de la corriente de mantenimiento. El espacio de aire debería ser mínimo en funcionamiento.

## CONEXIÓN

Durante la conexión de un solenoide de CA la inductancia de la bobina induce inicialmente elevados picos de tensión, que eventualmente afectan durante unos pocos milisegundos a una corriente alterna estable.

### Ventajas y desventajas de los solenoides en CA

#### Ventajas

- Breves tiempos de conmutación
- Grandes fuerzas de tracción
- Generalmente no se requiere supresión de arcos
- No se precisan rectificadores

#### Desventajas

- Elevada fatiga mecánica
- Se alcanzan elevadas temperaturas si queda espacio de aire
- Elevado consumo
- Corta duración de vida
- Número de ciclos de conmutación limitado; dependiente de la carrera
- Zumbido
- Sensible a sobrecargas, bajo voltaje y restricciones mecánicas

## 2.5 VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS

Las válvulas distribuidoras controlan el recorrido del aire en un circuito neumático. Las válvulas distribuidoras se utilizan para dirigir o bloquear el flujo de aire a determinadas líneas y/o descargar el aire a la atmósfera a través de sus escapes.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Una válvula distribuidora se describe por su número de conexiones de trabajo (orificios que tiene para conectar con el exterior), su número de posiciones de conmutación y por su método de accionamiento.

La forma constructiva es importante cuando se consideran las características de funcionamiento de la válvula, tales como el caudal, pérdida de presión y velocidad de conmutación para una determinada aplicación.

## 2.6 FORMAS CONSTRUCTIVAS

La forma constructiva de la válvula influye en su vida útil, fuerza de accionamiento requerida, tiempo de conmutación, método de accionamiento y dimensiones físicas.

Las formas constructivas se clasifican como sigue:

- Válvulas de asiento:      De bola  
   De disco
- Válvulas de corredera:    Longitudinal  
   Plana  
   De disco

### VÁLVULAS DE ASIENTO

Las válvulas de asiento abren y cierran por medio de bolas, discos o conos. Los asientos de válvulas, generalmente tienen simples juntas de plástico. Las ejecuciones más sencillas tienen pocas piezas de desgaste y por lo tanto una larga vida útil. Son robustas e insensibles a la suciedad. Debe tenerse en cuenta la relativamente elevada fuerza para superar la fuerza del muelle y la oposición de la presión del aire. La válvula de asiento de disco tiene la ventaja de permitir el paso de grandes caudales de aire debido a su gran superficie.

## VÁLVULAS DE CORREDERA

Las válvulas de corredera longitudinal se construyen o bien con una estricta tolerancia entre la corredera y el cuerpo, o con juntas en O para proporcionar una estanqueidad efectiva. Sin embargo, las de disco suspendido tienen las ventajas de tener una carrera relativamente corta y un bajo desgaste propio de las válvulas de asiento.

### 2.7 MÉTODOS DE ACCIONAMIENTO

El método de accionamiento de las válvulas distribuidoras depende de los requerimientos de la tarea. Los métodos de accionamiento incluyen diversos métodos manuales, mecánicos y eléctricos. También pueden combinarse los diversos accionamientos, por ejemplo, una válvula con accionamiento eléctrico puede incorporar un accionamiento manual auxiliar para activarla, si es necesario, en caso de fallo de tensión.

#### MÉTODOS DE ACCIONAMIENTO



Además del método de accionamiento también debe tenerse en cuenta el método de reposición. Un ejemplo es la válvula que utiliza un solenoide como medio de accionamiento y un muelle de retorno para regresar a su posición inicial o de partida.

### 2.8 CONVERSIÓN DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN NEUMÁTICA

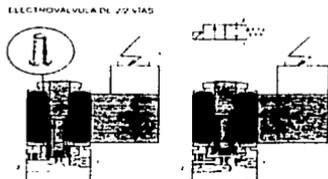
Las electroválvulas reúnen las ventajas de la electricidad y de la neumática y pueden ser consideradas convertidores electroneumáticos.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Constan de una válvula neumática como medio de generar una señal de salida, y de un accionamiento eléctrico denominado solenoide. La aplicación de una corriente al solenoide genera una fuerza electromagnética que mueve la armadura conectada a la leva de la válvula.

Cuando se corta la corriente que alimenta el solenoide, cesa su fuerza, permitiendo que un muelle interno devuelva la leva de la válvula a su posición inicial.

La válvula de 2/2 vías mostrada abajo tiene 2 conexiones. La conexión de entrada 1 y la conexión de salida 2. Hay dos posiciones de conmutación, la de reposo y la de activación. Observar que cuando la válvula se halla en reposo (cerrada) el aire de la salida 1 no puede escapar a la atmósfera. Esta válvula se utiliza casi exclusivamente como válvula de simple interrupción.



## 2.9 ELECTROVÁLVULA DE 3/2 VÍAS SIMPLE BOBINA, NORMALMENTE CERRADA

Esta válvula de asiento, normalmente cerrada (NC) es actuada directamente por un solenoide y devuelta a su posición de reposo por un muelle. En esta válvula, la armadura del solenoide y la leva de la válvula forman una sola pieza que suele denominarse cabezal (el cabezal es hueco). La abertura del cabezal al exterior se denomina escape.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## MÉTODO DE FUNCIONAMIENTO

Cuando una corriente eléctrica (señal) se aplica a la bobina, se genera una fuerza electromotriz (FEM) que levanta la leva del asiento de la válvula cerrando el escape. El aire comprimido fluye desde 1 hacia 2 ya que 3 se halla cerrado por la parte superior de la leva. La leva está forzada contra el asiento de escape.

En estado de reposo, la rotación del tornillo excéntrico levantando la leva, proporciona la posibilidad de un accionamiento manual. Según su construcción, puede tener diferentes opciones de accionamiento. Es importante dejarlo en posición neutra para que pueda actuar el solenoide.

## APLICACIONES

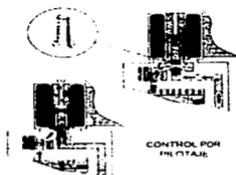
Las aplicaciones típicas para este tipo de válvulas incluyen el control directo de pequeños cilindros de simple efecto, el pilotaje indirecto de otras válvulas mayores y la interrupción y descarga de líneas de aire en sistemas de control.

### 2.10 VÁLVULAS PILOTADAS

Utilizando el control por pilotaje, puede reducirse el tamaño del solenoide. Desde el punto de vista mecánico, esto tiene dos ventajas principales:

- Reduce el consumo de potencia
- Reduce la generación de calor

Neumáticamente, la ventaja es que la señal se aplica al solenoide que actúa la válvula auxiliar de pilotaje y ésta genera la señal para la válvula principal. Abajo se muestra el funcionamiento de un pilotaje.



## **2.11 VÁLVULA DE 5/2 VÍAS, DOBLE PILOTAJE**

Las válvulas mencionadas anteriormente utilizaban un muelle para devolver la válvula a su estado inicial, es decir, el solenoide accionaba la válvula en un sentido y el muelle lo hacía en sentido opuesto. Por descontado, esto significa que al quedar sin tensión la bobina, la válvula regresa a su posición inicial. Esto debe considerarse al diseñar un circuito. Con válvulas de doble solenoide, el muelle se sustituye por otro solenoide.

A diferencia de la válvula con retorno por muelle ésta permanece en posición estable incluso en caso de falta de tensión. Esto significa que la válvula es biestable, es decir, tiene un comportamiento memorizante. En circuitos electroneumáticos, esta característica tiene varias ventajas, entre ellas que basta un pulso de 10 a 25 ms para disparar la válvula. La potencia eléctrica puede reducirse al mínimo. En circuitos con secuencias complejas, pueden mantenerse las posiciones de las válvulas y cilindros sin necesidad de recurrir a complicados enclavamientos del circuito.

