

34  
24



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**  
**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES**  
**CAMPUS ARAGÓN**

**SISTEMA DE CONTROL**  
**ELECTRONEUMATICO PARA EL ARMADO**  
**GENERAL DE ESTRUCTURAS DE AUTOBÚS**  
**CON EL USO DEL P.L.C. FPC202**



**T E S I S**  
**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**  
**INGENIERO MECÁNICO**  
**ELECTRICISTA**

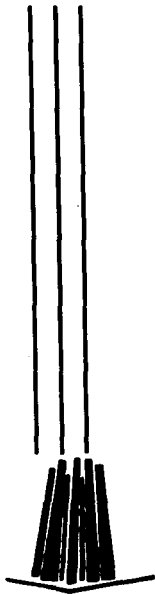
**P R E S E N T A N:**  
**BLAS ALBERTO FERNANDEZ FRANCO**  
**JUAN MANUEL PEREZ AVILA**

**ASESOR: M. EN I. ELEAZAR M. PINEDA DÍAZ**

**MÉXICO**

**1997.**

**TESIS CON**  
**FALLA DE ORIGEN**





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

**! Gracias por sus consejos y atenciones con que siempre conte ;**

### **AGRADECIMIENTOS**

**A mis padres:**

**Sergio Fernández y Emma Franco.**

**Con cariño y admiración. ! Gracias por su apoyo ;**

**A tí Guadalupe:**

**Por el cariño que nos une.**

**Por el aliento e impulso que me has dado.**

**! Gracias por tu paciencia ;**

**A mis hermanos:**

**Sergio, Carlos, Adriana, Marcelo,**

**Fabiola, Luis, Karina, Oswaldo y**

**Luis Alberto. Gracias por el cariño y apoyo**

**que me han dado cuando mas lo he necesitado.**

**A mis amigos:**

**A Juan, por tu amistad, por lo que juntos hemos compartido**

**a lo largo de nuestra carrera y trayectoria profesional, por lo logrado.**

**A la familia Pérez Ávila. A la familia Rojas Lozada**

**por la estimación y amistad que siempre me han entregado.**

**A mi asesor:**

**M. en I. Eleazar M. Pineda Díaz por su valiosa ayuda.**

**A mis maestros:**

**Por su sabia enseñanza.**

**B. Alberto Fernández Franco**

*A mi familia:*

*No es fácil llegar se necesita ahinco, lucha, deseo,  
pero sobre todo apoyo como el que he recibido  
durante este tiempo.*

*Ahora más que nunca se acrecenta mi cariño,  
admiración y respeto.*

*Gracias por lo que hemos logrado.*

*B. Alberto Fdez. Fco.*

## **AGRADECIMIENTOS**

*A mis padres*

*Por creer en mi y haber alimentado dentro de mi alma la esperanza, los deseos de lucha y superación, gracias a sus principios y enseñanzas que me sirvieron para guiarme por el camino para ser una persona de provecho y poder sentirme orgulloso de las personas que me dieron la vida.*

*A Dios*

*Por tu inmensa bondad*

*Por la familia que me diste*

*Por poder distinguir el día de la noche.*

*Por saber que siempre me acompañas.*

*A mi esposa*

*Por ser mi compañera y darme aliento en los momentos difíciles para no dejarme vencer en las metas que nos habíamos propuesto por tu inmenso cariño que han sido las bases sólidas para que nuestros pasos se dirijan hacia nuestras metas.*

*A mis hijos*

*Por las alegrías y triunfos que son parte primordial del logro de las metas.*

*A mi hermana*

*Que es parte de mi  
¡Gracias por tu apoyo !*

*A mis Amigos*

*Por su apoyo y Amistad que a lo largo del tiempo se ha fortalecido  
teniendo como principios la sinceridad y la humildad.*

*A mis profesores*

*Por las bases y conocimientos que dan como fruto la superacion personal.*

# INDICE

INTRODUCCIÓN	1
--------------	---

## CAPÍTULO 1

### ELEMENTOS BÁSICOS DE CONTROL.

1.1	Introducción.	6
1.2	Conceptos básicos del aire.	7
1.2.1	Definición.	7
1.2.2	Composición de aire.	8
1.2.3	Propiedades del aire.	9
1.3	Generación de aire comprimido.	11
1.3.1	Características.	11
1.3.2	Compresión.	13
1.3.3	Acumulación.	16
1.3.4	Secador de aire.	17

1.3.5	Distribución de aire.	22
1.4	Actuadores.	26
1.4.1	Introducción.	26
1.4.2	Cilindros.	27
1.4.3	Motores.	33
1.4.4	Actuadores giratorios.	37
1.4.5	Simbología.	38
1.5	Válvulas.	39
1.5.1	Introducción.	39
1.5.2	Diferentes tipos de válvulas.	39
1.5.3	Válvula de vías.	40
1.5.4	Simbología.	41
1.6	Relevador.	45
1.6.1	Introducción.	45
1.6.2	Funcionamiento.	47
1.6.3	Simbología.	48
1.6.4	Características.	50
1.7	Detectores de proximidad.	51



## INDICE

1.7.1	Tipos de detectores de proximidad.	52
1.7.1.1	Detectores de proximidad según el principio Reed.	52
1.7.1.2	Detectores de proximidad inductivos.	54
1.7.1.3	Detectores de proximidad capacitivos.	58
1.7.1.4	Detectores de proximidad ópticos.	61

## CAPÍTULO 2

### El Control Lógico Programable "FPC202".

2.1	Introducción.	63
2.2	Descripción.	65
2.2.1	Unidad Central de Proceso ( CPU ).	68
2.2.2	Módulo de entradas/salidas.	69
2.2.3	Equipo programador.	76
2.2.4	Software FST 202.	77
2.2.4.1	Introducción.	77
2.2.4.2	Temporizadores y Contadores.	79

2.3 Programación.	84
2.3.1 Introducción.	84
2.3.2 Lenguajes.	85
2.3.2.1 Diagrama de contactos.	86
2.3.2.2 Diagrama de funciones.	88
2.3.2.3 Listado de instrucciones.	91

### **CAPÍTULO 3**

#### **SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO.**

3.1 Introducción.	94
3.2 Estructura.	95
3.2.1 Clamps sujetador del costado.	97
3.2.2 Posicionador del costado.	98
3.2.3 Carro avance del costado.	99
3.2.4 Freno del carro de avance.	100
3.3 Cálculo del sistema neumático.	101
3.3.1 Normas para realizar la designación de los cilindros.	103

## INDICE

3.3.2 Cilindro posicionador del costado. _____	105
3.3.3 Cilindro de regletas del posicionador del costado. ____	109
3.3.4 Cilindro carro avance del costado. _____	115
3.3.5 Cilindro del freno del carro de avance. _____	119
3.3.6 Cálculo del diámetro de la tubería. _____	126
3.3.7 Determinación del compresor. _____	142
3.4 Caja de control neumático. _____	143
3.4.1 Diagrama neumático. _____	143
3.4.2 Válvula de control. _____	144
3.4.3 Válvula de paro de emergencia. _____	147
3.5 Caja de control eléctrico. _____	149
3.5.1 Detectores de proximidad. _____	150
3.5.2 Botón de paro de emergencia. _____	153
3.5.3 Lampara de paro de emergencia. _____	154
3.5.4 Botones de selección de unidades. _____	155
3.5.5 Lampara de selección de unidades. _____	156
3.5.6 Botón de reset. _____	156
3.5.7 Botones de secuencia. _____	157

3.5.8	Lampara de secuencia.	157
-------	-----------------------	-----

## **CAPITULO 4**

### **PROGRAMACIÓN DEL P.L.C.**

4.1	Introducción.	158
4.2	Listado de direcciones.	162
4.3	Tipos de programación.	164
4.3.1	Diagrama de contactos o de escalera.	166
4.3.2	Listado de instrucciones.	167
4.4	Consideraciones previas para la programación del P.L.C.	170
4.4.1	Primer paso: Consideraciones previas.	170
4.4.2	Segundo paso: Listado de direcciones.	172
4.4.3	Tercer paso: Programación.	174
4.4.4	Cuarto paso: Implementación sobre control.	177
4.4.4.1	Mando de salidas.	178
4.4.4.2	Programas secuenciales.	178
4.4.4.3	Programas secuenciales bifurcados.	180

**INDICE**

<b>4.5 Programación.</b>	<b>183</b>
<b>4.5.1 Plano de situación.</b>	<b>184</b>
<b>4.5.2 Diagrama de potencia.</b>	<b>185</b>
<b>4.5.3 Diagrama Espacio-Fase.</b>	<b>187</b>
<b>4.5.4 Diagrama Secuencial Digital-Neyle.</b>	<b>192</b>
<b>4.5.4.1 Diagrama Secuencial Neyle para la Programación Paso a Paso.</b>	<b>194</b>
<b>4.5.4.2 Diagrama Secuencial Neyle para la programación escalera.</b>	<b>196</b>
<b>4.5.4.3 Programación.</b>	<b>198</b>
<b>4.5.4.3.1 Programación del sistema en listado de instrucciones o Programación Paso a Paso.</b>	<b>198</b>
<b>4.5.4.3.2 Programación del sistema en Diagrama de Contactos o Programación de Escalera.</b>	<b>208</b>
<b>CONCLUSIONES.</b>	<b>219</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.</b>	<b>224</b>

## **INTRODUCCIÓN**

**En la actualidad la industria ha tenido un crecimiento acelerado debido a la elevada demanda que fijan las necesidades diarias de la humanidad. Paralelamente al crecimiento de la industria se ha ido incrementando el control de calidad para evitar la pérdida de calidad por cantidad.**

**Con el desarrollo de la tecnología en la industria se ha logrado dar solución a estos problemas; y nos enfocaremos a la industria automotriz en este trabajo de tesis. Es muy común encontrarse con sistemas totalmente automatizados, los cuáles desarrollan procesos demasiado sofisticados, como pueden ser:**

- La aplicación de barniz por medio de turbo campanas, las cuáles tienen como base el principio de las cargas electrostáticas, las campanas atomizan el barniz y lo aplican por medio del control de flujo de aire.**
- El balanceo de llantas totalmente computarizado.**
- El control totalmente automatizado de las temperaturas de cassetas de homeado de pintura.**
- La aplicación de sellador a los parabrisas con equipos totalmente automatizados.**

- El ensamblaje de carrocerías por medio de procesos automatizados.
- El punteado de carrocerías por medio de robots.

Con la automatización de estos procesos se puede garantizar el acabado de un mayor número de unidades, sin descuidar la calidad de la producción.

Por otro lado la tecnología ha tenido un crecimiento fenomenal en estos últimos años, y actualmente encontramos robots desarrollando operaciones tan sofisticadas que una persona no podría realizar.

En algunos lugares los sistemas automáticos realizan trabajos en zonas inaccesibles para el ser humano, debido a los riesgos que estos presentan; tal es el caso del pintado de carrocerías por la parte inferior del piso la cuál es una operación en la que deben de estar casi acostados para poderla realizar, pero también cabe señalar que la automatización en la industria conviene únicamente en producciones seriadas; es decir donde el proceso es repetitivo con lo que se ha logrado un aumento considerable en cuánto a cantidad y calidad de producción.

El propósito de esta tesis es desarrollar la automatización de un sistema electroneumático que permite el armado de estructuras de autobús, que disminuya los tiempos de proceso y asegure las especificaciones dimensionales exteriores

establecidas en los planos de diseño asegurando las características de calidad del producto y elevando la seguridad del operario.

El armado de estructuras la realiza un operador que se encuentra de pie dentro de los laterales de la estructura, mientras se van acomodando las partes preensambladas y una vez que son colocadas, los soldadores proceden a soldar entre sí las partes y checan el escuadre de la estructura por lo que cada ensamble se realiza en un tiempo demasiado largo, además de que esta forma resulta demasiado cansada para el operador.

Actualmente con la ayuda de la automatización se logra disminuir los accidentes y trabajo excesivo del operador ya que una vez que son ensambladas las partes de la estructura, el soldador únicamente se concreta a soldar todas las partes sin tener que checar el escuadre de éstas, dado que este sistema también escuadra la estructura; ahorrando significativamente el tiempo de ensamblado y elevando la calidad y cantidad del producto.

El desarrollo de este tipo de sistemas de producción por parte de personal nacional capacitado, representa un alto ahorro para la industria así como para el desarrollo de nuestro país, ya que el traer equipo extranjero constituye un gasto



**excesivo para las empresas , además que impediría el desarrollo de la ingeniería mexicana.**

**La metodología que se va a seguir para este trabajo se muestra en el capitulado siguiente:**

**En el primer capítulo podremos saber acerca de la generación y acumulación del aire comprimido, así como de las maneras de distribuirlo y de aplicarlo en los cilindros y en los motores neumáticos, y la manera de regularlo con los elementos de control de aire comprimido como lo son las válvulas.**

**También podremos saber acerca de los elementos de control eléctricos como son los relevadores y los sensores, los cuáles son los que nos van a ayudar a sincronizar nuestro sistema de automatización.**

**En el segundo capítulo se describe el Control Lógico Programable FPC 202, el cuál es el controlador de nuestro sistema y el que va a realizar todo el proceso en base a la programación que previamente se le ha hecho; además se verán los diferentes tipos de lenguajes que se pueden utilizar para llevar a cabo dicha programación.**

## Introducción

En el tercer capítulo se describe el tipo de estructura de que consta el sistema, así como todo el desarrollo del sistema neumático y sus diferentes componentes, además del cálculo de los cilindros y de los elementos de control.

En el cuarto capítulo se verán los diferentes tipos de programación, así como los diferentes métodos de realización del software del sistema, dado que para realizar la programación es necesario tener conocimientos acerca de como se resuelve un programa de control y sobre la metodología correspondiente, apoyándose en gráficas para cada diferente tipo de programación.

# **CAPITULO 1**

## **ELEMENTOS BASICOS DE CONTROL**



# CAPITULO 1

## ELEMENTOS BÁSICOS DE CONTROL

### 1.1 Introducción

La tecnología de la automatización juega un papel importante en la industria desde hace mucho tiempo, por lo que es incluida cada vez más en el desarrollo de aplicaciones de las más sencillas (abrir una puerta), hasta los procesos de producción más complejos (La construcción de edificios inteligentes).

En ese sentido la neumática y la electroneumática tienen suma importancia en la ejecución de algunas funciones como las que se mencionan a continuación:

- Detección de estados mediante sensores
- Procesamiento de informaciones mediante procesadores
- Accionamiento de actuadores mediante elementos de control
- Ejecución de trabajos mediante actuadores

Para controlar máquinas y equipos suele ser necesario efectuar un seguimiento lógico y complejo de estados y conexiones; esto se logra mediante la operación conjunta de los sensores, procesadores, elementos de accionamiento y actuadores que son incluidos en un sistema electroneumático o parcialmente neumático.

Los mandos electroneumáticos para el procesamiento de señales están constituidos principalmente por unidades de conmutación por contactos, la entrada de señales se realiza mediante diversos tipos de sensores y las salidas llevan convertidores de señales con actuadores neumáticos.

El progreso experimentado en relación con materiales y métodos de montaje y fabricación ha tenido como consecuencia una mejora de la calidad y diversidad de elementos electroneumáticos, contribuyendo así a una mayor difusión de la electroneumática en el sector de la automatización. De aquí la importancia de mencionar algunas de las características que tienen estos elementos de control.

## **1.2 Conceptos básicos del aire**

### **1.2.1 Definición**

El aire es una mezcla de gases que respiramos y que forma la atmósfera, además presenta las propiedades siguientes: incoloro, inodoro, elástico, insípido, mal conductor del calor y la electricidad, salvo cuando está saturado de humedad o fuertemente ionizado.

### 1.2.2 Composición del aire

El aire, se compone principalmente de oxígeno (21%) y nitrógeno (78%); el 1% restante está compuesto por otros gases: argón, neón, criptón, xenón, helio, óxido nitroso, vapor de agua (0,01 a 0,02%), anhídrido carbónico (0,03 a 0,07%), metano (de la descomposición de materias orgánicas) y monóxido carbónico (residuo de la combustión imperfecta de la madera, el carbón, la gasolina, etc.).

En el aire, la falta de cohesión es característica, es decir la ausencia de una fuerza entre las moléculas es importante para la aplicación y uso en la neumática. El aire, al igual que todos los gases, no tiene una forma definida. Su forma cambia a la más mínima fuerza y, además, ocupa el volumen máximo disponible. *El aire puede ser comprimido.*

Esta característica es descrita por la ley de Boyle-Mariotte: A temperatura constante los volúmenes de una misma masa gaseosa son inversamente proporcionales a las presiones a que se halla sometida. El producto de volumen y presión absoluta es constante para una determinada masa de gas.

El *aire comprimido* se emplea en frenos de vehículos y en herramientas mecánicas como martillos, motores, cilindros, etc. Para usos industriales y científicos, el aire se puede licuar a presión y a una temperatura aproximada de -220°C.

### 1.2.3 Propiedades del aire.

Al hablar del *aire*, con frecuencia nos encontramos con la palabra *fluido* al referirnos a él. En todo el universo se dan, en cada instante, fenómenos que conllevan un quehacer interesante como ejemplo de *fluido*: La caída de la lluvia a través de la atmósfera, el paso de la sangre por nuestras venas, las corrientes de los ríos y los mares, etc. Consecuentemente, una gran parte de cuanto sucede en la tierra tiene relación con el estado *fluido*.

Sencillamente, un *fluido* es una sustancia incapaz de resistir la aplicación de una fuerza o esfuerzo de corte sin que sufra una deformación más o menos continua, mientras que un *sólido* sí puede hacerlo. Los *fluidos* se clasifican en dos grupos: *líquidos* y *gases*. Un *líquido* está sometido a fuerzas intermoleculares que lo mantienen unido de tal manera que su volumen es definido, pero su forma no. Un *gas* consta de partículas en movimiento que chocan unas contra otras y tratan de

dispersarse de tal modo que este fluido no tiene forma ni volumen definidos y llena por completo cualquier recipiente en el cual se instale.

Industrialmente, algunos fluidos se utilizan para alcanzar objetivos de trabajo aprovechando la energía contenida en los mismos. Los más usuales son:

*Aire.* Es muy barato de adquisición. es caro de compresión. Lleva muchas impurezas en forma de humedad y polvo atmosférico. Es cincuenta veces menos viscoso que el agua.

*Agua.* Asimismo barata de adquisición. No compresible. Oxida las superficies metálicas.

*Vapor.* Peligro de accidentes por fugas. Lleva consigo las calorías de la presión. de la temperatura y, además, las de cambio de estado.