## **2.12 FIABILIDAD DE LAS VÁLVULAS**

En la práctica, los componentes de un circuito electroneumático, a menudo alcanzan duraciones extremadamente largas y elevados ciclos de conmutación. Los componentes neumáticos son muy robustos y si han sido seleccionados correctamente en la etapa de diseño, darán una larga vida útil. Adicionalmente, la habilidad se incrementa con la correcta preparación del aire comprimido, instalaciones que permitan un fácil acceso, alineación correcta, control de las condiciones ambientales tales como calor y daños mecánicos, así como con un mantenimiento regular.

Las válvulas de potencia que accionan dispositivos tales como actuadores lineales y rotativos, tienen como exigencia fundamental el que permitan una rápida inversión de actuador cuando se aplica una señal al solenoide. Por eso, la válvula debe situarse lo más cerca posible del actuador. Esto reduce la longitud de los tubos así como los tiempos de respuesta. Idealmente, la válvula de potencia debería fijarse directamente con el actuador. Esto tiene la ventaja adicional de ahorrar en tuberías y tiempo de montaje.

### **2.13 CARACTERÍSTICAS DE CONMUTACIÓN DE LAS VÁLVULAS**

En todos los circuitos de control, particularmente aquellos con muchos actuadores y secuencias complejas, el control de los estados de conmutación de las válvulas es una consideración clave. Por eso es importante comprender las características de conmutación de las válvulas. Estas características tienen un efecto decisivo en la efectividad y simplicidad del diseño del circuito.

Una forma de clasificar las válvulas es atendiendo a sus características de retención o comportamiento memorizante:

- Válvulas monoestables
- Válvulas biestables

Las válvulas distribuidoras monoestables en electroneumática, son generalmente las que utilizan un solenoide como acción primaria y un muelle de retorno para devolver la válvula a su posición inicial. Las válvulas monoestables no tienen comportamiento memorizante. O sea que cuando cae la tensión, van a su posición inicial.

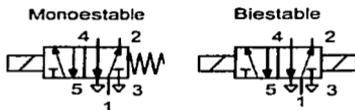
Las válvulas distribuidoras biestables tiene un comportamiento memorizante y generalmente son del tipo 4/2 ó 5/2 vías, con doble solenoide.

Sus características de conmutación son:

- Para alcanzar una nueva posición, sólo debe haber tensión en una de las bobinas.
- Permanece en la última posición. La válvula puede conmutarse con un breve pulso (10 a 25 ms) aplicado a una de las bobinas, y mantener este estado indefinidamente.
- La posición alcanzada se mantiene hasta que se aplique una señal opuesta.

Las válvulas bistables se denominan también válvulas de memoria.

### VÁLVULAS



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **CAPÍTULO III**

### **EL PLC EN LA TECNOLOGÍA DE LA AUTOMATIZACIÓN**

### 3.1 INTRODUCCIÓN

El primer Control Lógico Programable (Programmable Logic Control o PLC) fue desarrollado por un grupo de ingenieros en la General Motors en 1968, cuando la empresa estaba buscando una alternativa para reemplazar los complejos sistemas de control por relés.

El nuevo sistema de control tenía que cumplir con los siguientes requerimientos:

- Programación sencilla
- Cambios de programa sin intervención en el sistema (sin tener que rehacer el cableado interno)
- Más pequeño, más económico y más fiable que los correspondientes sistemas de control por relés
- Sencillo y con bajo coste de mantenimiento

Los sucesivos desarrollos llevaron a un sistema que permitía la conexión sencilla de señales binarias. Los requerimientos de cómo estaban conectadas estas señales se especificaba en el programa de control. Con los nuevos sistemas, fue posible por primera vez mostrar las señales en una pantalla y archivar los programas en memorias electrónicas.

Desde entonces han pasado tres décadas, durante las cuales los enormes progresos hechos en el desarrollo de la microelectrónica han favorecido la proliferación de los controles lógicos programables. Por ejemplo, a pesar de que en sus comienzos, la optimización del programa y con ello la necesidad de reducir la ocupación de memoria representaba una tarea importante para el programador, en la actualidad esto apenas tiene importancia.

Además, las funciones disponibles han crecido considerablemente. Hace quince años, la visualización de procesos, el procesamiento analógico o incluso la utilización de un PLC como un regulador, eran considerados una utopía. Actualmente, muchos de estos elementos son parte integral de muchos PLCs.

### **3.2 ÁREAS DE APLICACIÓN DE UN PLC**

Todas las máquinas o sistemas automáticos tienen un control. Dependiendo del tipo de tecnología utilizada, los controles pueden dividirse en neumáticos, hidráulicos, eléctricos y electrónicos. Con frecuencia se utiliza una combinación de las diferentes tecnologías. Además, debe distinguirse entre controles con programa cableado, es decir, conectado físico de componentes electromecánicos (relés, etc.) o componentes electrónicos (circuitos integrados) y controles lógicos programables. Los primeros se utilizan principalmente en casos en los que la reprogramación por el usuario está fuera de toda duda y el alcance de la tarea justifica el desarrollo de un sistema de control especial. Las aplicaciones típicas de tales controles pueden hallarse en los electrodomésticos, vídeo cámaras, vehículos, etc.

Sin embargo, si la tarea de control no justifica el desarrollo de un control especial, o si el usuario debe tener la posibilidad de hacer cambios sencillos, o de modificar tiempos o valores de contadores, entonces el uso de un control universal, en el que el programa se escribe en una memoria electrónica, es la opción preferida. El PLC representa un control universal. Puede utilizarse para diferentes aplicaciones y, dado que el programa se halla escrito en su memoria electrónica, el usuario puede modificar, ampliar y optimizar con cierta sencillez sus procesos de control.

La tarea original de un PLC es la interconexión de señales de entrada, de acuerdo con un determinado programa y, si el resultado de esta interconexión es cierta, activar la correspondiente salida.

El álgebra de Boole forma la base matemática para esta operación, ya que solamente reconoce dos estados definidos de una variable: 0 (falso) y 1 (cierto). Consecuentemente, una salida sólo asume estos dos estados. Por ejemplo, una electroválvula conectada a la salida puede estar activada o desactivada, es decir, controlada.

Esta función ha acuñado el nombre de PLC. En él, el comportamiento de las entradas / salidas es similar al de los controles realizados con relés electromagnéticos o con elementos lógicos neumáticos o electrónicos; la diferencia reside en que el programa en lugar de estar "cableado" está almacenado en una memoria electrónica.

Sin embargo las tareas del PLC se ampliaron rápidamente: las funciones de temporización y recuento, operaciones de cálculo matemático, conversión de señales analógicas, etc. representan funciones que pueden ejecutarse en casi todos los PLCs actuales.

Las demandas que se requieren de los PLCs siguen creciendo al mismo ritmo que su amplia utilización y desarrollo en la tecnología de automatización. Por ejemplo: la visualización, es decir, la representación de los estados de las máquinas o la supervisión de la ejecución del programa por medio de una pantalla o monitor. También el control directo, es decir, la facilidad de intervenir en los procesos de control o, alternativamente, impedir tal intervención a las personas no autorizadas. También se ha visto la necesidad de interconectar y armonizar sistemas individuales controlados por PLC, por medio de redes o buses de campo. Aquí, un ordenador master permite la generación de órdenes de mayor nivel para el procesamiento de programas en los diversos sistemas PLC interconectados.

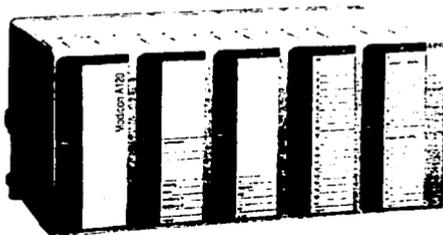
La conexión en red de varios PLCs, así como la de un PLC con el ordenador master se realiza por medio de interfaces de comunicación especiales. Para ello, la mayoría de los más recientes PLCs son compatibles con sistemas de bus abiertos estandarizados, tales como Profibus según DIN 19245. Gracias al enorme aumento de la potencia y capacidad de los PLCs avanzados, estos pueden incluso asumir directamente la función de un ordenador master.

Hacia finales de los setenta, las entradas y salidas binarias fueron finalmente ampliadas con la adición de entradas y salidas analógicas, ya que hay muchas aplicaciones técnicas que emiten y requieren señales analógicas (medición de fuerzas, velocidades, sistemas de posicionado, servoneumáticos, etc.). Al mismo tiempo la adquisición y emisión de señales analógicas permite la comparación de valores reales con los de consigna y, como consecuencia, la realización de funciones de regulación automática; una tarea que va más allá del ámbito que sugiere el nombre de control lógico programable.

Los PLCs que existen actualmente en el mercado han sido adaptados a los requerimientos de los clientes hasta tal punto que ya es posible adquirir un PLC exactamente adaptado para casi cada aplicación. Así hay disponibles actualmente desde PLCs en miniatura con unas decenas de entradas / salidas hasta grandes PLCs con miles de entradas / salidas.

Muchos PLCs pueden ampliarse por medio de módulos adicionales de entradas / salidas, módulos analógicos y de comunicación. Hay PLCs disponibles para sistemas de seguridad, barcos o tareas de minería. Otros PLCs son capaces de procesar varios programas al mismo tiempo (Multitarea). Finalmente, los PLCs pueden conectarse con otros componentes de automatización, creando así áreas considerablemente amplias de aplicación.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



### 3.3 DEFINICIÓN BÁSICA DE UN PLC

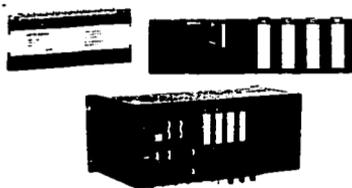
El término Control Lógico Programable se define como sigue:

“Un sistema electrónico de funcionamiento digital, diseñado para ser utilizado en un entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario para la realización de funciones específicas tales como enlaces lógicos, secuenciación, temporización, recuento y cálculo, para controlar, a través de entradas y salidas digitales o analógicas, diversos tipos de máquinas o procesos. Tanto el PLC como sus periféricos asociados están diseñados de forma que puedan integrarse fácilmente en un sistema de control industrial y ser fácilmente utilizados en todas las aplicaciones para las que están previstos”. Por lo tanto, un control lógico programable es sencillamente un ordenador, adaptado específicamente para ciertas tareas de control.

La función de un módulo de entrada es la de convertir señales de entrada en señales que puedan ser procesadas por el PLC y pasadas a la unidad de control central. La tarea inversa es realizada por el módulo de salida. Este convierte las señales del PLC en señales adecuadas para los actuadores.

El verdadero procesamiento de las señales se realiza en la unidad central de control, de acuerdo con el programa almacenado en la memoria.

El programa de un PLC puede crearse de varias formas; a través de instrucciones parecidas al lenguaje ensamblador (assembler) en lista de instrucciones, en lenguajes de alto nivel orientados al problema, tales como el texto estructurado, o en forma de diagrama de flujo como se representa en el diagrama de funciones secuencial. En Europa, la utilización de los diagramas de bloques de función basados en los diagramas de funciones con símbolos gráficos para puertas lógicas (logigramas) es ampliamente utilizado. En América el lenguaje preferido por los usuarios es el diagrama de contactos o diagrama en escalera (ladder diagram).



Dependiendo de cómo se halle conectada la unidad central a los módulos de entrada y salida, hay que distinguir entre PLCs compactos (módulo de entrada unidad central y módulo de salida en un sólo cuerpo) o PLCs modulares.

Los PLCs modulares pueden configurarse individualmente. Los módulos requeridos por la aplicación práctica, aparte de los módulos de entradas / salidas digitales que pueden, por ejemplo incluir módulos analógicos, de posicionamiento y comunicación, se insertan en un rack, en el que todos los módulos están enlazados por un sistema de bus. Este diseño se conoce también como tecnología modular. Estos representan la familia modular de PLC de AEG MODICON y el S7-300 de Siemens.

Existe una amplia gama de variantes, particularmente en el caso de los PLCs más recientes. Esto incluye tanto las características compactas como las modulares y características importantes tales como el ahorro de espacio, flexibilidad y posibilidad de ampliación.

La tarjeta con formato PLC es un tipo especial de PLC modular desarrollado durante los últimos años. Con este tipo, varios módulos realizados sobre tarjetas de circuito impreso se montan en una caja estandarizada. El FPC 405 de Festo es representativo de este tipo de diseño.

El diseño del hardware de un control lógico programable está hecho de forma que pueda soportar los entornos típicos industriales en cuanto a los niveles de las señales, calor, humedad, fluctuaciones en la alimentación de corriente e impactos mecánicos.

### **3.4 EL NUEVO ESTÁNDAR PARA PLC, IEC-1311**

A finales de los setenta, se plantearon en Europa algunos estándares válidos para la programación de PLCs, enfocados principalmente al estado de la tecnología en aquel momento. Tenían en cuenta sistemas de PLC no interconectados, que realizaban operaciones lógicas con señales binarias. DIN 19239, por ejemplo, especifica un lenguaje de programación que posee las correspondientes instrucciones para estas aplicaciones.

Anteriormente, no existían elementos de lenguaje estandarizados ni equivalentes para el desarrollo de programas de PLC. Los desarrollos aparecidos en los años ochenta, tales como el procesamiento de señales analógicas, interconexión de módulos inteligentes, sistemas de PLC en red, etc. agravaron el problema. Consecuentemente, los sistemas PLC de diferentes fabricantes requerían técnicas de programación completamente diferentes.

Desde 1992, existe un estándar internacional para controles lógicos programables y dispositivos periféricos asociados (herramientas de programación y diagnóstico, equipos de verificación, interfaces hombre-máquina, etc.). En este contexto, un dispositivo configurado por el usuario y compuesto por los elementos citados anteriormente, se conoce como un sistema PLC.

El nuevo estándar IEC 1131 consta de cinco partes:

- Parte 1: Información general
- Parte 2: Requerimientos y verificaciones del equipo
- Parte 3: Lenguajes de programación
- Parte 4: Directrices para el usuario
- Parte 5: Especificación del servicio de mensajes

La finalidad del nuevo estándar era definir y estandarizar el diseño y funcionalidad de un PLC y los lenguajes requeridos para la programación hasta un grado en el que los usuarios pudieran hacer funcionar sin ninguna dificultad los diferentes sistemas de PLC de los distintos fabricantes.

- El nuevo estándar tiene en cuenta la mayoría de aspectos posibles en relación con el diseño, aplicación y utilización de sistemas PLC.
- Las amplias especificaciones sirven para definir sistemas de PLC abiertos y estandarizados.
- Los fabricantes deben ajustarse a las especificaciones de este estándar, tanto en el aspecto puramente técnico de los requerimientos de un PLC como en lo que se refiere a la programación de tales controles.
- Todas las variaciones deben ser completamente documentadas para el usuario.

Tras unas reticencias iniciales, se ha formado un grupo relativamente grande de personas interesadas (PLCopen) para apoyar este estándar. La mayoría de los principales proveedores de PLC son miembros de la asociación, es decir, Allen Bradley, Klöcker-Moeller, Philips, para mencionar algunos. Otros fabricantes de PLC como Siemens o Mitsubishi también ofrecen controles y sistemas de programación conformes con IEC-1131.

## **CAPÍTULO IV**

### **MODO DE FUNCIONAMIENTO DE UN PLC**

#### **4.1 ESTRUCTURA DE UN PLC**

En los ordenadores, generalmente se distingue entre hardware, firmware y software. Lo mismo se aplica a los PLCs, ya que esencialmente también están basados en un microprocesador.

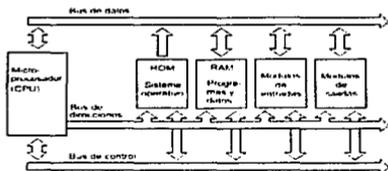
El hardware se refiere a las partes físicas del dispositivo, el decir, los circuitos impresos, los circuitos integrados, el cableado, la batería, el chasis, etc.

El firmware constituye aquellos programas (software) que se hallan permanentemente instalados en el hardware del ordenador y que son suministrados por el fabricante del PLC. Esto incluye las rutinas fundamentales del sistema, utilizadas para poner en marcha el procesador al aplicar la tensión. Adicionalmente, hay el sistema operativo que, en el caso de los controles lógicos programables, generalmente se halla almacenado en una memoria ROM de solo lectura o en una EPROM (erasable programmable read-only memory).