Propiedades del aire:

*Isotropía.* Propiedad de los cuerpos, en virtud de la cuál las otras propiedades de los mismos ( coeficiente de dilatación, constantes eléctricas, conductibilidad, viscosidad ) no dependen de los ejes coordenados x, y, z. Es decir que tiene iguales propiedades en todas direcciones.

Los gases y los líquidos son isótropos.

*Movilidad.* Propiedad característica del estado líquido; gracias a ella, las moléculas resbalan unas sobre otras y se adaptan para tomar la forma de las vasijas que lo contienen.



**Expansionabilidad.** Propiedad característica del estado gaseoso, en virtud de la cual una pequeña masa tiende a ocupar totalmente el recipiente que lo contiene.

**Incompresibilidad.** Propiedad del cuerpo líquido, el cual mantiene su volumen al variar las presiones aplicadas.

**Viscosidad.** Propiedad de las partículas fluidas de ofrecer mayor o menor facilidad a ser arrastradas por el movimiento de una de ellas.

### 1.3 Generación de aire comprimido

#### 1.3.1 Características

El aire al ser comprimido puede emplearse en frenos de vehículos y en herramientas mecánicas como martillos, compactadoras, etc.. Es importante mencionar que presenta algunas *ventajas* como las siguientes:

- **Cantidad:** Prácticamente en cualquier lugar se dispone de cantidades ilimitadas de aire.
- **Transporte:** Facilidad de transportar aire a grandes distancias a través de tuberías.
- **Almacenamiento:** Posibilidad de almacenar aire comprimido en acumuladores, desde los que se puede abastecer el sistema. Además, el acumulador (botella) puede ser transportado.

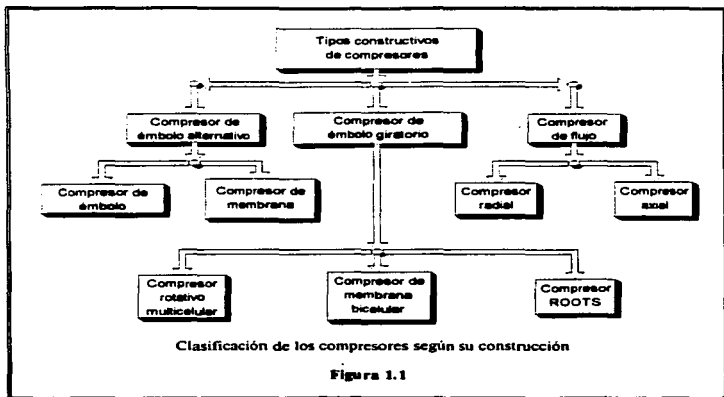
- **Temperatura** : El aire comprimido es prácticamente indiferente a oscilaciones de la temperatura. De este modo es posible obtener un funcionamiento fiable, incluso bajo condiciones extremas.
- **Seguridad** : El aire comprimido no alberga riesgos en relación al fuego o explosión.
- **Limpieza** : El aire comprimido no lubricado no contamina el ambiente.
- **Composición** : Los elementos de trabajo son de composición sencilla y, por lo tanto, su precio es relativamente bajo.
- **Velocidad** : El aire comprimido es un medio de trabajo rápido, puesto que permite obtener elevadas velocidades del movimiento del émbolo y los tiempos de conmutación son cortos.
- **Sobrecarga** : Las herramientas y los elementos neumáticos pueden funcionar hasta que estén totalmente detenidos, por lo que no son sobrecargados.

No obstante para evaluar correctamente los campos de aplicación del aire comprimido, también es necesario conocer sus *desventajas*; entre las que se pueden mencionar las siguientes:

- **Acondicionamiento** : El aire comprimido tiene que ser acondicionado, ya que de lo contrario puede producirse un desgaste precoz de los elementos neumáticos por efecto de partículas de suciedad y agua condensada
- **Compresión** : El aire comprimido no permite obtener velocidades homogéneas y constantes de los émbolos
- **Fuerza** : El aire comprimido es económico solamente hasta determinados niveles de fuerza. Este límite se ubica entre 20,000 y 30,000 Newtons según la carrera y la velocidad y suponiendo el uso de las presiones comunes que oscilan entre 6 y 7 bars.
- **Aire de escape** : El aire de escape produce mucho ruido. Sin embargo, este problema puede ser resuelto de modo bastante satisfactorio utilizando materiales que atenúan el ruido y silenciadores.

### 1.3.2 Compresión

La elección del compresor depende de la presión de trabajo y de la cantidad de aire necesaria. Los compresores son clasificados según el tipo de construcción que se use, así tenemos a la clasificación que se muestra en la figura 1.1.



#### Compresor de émbolo:

Los compresores de émbolo comprimen el aire que entra a través de una válvula de aspiración y después, el aire pasa al sistema a través de una válvula de escape.

Los compresores de émbolo son utilizados con frecuencia porque su gama cubre un amplio margen de presiones. Para generar presiones elevadas se recurre a un sistema escalonado de estos compresores. En ese caso, el aire es enfriado entre cada una de las etapas de compresión.

**Las presiones óptimas para los compresores de émbolo son las siguientes :**

hasta 400 kPa	(4bar)	una etapa
hasta 1500 kPa	(15bar)	dos etapas
más de 1500 kPa	( + 15bar)	tres o más etapas

**Compresor de membrana :**

Los compresores de membrana pertenecen al grupo de compresores de émbolo. En este caso la cámara de compresión esta separada del émbolo mediante una membrana. Esta solución ofrece la ventaja de no dejar pasar aceite del compresor al aire. Por esta razón, los compresores de membrana suelen utilizarse en la industria de alimentos y en la industria farmacéutica y química.

**Compresores de émbolo giratorio :**

Los compresores de émbolo giratorio comprimen el aire mediante un émbolo que gira. Durante el proceso de compresión se reduce continuamente la cámara de compresión.

**Compresor helicoidal :**

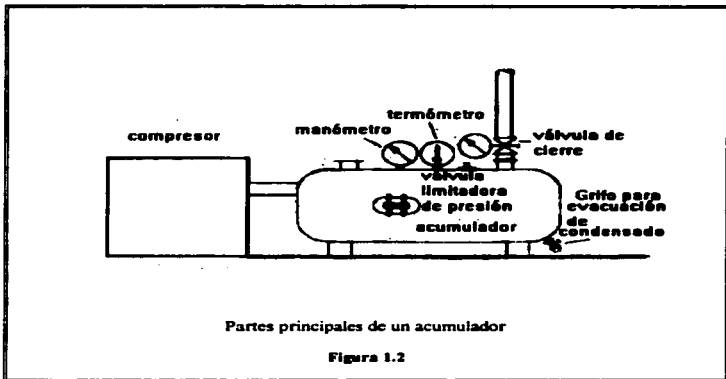
En estos compresores, dos árboles de perfil helicoidal giran en sentido contrario. El perfil de ambos árboles engrana y así se transporta y comprime el aire.

### 1.3.3 Acumulación

La acumulación del aire comprimido proveniente del compresor se hace a través de un equipo llamado acumulador y su función consiste en nivelar la alimentación de aire a presión al sistema y procurar que las oscilaciones de la presión se mantengan en niveles mínimos.

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 evacuada regularmente a través de un grifo.

El esquema de un acumulador se encuentra en la figura 1.2, donde se observan a las partes principales que lo constituyen.



**El tamaño del acumulador depende de los siguientes parámetros.**

- **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 del sistema**

#### **1.3.4 Secador de aire**

**El aire comprimido con un contenido demasiado elevado de humedad reduce la vida útil de sistemas neumáticos. En consecuencia es necesario instalar secadores de aire con el fin de reducir el contenido de humedad del aire hasta alcanzar los niveles deseados. Para secar el aire puede recurrirse a alguno de los siguientes métodos:**

- **Secado por enfriamiento**
- **Secado por adsorción**
- **Secado por absorción**

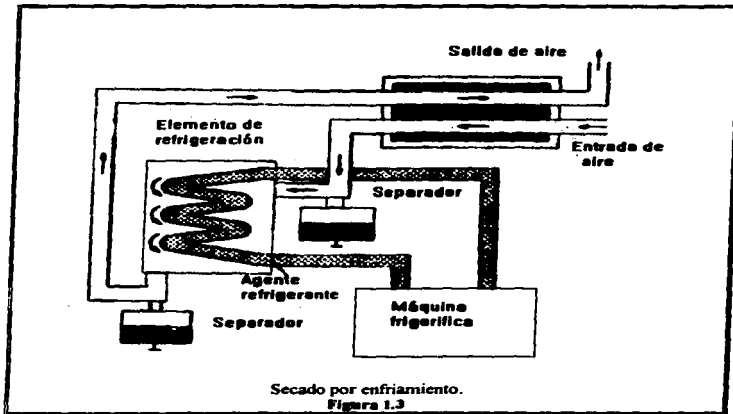
**Secado por enfriamiento:**

**El secador usado con más frecuencia es el secador por enfriamiento. En él, el aire es enfriado hasta temperaturas inferiores al punto de condensación. La humedad contenida en el aire es segregada y recogida en un recipiente.**

El aire que penetra en el secador por enfriamiento pasa antes por un proceso de enfriamiento previo en el que se recurre al aire frío que sale de un intercambiador térmico. A continuación el aire es enfriado en el secador hasta alcanzar una temperatura inferior al punto de condensación.

Cabe señalar que el punto de condensación, es aquella temperatura que tiene que alcanzar el aire para que pueda condensar el agua.

Cuanto menor sea la temperatura en relación con el punto de condensación, tanto más agua condensará. El secado por enfriamiento permite alcanzar temperaturas entre los 2°C y 5°C. Como nos lo muestra la figura 1.3.

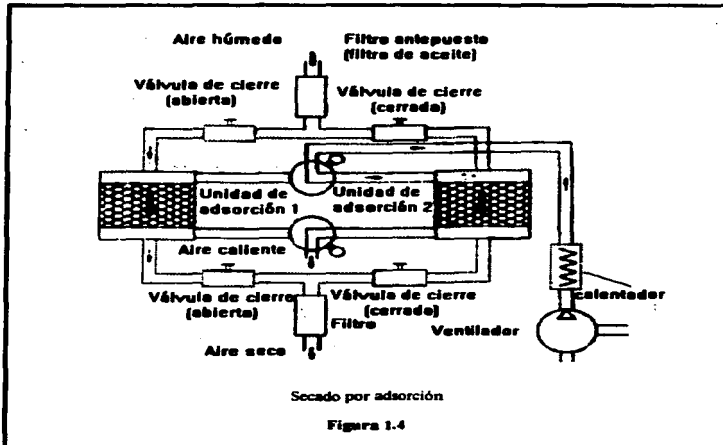




**Secado por adsorción :**

El agente secador, también denominado gel secador, es un granulado compuesto principalmente de óxido de silicio. El método de secado por adsorción permite obtener los puntos de condensación más bajos (hasta  $-90^{\circ}\text{C}$ ).

Siempre se utilizan dos unidades de adsorción. Si el gel de la primera unidad de adsorción está saturado, el equipo conmuta a la segunda unidad. Entretanto, la primera unidad es regenerada mediante un proceso de secado con aire caliente, como se puede observar en la figura 1.4.



**Secado por absorción:**

El proceso de secado por absorción es un método puramente químico que es utilizado muy pocas veces a raíz de los elevados costos de servicio.

Una materia gasiforme es fijada por una materia sólida o líquida.

Primero, el aire a presión es guiado a través de un filtro para retirar la mayor cantidad de gotas de agua y de aceite posibles. Cuando el aire entra en el secador, es sometido a un movimiento rotativo al atravesar la cámara de secado, la cual contiene una masa de secado. La humedad se une a dicha masa de secado y la disuelve. El líquido obtenido de este modo pasa al depósito inferior.

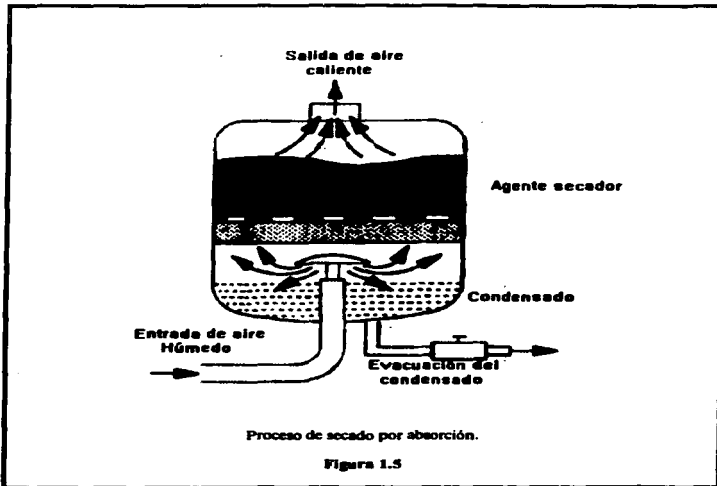
Este depósito tiene que ser vaciado regularmente y, además, deberá sustituirse también con regularidad la masa de secado.

El secado por absorción presenta algunas características como las siguientes:

- Instalación sencilla del equipo.
- Poco desgaste mecánico (carece de piezas móviles).

- No hay necesidad de recurrir a fuentes de energía externas.

Como se puede observar en la figura 1.5.



### **1.3.5 Distribución de aire**

Para que la distribución del aire sea fiable y no cause problemas, es recomendable acatar una serie de puntos. Entre ellos:

- Dimensiones correctas del sistema de tuberías.
- Resistencia al caudal de aire.
- Elección correcta de los materiales.

**Dimensiones de las tuberías :**

Tratándose de instalaciones nuevas, siempre debe tomarse en cuenta una posible ampliación posterior. Concretamente, la tubería principal deberá tener dimensiones mayores a las que se necesiten para el sistema actual. Con miras a una posterior ampliación, también es recomendable instalar cierres y válvulas de bloqueo adicionales.

En todos los conductos se producen pérdidas de presión a raíz de resistencias al flujo, especialmente en zonas de estrechamiento, en ángulos, bifurcaciones y

conexiones de tubos. Estas pérdidas tienen que ser compensadas por el compresor. La disminución de presión en todo el sistema no deberá ser mayor a 0.1 bar.

Para calcular las diferencias de presión es necesario conocer exactamente la longitud de las tuberías. Las conexiones de tubos, las desviaciones y los ángulos deberán ser sustituidos por las longitudes respectivas. Además, la selección del diámetro interior correcto depende también de la presión de servicio y de la cantidad de aire alimentado al sistema; en consecuencia, es recomendable calcular el diámetro mediante soluciones gráficas.

**Resistencia al caudal :**

Cualquier tipo de influencia que incida sobre el flujo de aire o cualquier cambio de dirección significan un factor de interferencia que provoca un aumento de la resistencia al flujo. Ello tiene como consecuencia una constante disminución de la presión dentro de las tuberías. Dado que es inevitable utilizar desviaciones, ángulos y conexiones de tubos en cualquier red neumática, es imposible evitar una reducción de la presión. No obstante, la instalación óptima de las conexiones, la elección de los materiales adecuados y el montaje correcto de las conexiones pueden contribuir a que la reducción sea mínima.

## **Materiales:**

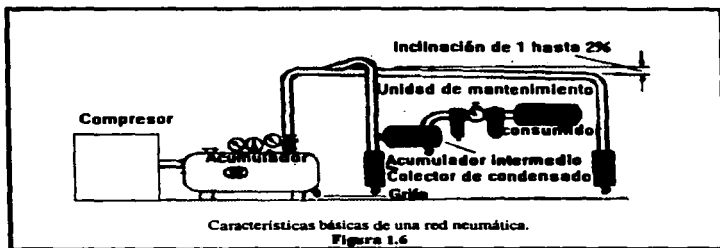
Los sistemas neumáticos modernos exigen la instalación de tubos que cumplan con determinadas condiciones. Concretamente, los materiales tienen que cumplir con lo siguiente :

- **Bajo nivel de pérdida de presión**
- **Estanqueidad**
- **Resistencia a la corrosión**
- **Posibilidad de ampliación**

En lo que respecta al uso de materiales de plástico. No solo tiene que tomarse en cuenta su precio, sino que también cabe anotar que con ellos los costos de instalación son más bajos. Los tubos de plástico pueden unirse de modo completamente hermético utilizando pegamentos. Además, las redes de tuberías de plástico pueden ampliarse fácilmente.

Las tuberías de cobre o de acero, por lo contrario, son más baratas, pero para unir las hay que soldarlas o utilizar conexiones roscadas. Si estos trabajos no son

llevados a cabo de modo esmerado, bien puede suceder que el sistema sea contaminado con virutas, residuos de soldadura, depósitos de partículas o de materiales de juntas. De este modo pueden surgir problemas durante el funcionamiento del sistema. Tratándose de tubos de diámetros pequeños y medianos, los de plástico ofrecen ventajas en comparación con todos los demás en lo que respecta al precio, al montaje, al mantenimiento y a la posibilidad de ampliar la red. En la figura 1.6 podemos observar las características básicas que debe tener una red neumática.



Dadas las oscilaciones de la presión en la red, es indispensable que los tubos sean montados sólidamente, ya que de lo contrario es posible que se produzcan fugas en las conexiones atornilladas o soldadas.

También cabe señalar que la configuración de la red de tuberías es de gran importancia para el funcionamiento económico del sistema, aparte de escoger las dimensiones correctas de los tubos y de optar por una buena calidad de los materiales empleados. El compresor suministra al sistema aire a presión en ciertos intervalos. Por lo tanto es frecuente que el consumo de aire a presión aumente solo durante un breve plazo. Esta circunstancia puede provocar condiciones desfavorables en la red de aire a presión, Si se evita esta variación se obtiene un nivel de presión relativamente constante.

## **1.4 Actuadores**

### **1.4.1 Introducción**

Los actuadores son componentes que transforman la energía en trabajo. La señal de salida es controlada por los elementos de proceso ( sensores ) y el actuador reacciona a dicha señal por acción de los elementos de maniobra ( válvula ).