Finalmente, hay el software, que es el programa escrito por el usuario del PLC. Los programas de usuario se instalan generalmente en la memoria RAM, una memoria de acceso aleatorio, en donde pueden ser fácilmente modificados.

El hardware del PLC o como es el caso de casi todos los sistemas microordenadores actuales está basado en un sistema de bus. Un sistema de bus es un determinado número de líneas eléctricas divididas en líneas de direcciones, de datos y de control. La línea de direcciones se utiliza para seleccionar la dirección de un elemento conectado al bus y la línea de datos para transmitir la información requerida. Las líneas de control son necesarias para habilitar el dispositivo conectado al bus como emisor o como receptor.

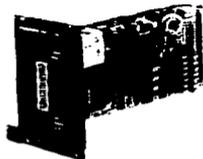
## DISEÑO DE UN MICROORDENADOR



Los principales elementos conectados al sistema de bus son el microprocesador y la memoria. La memoria puede dividirse en memoria para el firmware y memoria para el programa y los datos del usuario.

Según la estructura del PLC, los módulos de entradas y salidas se conectan a un simple bus común o con la ayuda de una interfase de bus a un bus externo de entradas / salidas. Especialmente en el caso de grandes sistemas modulares de PLC, es más usual un bus externo de E / S.

Finalmente, se necesita una conexión para el aparato programador o un PLC, actualmente y en la mayoría de los casos en forma de una interfase serie. La figura ilustra el FPC 101 de Festo como ejemplo.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

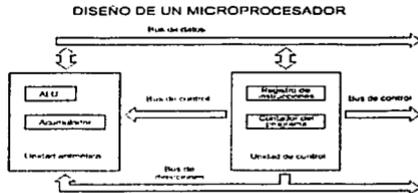
## 4.2 UNIDAD CENTRAL DE UN PLC

En esencia, la unidad central de un PLC consiste en un microordenador. El sistema operativo del fabricante del PLC hace que el ordenador que hay en el PLC esté optimizado específicamente para tareas de tecnología de control.

### DISEÑO DE LA UNIDAD CENTRAL

La figura muestra una versión simplificada de un microprocesador, que representa el corazón de un microordenador.

Un microprocesador consiste principalmente en una unidad aritmética y lógica, una unidad de control y un pequeño número de unidades de memoria internas, denominadas registros.



La tarea de la unidad aritmética y lógica, la ALU (arithmetic logic unit), es ejecutar las operaciones lógicas y aritméticas con los datos transmitidos.

El acumulador, AC para abreviar, es un registro especial asignado directamente a la unidad ALU. Este almacena tanto los datos a procesar como los resultados de una operación.

El registro de instrucciones almacena cada orden o instrucción llamada desde la memoria del programa hasta que es decodificada y ejecutada.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Una orden o instrucción (command) tiene una parte de ejecución y una parte de dirección. La parte de ejecución indica qué operación debe realizarse. La parte de dirección define la dirección de los operandos (señales de entrada, flags, etc.) con los que hay que realizar la operación indicada.

El contador de programa es un registro, que contiene la dirección de la siguiente orden a procesar.

La unidad de control regula y controla toda la secuencia de operaciones requeridas para la ejecución de una orden.

#### CICLO DE INSTRUCCIONES EN LA UNIDAD CENTRAL

Los sistemas microordenadores convencionales de hoy en día funcionan según el denominado "principio de Von-Neumann". Según este principio, el ordenador procesa el programa línea a línea. En términos sencillos, podríamos decir que cada línea del programa de usuario del PLC es procesada secuencialmente.

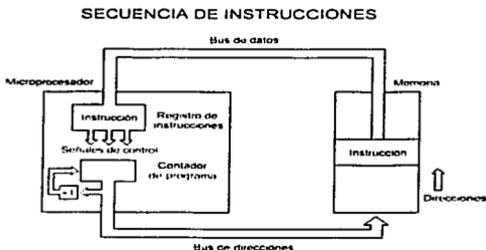
Esto es válido independientemente del lenguaje de programación en el que haya sido escrito el programa de PLC, sea en forma textual (lista de instrucciones) o en forma gráfica (diagrama de contactos, diagrama de funciones secuencial). Dado que estas diversas formas de representación siempre resultan en una serie de líneas de programa dentro del ordenador, se procesan consecuentemente una tras otra.

En principio, una línea de programa, es decir, generalmente una orden se procesa en dos etapas:

- recogida de la orden desde la memoria de programa
- ejecución de la orden

El contenido del contador de programa es transferido al bus de direcciones. A continuación, la unidad de control hace que la instrucción en la dirección especificada de la memoria del programa, sea depositada en el bus de datos. Desde aquí, se lee en el registro de instrucciones. Una vez ha sido decodificada, la unidad de control genera una secuencia de señales de control para su ejecución.

Durante la ejecución de un programa, las instrucciones se van a buscar secuencialmente. Para ello se necesita un mecanismo que permita esta secuencia. Esta tarea se realiza por un simple incrementador, es decir, un elemento de habilitación de pasos en el contador de programa.



### 4.3 MODO DE FUNCIONAMIENTO DE UN PLC

Los programas para el procesamiento convencional de datos, generalmente se procesan una sola vez, de arriba a abajo y terminan. A diferencia de estos, el programa de un PLC se va procesado continua y cíclicamente.

TESIS CON  
FALLA DE CENSURA

Las características del procesamiento cíclico son:

- Así que el programa ha sido ejecutado una vez, salta automáticamente al principio y se va repitiendo el proceso continuamente.
- Antes de que se procese la primera línea del programa, es decir, al inicio del ciclo, el estado de las entradas es almacenado en la tabla de imagen de entradas. La imagen del proceso es una zona de memoria aparte a la que se accede durante un ciclo. Así, el estado lógico de una entrada permanece constante durante un ciclo, incluso aunque en este intervalo haya cambiado físicamente.
- De forma similar a las entradas, las salidas no son inmediatamente activadas o desactivadas durante un ciclo, sino que su estado es almacenado temporalmente en la tabla imagen de salidas. Solamente al final del ciclo se activan o desactivan físicamente las salidas según el estado lógico almacenado en la memoria.

El procesamiento de una línea de programa a través de la unidad central de un PLC ocupa un tiempo que, dependiendo del PLC y de la instrucción que contenga puede variar desde unos pocos microsegundos hasta unos pocos milisegundos.

El tiempo requerido por el PLC para una simple ejecución de un programa, incluyendo la actualización de las salidas y la imagen del proceso, se denomina tiempo de ciclo o tiempo de scan. Cuanto más largo sea el programa y cuanto más tiempo necesite el PLC respectivo para procesar cada línea del programa, tanto más largo será el tiempo de ciclo. Los tiempos reales de ciclo varían aproximadamente entre 1 y 100 milisegundos.

Las consecuencias del procesamiento cíclico de un programa de PLC que utilice una imagen del proceso son las siguientes:

- Las señales de entrada de una duración inferior a tiempo de ciclo, posiblemente no serán reconocidas.
- En algunos casos, puede haber un retardo de dos ciclos entre la presencia de una señal de entrada y la deseada reacción de una salida ante esta señal.
- Dado que las instrucciones se procesan secuencialmente, el comportamiento específico de la secuencia de un programa de PLC puede ser crucial.

En algunas aplicaciones, es esencial que pueda accederse directamente a entradas y salidas durante un ciclo. Por ello, este tipo de procesamiento de programa, saltándose la imagen del proceso, también es posible en algunos sistemas PLC.

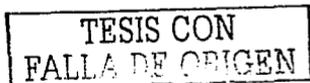
#### **4.4 MEMORIA DE PROGRAMAS DE APLICACIÓN**

Los programas específicamente desarrollados para determinadas aplicaciones requieren una memoria de programa, de la cual puedan ser leídos por la unidad central. Los requerimientos para tal memoria de programa son relativamente simples de formular:

- Debería ser muy sencilla de modificar o de crear y almacenar nuevos programas con la ayuda de un dispositivo programador o un PC.
- Debe haber mecanismos que aseguren que el programa no pueda perderse incluso ante un fallo de tensión o por tensiones de interferencia.
- La memoria de programa debe ser económica.
- La memoria de programa debería ser suficientemente rápida para no retardar el funcionamiento de la unidad central.