Los actuadores neumáticos pueden clasificarse en dos grupos según el movimiento, si es lineal o giratorio:



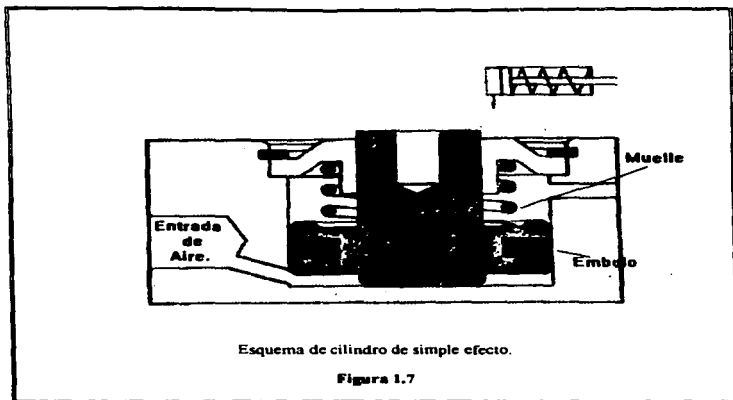
- **Movimiento rectilíneo (movimiento lineal)**
  - Cilindros de simple efecto
  - Cilindros de doble efecto
- **Movimiento giratorio**
  - Motor neumático
  - Actuador giratorio

#### **1.4.2 Cilindros**

##### **1 ) Cilindros de simple efecto :**

**Los cilindros de simple efecto reciben aire a presión sólo en un lado por lo que sólo pueden ejecutar el trabajo en un sentido y el retroceso está a cargo de un muelle incluido en el cilindro o se produce por efecto de una fuerza externa.**

**La fuerza del muelle hace retroceder el vástago del cilindro a suficiente velocidad, pero sin que el muelle tenga suficiente fuerza para soportar una carga. En el dibujo siguiente se puede ver el esquema de un cilindro de simple efecto.**



En los cilindros de simple efecto con muelle de reposición, la carrera está definida por la longitud del muelle. En consecuencia, los cilindros de simple efecto tienen una longitud máxima de aproximadamente 80mm.

Por su diseño, los cilindros de simple efecto pueden ejecutar diversas funciones de movimientos denominados de alimentación, tales como los que se mencionan a continuación :

- Entregar
- Bifurcar
- Juntar
- Accionar
- Fijar
- Expulsar

Los cilindros de simple efecto están equipados con una junta simple en el émbolo, en el lado sometido a presión. La estanqueidad de los cilindros de metal o plástico se logra utilizando un material flexible (Perbunán). Los bordes de la junta se deslizan a lo largo de la camisa del cilindro cuando ejecuta los movimientos.

## 2 ) Cilindros de doble efecto:

El diseño de estos cilindros es similar al de los cilindros de simple efecto. No obstante, los cilindros de doble efecto no llevan muelle de reposición y, además, las dos conexiones son utilizadas correspondientemente para la alimentación y la evacuación del aire a presión. Los cilindros de doble efecto ofrecen la ventaja de poder ejecutar trabajos en ambos sentidos. Se trata, por lo tanto, de cilindros sumamente versátiles. La fuerza ejercida sobre el vástago es algo mayor en el movimiento de avance que el de retroceso porque la superficie en el lado del émbolo es más grande que en el lado del vástago.

Los cilindros de doble efecto tienen las siguientes aplicaciones y su desarrollo manifiesta tener las siguientes tendencias :

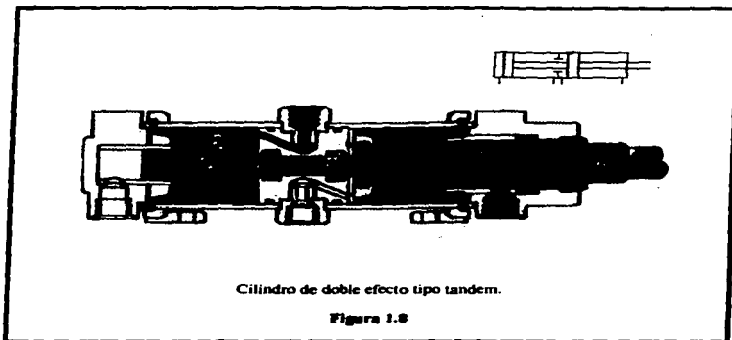
- **Detección sin contacto - Utilización de imanes en el lado del vástago para activar contactos tipo Reed.**
- **Frenado de cargas pesadas.**
- **Uso de cilindros sin vástago en espacios reducidos.**
- **Uso de materiales diferentes, como por ejemplo plástico.**
- **Recubrimiento protector contra daños ocasionados por el medio ambiente (por ejemplo, recubrimiento resistente a los ácidos).**
- **Mayor resistencia.**
- **Aplicaciones en la robótica con características especiales, tales como vástagos antigiro o vástagos huecos para uso de ventosas.**

Como ejemplo de estos cilindros se puede mencionar a los tipos siguientes:

a ) **Cilindro tandem** : Se trata de un conjunto de dos cilindros de doble efecto. Su diseño y la aplicación simultánea de presión en ambos émbolos permite casi duplicar la fuerza del vástago. Este tipo de cilindro es utilizado en todos los casos

en los que es necesario disponer de una gran fuerza, sin importar el diámetro del cilindro.

En la siguiente figura 1.8 se puede apreciar el diagrama de un cilindro de doble efecto tipo tandem.



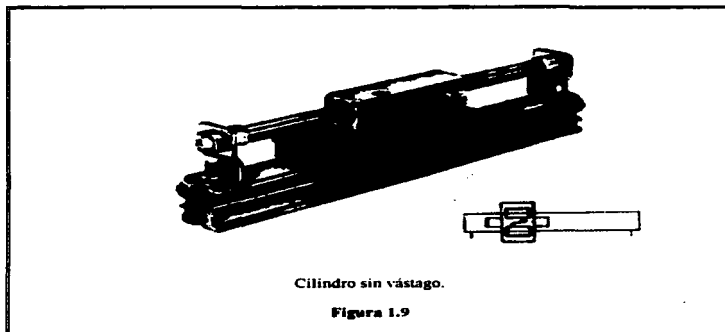
b) Cilindros sin vástago:

Este cilindro neumático de doble efecto (cilindro sin vástago) está compuesto de una camisa, un émbolo y un carro exterior montado sobre el cilindro. El émbolo puede moverse libremente dentro del cilindro en concordancia con las respectivas señales neumáticas. El émbolo y el carro exterior están provistos de imanes

permanentes. La transmisión del movimiento del émbolo hacia el carro se efectúa con la misma fuerza mediante el acoplamiento magnético. En el momento en que el émbolo es sometido a presión, el carro se desplaza de modo sincronizado en relación con el émbolo. Este tipo de cilindros es utilizado principalmente para carreras extremadamente largas de hasta 10m.

En la superficie del carro pueden montarse directamente diversos equipos o colocarse cargas. La camisa del cilindro está herméticamente cerrada en relación con el carro, puesto que entre los dos no existe conexión mecánica alguna.

En consecuencia, tampoco es posible que se produzcan fugas. En la figura 1.9 se puede apreciar un cilindro sin vástago.



### 1.4.3 Motores

Los equipos que transforman energía neumática en movimientos giratorios mecánicos que pueden ser continuos se llaman motores neumáticos. El motor sin limitación del ángulo de giro es uno de los elementos de trabajo más utilizados en sistemas neumáticos. Los motores neumáticos son clasificados en función de su diseño:

- Motores de émbolo
- Motores de aletas
- Motores de engranaje
- Turbinas

#### Motores de émbolos :

Este tipo de motores se clasifica en motores radiales y axiales. El movimiento del émbolo tiene como consecuencia que el aire a presión actúa sobre una biela, que a su vez actúa sobre el cigüeñal. Para que el motor trabaje de modo homogéneo es necesario que conste de varios cilindros. La potencia de los motores depende de la presión de entrada, de la cantidad de cilindros, de la superficie de los émbolos y de la velocidad de éstos.

Los motores axiales funcionan de modo parecido a los motores radiales de émbolos. Cinco cilindros de disposición axial se encargan de transformar la fuerza en un movimiento giratorio a través de un disco. Dos émbolos reciben simultáneamente presión con el fin de conseguir un par de giro equilibrado para que el motor trabaje homogéneamente.

Estos motores neumáticos pueden girar en ambos sentidos. El régimen de revoluciones máximo es de aproximadamente  $500 \text{ min}^{-1}$ , siendo el campo de potencia de 1,5 hasta 19 kW (de 2 hasta 25 CV) a presión normal.

#### Motores de aletas:

Los motores neumáticos suelen ser fabricados en la versión de motores rotativos con aletas, porque pesan poco y su diseño es sencillo.

En una cámara cilíndrica se encuentra un rotor excéntrico. Dicho rotor está provisto de ranuras. Las aletas son guiadas por las ranuras y presionadas hacia la camisa del cilindro por efecto de la fuerza centrífuga. De este modo, las cámaras quedan separadas herméticamente. El régimen de revoluciones del rotor oscila entre  $3000$  y  $8500 \text{ min}^{-1}$ . Estos motores también pueden ser de giro hacia la derecha o hacia la izquierda y su potencia es regulable entre  $0,1$  hasta  $17 \text{ kW}$  ( $0,1$  hasta  $24 \text{ CV}$ ).



**Motores de engranaje:**

El par de giro de estos motores es el resultado de la presión que ejerce el aire contra los flancos de dos dientes engranados. Una de las ruedas dentadas esta fijamente montada en el árbol del motor. Estos motores de engranajes pueden ofrecer importantes cotas de potencia (44 kW/60 CV ). La dirección del giro puede también variar en estos motores que son fabricados con engranajes rectos o helicoidales.

**Turbinas:**

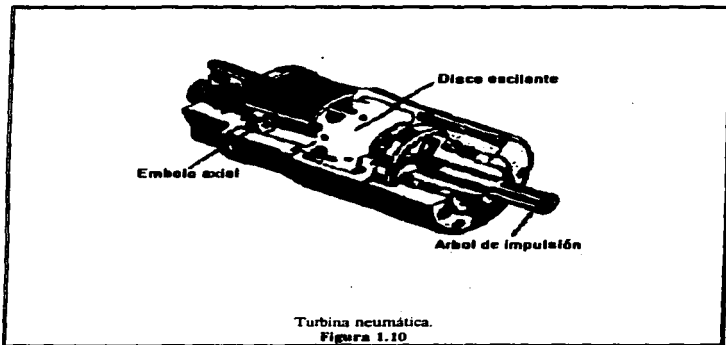
Las turbinas sólo pueden utilizarse si la potencia requerida es baja. No obstante, el régimen de revoluciones es muy elevado (por ejemplo: taladro de dentista 500,000 min<sup>-1</sup>). Su funcionamiento se rige por la inversión del principio de compresión del flujo.

Es importante mencionar que los motores neumáticos cuentan con algunas características como las que se mencionan a continuación:

- Regulación sin escalonamientos de las revoluciones y del par de giro.

- Gran variedad de regimenes de revoluciones.
- Dimensiones pequeñas (bajo peso).
- Seguros contra sobre carga.
- Resistentes al polvo, agua, calor, frío.
- Sin peligro de explosión.
- Mantenimiento simple.
- Facilidad de cambiar el sentido del giro.

La figura 1.10 nos muestra el esquema de una turbina en la que se pueden observar sus componentes.

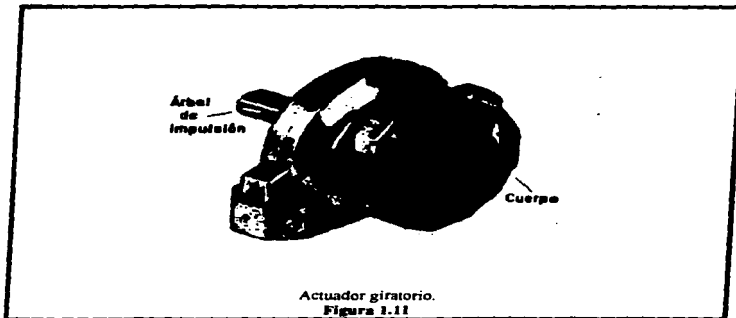


#### 1.4.4 Actuador giratorio:

Características de los actuadores giratorios:

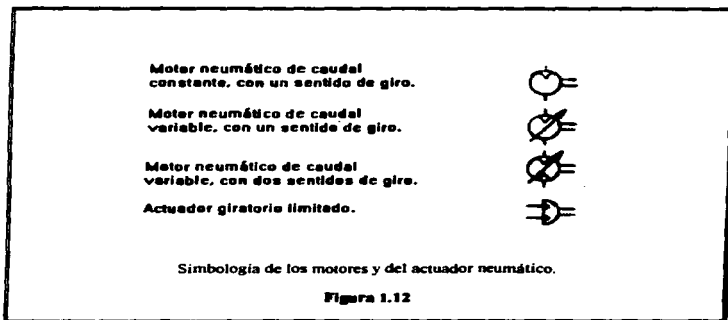
- Pequeños y resistentes.
- De acabado fino y, por lo tanto, de alto rendimiento.
- Disponibles con sensores sin contactos.
- Ángulo de giro ajustable.
- Fabricados en metal ligero.
- Fácil instalación.

En la figura siguiente 1.11 se puede observar un actuador o cilindro giratorio.



## 1.4.5 Simbología

La figura 1.12 nos muestra la simbología de los motores y de los actuadores neumáticos.



## **1.5 Válvulas**

### **1.5.1 Introducción**

Los mandos neumáticos están compuestos por elementos señalizadores, elementos de control y unidades de trabajo. Los elementos señalizadores y de control inciden sobre el ciclo de las unidades de trabajo por lo que son denominados válvulas. Las válvulas son componentes que sirven para controlar o regular el arranque, el paro, la dirección, la presión y el paso del aire comprimido proveniente de una bomba o de un acumulador.

### **1.5.2 Tipos de válvulas**

#### **Válvulas de cierre:**

Las válvulas de cierre bloquean el paso en una dirección y lo abren en la dirección contraria. La presión en el lado de la salida ejerce una fuerza sobre el lado que bloquea y, por lo tanto, apoya el efecto de estanqueidad de la válvula.

#### **Válvulas de estrangulación:**

Las válvulas de estrangulación regulan el caudal del aire a presión en ambas direcciones. Si, además de la válvula de estrangulación, también se instala una válvula de antirretorno, la velocidad es regulada sólo en una dirección.

### Válvulas de presión :

Las válvulas de presión son elementos que se encargan de regular la presión o que son controladas por la presión. Estas válvulas son utilizadas para mantener una presión constante, incluso si oscilase la presión en la red neumática. La presión mínima de entrada tiene que ser mayor que la presión de salida.

### Válvulas limitadoras de presión:

Estas válvulas son utilizadas principalmente como válvulas de seguridad, ya que evitan que la presión en el sistema sea mayor que la presión máxima admisible. Una vez que la presión puesta en la entrada de la válvula de seguridad llega a la presión máxima que se ha ajustado en dicha válvula, se abre la salida, con lo que el aire es evacuado. La válvula se mantiene abierta hasta que el muelle la vuelve a cerrar una vez que la presión alcanza nuevamente el nivel que se haya ajustado.

### 1.5.3 Válvulas de vías

Las válvulas de vías son dispositivos que influyen en el paso, el bloqueo y la dirección de flujo del aire. El símbolo de las válvulas informa sobre la cantidad de conexiones, la posición de conmutación y sobre el tipo de accionamiento. Sin

#### **Válvulas de presión :**

Las válvulas de presión son elementos que se encargan de regular la presión o que son controladas por la presión. Estas válvulas son utilizadas para mantener una presión constante, incluso si oscilase la presión en la red neumática. La presión mínima de entrada tiene que ser mayor que la presión de salida.

#### **Válvulas limitadoras de presión:**

Estas válvulas son utilizadas principalmente como válvulas de seguridad, ya que evitan que la presión en el sistema sea mayor que la presión máxima admisible. Una vez que la presión puesta en la entrada de la válvula de seguridad llega a la presión máxima que se ha ajustado en dicha válvula, se abre la salida, con lo que el aire es evacuado. La válvula se mantiene abierta hasta que el muelle la vuelve a cerrar una vez que la presión alcanza nuevamente el nivel que se haya ajustado.

### **1.5.3 Válvulas de vías**

Las válvulas de vías son dispositivos que influyen en el paso, el bloqueo y la dirección de flujo del aire. El símbolo de las válvulas informa sobre la cantidad de conexiones, la posición de conmutación y sobre el tipo de accionamiento. Sin

embargo, los símbolos nada indican sobre la composición de las válvulas, limitándose a mostrar su función.

La **posición inicial** de una válvula equipada con sistema de reposición (que puede ser por ejemplo, un muelle) se refiere a la posición que ocupan las piezas móviles de la válvula cuando no está conectada.

La **posición normal** de una válvula es aquella, que se refiere al estado en el que se encuentran las piezas móviles de la válvula montada en un sistema neumático cuando se conecta a la alimentación de presión de la red neumática o eléctrica en su caso. Es decir, se trata de la posición a partir de la cual empieza a ejecutarse el programa de mando.

#### 1.5.4 Simbología

La simbología que se utiliza en los sistemas neumáticos utiliza las siguientes consideraciones:

- Las posiciones de conmutación de las válvulas son representadas por un cuadrado



- La cantidad de los cuadrados indica la cantidad de posiciones de una válvula
- En el interior de los cuadrados se indica la función y el efecto de la válvula. Las conexiones son indicadas mediante líneas y las flechas muestran la dirección del flujo
- Los bloqueos se marcan con líneas transversales dentro de los cuadros
- Las conexiones entre conductos están indicadas con puntos
- Las conexiones (de alimentación y retorno) se incluyen en los cuadros que muestran la posición normal o inicial
- Las otras posiciones se obtienen desplazando los cuadrados hasta que coincidan los conductos con las conexiones
- Las posiciones de conmutación pueden estar indicadas con las letras minúsculas a, b, c, ... y con 0.
- Si la válvula tiene tres posiciones, la intermedia es la normal.
- Tratándose de válvulas con muelle de retorno, la posición normal es aquella en la que las partes móviles de la válvula asume una posición determinada si la válvula no está conectada.
- La posición inicial es aquella que asume las partes móviles de la válvula cuando ésta acoplada a un sistema en el que está conectada la presión de la red o la tensión eléctrica. El programa de maniobras empieza en la posición inicial.

- La cantidad de los cuadrados indica la cantidad de posiciones de una válvula.
- En el interior de los cuadrados se indica la función y el efecto de la válvula. Las conexiones son indicadas mediante líneas y las flechas muestran la dirección del flujo.
- Los bloqueos se marcan con líneas transversales dentro de los cuadros.
- Las conexiones entre conductos están indicadas con puntos.
- Las conexiones (de alimentación y retorno) se incluyen en los cuadros que muestran la posición normal o inicial.
- Las otras posiciones se obtienen desplazando los cuadrados hasta que coincidan los conductos con las conexiones.
- Las posiciones de conmutación pueden estar indicadas con las letras minúsculas a, b, c, ... y con 0.
- Si la válvula tiene tres posiciones, la intermedia es la normal.
- Tratándose de válvulas con muelle de retorno, la posición normal es aquella en la que las partes móviles de la válvula asume una posición determinada si la válvula no está conectada.
- La posición inicial es aquella que asume las partes móviles de la válvula cuando ésta acoplada a un sistema en el que está conectada la presión de la red o la tensión eléctrica. El programa de maniobras empieza en la posición inicial.

- Conductos de escape de aire con conexión a tubería (aire de retorno recuperable). Triángulo no situado directamente junto al símbolo.
- Conductos de escape sin conexión a tuberías (aire de retorno no recuperable). Triángulo situado junto al símbolo.
- Las conexiones están marcadas con letras mayúsculas para facilitar la correcta identificación de las conexiones en válvulas.

Concretamente, se aplican las siguientes mayúsculas respectivamente:






	Sist. Europeo	Sist. Americano
Conductos de trabajo	2, 4	(A, B, C)
Conexión a energía	1	(P)
Escape de aire	3, 5, 7	(R, S, T)
Conductos de control	10, 12, 14	(Z, Y, X)

La denominación de una válvula depende de la cantidad de las conexiones controladas y de la cantidad de posiciones. El primer dígito de la especificación indica la cantidad de vías, es decir, la cantidad de conexiones controladas. El segundo dígito indica la posiciones de la válvula.

Por ejemplo:

Válvula de 3/2 vías: 3 conexiones controladas y 2 posiciones (dos cuadrados).

En la figura 1.13 y 1.14 podemos observar los diferentes tipos de simbologías para los tipos de válvulas existentes.

Denominación	Posición normal	Símbolo
Válvula de 2/2 vías	cerrada	
Válvula de 2/2 vías	abierta	
Válvula de 3/2 vías	cerrada	
Válvula de 3/2 vías	abierta	
Válvula de 3/3 vías	posición intermedia bloqueada	

Simbología de los diferentes tipos de válvulas.

Figura 1.13

Denominación	Posición normal	Símbolo
Válvula de 4/2 vías	1 conducto entrada de aire 2 conductos de salida de aire	
Válvula de 4/3 vías	posición intermedia desguace	
Válvula de 4/3 vías	En posición intermedia salida de aire en A y B; posición de escape	
Válvula de 3/2 vías		
Válvula de 6/3 vías		

Simbología de los diferentes tipos de válvulas

Figura 1.14

## 1.6 Relés

### 1.6.1 Introducción

Los relés son utilizados en máquinas y equipos como elementos de control y regulación. Un relé debe cumplir con determinados requisitos prácticos como los siguientes:

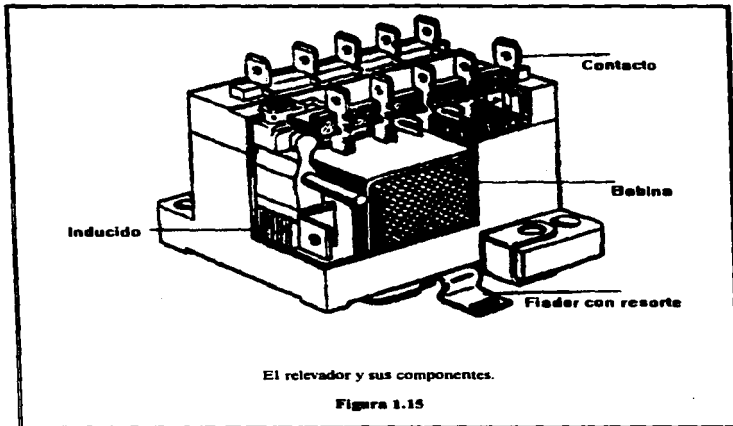
- Sin necesidad de mantenimiento.
- Elevada frecuencia de conmutación.

- Conmutación de corrientes y tensiones muy pequeñas y, también, relativamente altas.
- Velocidad de trabajo alta, es decir, tiempos mínimos de conmutación.

Los relés son elementos conectivos que conmutan y controlan con poca energía.

Los relés son utilizados principalmente para el procesamiento de señales. Un relé puede ser descrito como un conmutador de rendimiento definido y accionado electromagnéticamente.

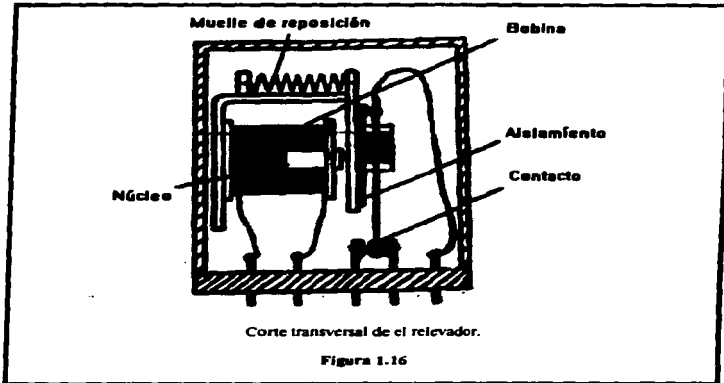
En la figura 1.15 se aprecia el esquema de un relevador y sus componentes.



### 1.6.2 Funcionamiento

Conectando un voltaje a la bobina del relevador fluye una corriente que crea un campo magnético que desplaza al inducido hacia el núcleo de la bobina, y el inducido, por su parte, está provisto de contactos mecánicos que se pueden abrir o cerrar. El estado descrito se mantiene mientras se aplica la tensión y al interrumpirla, el inducido vuelve a su posición normal por acción de un muelle.

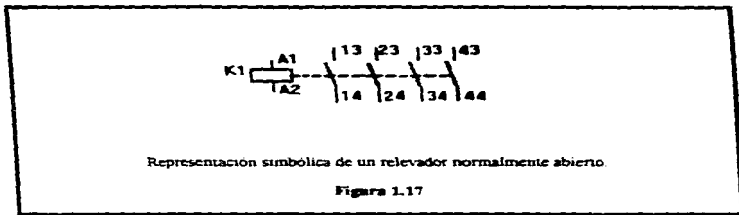
En el esquema ( 1.16 ) se puede ver cada una de las partes que se fueron nombrando en la descripción de funcionamiento anterior.



### 1.6.3 Simbología

Para simplificar la lectura de los esquemas eléctricos, se utilizan símbolos para los relés.

En la figura 1.17 se puede observar la representación simbólica de un relevador normalmente abierto.



Los relés son denominados K1, K2, K3, ....

Las conexiones eléctricas (en la bobina) se llaman A1 y A2.

El relé tiene cuatro contactos normalmente abiertos, tal como lo muestra el símbolo.

Así mismo, también se utilizan los números 13 23 33 43

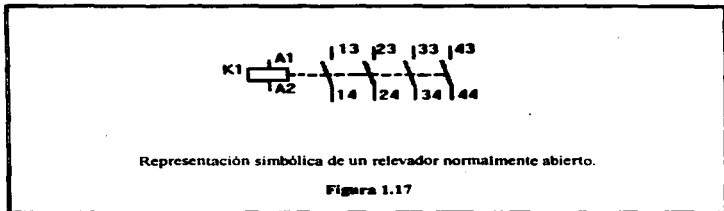
14 24 34 44



### 1.6.3 Simbología

Para simplificar la lectura de los esquemas eléctricos, se utilizan símbolos para los relés.

En la figura 1.17 se puede observar la representación simbólica de un relevador normalmente abierto.



Los relés son denominados K1, K2, K3, ....

Las conexiones eléctricas (en la bobina) se llaman A1 y A2.

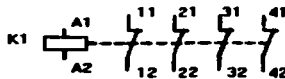
El relé tiene cuatro contactos normalmente abiertos, tal como lo muestra el símbolo.

Así mismo, también se utilizan los números 13 23 33 43

14 24 34 44

La primera cifra se refiere a la numeración de los contactos. La segunda cifra nos indica que se trata de contactos normalmente abiertos ( 3 y 4 ).

En la figura 1.18 se puede observar la representación simbólica de un relevador normalmente cerrado.

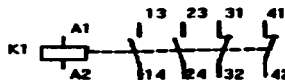


Representación simbólica de un relevador normalmente cerrado.

Figura 1.18

Este símbolo muestra un relé con cuatro contactos normalmente cerrados. También en este caso se recurre a una numeración correlativa y las cifras 1 y 2 nos indica que se trata de contactos normalmente cerrados.

En la figura 1.19 se puede observar la representación simbólica de un relevador combinado.



Representación simbólica de un relevador combinado.

Figura 1.19

Si se necesitan contactos diferentes, se utilizan relés que tienen una combinación de contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados.

La identificación por cifras es muy útil en la práctica ya que facilita considerablemente la conexión de los relés.

Este símbolo ( Figura 1.19 ), muestra un relé con dos contactos normalmente cerrados y dos contactos normalmente abiertos. En este caso se recurre a una numeración correlativa y las cifras 3 y 4, 1 y 2 se refieren a contactos normalmente abiertos y normalmente cerrados respectivamente.

#### 1.6.4 Características

Los relés cuentan con algunas características ventajosas de trabajo, por ejemplo :

- Fácil adaptación a diversas tensiones de trabajo.
- Insensibilidad térmica frente al medio ambiente. Los relés funcionan fiablemente a temperaturas entre 80°C hasta -40°C.
- Resistencia relativamente elevada entre los contactos de trabajo desconectados.

- Posibilidad de activar varios circuitos independientes entre sí.
- Presencia de una separación galvánica entre el circuito de mando y el circuito principal.

Todas estas propiedades positivas de los relés se cumplen efectivamente en la práctica, por lo que puede afirmarse que seguirán ocupando un lugar importante en la industria. No obstante, el relé también tiene desventajas, algunas de éstas se mencionan a continuación:

- Desgaste de los contactos por arco voltaico u oxidación.
- Necesidad de más espacio que los transistores.
- Ruidos al conmutar.
- Velocidad de conmutación limitada de 3 ms hasta 17 ms.
- Interferencias por suciedad (polvo) en los contactos.

### **1.7 Detectores de proximidad.**

Los elementos accionados sin contacto se usan cada vez más frecuentemente en la técnica de mandos. Estos elementos están compuestos de una parte sensora y de otra que procesa las señales. Si la parte procesadora de señales produce señales binarias, entonces se trata de detectores de proximidad o iniciadores. Asimismo,

también están muy difundidos los sensores que generan señales analógicas para la determinación analógica de valores de medición.

### 1.7.1 Tipos de detectores de proximidad:

Y existen los tipos:

- Detectores de proximidad según el principio Reed.
- Detectores de proximidad inductivos.
- Detectores de proximidad capacitivo
- Detectores de proximidad ópticos:
  - ⇒ Emisor/receptor.
  - ⇒ Emisor/receptor/receptor.
  - ⇒ Emisor/reflexión/receptor.

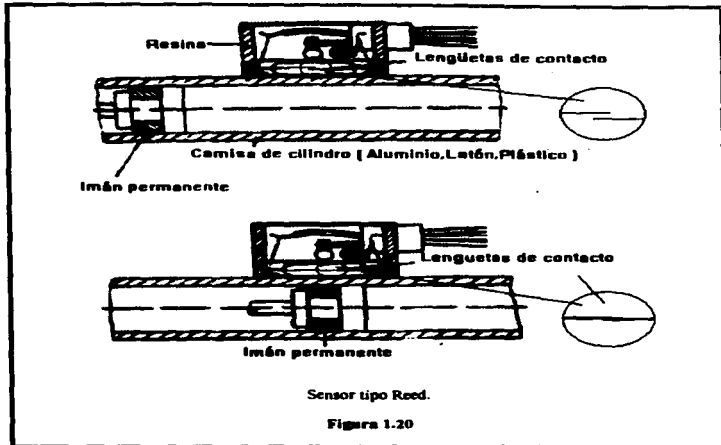
#### 1.7.1.1 Detectores de proximidad según el principio Reed.

Un detector de proximidad está compuesto de un contacto Reed encapsulado en un bloque de resina sintética. Este contacto cierra cuando se acerca a un campo magnético ( por ejemplo, un campo magnético permanente en el émbolo de un

cilindro ) y emite una señal eléctrica. Las conexiones eléctricas también están fundidas en el bloque de la resina.

Un diodo luminoso ( LED ) indica el estado de conmutación. En estado de excitación se ilumina.

La figura 1.20 nos muestra el sensor tipo Reed.



Es recomendable no instalar cilindros con detectores de proximidad magnético en las cercanías de campos magnéticos fuertes ( como los que son originados, por ejemplo, por máquinas de soldadura por resistencia).

#### **1.7.1.2 Detectores de proximidad inductivos:**

Los interruptores de final de carrera electrónicos ( detectores de proximidad ) funcionan sin contacto directo, lo que significa que conmutan por aproximación silenciosamente, sin rebotar y sin efecto retroactivo, sin desgaste de contactos y sin fuerza de accionamiento.

Los detectores de proximidad sin contacto son utilizados preferentemente en los siguientes casos:

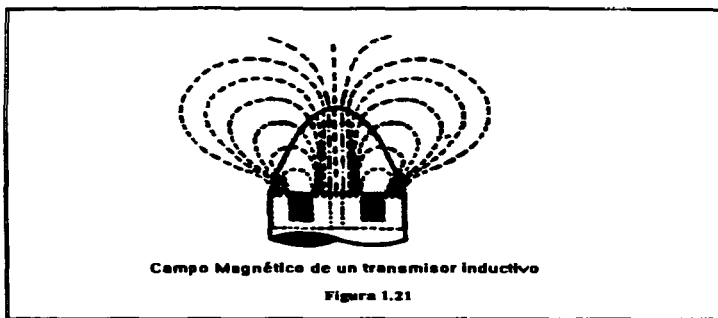
- Si no se dispone de fuerza para el accionamiento.
- Si es necesario contar con una vida útil larga.
- Si en el sistema se producen fuertes vibraciones o trepidaciones.
- Si las condiciones del medio ambiente son difíciles.
- Si son necesarias altas frecuencias de conmutación.

No obstante, deberá tomarse en cuenta lo siguiente:

- Los detectores de proximidad tienen que ser alimentados con corriente eléctrica.
- La distancia de conmutación.
- Determinados tipos de detectores de proximidad solo reaccionan frente a materiales metálicos.
- Los detectores varían según se trate de circuitos de corriente continua o alterna.
- La humedad y la temperatura ambiente suelen influir ligeramente en la distancia de respuesta. Los detectores inductivos son menos sensibles a estos factores.
- Dado que los detectores pueden provocar influencias recíprocas, es necesario acatar una distancia mínima entre ellos.
- Deberán acatarse también determinadas prescripciones para el montaje, definidas por los fabricantes. Estas prescripciones son importantes especialmente en aquellos casos en los que los detectores son montados a ras o empotrados.

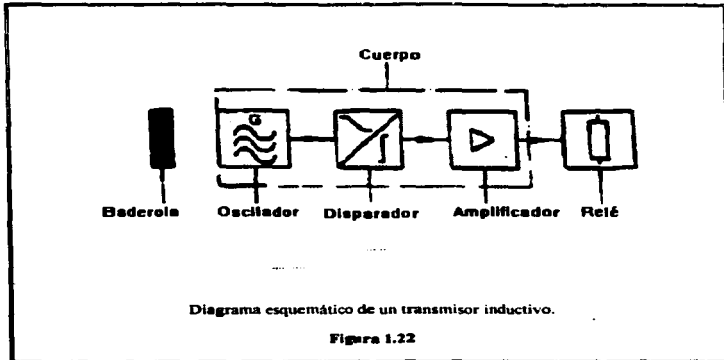


En la figura 1.21 se muestra el flujo del campo magnético que existe en un transmisor inductivo.



*Funcionamiento:*

Si en un transmisor inductivo se aplica una tensión, el oscilador produce un campo magnético de alta frecuencia mediante una bobina oscilante. Este campo es la zona de conmutación activa. Si un objeto metálico penetra en esta zona de conmutación, le sustrae energía al oscilador. Este proceso tiene un efecto amortiguador sobre la amplitud de las oscilaciones libres, por lo que se emite una señal mediante una etapa disparadora.



*Los detectores de proximidad inductivos solo reaccionan frente a objetos metálicos.*

Los detectores de proximidad pueden estar concebidos para corriente alterna o continua según la aplicación respectiva.

Los detectores de proximidad de corriente continua están concebidos para tensiones de trabajo de aproximadamente 10V hasta 30V.

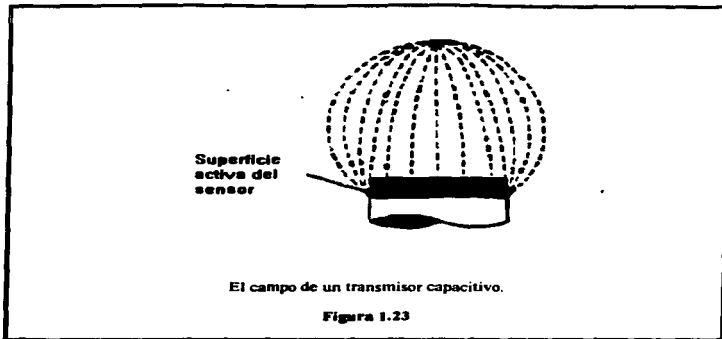
Los detectores de proximidad de corriente alterna están concebidos para tensiones de trabajo de 20V hasta 250V.

### **1.7.1.3 Detectores de proximidad capacitivo.**

Los detectores de proximidad capacitivos son capaces de sustituir fácilmente a los interruptores mecánicos de final de carrera, aunque sus aplicaciones y su montaje exigen ciertos conocimientos técnicos. Por otro lado, la teoría y las aplicaciones prácticas de los detectores de proximidad capacitivos son mucho más complicadas, debiéndose tener en cuenta muchas diferencias más.

Para que funcionen debidamente, es absolutamente indispensable que se tengan conocimientos precisos sobre su funcionamiento y sobre las prescripciones para su montaje.

Los fallos de conmutación pueden producirse especialmente por humedad en superficie activa. En la figura 1.23 se muestra el flujo del campo eléctrico que existe en un transmisor capacitivo.

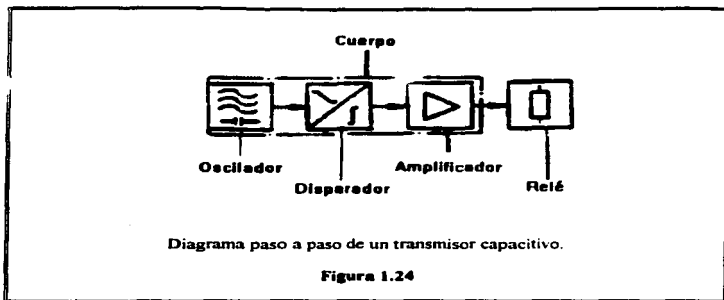


Al igual que los iniciadores inductivos, los detectores de proximidad capacitivos también funcionan con un oscilador. No obstante, tratándose de sensores capacitivos normales, el oscilador no está activo constantemente.