Actualmente, se utilizan tres tipos de memoria en la práctica:

- RAM
- EPROM
- EEPROM



## RAM

La memoria RAM (random access memory / memoria de acceso aleatorio) es una memoria muy rápida y económica. Dado que la memoria principal de los ordenadores (y también de los PLCs) consiste en memorias RAM, se producen en grandes cantidades, lo que le permite disponer de tales memorias a costes relativamente bajos.

Las RAMs son memorias de lectura / escritura y pueden programarse y modificarse fácilmente.

La desventaja de una RAM es que es volátil, es decir, el programa almacenado en la RAM se pierde en el caso de un fallo de tensión. Esta es la razón por la cual las RAMs deben estar respaldadas por una batería, acumulador o pila. Dado que la vida útil y la capacidad de las modernas pilas les permiten durar varios años, el respaldo de una RAM por pila es relativamente simple. A pesar de que se utilizan pilas o baterías de altas prestaciones, es esencial sustituirlas en las fechas indicadas por el fabricante del PLC.

## EPROM

La EPROM (erasable programmable read-only memory / memoria de sólo lectura, programable y borrable) también es una memoria rápida y de bajo coste y, en comparación con la RAM tiene la ventaja añadida de que no es volátil, es decir, es remanente. Por ello, el contenido de la memoria permanece inalterable incluso ante un fallo de tensión.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Sin embargo, a efectos de modificar un programa, debe borrarse primero toda la memoria y, tras un tiempo de enfriamiento, reprogramarse completamente. El borrado requiere generalmente un dispositivo borrador y para su programación se utiliza un dispositivo especial (grabador de EPROMs).

A pesar de su relativamente complejo proceso de borrado, enfriado y reprogramación, las EPROMs se utilizan con bastante frecuencia en los PLCs ya que poseen una gran fiabilidad y un bajo coste. En la práctica, a menudo se utiliza una RAM durante la fase de programación y puesta a punto de la máquina. Una vez finalizada la puesta en marcha, el programa se transfiere a una EPROM.

#### EEPROM

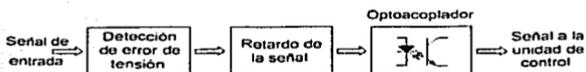
La EEPROM (electrically erasable programmable ROM / ROM programable y borrrable eléctricamente), EEROM (electrically erasable ROM / ROM borrrable eléctricamente) y la EAROM (electrically alterable ROM / ROM alterable eléctricamente) o las flash-EPROM han sido utilizadas desde hace algún tiempo. La EEPROM es especial, es ampliamente utilizada como memoria de aplicación en PLCs. La EEPROM es una memoria borrrable eléctricamente, que puede rescribirse.

### **4.5 MÓDULO DE ENTRADAS**

El módulo de entradas de un PLC es el módulo al cual están conectados los sensores del proceso. Las señales de los sensores deben pasar a la unidad central. Las funciones importantes de un módulo de entradas (para la aplicación) son como sigue:

- Detección fiable de la señal
- Ajuste de la tensión, desde la tensión de control a la tensión lógica
- Protección de la electrónica sensible de las tensiones externas
- Filtrado de las entradas

## DIAGRAMA DE UN MÓDULO DE ENTRADAS



El principal componente de los actuales módulos de entradas, que cumple con estos requerimientos es el optoacoplador.

El optoacoplador transmite la información del sensor por medio de la luz, creando así un aislamiento eléctrico entre el control y los circuitos lógicos, protegiendo con ello a la sensible electrónica de las tensiones espúreas externas. Actualmente, los optoacopladores avanzados garantizan protección a picos de aproximadamente 5 kV, lo que es adecuado para aplicaciones industriales.

El ajuste de la tensión de control y de lógica, en el caso corriente de una tensión de mando de 24 V, puede realizarse con la ayuda de un circuito diodo / resistencia. En el caso de 220 V AC se conecta un rectificador en serie.

Dependiendo del fabricante del PLC, se asegura una detección fiable de la señal por medio un detector de umbral adicional o los correspondientes de diodos y optoacopladores. Los datos precisos en relación con las señales a detectar se especifican en DIN 19240.

El filtrado de la señal emitida por el sensor es crítico en automatización industrial. En la industria, las líneas eléctricas están generalmente muy cargadas debido a tensiones de interferencia inductivas, que producen muchas interferencias en las señales. Las líneas de las señales pueden protegerse con apantallamientos, canaletas metálicas o, alternativamente, el módulo de entrada del PLC realiza un filtrado por medio de un retardo de la señal de entrada.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Esto necesita que la señal de entrada sea aplicada un período de tiempo suficientemente largo, antes de que sea reconocida como una señal de entrada. Dado que, debido a su naturaleza inductiva, los impulsos de interferencia son principalmente señales transitorias, es suficiente un retardo de la señal de entrada relativamente corto, del orden de milisegundos, para filtrar la mayor parte de los impulsos parásitos.

El retardo de la señal de entrada se realiza principalmente por hardware, es decir, a través de un circuito RC en la entrada del PLC. Sin embargo, en casos aislados, también es posible producir un retardo de la señal por software.

La duración de un retardo de entrada es de aproximadamente entre 1 y 20 milisegundos dependiendo del fabricante y del tipo. Muchos fabricantes ofrecen entradas especialmente rápidas para aquellas tareas en las que el retardo de la señal de entrada es demasiado larga para reconocer la señal requerida.

Cuando se conectan sensores a las entradas del PLC, debe distinguirse entre conexiones de conmutación positiva y de conmutación negativa. En otras palabras, hay que distinguir entre entradas que representan un consumo de corriente o una fuente de corriente. En Alemania, por ejemplo, cumpliendo con VDI 2880, se utilizan principalmente las conexiones de conmutación positiva, ya que ello permite la utilización de una tierra de protección. Conmutación positiva significa que la entrada del PLC representa un drenaje de corriente. El sensor suministra la tensión de funcionamiento o tensión de control a la entrada en forma de señal 1.

Si se utiliza tierra de protección, la tensión de salida del sensor es cortocircuitada hacia los 0 voltios o se funde el fusible en caso de cortocircuito en la línea de señal. Esto significa que se aplica una lógica 0 en la entrada del PLC.

En muchos países, es común utilizar sensores de conmutación negativa, es decir, las entradas del PLC funcionan como fuente de potencia. En estos casos, deben utilizarse diferentes medidas de protección para evitar que se aplique una señal 1 a la entrada del PLC en el caso de un cortocircuito en la línea de la señal. Un posible método es la puesta a tierra de la tensión de control positiva o la supervisión del aislamiento, es decir, tierra de protección como medida de protección.

#### 4.6 MÓDULO DE SALIDAS

El módulo de salidas lleva las señales de la unidad central a los elementos finales de control, que son activados según la tarea. Principalmente, la función de una salida vista desde la aplicación del PLC incluye lo siguiente:

- Ajuste de la tensión desde la tensión lógica a la de control
- Protección de la electrónica sensible de tensiones espúreas hacia el control
- Amplificación de potencia suficiente para el accionamiento de elementos finales de control
- Protección de cortocircuito y sobrecarga de los módulos de salida

En el caso de módulos de salida, hay disponibles dos métodos fundamentalmente diferentes para conseguir lo indicado: El uso de relés o de electrónica de potencia.

#### DIAGRAMA DE UN MÓDULO DE SALIDAS



El optoacoplador, forma de nuevo la base para la electrónica de potencia y asegura la protección de la electrónica y posiblemente también el ajuste de la tensión.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Un circuito de protección formado por diodos debe proteger el transistor de potencia de los picos de tensión.