Si se acerca un objeto metálico o no metálico a la superficie activa del sensor, aumenta la capacidad eléctrica entre la conexión con tierra y dicha superficie activa.

Cuando se rebasa determinado valor, entonces empieza a excitarse el oscilador, el cual suele tener una sensibilidad regulable. Las oscilaciones son evaluadas por un

amplificador. Los pasos consecuentemente son iguales a los de los sensores inductivos. El medio en cuestión deberá alcanzarse tanto más, cuanto menor sea su constante dieléctrica.



Los detectores de proximidad inductivos sólo responden cuando se les aproximan objetos metálicos o de una buena conducción eléctrica. Los sensores capacitivos también reaccionan si se les acercan materiales aislantes con una constante dieléctrica superior a 1.

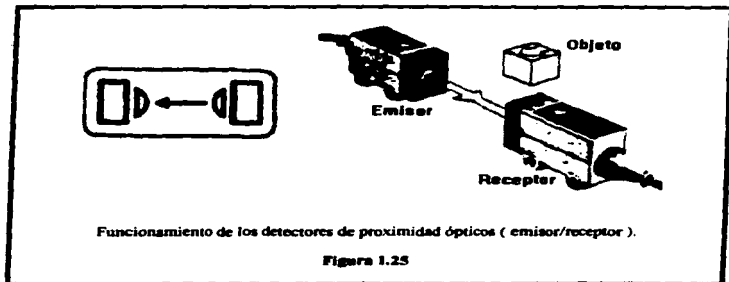
Deberá ponerse cuidado en que, por razones climáticas, no se forme una película de humedad sobre el iniciador, ya que ésta provocaría su reacción. Los sensores inductivos son mucho menos sensibles a la humedad.

### 1.7.1.4 Detectores de proximidad ópticos

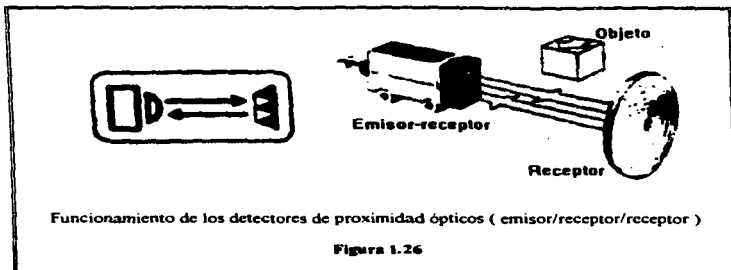
Los módulos semiconductores son "opto-electrónicos" si emiten señales luminosas, si reciben señales luminosas, o si transforman señales luminosas en señales eléctricas.

Pueden distinguirse los siguientes tipos de detectores de proximidad ópticos:

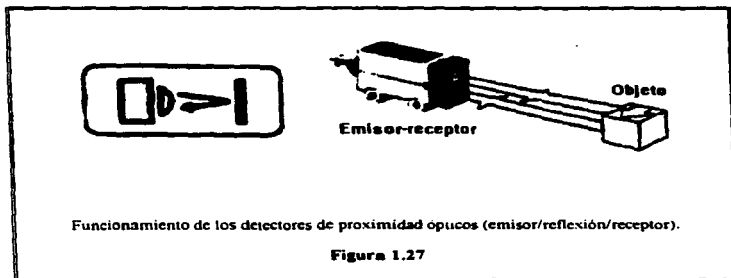
- a) **Barrera de luz con emisor y receptor separados ( emisor/receptor ),( 1.25 ).**



- b) **Barrera de reflexión, compuestas de emisor y receptor incorporados en una sola caja, y de un reflector.Figura 1.26.**



c) Detectores de luz de reflexión; al igual que las anteriores, están compuestas de emisor y receptor incorporados en una sola caja, aunque funcionan con distancias más cortas que las barreras con reflector, ya que utilizan como reflector al objeto que detectan. Figura 1.27.



---

# **CAPITULO 2**

**EL CONTROL LOGICO  
PROGRAMABLE "FPC202"**





## CAPITULO 2

### El Control Lógico Programable "FPC202"

#### 2.1 Introducción

El Control Lógico Programable (P.L.C.) procesa sus señales binarias de entrada y las convierte en señales de salida; con éstas se pueden controlar directamente secuencias mecánicas, procesos fabriles totales o parciales, etc..

El P.L.C. se encarga de que cada paso o fase de un proceso sea efectuado en el orden programado.

Según el problema que se tenga que resolver con un P.L.C., la configuración de éste puede ser más o menos compleja independientemente del grado de desarrollo de la aplicación, el equipo consta siempre de los siguientes componentes esenciales:

- Hardware
- Software
- Sensores
- Actuadores
- Equipo programador

El hardware se encuentra formado por elementos electrónicos y estos se encargan de ejecutar las funciones controlables del sistema en función de una secuencia lógica determinada.

El software se encuentra formado por los programas. Estos determinan la secuencia lógica y, por consiguiente, la activación ó desactivación, o sea el mando del grupo de software que existe en la instalación o maquinaria. Los programas están archivados en una memoria para que sean ejecutados y en su caso modificados en cualquier momento dado. Al modificar el programa se altera también la secuencia de mando.

Una modificación o cambio de software no implica un cambio de hardware.

Los sensores abarcan todos los grupos o dispositivos sobre la instalación o maquinaria controlable, que se encargan de comunicar al P.L.C. la información sobre los estados de las máquinas y pueden ser conmutadores o detectores de proximidad.

La técnica de los actuadores abarcan todos los grupos sobre la instalación o maquinaria controlable, cuya actuación modifica los estados del P.L.C., es decir modifica los procesos o indica alteraciones de estados.

## **2.2 Descripción**

El controlador FPC ha sido diseñado para tareas de automatización pequeñas y medianas. Cabe mencionar que para este controlador existen dos variantes:

a ) La Versión Interprete que se puede programar desde el teclado que se encuentra integrado en el P.L.C.

b ) La versión compilada se realiza con un equipo programador y el paquete de programación llamado FST 202.

Los programas y módulos de programas (subrutinas) son creados en un lenguaje que se llama STL (lista de instrucciones) ó LDR (diagrama de escalera).

La capacidad de memoria del P.L.C. FPC 202 es:

- 32K bits de memoria RAM (Random Access Memory).
- 32K bits de memoria ROM (Read Only Memory)

En la figura 2.1 se puede apreciar el diagrama esquemático del P.L.C. 202C, donde se pueden apreciar las siguiente partes:

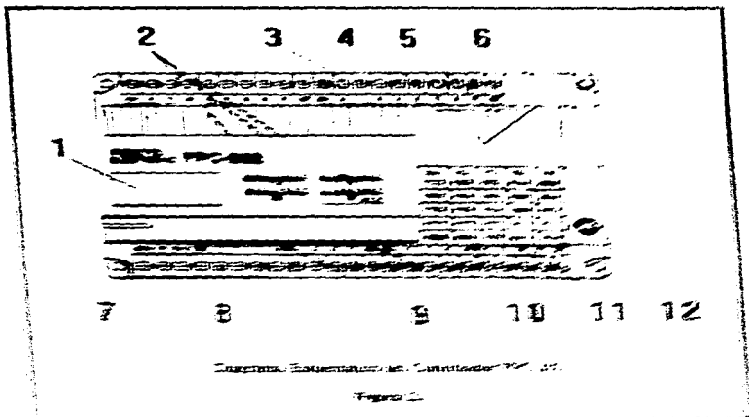
1. Display, 4 elementos de 7 segmentos.
2. Indicadores luminosos de activación.
3. Puerto de 16 entradas.
4. Eprom con sistema operativo.
5. Memoria para programas del usuario ( EPROM ).
6. Conector bus, para módulos de expansión.
7. Batería de litio, para respaldo de memoria RAM.
8. Conexión de voltaje de alimentación.

9. Módulo de 10 fusibles. ( Alimentación/Salidas )

10. Puerto de 16 salidas.

11. Teclado.

12. Puerto de comunicación PC ( Diagnóstico, Display alfanumérico tipo lazo de corriente 20 mA )

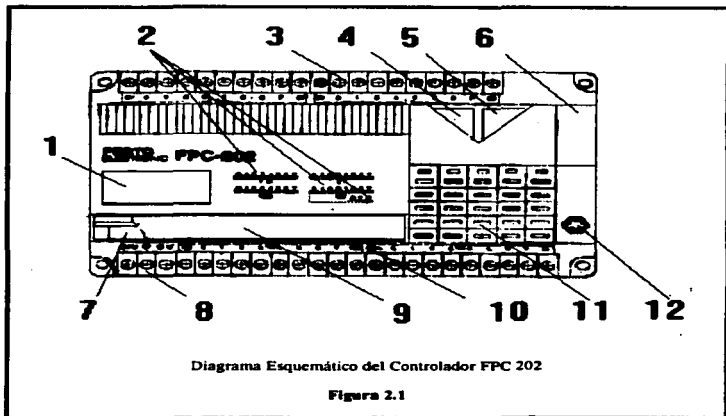


9. Módulo de 10 fusibles, ( Alimentación/Salidas ).

10. Puerto de 16 salidas.

11. Teclado.

12. Puerto de comunicación PC ( Diagnostico, Display alfanumérico tipo lazo de corriente 20 mA. ).



### 2.2.1 Unidad central de proceso (CPU)

Por su construcción, la unidad central de proceso (CPU) es casi idéntica a un ordenador. La actividad interna en la CPU se califica de procesador.

Los datos que procesa y memoriza la CPU son señales binarias y éstas se componen respectivamente de un bit (estado cero - inactivo - ó estado uno - activo).

En la unidad central se procesan las instrucciones de condición y las de ejecución que componen el programa y está conectada con los demás módulos del sistema de control. Cuando la tarea de control es de considerable complejidad, es posible resumir varios módulos de entradas y salidas, constituyendo un grupo de módulos controlados por la unidad central.

La unidad central posee las siguientes características:

- 16 entradas por módulo, agrupadas en dos palabras de 8 bits, con las siguientes características:
  - ⇒ salidas por relevador, en la primera palabra.
  - ⇒ salidas por transistor, en la segunda palabra.

### **2.2.2 Módulos de entrada/salida**

Las señales que llegan al P.L.C. las emiten los sensores y estas señales son convertidas en los módulos de entrada, en señales binarias de 1 ó 0 y son transferidas a la unidad central de proceso. Correspondientemente, los módulos de salida transfieren las señales a los actuadores respectivos.

Los módulos de entrada tienen que corresponder, necesariamente, a ciertos requerimientos como los siguientes: ( en materia de seguridad ).

- Seguro contra exceso o alimentación indebida de tensión.
- Filtraje supresor de impulsos parasitos.

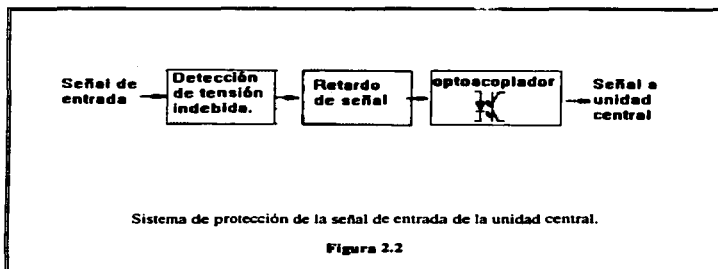
El cumplimiento de éstas y otras especificaciones, deben de estar contenidas en las características de fabricación de los equipos.

El sistema detector de tensión indebida se encarga de que la tensión de entrada siempre esté dentro de los márgenes precisos correspondientes. El retardo de señal suprime breves impulsos parasitos. Un optoacoplador aísla galvánicamente a la



unidad central frente al circuito externo de corriente. Con esta disposición se impide que posibles impulsos parásitos, que se produjeran en los cables eléctricos (por ejemplo diferencias en tensiones de tierra ), causen desperfectos en el equipo de control. Los diodos emisores de luz ( LED ) incorporados en las entradas y salidas indican si hay señal uno ó señal cero en la entrada o salida según sea el caso.

En la figura ( 2.2 ) se puede apreciar el sistema detector de tensión indebida que se requiere para protección de la señal de entrada de la unidad central.



Una señal binaria de entrada es procesada en dos fases:

1. La señal llega al circuito externo de corriente y es amortiguada por retardo.

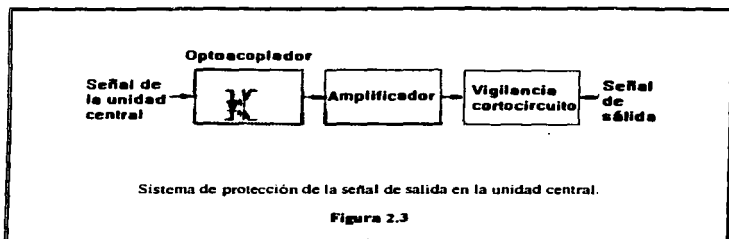
2. La separación galvánica se realiza en el optoacoplador; un impulso pequeño ( tensión aproximada de 5 volts ) es transferida a la unidad central.

Según la marca del equipo, la primera fase puede ser la separación galvánica o el retardo de la señal.

Los módulos de salida en un P.L.C. poseen una estructura idéntica a la de los módulos de entrada, sólo que en secuencia inversa. El proceso de señales tiene lugar en las fases siguientes:

1. La unidad central transfiere la señal del circuito interno de corriente al optoacoplador.
2. Está señal es amplificada en el circuito externo de corriente.
3. Las señales de salida tienen que ser amplificadas para poder disponer de corrientes de mayores intensidades.

En la figura 2.3 se puede observar un sistema de protección de las señales de salida.



Las salidas tienen que estar protegidas contra cortocircuitos. Los diodos luminosos en las entradas y salidas son alimentados por la tensión del circuito externo.

El P.L.C. tiene una capacidad de expansión de 3 módulos más de entradas y salidas, en la misma organización que en la unidad central.

Además cada módulo cuenta con las siguientes características:

- Tiene un voltaje de alimentación de 24 V<sub>CD</sub> con una tolerancia de 25%.
- Capacidad de corriente típica de 165mA y máxima de 390mA.
- Potencia de consumo de 7.2W.

- Cuenta con un fusible de alimentación de 1.6mA.

Además se pueden mencionar los siguientes parámetros ambientales:

- Temperatura ambiente entre 0°C y 55°C
- Humedad entre 0% y 95% sin condensación.
- Resistencia mecánica a la vibración y golpes menores a 3.36gr.

La conexión de las salidas se realiza de las dos formas siguientes:

- Por transistor
- Por relevador

Y se pueden mencionar las siguientes características :

1) Por transistor:

- Protección galvánica via optoacoplador
- Protección de cortocircuito
- Fusible de protección para todas las salidas de 3.15A.

Quando ocurre un cortocircuito o un sobre voltaje todas las salidas son desactivadas.

Las salidas son activadas nuevamente si se cumple lo siguiente:

- Es apagado y encendido el control.
- Si es removido el fusible de 3.15A.
- Voltaje de polarización de entre 18.5 y 30V<sub>CD</sub>.
- Corriente por una salida 2 A.
- Máxima corriente por las 8 salidas combinadas 2 A.
- Temperatura de trabajo por corrientes de salida 55°C - 1.5A.

2 ) Por relevador:

Las salidas por relevador son intercambiables y cada salida cuenta con las siguientes características:

- Protección por fusible de 2A.
- Máxima corriente de carga de 24V<sub>CD</sub>/2A.

## El Control Lógico Programable "FPC 202"

- Vida útil de 300,000 accionamientos con carga resistiva. Cuando se conectan cargas inductivas, es recomendable conectar un supresor de picos o un filtro.

Las entradas cuentan con las siguientes características:

- Aislamiento galvánico via optoacoplador
- Señal de voltaje para un 0 lógico de entre  $-30V_{CD}$  a  $7V_{CD}$
- Señal de voltaje para un 1 lógico de  $+15V_{CD}$  a  $35V_{CD}$
- Corriente de entrada a 24V de 11mA típico
- Corriente de entrada a 25V de 5mA típico

La unidad central cuenta con 16 entradas agrupadas en 2 palabras, que tienen los números 0 y 1. Las salidas están organizadas en forma similar. Los módulos de expansión cuentan con dos palabras de entrada y dos palabras de salida en donde la numeración es consecutiva y cada palabra de entrada o salida consta de 8 bits cada una.

Los módulos de expansión que pueden conectarse al controlador FPC 202 tienen un direccionamiento dado por la combinación de 2 switches que se encuentran bajo

la tapa superior derecha. Los módulos se tienen que direccionar en forma creciente de izquierda a derecha.

### 2.2.3 Equipo programador

Tomando en cuenta la arquitectura de un P.L.C. el cual efectúa acciones claramente determinadas las cuales no pueden ser alteradas ( Temporalmente ), y por su gran versatilidad como una herramienta de propósito gral. cuyas funciones concretas pueden ser modificadas dando de alta el programa, el cual es cargado en la memoria del P.L.C.

Existe la necesidad de programar el P.L.C., por este propósito se utiliza un dispositivo electrónico para procesar información llamado programador, de acuerdo a una secuencia de instrucciones ( programa ).

El programador además de cargar el programa, nos ayuda a comprobar y verificar si no existen errores antes de cargarlo al P.L.C.

El programador nos sirve para monitorear al proceso, el cual ofrece al usuario un medio para acceder información y para responder a los cuestionamientos que la máquina hace.

Aunque la Tecnología de un P.L.C. es muy complicada. Conceptualmente programarlo es muy fácil, el equipo más usado actualmente es la PC (Computadora Personal ) ya sea LAP-TOP ó modular con un procesador de capacidad mínima 486.

El programador, sirve para insertar, monitorear y en algunos casos, controlar el programa del usuario.

## 2.2.4 Software FST 202

### 2.2.4.1 Introducción

En muchos casos, el proceso controlable se desarrolla en varios pasos consecutivos independientes. Así pues, se habla de *controles secuenciales*. En estos sistemas es preciso que primero se cumplan ciertas condiciones en un paso antes de que el equipo proceda al siguiente ( por ejemplo, se consultan otras entradas o se activan otros actuadores ). Los estados de la instalación hay que consultarlos, es decir controlarlos, para que quede garantizada la seguridad del ciclo productivo.



Según si la correspondiente condición depende del *tiempo* o del *proceso*, se distinguen *programas secuenciales de tiempo* o *programas secuenciales de proceso*.

En el programa de tiempo, la condición de conmutación al siguiente paso depende únicamente del tiempo transcurrido; éste es controlado, por módulos de temporización o contador de tiempo.