Actualmente, la protección ante cortocircuito, protección ante sobrecargas y amplificación de potencia, se ofrecen a menudo como módulos completamente integrados. Las medidas estándar de protección ante cortocircuito miden el flujo de corriente a través de una resistencia de potencia para desconectar en caso de cortocircuito; un sensor de temperatura proporciona una protección ante sobrecargas; una etapa de Darlington o una etapa de transistor de potencia proporcionan la potencia necesaria.

La potencia admisible de salida se utiliza específicamente de forma que permita una distinción entre la potencia admisible de una salida y la potencia acumulada admisible de un módulo de salidas. La potencia acumulada de un módulo de salidas es siempre considerablemente inferior a la suma total de la potencia de cada salida, ya que los transistores de potencia se transmiten el calor unos a otros.

Si se utilizan relés para las salidas, entonces el relé puede asumir prácticamente todas las funciones de un módulo de salida: El contacto del relé y la bobina del relé están eléctricamente aislados uno de otra; el relé representa un excelente amplificador de potencia y está especialmente protegido de sobrecargas, con lo que solamente debe preverse una protección ante cortocircuito con un fusible. Sin embargo, en la práctica se conectan optoacopladores en serie con el relé, ya que ello facilita el accionamiento del relé y pueden utilizarse relés más sencillos.

Las salidas por relé tienen la ventaja de que pueden utilizarse para diferentes tensiones de salida. En contraste, las salidas electrónicas tienen velocidades de conmutación considerablemente más elevadas y una vida útil más larga que la de los relés. En muchos casos, la potencia de relés muy pequeños utilizados en los PLCs, corresponde a la de las etapas de potencia de las salidas electrónicas.

En Alemania, por ejemplo, las salidas también se conectan a conmutación positiva, según VDI 2880, es decir, la salida representa una fuente de potencia y suministra la tensión de funcionamiento para el dispositivo consumidor.

En el caso de un cortocircuito de la línea de señal de salida a tierra, la salida se cortocircuita si se utilizan medidas normales de puesta a tierra de protección. La electrónica conmuta a protección de cortocircuito o se funde el fusible, es decir, el dispositivo consumidor no puede drenar corriente por lo que se desconecta y queda en estado seguro. (De acuerdo con DIN 0113, el estado de seguridad debe ser siempre el estado sin energía).

Si se utilizan salidas de conmutación negativa, es decir, la salida representa un drenaje de corriente, deben adoptarse medidas de protección de tal forma que el dispositivo consumidor quede en un estado seguro en el caso de cortocircuito en la línea de señal. De nuevo una tierra de protección con supervisión del aislamiento o la neutralización de la tensión de control positiva son prácticas estándar en este caso.

#### **4.7 DISPOSITIVO PROGRAMADOR / ORDENADOR PERSONAL**

Cada PLC tiene una herramienta de diagnóstico y programación para soportar la aplicación del PLC

- Programación
- Verificación
- Puesta a punto
- Localización de averías
- Documentación del programa
- Almacenamiento del programa

Estas herramientas de programación y diagnosis son o bien dispositivos de programación específicos del fabricante u ordenadores personales con su software correspondiente. Actualmente, estos últimos son casi exclusivamente las variantes preferidas, ya que la enorme capacidad de las modernas PCs, combinada con su comparativamente bajo coste inicial y alta flexibilidad, representan ventajas cruciales.

También se han desarrollado los denominados programadores de mano para pequeños sistemas de control y para tareas de mantenimiento. Con la creciente utilización de ordenadores personales portátiles (Lap Top), funcionando con baterías, la importancia de los programadores de mano disminuye paulatinamente.

Las funciones esenciales del sistema de software forman parte de la herramienta de programación y diagnosis.

Cualquier software de programación según IEC 1131-1 debe proporcionar al usuario una serie de funciones. Así, el software de programación comprende módulos de software para:

- Introducción de programas. Creación y modificación de programas en uno de los lenguajes de programación de un PLC.
- Verificación de la sintaxis. Comprobación de la sintaxis del programa y los datos, minimizando así la introducción de programas defectuosos.
- Traductor. Traducción del programa introducido en un programa que puede ser leído y procesado por el PLC, es decir, la generación del código máquina del correspondiente PC.
- Conexión entre PLC y PC. A través de este enlace se realiza la carga de los programas al PLC y la ejecución de funciones de verificación.
- Funciones de verificación. Ayuda al usuario durante la escritura y en la eliminación de fallos y verificación a través de:

- una verificación del estado de las entradas, salidas temporizadores, contadores etc.
  - verificación de secuencias de programa por medio de operaciones de paso a paso, órdenes de STOP, etc.
  - simulación por medio de activación manual de entradas / salidas, establecimiento de valores, etc.
- Indicación del estado de sistemas de control. Emisión de información relacionada con la máquina, proceso y estado del sistema PLC:
  - Indicación del estado de señales de entrada y salida
  - Registro / Indicación de cambios de estado en señales externas y datos internos
  - Supervisión de los tiempos de ejecución
  - Formato en tiempo real de la ejecución del programa
- Documentación. Creación de una descripción del sistema PLC y el programa del usuario. Esto consiste en:
  - Descripción de la configuración del hardware
  - Impresión del programa de usuario con los correspondientes datos e identificadores para las señales y comentarios
  - Lista de referencias cruzadas para todos los datos procesados tales como entradas, salidas temporizadores, etc.
  - Descripción de las modificaciones
- Archivado del programa de usuario. Protección del programa de usuario en memorias no volátiles tales como EPROM, etc.

## **CAPÍTULO V**

### **ANÁLISIS DE LA BOMBA DE DISTRIBUCIÓN DE FLUIDOS CON SISTEMA AUTÓMATA**

## **5.1 VISIÓN GLOBAL DEL PROYECTO**

- Adquisición de datos del estado de la instalación o del proceso (Entradas).
- Proceso (tratamiento) de esos datos (AP) (antes relés).
- Un resultado plasmado sobre unos accionadores auxiliares (Salidas).
- La variación real sobre la instalación o el proceso (movimientos, activaciones, cualquier cambio).

De forma paralela existe un diálogo llamado hombre-máquina el cual va a permitir modificar a conveniencia el proceso.

Este diálogo se realiza a través de simples pulsadores, interruptores, pedales, etc.; o bien a través de algún terminal (teclas) y/o ordenador.

Un AP es un equipo de control, con unas salidas que soportan más o menos intensidad, es por esto que en casi todos los procesos, las salidas accionan auxiliares (principalmente relés) y éstos a cargas (resistivas o inductivas) de una potencia mayor.

## **5.2 NOCIÓN DE TIEMPO DE CICLO**

Se llama Tiempo de Ciclo (TC) al tiempo que tarda el AP en realizar un ciclo completo, es decir desde que lee las entradas hasta que escribe las salidas.

El Perro de Guardia controla este tiempo y si en alguna ocasión este tiempo supera al que se ha establecido previamente, el sistema generalmente se para (stop). A esta parada se la llama Salto del Perro de Guardia.

De esta forma se garantiza que el proceso o la instalación está bajo control. Hoy día existe la posibilidad de configurar el AP con un tiempo fijo y periódico; de esta forma si el programa tarda menos, espera al final del tiempo establecido. (Ciclo periódico).

Hay que tener en cuenta que el programa permite leerse o ejecutarse hacia delante y atrás y entrar en bucle por lo que la activación de salidas no se llevaría a cabo, pero es criterio del programador dar la pauta secuencial para realizar una prueba física (forzado de entradas y salidas) para corroborar la adecuada distribución de las etapas de mando y de potencia que nos ayudan a ejecutar una simulación física de cómo funcionaría el sistema realmente y localizar fallas en puntos determinados que para un diseñador de experiencia se encuentran relativamente rápido y con facilidad.

### **5.3 ESTRUCTURA BÁSICA GENERAL DE LOS AUTÓMATAS PROGRAMABLES**

La estructura básica de cualquier autómata es la siguiente:

- Fuente de alimentación
- CPU
- Módulo de entrada
- Módulo de salida
- Terminal de programación
- Periféricos.

Respecto a su disposición externa, los autómatas pueden contener varias de estas secciones en un mismo módulo (integrales o compactos) o cada una de ellas separadas por diferentes módulos (modulares).

## FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Es la encargada de convertir la tensión de la red, 220V c.a., a baja tensión de c.c, normalmente 24V. Siendo esta la tensión de trabajo con la que funcionan los circuitos electrónicos que forman el autómata y controlan las etapas anteriores a la relevación. De las fuentes depende la regulación del voltaje, la supresión de picos y la eficiencia del sistema por notar la diferencia entre la etapa de control (24V) y la etapa de potencia (120,240,420 V) según se requiera en el sistema.

## CPU

La Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Se encarga de recibir las ordenes, del operario por medio de la consola de programación (tipo calculadora, tipo display acoplado al módulo, por computadora y la posibilidad de manipularse vía red) y el módulo de entradas compuesto por sensores, accionamientos etc.

Posteriormente las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas. En su memoria se encuentra residente el programa destinado a controlar el proceso.

## MODULO DE ENTRADAS

A este módulo se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores, etc.) y demás elementos que intervengan. La información recibida en él, es enviada a la CPU para ser procesada de acuerdo la programación residente. Se pueden diferenciar dos tipos de captadores conectables al módulo de entradas: los Pasivos y los Activos.

Los Captadores Pasivos son aquellos que cambian su estado lógico, activado - no activado, por medio de una acción mecánica.

Estos son los Interruptores, pulsadores, finales de carrera, etc. Los Captadores Activos son dispositivos electrónicos que necesitan ser alimentados por una tensión para que varíen su estado lógico.

Este es el caso de los diferentes tipos de detectores Inductivos, Capacitivos, Fotoeléctricos.

Muchos de estos aparatos pueden ser alimentados por la propia fuente de alimentación del autómeta.

El que conoce circuitos de automatismos industriales realizados por contactores, sabrá que puede utilizar como captadores, contactos eléctricamente abiertos o eléctricamente cerrados dependiendo de su función en el circuito.

Como ejemplo podemos ver un simple arrancador paro/ marcha. En él se distingue el contacto usado como pulsador de marcha que es normalmente abierto y el usado como pulsador de parada que es normalmente cerrado. Sin embargo en circuitos automatizados, los captadores son generalmente abiertos.

#### **5.4 CAMPOS DE APLICACIÓN**

Un autómeta programable suele emplearse en procesos industriales que tengan una o varias de las siguientes necesidades:

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

#### Aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.

Tal y como mencionamos anteriormente, esto se refiere a los autómatas programables industriales, dejando de lado los pequeños autómatas para uso más personal (que se pueden emplear, incluso, para automatizar procesos en el hogar, como la puerta de una cochera o las luces de la casa).

#### VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS PLCS

Entre las ventajas tenemos:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos.
- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo añadido en otros componentes.
- Mínimo espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómata.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
- Si el autómata queda pequeño para el proceso industrial puede seguir siendo de utilidad en otras máquinas o sistemas de producción.

Y entre los inconvenientes:

- Adiestramiento de técnicos.
- Costo.

A día de hoy los inconvenientes se han hecho nulos, ya que todas las carreras (en general) de ingeniería incluyen la automatización como una de sus asignaturas.

En cuanto al costo tampoco hay problema, ya que hay autómatas para todas las necesidades y a precios ajustados.

#### ESTRUCTURA EXTERNA

Todos los autómatas programables, poseen una de las siguientes estructuras:

- Compacta: en un solo bloque están todos los elementos.
- Modular.
- Estructura americana: separa las E/S del resto del autómata.
- Estructura europea: cada módulo es una función (fuente de alimentación, CPU, E/S, etc.).

Exteriormente nos encontraremos con cajas que contienen una de estas estructuras, las cuales poseen indicadores y conectores en función del modelo y fabricante.

Para el caso de una estructura modular se dispone de la posibilidad de fijar los distintos módulos en railes normalizados, para que el conjunto sea compacto y resistente.

Los micro-autómatas suelen venir sin caja, en formato kit, ya que su empleo no es determinado y se suele incluir dentro de un conjunto más grande de control o dentro de la misma maquinaria que se debe controlar.

## ESTRUCTURA INTERNA

Los elementos esenciales, que todo autómata programable posee como mínimo, son:

- Sección de entradas: se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser de tipo digital o analógico.
- En ambos casos tenemos unos rangos de tensión característicos, los cuales se encuentran en las hojas de características del fabricante.
- A estas líneas conectaremos los sensores o accionadores.
- Sección de salidas: son una serie de líneas de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico.
- A estas líneas conectaremos los actuadores.
- Unidad central de proceso (CPU): se encarga de procesar el programa de usuario que le introduciremos.
- Para ello disponemos de diversas zonas de memoria, registros, e instrucciones de programa.

Adicionalmente, en determinados modelos más avanzados, podemos disponer de funciones ya integradas en la CPU; como reguladores PID, control de posición, etc.

Tanto las entradas como las salidas están aisladas de la CPU según el tipo de autómata que utilizemos.

Normalmente se suelen emplear optoacopladores en las entradas y relés optoacopladores en las salidas.

Aparte de estos elementos podemos disponer de los siguientes:

- Unidad de alimentación (algunas CPU la llevan incluida).
- Unidad o consola de programación: que nos permitirá introducir, modificar y supervisar el programa de usuario.
- Dispositivos periféricos: como nuevas unidades de E/S, más memoria, unidades de comunicación en red, etc.
- Interfaces: facilitan la comunicación del autómata mediante enlace serie con otros dispositivos (como un PC).
- En los siguientes apartados comentaremos la estructura de cada elemento.

## **5.5 MEMORIA**

Dentro de la CPU vamos a disponer de un área de memoria, la cual emplearemos para diversas funciones:

- Memoria del programa de usuario: aquí introduciremos el programa que el autómata va a ejecutar cíclicamente.
- Memoria de la tabla de datos: se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc.).
- Memoria del sistema: aquí se encuentra el programa en código máquina que monitoriza el sistema (programa del sistema o firmware).
- Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador / microcontrolador que posea el autómata.
- Memoria de almacenamiento: se trata de memoria externa que empleamos para almacenar el programa de usuario, y en ciertos casos parte de la memoria de la tabla de datos.

Suele ser de uno de los siguientes tipos: EPROM, EEPROM, o FLASH.

Cada autómeta divide su memoria de esta forma genérica, haciendo subdivisiones específicas según el modelo y fabricante.

## **5.6 CPU**

La CPU es el corazón del autómeta programable. Es la encargada de ejecutar el programa de usuario mediante el programa del sistema (es decir, el programa de usuario es interpretado por el programa del sistema).

Sus funciones son:

- Vigilar que el tiempo de ejecución del programa de usuario no excede un determinado tiempo máximo (tiempo de ciclo máximo).
- A esta función se le suele denominar watchdog (perro guardián).
- Ejecutar el programa de usuario.
- Crear una imagen de las entradas, ya que el programa de usuario no debe acceder directamente a dichas entradas.
- Renovar el estado de las salidas en función de la imagen de las mismas obtenida al final del ciclo de ejecución del programa de usuario.
- Chequeo del sistema.

## 5.7 ANÁLISIS DE LA BOMBA DE DISTRIBUCIÓN DE FLUIDOS AUTÓMATA

Con un PLC podemos realizar un dispositivo con las características siguientes:

- La cantidad de combustible que las empresas proporcionan a sus empleados es de difícil control y necesaria vigilancia, por lo que una bomba automática de distribución de combustible adaptable a gasolina, diesel o gas colocada estratégicamente en algún punto de la empresa o lugar de flujo común ayudaría en mucho a la independencia de un despachador y facultaría al usuario de insertar combustible a la hora que lo requiera siempre y cuando el sistema cumpla con las medidas de seguridad mínimas requeridas y pueda ser confiable. Este mecanismo inteligente se puede modificar parcialmente para colocarse en centros comerciales, estacionamientos públicos y privados o en empresas o instituciones gubernamentales donde sean requeridas.
- El control es por un PLC que se encarga de manipular las funciones previamente programadas que en este caso consisten en: contabilizar el crédito del usuario, solicitar la cantidad de combustible, desde luego despacharlo y devolver el cambio, o tener la opción de utilizar tarjetas de almacenamiento de datos con un crédito preestablecido y utilizar un convertidor digital analógico como interfase.
- Nos valemos de una válvula reguladora de caudal regulable en función del tiempo que como sabemos controlaría la dosificación del fluido de acuerdo a la presión que tenga el sistema de almacenamiento dosificando un volumen por unidad de tiempo.
- La pistola dosificadora tiene un sensor de llenado al tope que detiene la dosificación evitando derrames.
- Se coloca un display con la arquitectura adecuada según las necesidades del cliente considerando zona climática, zona geográfica y colocación de la bomba. Para fines prácticos se diseña el sistema para demostrar una de las muchas aplicaciones de la bomba con PLCs.