En el programa de proceso la condición de conmutación al siguiente paso es activada por señales de la instalación controlada.

En la práctica fabril, la gran mayoría de las tareas de control es resuelta con programas secuenciales. Naturalmente, también es perfectamente factible que las respectivas partes de un programa, los así llamados programas parciales constituyen subprogramas independientes con enlaces lógicos.

#### 2.2.4.2 Temporizadores y Contadores

El software FST 202 cuenta con instrucciones de cronómetros y contadores.

Estas instrucciones nos ayudan a ampliar la capacidad de encendido y apagado por tiempo.

Los cronómetros y contadores tienen instrucciones de salida que podemos limitar con condiciones de entrada como examinar si está abierto o cerrado. Los cronómetros miden intervalos y los contadores registran eventos como lo determine la lógica del programa.

Cada instrucción de cronómetro o contador tiene dos valores asociados con ella, estas son:

**Valor preestablecido:**

Se da un valor establecido para gobernar la instrucción de cronometraje o conteo cuando el valor acumulado es igual o mayor que el preestablecido, un bit de estado cambia el cual puede ser utilizado para controlar el dispositivo de salida.

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

**Valor acumulado:**

Este es el número de unidades que han sido medidas por una instrucción de cronometraje o el número de eventos que han ocurrido para una instrucción de contador.

### **Temporizadores**

La base de tiempo que ocupa depende de la aplicación y del tamaño del periodo que quiere medir. La precisión de la instrucción depende de dos factores:

- La tolerancia del reloj.
- La base de tiempo.

Los tipos de contadores que el Software FST 202 maneja son:

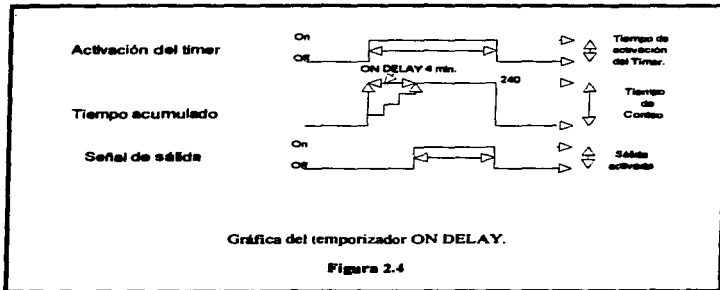
- **ON DELAY.** Temporizadores de retraso activo TON.
- **OFF DELAY.** Temporizadores de retraso inactivo TOF.

1988 11 15 10:00 AM  
1988 11 15 10:00 AM

## Temporizador ON DELAY

El temporizador de retraso activo TON comienza a contar intervalos del tamaño de la base de tiempo cuando las condiciones del escalón se hacen verdaderas. Mientras permanezca así, el cronómetro incrementa su valor acumulado, en cada barrido del programa hasta que iguale al valor preestablecido. El valor acumulado se restablece cuando las condiciones del escalón se hacen falsas, independientemente de si el cronómetro ya terminó de contar.

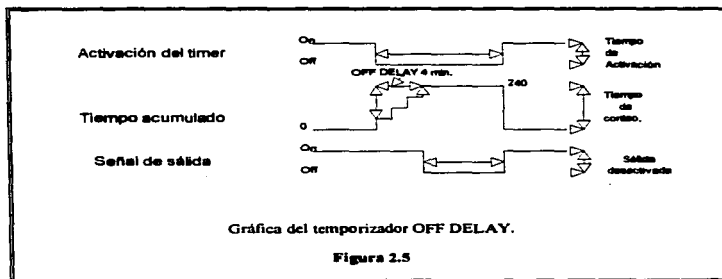
En la gráfica siguiente se puede observar el funcionamiento del temporizador ON DELAY. ( Figura 2.4 ).



## Temporizador OFF DELAY

El temporizador de retraso inactivo TOF empieza a contar intervalos del tamaño de la base de tiempo cuando las condiciones del escalón se vuelven falsas. mientras estas permanezcan así, el temporizador incrementa su valor acumulado en cada barrido hasta que iguala el valor preestablecido. El valor acumulado se restablece cuando las condiciones del escalón se hacen verdaderas sin importar si el temporizador ha terminado de contar.

En la gráfica siguiente se puede observar el funcionamiento del temporizador ON DELAY. ( Figura 2.5 ).



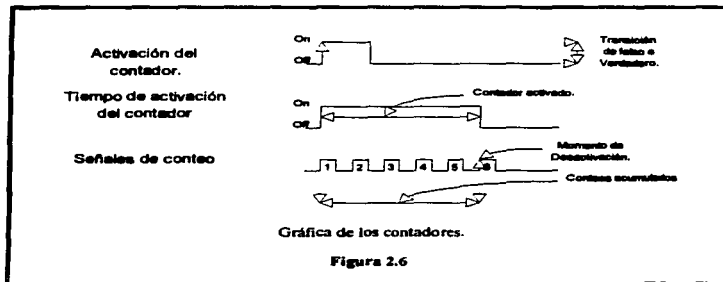
## Contadores.

Las instrucciones de conteo cuentan las transiciones de falso a verdadero de un escalón. Estas transiciones pueden ser causadas por eventos que ocurran en el programa como partes cruzando un detector o activando un microinterruptor.

Cada instrucción de conteo tiene un valor acumulado y un valor preestablecido.

Cuando las condiciones del escalón para un contador tiene una transición de falso a verdadero, el valor acumulado incrementa su cuenta en uno. Esto ocurre sucesivamente hasta que el valor acumulado iguala al preestablecido, el bit de terminado del contador se activa y permanece así si se excede el valor preestablecido.

En la gráfica siguiente se puede observar el funcionamiento del contador ( Figura 2.6 ).



## **2.3 Programación**

### **2.3.1 Introducción**

Los programas P.L.C. muestran una estructura muy rígida, que es determinada por la electrónica en la unidad central. Esos programas son elaborados por el programador, partiendo de programas ó códigos fuente; que el operario programador puede confeccionar de formas distintas.

En lo que se refiere al software, se dijo con anterioridad que es toda la parte de programación, con la cual el operario proporciona al P.L.C. la secuencia lógica para su ejecución. Existe una gran variedad de paquetes de software, tantos como equipos, es decir, cada fabricante maneja su propio paquete de programación, pero todos utilizan el mismo principio con las modificaciones necesarias para cada caso específico.

Todos los paquetes son actualizados continuamente. Todos los paquetes tienen una estructura especial de programación, esta situación obedece a que en la actualidad existe la necesidad de realizar programas bastante extensos y sólo se pueden realizar, modificar y comprobar de forma clara, si se estructuran, es decir si

se dividen en pequeños módulos. Para ello es necesario el disponer de una aclaración de tareas igualmente divididas.

Con la utilización de la programación estructurada se obtienen en la práctica las siguientes ventajas:

- Realización sencilla del programa
- Cómodo test del programa
- Puesta en servicio de manera sencilla
- Búsqueda rápida de averías en caso de perturbación
- Modificaciones de programa en poco tiempo
- Utilización de módulos de programa ya realizados en lugar de diseñarlos nuevamente

### 2.3.2 Lenguajes

Hay varias posibilidades para resolver una tarea de control con un programa P.L.C. Son tres los tipos de programación más importantes, y éstos son los siguientes:

- El diagrama de contactos (KOP)
- El diagrama de funciones (FUP)
- El listado de instrucciones (AWL)



### 2.3.2.1 Diagrama de contactos

Al diagrama de contactos también se le denomina y se le conoce por su voz inglesa: "Ladder diagram" (diagrama de escalera).

De hecho, el diagrama de contactos se parece mucho a una escalera, con dos líneas verticales. La de la izquierda puesta a una fuente de tensión y la de la derecha puesta a tierra. Entre estas paralelas se trazan perpendiculares también paralelas, de izquierda a derecha: los circuitos de corriente o líneas de contactos. Las entradas se representan con los siguientes símbolos:



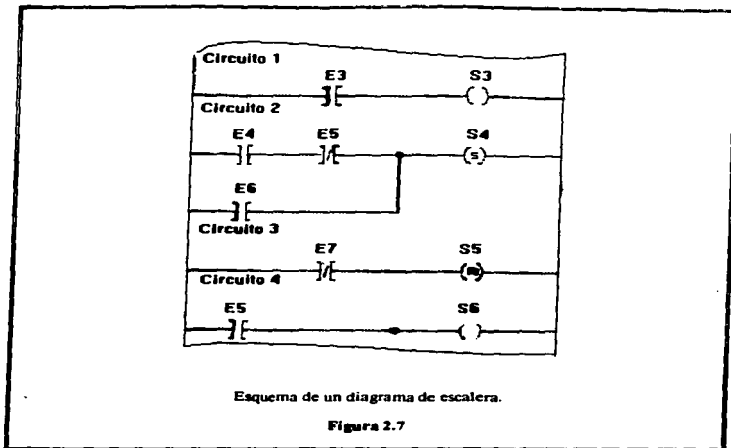
Contacto abierto



Contacto negado ó cerrado

Un enlace lógico de entradas por "Y" se realiza conectando varios contactos en serie; para enlace lógico de "O", se conectan en paralelo. En el diagrama de contactos, la entrada negada es representada por un interruptor cerrado.

Las salidas son representadas por el símbolo  $-( )-$  (bobina) en el extremo derecho de la línea respectiva. En la programación, a cada símbolo le es asignada una dirección P.L.C. real o una abreviatura (dirección simbólica).



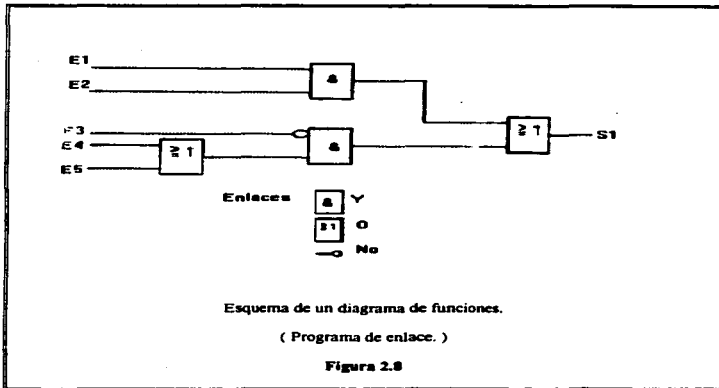
Al contrario del diagrama eléctrico de conexionado, el diagrama de contactos es de concepto esquemático; o sea que no se aprecia la precisa disposición de los grupos.

El diagrama de contactos es una especie de esquema eléctrico. Cuando para programar un sistema de control se dispone previamente del correspondiente esquema eléctrico, lo más sencillo es transcribirlo y confeccionarlo con el diagrama de contactos.

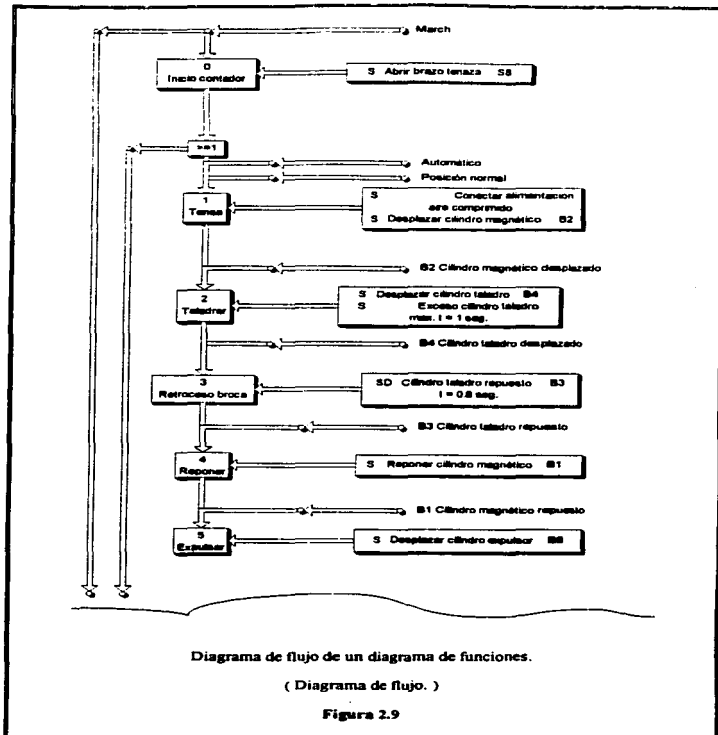
### 2.3.2.2 Diagrama de funciones

El diagrama de funciones puede utilizarse para pequeños programas de enlace, así como para la representación de programas de ciclo.

En su versión esquemática (con comentarios) puede utilizarse como diagrama de flujo. Si para la programación de un sistema de control se dispone antes del diagrama de flujo, resulta muy fácil confeccionar con su ayuda el diagrama de funciones. Como se observa en la figura 2.8.



Los enlaces se representan con casillas rectangulares y un símbolo de función, el círculo antepuesto indica entradas negadas. Como se puede observar en la figura 2.9.



Cuando para la programación se tiene un diagrama de flujo de varios pasos, en el diagrama hay una casilla para cada paso. La casilla contiene el número de orden del paso ( empezando por cero en la primera casilla ) y un comentario textual cualquiera.( Figura 2.9 ).

La casilla de paso une a todas las entradas que le corresponden ( también pueden ser combinaciones de entradas ) con los respectivos elementos ejecutivos (actuadores).

Cuando el P.L.C. ha ejecutado un paso, o sea cuando se cumple la condición de pasar al paso siguiente, automáticamente avanza el ciclo del programa.

La programación con diagrama de funciones se deduce de los diagramas de lógica electrónica, aunque estos no muestran claramente los pasos de ciclo. En consecuencia, para programar los ciclos de un P.L.C. se tiene que complementar el diagrama lógico con los correspondientes pasos en un orden cronológico.

### 2.3.2.3 Listado de instrucciones

El listado de instrucciones (AWL) no es una representación gráfica, o sea un diagrama, como por ejemplo, los diagramas de funciones y pasos. El listado de instrucciones describe literalmente el programa.

El listado de instrucciones consta de líneas y en cada una de éstas figura una instrucción individual. Cada línea puede llevar a la derecha un comentario textual en lenguaje normal en el que se especifiquen exactamente los elementos de conmutación. Cada línea del listado de instrucciones comienza por un número de orden. El conjunto de instrucciones engloba diversas instrucciones de operación y ejecución.

Las instrucciones son anotadas con abreviaturas. La voz inglesa "load" por ejemplo, nos indica el comienzo de una secuencia de instrucciones; los enlaces lógicos "Y", "O" y "NO" se abrevian respectivamente con sus siglas alemanas "U", "O" y "N". La instrucción de "activa y si no desactiva" significa: La correspondiente salida deberá activarse al recibir señal 1 ó, respectivamente, desactivarse al recibir señal 0.

En la figura 2.10 se puede observar un listado de instrucciones.

L	11
A N	12
=	05
L	13
O	14
=	07

Esquema de un Listado de instrucciones.

( Útilizando siglas Alemanas. )

Figura 2.10

El listado de instrucciones nos indica pasos y, por consiguiente, necesita memorizadores de paso para crear programas secuenciales, (también cuando se programa en diagrama de contactos es preciso dotarlo de recordadores de paso).

Aunque también se conoce una forma de programación en listado de instrucciones que indica por orden cronológico los pasos del programa y las correspondientes instrucciones que contienen. Con este listado de instrucciones se pueden resolver hasta los problemas de control más complejos.

En la figura 2.11 se puede observar el esquema de un listado de instrucciones.

Donde se observa el esquema y el orden cronológico de pasos de un listado de instrucciones.

Descripción		Comentario	
0000	Indicación de programa	0.0 a 0.7	
0001	PASO		Registro de fallos y averías
0002	CUANDO	E 0	Fallo conmutador S2
0003	Y N	E 1	Cancelación conmutador
0004	ENTONCES ACTIVA	S 7.0	Lámpara H
0005	ACTIVA	S 7.1	Zumbador SU
0006	PASO 1		Cronología
0007	ENTONCES CARGA	K 5	Parámetro de orientación
0008	DESPUES DE	TV	Memoria de preselección
0009	CON	ZSR	Temporización 0.1 seg.
0010	ACTIVA	T 0	Iniciar conteo de tiempo
0011	PASO 2		Luz intermitente
0012	CUANDO	E 1	Cancelación / conmutador S2
0013	ENTONCES SALTA A	S 4	Instrucción de salto
0014	CUANDO N	T 0	Final de tiempo
0015	ENTONCES CANCELA	S 7.0	Lámpara H
0016	ACTIVA	T 0	Iniciar conteo de tiempo
0017	PASO 3		Luz intermitente
0018	CUANDO	E 1	Cancelación / conmutador
0019	ENTONCES SALTA A	S 4	Instrucción de salto
0020	CUANDO N	T 0	Final de tiempo
0021	ENTONCES ACTIVA	S 7.0	Lámpara H
0022	SALTA A	S 1	Instrucción de salto
0023	PASO 4		Luz intermitente
0024	ENTONCES ACTIVA	S 7.0	Lámpara H
0025	CANCELA	S 7.1	Zumbador SU
0026	CUANDO	E 1	Cancelación / conmutador S2
0027	ENTONCES SALTA A	S 3	Instrucción de salto
0028	PASO 5		Cancelar visualización
0029	CUANDO	E 1	Cancelar visualización
0030	ENTONCES CANCELA	S 7.0	Lámpara H
0031	SALTA A	S 0	

Esquema de un listado de instrucciones  
Figura 2.11

Los recordadores en los lenguajes de programación P.L.C. son procesados como si, además de recordadores, fuesen también salidas. Esto permite activarlos, desactivarlos y consultar su estado, como si se tratara de auténticas salidas. Un recordador es una salida sin tarjeta de salida, o sea sin conexión entre la electrónica interna del P.L.C. y los actuadores.



# **CAPITULO 3**

**SISTEMA  
ELECTRONEUMATICO**



## CAPITULO 3

### SISTEMA ELECTRONEUMÁTICO

#### 3.1 Introducción

En este capítulo se describe la estructura, el sistema electroneumático, la caja de control neumático y la caja de control eléctrico.

La estructura del sistema de armado se encuentra dividida por ocho grupos de cilindros, secuencias A, B, C, D, E, F, G y H, las cuales se encuentran repartidas en cuatro grupos que son:

- Clamp sujetador del costado.
- Posicionador del costado.
- Carro avance del costado.
- Freno del carro de avance.

El clamp sujetador del costado comprende los grupos de cilindros A, B y C para las secuencias 360, 340 y 320 respectivamente.

El posicionador del costado comprende los grupos de cilindros D, E y F para las secuencias 360, 340 y 320 respectivamente.