## EJEMPLIFICANDO

Originalmente la bomba de distribución de fluidos es para despachar gasolina, usando la fuerza neumática para accionar válvulas y para ejercer la presión dentro del depósito del combustible, pero para simplificar los detalles, será para despachar agua purificada que tendrá un depósito ubicado sobre la bomba.

La bomba deberá tener elementos que transmitan señales hacia el control lógico a las cuales les llamamos entradas, estas son:

- Un desviador de monedas, donde al caer en sus respectivos contenedores se accionan sensores.
- Un sensor que detecte el recipiente que debe llevar el usuario.
- Un sensor que detecte el nivel del fluido dentro de la bomba.
- Un botón que inicie la operación, etc.

Los elementos complementarios que deberá tener la bomba son las llamadas salidas, las cuales son los actuadores de las operaciones a realizarse.

- Luces.
- Válvula reguladora de caudal ajustada a dejar pasar 1 litro por segundo.
- Timbre o zumbador.
- Pantalla de un display, etc.

Para ejemplificar la operación de despachar agua, solo pondremos en funcionamiento las siguientes entradas y salidas.

Entradas: 4 botones.

Salidas: Una lámpara.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## MÉTODO PARA EL DISEÑO DE PROGRAMACIÓN DEL PLC.

Las características técnicas del fec20 son:

- 12 entradas (configurables a NPN o PNP).
- 8 salidas (relevador, transistor).
- Entradas / salidas expandibles hasta 60 entradas / 40 salidas.
- 256 contadores.
- 256 temporizadores (On / Off-delay o intervalos).
- 256 registros de 16 bit.
- 160,000 banderas (bobinas internas).
- Un potenciómetro analógico para procesos de ajuste.
- Funciones matemáticas de 32 bits.
- Dos contadores rápidos de 4 KHz.
- 1000 instrucciones en 2 ms.
- Montaje por riel DIN y conexiones por tornillo.
- Versiones en corriente alterna (120V CA) y directa (24V CD).

Para organizar los datos y las acciones de las entradas y salidas las pondremos en una lista de asignaciones (Allocation list). Antecedemos al número correspondiente a la salida con la letra O (out) y con una letra I si es una entrada (in).

Los botones B1, B2 y B3 simularán el ingreso de las monedas y B4 el inicio de la operación, la lámpara simulará el tiempo que está abierta la válvula reguladora.

### OPERANDO ABSOLUTO

O 0 . 0  
I 0 . 0  
I 0 . 1  
I 0 . 2  
I 0 . 3

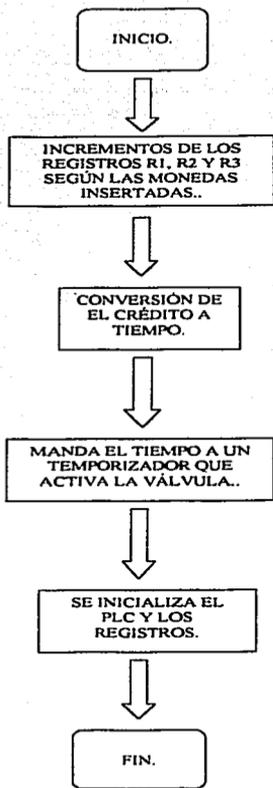
### OPERANDO SIMBÓLICO

Lámpara  
B1  
B2  
B3  
B4

### COMENTARIOS

Apertura de la válvula  
Ingreso de \$0.50  
Ingreso de \$1.00  
Ingreso de \$5.00  
Inicio del llenado

DIAGRAMA DE FLUJO.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## DIAGRAMA DE ESCALERA:

I. Al presionar B1, B2 y B3 se incrementa en 1 los registros R0, R1 y R2 respectivamente.

II. Cuando se presiona B4 ocurre lo siguiente:

El registro R0 se multiplica por 100 centésimas de segundo y este resultado se registra en R3.

El registro R1 se multiplica por 200 centésimas de segundo y este resultado se registra en R4.

El registro R2 se multiplica por 1000 centésimas de segundo y este resultado se registra en R5.

III. Luego se suman  $R3+R4$  y el resultado se registra en R6.

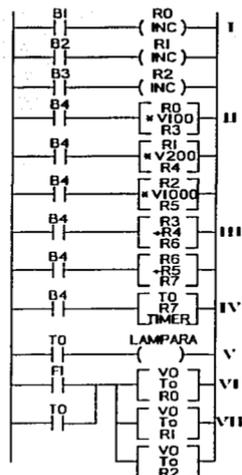
Se suman  $R5+R6$  y el resultado se registra en R7.

IV. Se inicia el temporizador (timer) T0 con el tiempo registrado en R7.

V. Hecho esto, se enciende la lámpara y permanece así hasta que T0 deje de enviarle la señal eléctrica que ocurrirá al finalizar el tiempo programado.

VI. Si por algún motivo se suspende la corriente eléctrica, la bandera F1 (diseño del fabricante) se acciona y manda a cero todos los registros (reset).

VII. Cuando T0 se acciona, se resetean todos los registros.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

El tiempo de lectura (scanning time) de esta programación es de 4.8 ms/kbyte y tomando en cuenta que del paso II al VIII hay 10 pasos, y diciendo que cada instrucción es de 1 kbyte, habrán pasado 28.8 ms, que para nuestra apreciación, es un instante.

## **CONCLUSIONES**

Con el uso de los PLCs se pueden ejecutar varios trabajos sin tener conocimientos avanzados de electrónica y mecánica.

El uso de un PLC para una aplicación tan simple saldría contraproducente pues sería caro y hay elementos complementarios que podrían hacer el mismo trabajo siendo más baratos.

Concluimos que el trabajo expuesto es solo un pequeño ejemplo de la variada aplicación de estos controles y que la solución de problemas con este tipo de aparatos es más fácil.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## **BIBLIOGRAFÍA**

Dr. Ing. Asmus Thomas Hansen: "Motores y máquinas", URMO, S.A. de Ediciones. Bilbao, España, 1964.

Tyler G. Hicks, BME: "Bombas, su selección y aplicación", Cía. Editorial Continental S.A. de C.V., México.

Claudio Mataix: "Mecánica de fluidos y máquinas hidráulicas", Editorial Harla. México 1982.

Antonio Guillén Salvador: "Introducción a la neumática", Editorial Marcombo. Barcelona, España, 1988.

Antonio Guillén Salvador: "Aplicaciones industriales de la neumática", Editorial Marcombo. Barcelona, España, 1988.

Werner Deppert, K. Stoll: "Aplicaciones a la neumática", Editorial Alfaomega, México D.F., 2001.

Werner Deppert, K. Stoll: "Dispositivos neumáticos", Editorial Alfaomega, México D.F., 2001.

Andre Simón: "Autómatas programables", Editorial Paraninfo, Madrid, España, 1988.

Alejandro Porras Criado: "Autómatas programables", McGraw-Hill, Madrid, España, 1990.

D. Waller, H. Werner: "Neumática. Nivel básico", FESTO Didactics, 1993.

C. Rouff, D. Waller: "Electroneumática. Nivel básico", FESTO Didactics, 1995.

E. V. Terzi, H. Regber, C. Löffler, F. Ebel: "Controles lógicos programables. Nivel básico", FESTO Didactics, 1999.