El carro de avance del costado comprende al grupo de cilindros G, se utiliza para todas las secuencias.

El freno de carro de avance comprende el grupo de cilindros H, se utiliza para todas las secuencias.

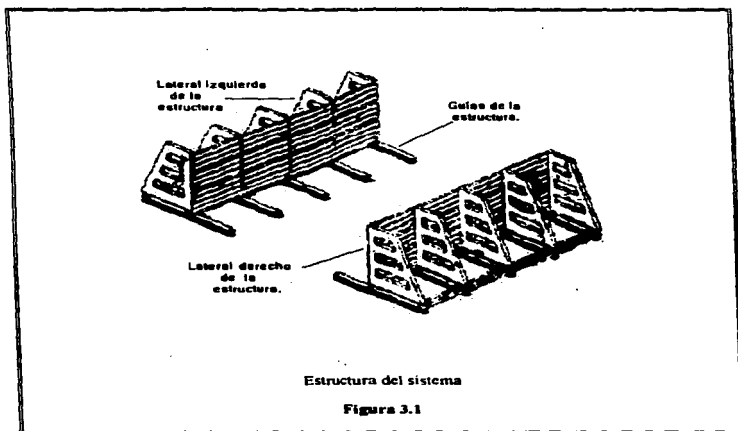
La caja de control contiene todas las electroválvulas.

Todos nuestros grupos de cilindros y la caja de control se encuentran empotrados en la estructura del sistema.

### 3.2 Estructura

La estructura es el esqueleto, sobre el que está montado todo nuestro sistema neumático y nuestra caja de control.

En la figura 3.1 podemos observar los laterales del sistema, y las guías sobre las que cada uno de los laterales se desplaza.

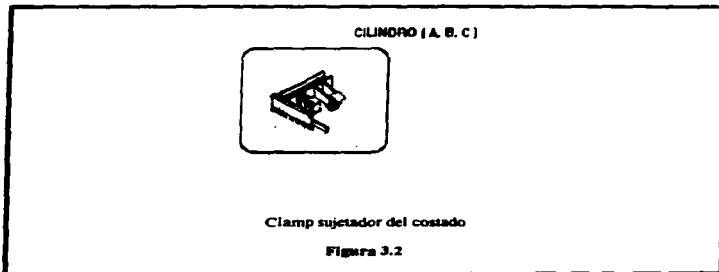


La estructura esta realizada en acero al carbón 1015, el cual es de una gran resistencia, la estructura esta unida con soldadura 7018 de resistencia, esta es de gran adherencia y penetración en el acero por lo que soporta grandes tensiones.

### 3.2.1 Clamps sujetador del costado.

El clamp es una palanca diseñada para sujeción del material que se este utilizando y activada por un cilindro neumático, el cual se encuentra calibrado de tal forma que únicamente sujeta al material sin dañarlo.

**Características:** Los Clamps utilizados son de 90° de proyección. Comprenden los grupos de cilindros mas altos. Secuencias A, B y C , y se muestra en la figura 3.2.



### 3.2.2 Posicionador del costado.

Nuestro posicionador del costado es el encargado de colocar a los costados de las estructuras de los camiones en el ancho adecuado para cada tipo de camión que se halla seleccionado, se trata de una regleta, que presiona uniformemente a lo largo de la estructura del camión, la regleta corre sobre unas guías sujetas en la estructura y es accionada por un grupo de cilindros neumáticos.

Características: La regleta es una placa de acero al carbón 1015. Su longitud es de 14.00 Mts. no importando cual de los tres estilos es seleccionado. Son accionados por 30 cilindros, repartidos a lo largo de la regleta. Comprenden los grupos de cilindros intermedios. Secuencias D, E y F. (Figura 3.3).



CILINDRO (D, E, F)

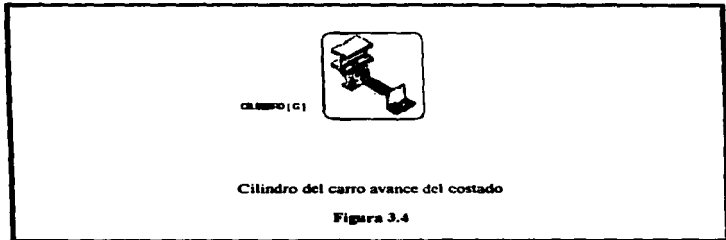
Cilindro posicionador del costado

Figura 3.3

### 3.2.3 Carro avance del costado.

El carro avance del costado consta de dos cilindros que desplazan a la estructura sobre los rieles fijos en el piso.

**Características:** Es una guía sobre la que corre la estructura, la cuál esta completamente embalada. La estructura corre sobre la guía accionada por un par de cilindros. la guía tiene un tope a una distancia determinada para el ancho del autobús; la guía retrocede lo suficiente para que se pueda realizar la salida y entrada de la estructura del autobús; así como la colocación de un nuevo lateral. Secuencia ( G ), (Figura 3.4).

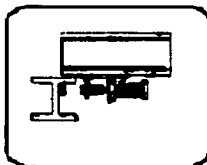


### 3.2.4 Freno del carro de avance:

El freno del carro de avance es un perno que se encarga de fijar la estructura a una distancia predeterminada, es accionada mediante un cilindro. El freno se encuentra colocado en cada una de las dos guías sobre las que es desplazada la estructura.

**Características:** El seguro fija la estructura, cuando ésta llega a un tope determinado, es accionado por medio de un cilindro. Secuencia ( H ), (Figura 3.5).

**CILINDRO ( H )**



Cilindro del freno de carro de avance

Figura 3.5



### **3.3 Cálculo del sistema neumático**

**El sistema neumático consta de todos los grupos de cilindros, válvulas y tuberías neumáticas que son utilizadas en el sistema.**

**Primeramente se realizará el cálculo de los cilindros de las secuencias A, B, y C; las cuales son los sujetadores del costado. Después se realizará el de las secuencias D, E, y F las cuales forman el posicionador del costado, Finalmente las secuencias G y H las cuales forman el carro avance del costado y el freno de carro de avance del costado respectivamente.**

**Posteriormente se realizará el cálculo de la tubería, y del compresor.**

**Para la realización de los cálculos tenemos que tomar en cuenta los siguientes datos:**

**1 Bar  $\cong$  14.7 Lb/Inch<sup>2</sup> (PSIA)**

**El número de cilindros que cada uno de los costados de la estructura tiene:**

- Las secuencias A, B y C tiene cada una 4 cilindros repartidos.**
- Las secuencias D, E y F tiene cada una 30 cilindros repartidos.**
- Las secuencias G y H tiene cada una 2 cilindros repartidos**

En los cálculos son utilizados nomogramas, son tablas que nos proporcionan soluciones gráficas y nos facilitan el encontrar rápidamente la solución a un determinado problema. Los valores que nos proporcionan los nomogramas son las medidas comerciales que hay en el mercado.

### Justificación del *nomograma*

Los Nomogramas que se presentan en este capítulo son soluciones gráficas de las fórmulas de flujo aplicables a tuberías. Los problemas de flujo en válvulas y accesorios pueden resolverse también mediante Nomogramas, determinando su longitud equivalente en metros o *pies* de tubería recta.

Todos los nomogramas para la solución de los problemas de pérdida de presión están basados en la fórmula de *Darcy*, ya que es una fórmula general aplicada a todos los fluidos y puede aplicarse a todos los tipos de tubería mediante el uso del diagrama del factor de fricción de *Moody*. La fórmula de *Darcy* proporciona también medios de resolución de problemas de descarga en válvulas y accesorios basados en la longitud equivalente o coeficiente de resistencia. Los Nomogramas proporcionan soluciones simples, prácticas, rápidas y razonablemente exactas a las fórmulas de flujo; los puntos decimales están situados exactamente.

La exactitud de un Nomograma está limitada por el espacio disponible de la página, longitud de las escalas, número de unidades dadas en cada escala y el ángulo con el que la línea proyectante cruza la escala. Siempre que la solución de un problema escape del alcance de un Nomograma la solución de la fórmula debe obtenerse mediante cálculo.

### 3.3.1 Normas para realizar la designación de los cilindros.

La designación se realiza de la siguiente manera:

*Ejemplo: DNU - 50 - 100 - PPV - A - S(1 - 9).*

1. *DNU* - Donde la sigla *D* nos indica que es de doble efecto. Cuando la primera sigla es *E* ó *A* nos indica que es simple efecto.
2. *50* - Nos indica el diámetro del émbolo en milímetros.
3. *100* - Nos indica la carrera del cilindro en milímetros.

4. *PPV* - Nos indica que el cilindro tiene amortiguamiento en los finales de carrera.

5. *A* - Está sigla nos indica que el cilindro tiene detección magnética.

6. *S(1-9)* - Nos indica una ejecución especial:

- *S1* - Vástago reforzado.
- *S2* - Doble vástago.
- *S3* - Vástago anticorrosivo.
- *S4* - Ejecución sin cobre.
- *S5* - Camisa con niquelado químico.
- *S6* - Resistente a temperatura: 200° C Total, 150° C Ambiente,  
(Temperatura de aguante de los sellos).
- *S7* - Camisa de latón.
- *S8* - Recubrimiento plástico
- *S9* - Camisa y tapas de acero inoxidable.

### 3.3.2 Cilindro sujetador del costado.

Cálculo del diámetro de los cilindros sujetadores.

Los sujetadores A, B, y C son exactamente iguales en sus cálculos dado que realizan el mismo trabajo; pero cada uno en diferente estilo de unidad.

El cálculo es para que cada cilindro levante 800 Kgf. con una presión de 6 bars:

$$F = P \times A. \quad \text{Ecuación 1}$$

F=Fuerza

P=Presión.

Área - Sección transversal del cilindro  $\varnothing$

$$A = \text{Área.} \quad A = 3.1416 \times D^2 / 4 \quad \text{Ecuación 2}$$

D=Diámetro.

**De las ecuaciones 1 y 2 anteriores tenemos:**

$$F = P \times 3.1416 \times D^2 / 4 .$$

**Despejando el diámetro:**

$$D = \sqrt{4F/3.14 \times P}.$$

$$D = \sqrt{4(800)/3.14(6)}.$$

$$D = 13.03 \text{ Cm.}$$

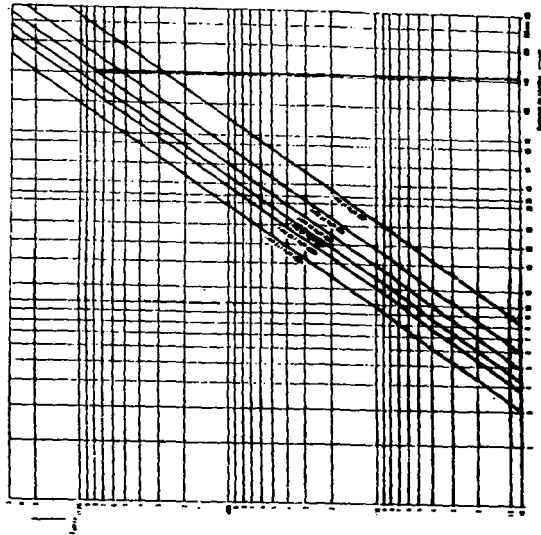
**D = 130.3 mm; en este cálculo lo único que estamos haciendo es equilibrar; por lo tanto para cargar necesitamos considerar un 20% mas en el peso.**

$$D = \sqrt{4(960)/3.14(6)} = 14.27 \text{ Cm.}$$

$$D = 142.7 \text{ mm. C/cilindro.}$$

**El Nomograma Presión - Fuerza ya tiene incluido el 20%.(Figura 3.6).**

DIAGRAMA PRESIÓN - FUERZA



Nomograma Presión - Fuerza

Figura 3.6

Con el nomograma se obtiene 145 mm.

Se debe tomar la medida inmediata superior en caso de que no coincida ninguna de éstas.

$\varnothing$  Comercial = 200 mm.

Cálculo del consumo de aire de las secuencias A, B y C:

$$Q = 2Snq \quad \text{Ecuación 3.}$$

Q - Caudal. lt./min.

n - Frecuencia. ciclos/min.

S - Carrera cm./Ciclo

q - Consumo de aire por carrera. lt./Cm.

Nuestros cilindros tienen un diámetro de 200 mm. y una carrera de 200 mm. (DNU-200 - 200) con una frecuencia de 5 ciclos/min. y el sistema trabaja con una presión de 6 Bars.

Utilizando la ecuación 3 y con  $q = 2.1$  lt./cm. de tablas.

$$Q = 2( 20\text{cm./ciclo} \times 5 \text{ ciclos/min.} \times 2.1 \text{ lt./cm.} )$$



$$Q = 2( 210 ) \text{ lt./min.}$$

$$Q = 420 \text{ lt./min. x cada/cilindro}$$

Por cada grupo de cilindros ( 4 ) = 1680 lts./min.

Esta cifra será usada posteriormente para la designación del compresor y del cálculo de tuberías.

Designación: *DNU - 200 - 200 - PPV - S ( 1 )*.

### 3.3.3 Cilindro de regletas del posicionador del costado.

Cálculo del diámetro del cilindro de las regletas:

Para los posicionadores D, E y F son exactamente iguales sus cálculos, dado que realizan el mismo trabajo; pero cada uno en diferente estilo de unidad.

El cálculo es para que cada cilindro levante 300 Kgf. con una presión de 6 bars.

$$F = P \times A.$$

Ecuación 1

$$A=3.1416xD^2/4$$

Ecuación 2

De las ecuaciones 1 y 2 anteriores tenemos:

$$F = P \times 3.1416 \times D^2 / 4$$

Despejando el diámetro:

$$D = \sqrt{4F/3.14 \times P}$$

$$D = \sqrt{4(300)/3.14(6)}$$

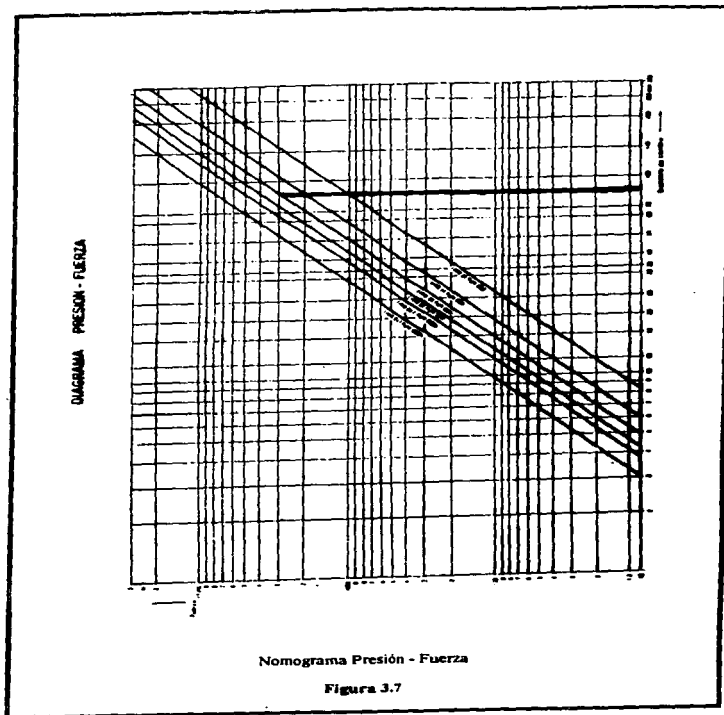
$$D = 7.98 \text{ cm.}$$

D = 79.8 mm, considerando un 20% más.

$$D = \sqrt{4(360)/3.14(6)} = 8.7 \text{ cm, C/cilindro.}$$

$$D = 87 \text{ mm.}$$

El Nomograma Presión - Fuerza ya tiene incluido el 20%. (Figura 3.7).



Con el nomograma se obtiene 88 mm.

Se toma la medida inmediata superior en caso de que no coincida ninguna de estas.

$$\varnothing_{Comercial} = 100 \text{ mm.}$$

Calculo del consumo de aire de la secuencia D.

$$Q = 2Snq \quad \text{Ecuación 3.}$$

Nuestros cilindros tienen un diámetro de 100 mm. y una carrera de 200 mm. (DNU-100 - 200 ) con una frecuencia de 5 ciclos/min. y el sistema trabaja con una presión de 6 Bars.

Utilizando la ecuación 3 y con  $q = .55 \text{ lt./cm. de tablas.}$

$$Q = 2(20\text{cm./ciclo} \times 5 \text{ ciclos/min.} \times .55 \text{ lt./cm.})$$

$$Q = 2( 55 ) \text{ lt./min.}$$

$$Q = 110 \text{ lt./min. x cada/cilindro}$$

Por cada grupo de cilindros ( 30 ) = 3300 lts./min.

Designación: *DNU - 100 - 200 - PPV - S ( 1 )*.

Cálculo del consumo de aire de la secuencia E.

$$Q = 2Snq \quad \text{Ecuación 3.}$$

Nuestros cilindros tienen un diámetro de 100 mm. y una carrera de 400mm (DNU-100-400). con una frecuencia de 5 ciclos/min. y el sistema trabaja con una presión de 6 Bars.

Utilizando la ecuación 3 y con  $q = .55 \text{ lt./cm. de tablas.}$

$$Q = 2(40\text{cm/ciclo} \times 5 \text{ ciclos/min.} \times .55 \text{ lt./cm.})$$

$$Q = 2( 110 ) \text{ lt./min.}$$

$$Q = 220 \text{ lt./min. x cada/cilindro}$$

Por cada grupo de cilindros ( 30 ) = 6600 lts./min.

Designación: *DNU - 100 - 400 - PPV - S ( 1 )*.

Calculo del consumo de aire de la secuencia F.

$$Q = 2Snq \quad \text{Ecuación 3.}$$

Nuestros cilindros tienen un diámetro de 100 mm. y una carrera de 600mm. (DNU-100-600) con una frecuencia de 5 ciclos/min. y el sistema trabaja con una presión de 6 Bars.

Utilizando la ecuación 3 y con  $q = .54$  lt./cm. de tablas.

$$Q = 2(60\text{cm./ciclo} \times 5 \text{ ciclos/min.} \times .54 \text{ lt./cm.})$$

$$Q = 2( 162 ) \text{ lt./min.}$$

$$Q = 324 \text{ lt./min.} \times \text{ cada/cilindro}$$

Por cada grupo de cilindros ( 30 ) = 9720 lts./min.

**Designación: DNU - 100 - 600 - PPV - S ( 1 ).**

Se le dio la designación con *PPV* debido a que las piezas que maneja son de mucho peso, es necesario que ls finales de carrera del pistón lleguen suavemente, evitando con esto movimientos bruscos de las piezas, las cuales pueden dañar las guías de la estructura o aflojar las bases de ésta.

Se necesita vástago reforzado *S( 1 )* para evitar algún pandeo cuando estos esten extendidos.

### **3.3.4 Cilindro carro avance del costado.**

**Cálculo del diámetro de los cilindro del carro avance:**

Para el carro de avance, secuencia G son exactamente iguales sus cálculos dado que realizan el mismo trabajo en los tres diferentes tipos de unidades.

El cálculo es para que cada cilindro levante 1000 Kgf. con una presión de 6 bar.

**F=PxA.**

**Ecuación 1**

$$A = 3.1416 \times D^2 / 4 \quad \text{Ecuación 2}$$

De las ecuaciones 1 y 2 anteriores tenemos:

$$F = P \times 3.1416 \times D^2 / 4$$

Despejando el diámetro:

$$D = \sqrt{4F / 3.14 \times P}$$

$$D = \sqrt{4(1000) / 3.14(6)}$$

$$D = 14.6 \text{ cm.}$$

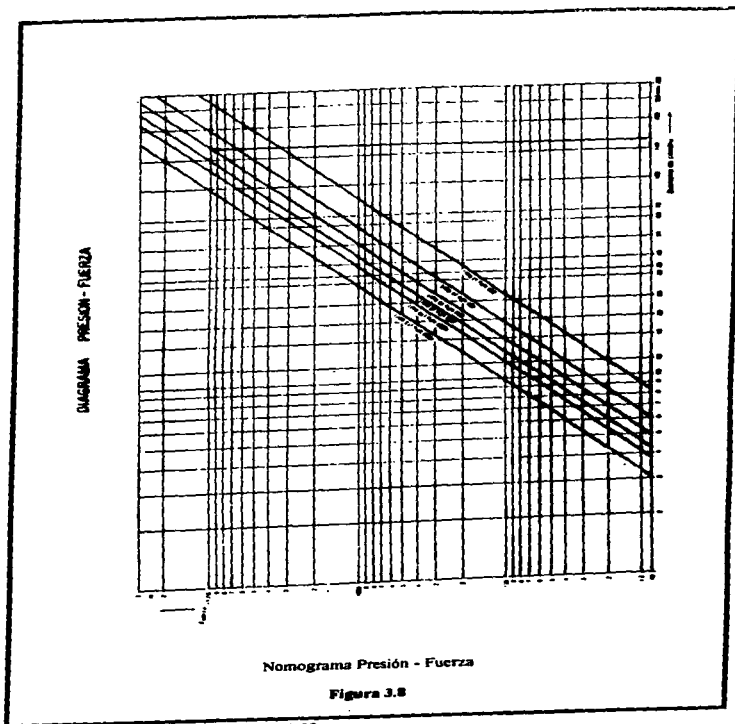
$D = 146 \text{ mm.}$ , considerando un 20% más.

$$D = \sqrt{4(1200) / 3.14(6)} = 15.96 \text{ cm. C/cilindro.}$$

$$D = 159.6 \text{ mm.}$$

El Nomograma Presión - Fuerza ya tiene incluido el 20%. (Figura 3.8).





Con el nomograma se obtiene 160 mm.

Se toma la medida inmediata superior en caso de que no coincida ninguna de estas.

$\varnothing$  Comercial = 200 mm.

Cálculo del consumo de aire de la secuencia G.

Nuestros cilindros tienen un diámetro de 200 mm. y una carrera de 1500 mm (DNU-200-1500), con una frecuencia de 5 ciclos/min. y el sistema trabaja con una presión de 6 Bars.

Utilizando la ecuación 3 y con  $q = 2.2$  lt./cm. de tablas.

$$Q = 2(150\text{cm./ciclo} \times 5 \text{ ciclos/mín.} \times 2.2 \text{ lt./cm.})$$

$$Q = 2( 1650 ) \text{ lt./min.}$$

$$Q = 3300 \text{ lt./min.} \times \text{cada/cilindro}$$

Por cada grupo de cilindros ( 2 ) = 6600 lts./min.

**Designación:** *DNU - 200 - 1500 - A - S ( 1 )*.

Se tomo la designación de la detección magnética (*A*) en las secuencias *G* y *H* debido a que es necesario sensar el retraido o extendido de la secuencia *G* antes de que se accione la secuencia *H*.

### 3.3.5 Cilindro del freno del carro de avance.

**Cálculo del diámetro de los cilindros del freno.**

Para el freno del carro de avance, secuencia *H* son exactamente iguales sus cálculos dado que realizan el mismo trabajo pero en cada uno de los tres diferentes estilos de unidades.

El calculo es para que cada cilindro levante 500 Kgf. con una presión de 6 bar

$$F=P \times A. \quad \text{Ecuación 1}$$

$$A=3.1416 \times D^2/4 \quad \text{Ecuación 2}$$

De las ecuaciones 1 y 2 anteriores tenemos:

$$F = P \times 3.1416 \times D^2 / 4$$

Despejando el diámetro:

$$D = \sqrt{4F / 3.14 \times P}$$

$$D = \sqrt{4(500) / 3.14(6)}$$

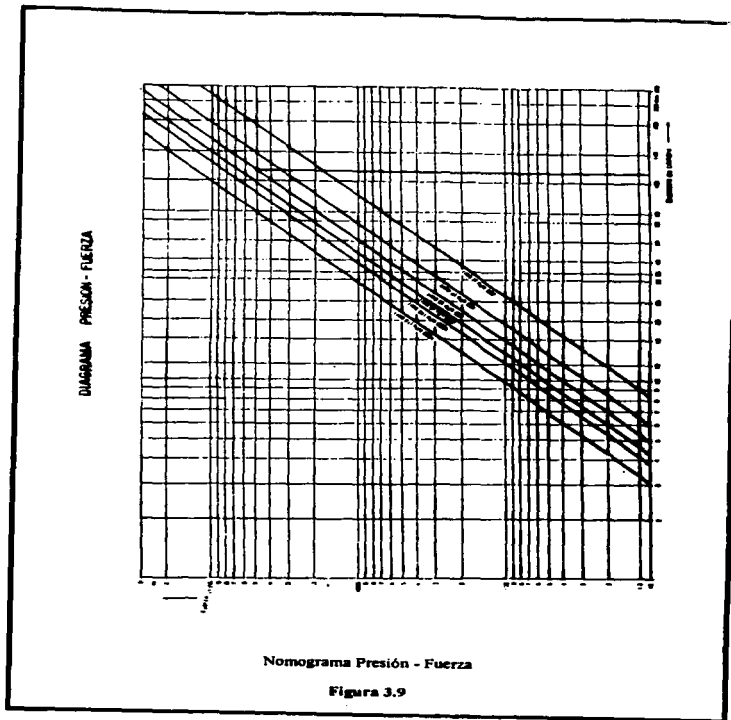
$$D = 10.3 \text{ cm.}$$

$$D = 100.3 \text{ mm., considerando un 20% más.}$$

$$D = \sqrt{4(600) / 3.14(6)} = 11.28 \text{ cm. Cilindro}$$

$$D = 112.8 \text{ mm.}$$

El Nomograma Presión - Fuerza ya tiene incluido el 20%. (Figura 3.9).



Con el nomograma se obtiene 112 mm.

Se toma la medida inmediata superior en caso de que no coincida ninguna de estas

*ØComercial = 140 mm.*

**Calculo del consumo de aire de la secuencia H.**

Nuestros cilindros tienen un diámetro de 140 mm. y una carrera de 300 mm. con una frecuencia de 5 ciclos/min. y el sistema trabaja con una presión de 6 Bars.

Utilizando la ecuación 3 y con  $q = 1$  lt./cm. de tablas.

$$Q = 2(30\text{cm./ciclo} \times 5 \text{ ciclos/min.} \times 1 \text{ lt./cm.})$$

$$Q = 2( 150 ) \text{ lt./min.}$$

$$Q = 300 \text{ lt./min.} \times \text{cada/cilindro}$$

Por cada grupo de cilindros ( 2 ) = 600 lts./min.

Designación: *DNU - 140 - 300 - A - S ( 1 ).*

Los cálculos de todos los consumos obtenidos hasta el momento sólo comprenden *la mitad del sistema*, es decir, una parte de la estructura.

**Consumo de aire de c/secuencia del sistema**

Consumo de aire	Lts/min.
Secuencias A, B y C.	1680
Secuencia D	3300
Secuencia E	6600
Secuencia F	9720
Secuencia G	6600
Secuencia H	600

Se tomarán los totales de las secuencias; pero por costado, con la idea de calcular el diámetro de la tubería por cada uno de los laterales y luego se procederá a calcular la tubería que alimenta a los dos laterales en base al total de caudal que alimenta la tubería general.

**Consumo total de caudal de cada lateral de la estructura****Consumo de la secuencia 320**

<b>Consumo de aire</b>	<b>Lts./min</b>
Cilindros C.	1680
Cilindros F.	9720
Cilindros G	6600
Cilindros H	600
<b>Total</b>	<b>18600</b>

**Consumo de la secuencia 340**

<b>Consumo de aire</b>	<b>Lts./min</b>
Cilindros B.	1680
Cilindros E.	6600
Cilindros G	6600
Cilindros H	600
<b>Total</b>	<b>15480</b>



**Consumo de la secuencia 360**

Consumo de aire	Lts./min
Cilindros A.	1680
Cilindros D.	3300
Cilindros G	6600
Cilindros H	600
<b>Total</b>	<b>11640</b>

**Consumo total de cada una de las secuencias.**

Secuencia	Lts./min.
320	18600
340	15480
360	11640

### 3.3.6 Cálculo del diámetro de la tubería

Para calcular la tubería es necesario conocer las medidas que tiene cada estilo de unidad. Así de esta manera conoceremos la longitud de las tuberías.

- A) 3.20m x 11.20m ( Secuencia 320 ).
- B) 3.40m x 12.20m ( Secuencia 340 ).
- C) 3.60m x 13.70m ( Secuencia 360 ).

#### A) secuencia 320

Para la secuencia 320 se tiene una tubería de 11.20m. de largo, todas las secuencias son independientes por lo que se calculará para el caudal mayor de 9720 Lts./min. que trabajará a una presión de 6 Bars donde la caída permisible de presión será de 0.1 Bar, la tubería cuenta con las siguientes conexiones:

Conexiones en T - 3.

Conexiones en Codo - 2.

Para utilizar el nomograma es necesario realizar un cambio de unidades de Lts./min. a m<sup>3</sup>/hr., por lo que utilizaremos la siguiente fórmula para realizarlo:

$$\underline{(\text{Lts./min.}) (10^{-3}\text{M}^3/1\text{Lts.}) \times (1 \text{ min./}01666 \text{ Hr.})} \quad \text{Ecuación 4.}$$

Por lo que el consumo de aire de la secuencia 320 en M<sup>3</sup>/Hr. es:

Utilizando la ecuación 4 tenemos:

$$9720(\text{Lts./min.}) (10^{-3}\text{M}^3/1\text{Lts.}) \times (1\text{min./}01666\text{Hr.}) = 583.2 \text{ M}^3/\text{Hr.}$$

(Figura 3.10).

Con el NOMOGRAMA se obtuvieron 40 mm.

Con lo que se obtendrá un diámetro diferente al considerar las conexiones y tomar entonces en cuenta la longitud de supletorias.

*Se le llama longitud de supletorias al suplir la resistencia de conexiones en resistencia por longitud.*

(Figura 3.11).

Para la conexión en T  $3.6 \times 3 = 10.8$

$$\text{Codo } 0.38 \times 2 = .76$$

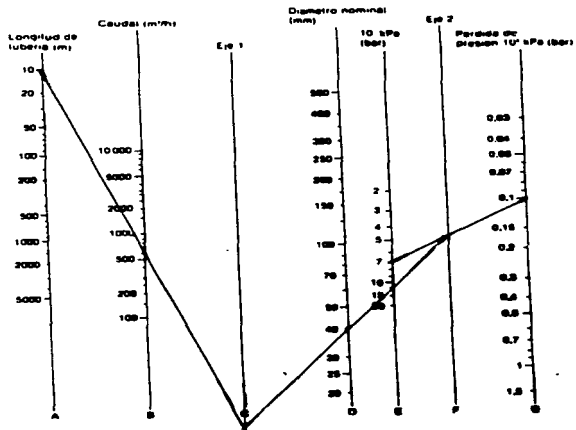
Con lo que el resultado se le suma al total de la longitud de la tubería que se está calculando.

$$11.20 + 11.56 = 22.76 \text{ Mts.}$$

Colocando estos datos en el nomograma diámetro de tubería se obtuvo el siguiente resultado:

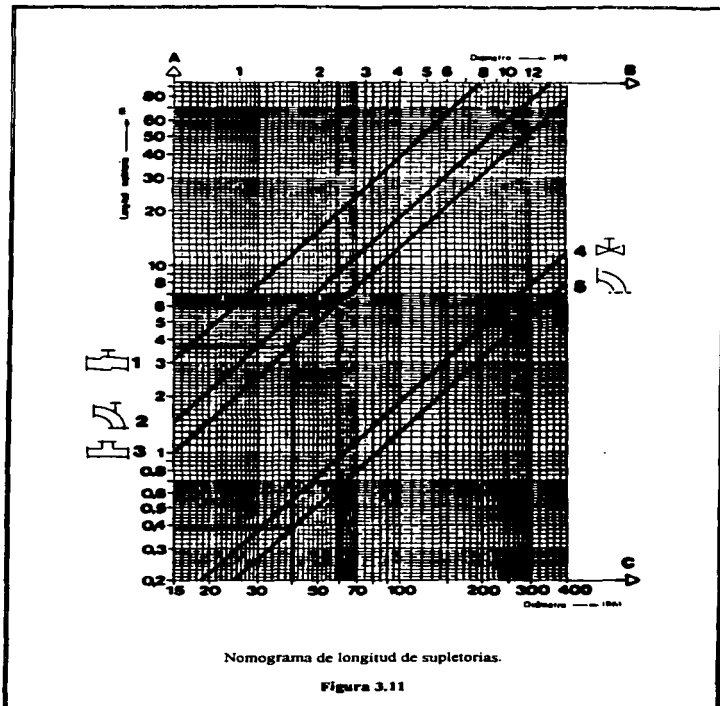
Con lo que se obtuvieron **45 mm.**

### NOMOGRAMA - DIAMETRO DE TUBERIA



Nomograma diámetro de tubería.

Figura 3.10



## B) Secuencia 340

Para la secuencia 340 se tiene una tubería de 12.20m de largo, todas las secuencias son independientes por lo que se calculará para el mayor caudal 6600 Lts./min. que trabajara a una presión de 6 Bars donde la caída permisible de presión será de 0.1 Bars, la tubería cuenta con las siguientes conexiones:

Conexiones en T - 3.

Conexiones en Codo - 2.

Para utilizar el nomograma es necesario realizar un cambio de unidades de Lts./min. a m<sup>3</sup>/hr., por lo que utilizaremos la siguiente fórmula para realizarlo:

$$\underline{(\text{Lts./min.}) (10^{-2} \text{MP}/1 \text{Lts.}) \times (1 \text{ min.}/0.1666 \text{ Hr.})} \quad \text{Ecuación 4}$$

Por lo que el consumo de aire de la secuencia 340 en MP/Hr. es:

Utilizando la ecuación 4 tenemos:

$$6600(\text{Lts./min.}) (10^{-2} \text{MP}/1 \text{Lts.}) \times (1 \text{ min.}/0.1666 \text{ Hr.}) = 396 \text{ MP/Hr.}$$

(Figura 3.12).

Con el **NOMOGRAMA** se obtuvieron **32 mm.** pero varia al considerar las conexiones.

Considerando la longitud de supletorias.  
(Figura 3.13).

Para la conexión en T  $2.8 \times 3 = 8.4$

Codo  $0.29 \times 2 = .58$

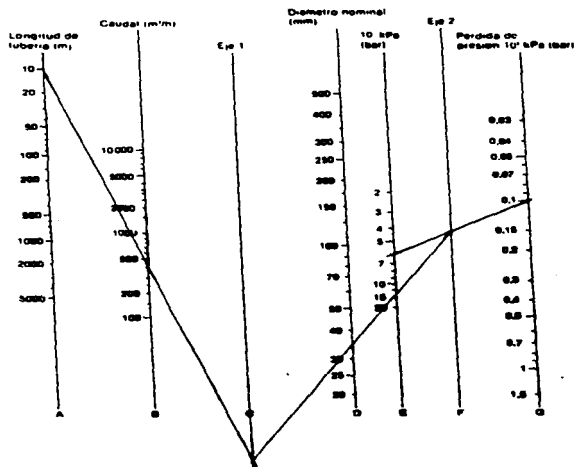
Con lo que el resultado se le suma a el total de la longitud de la tubería que se esta calculando.

$$12.20 + 8.98 = 21.18 \text{ Mts.}$$

Colocando estos datos en el nomograma diámetro de tubería se obtuvo el siguiente resultado:

Con lo que se obtuvieron **35 mm.**

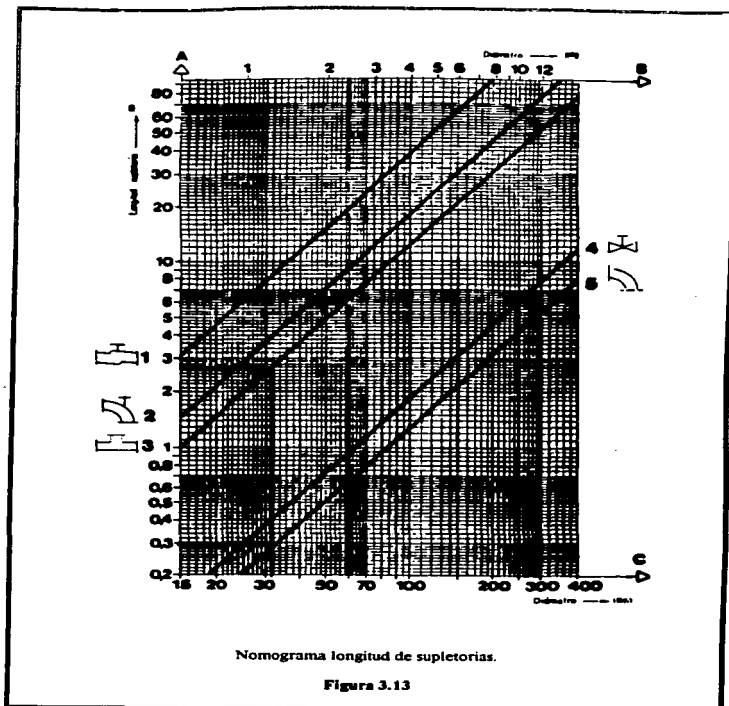
### NOMOGRAMA - DIAMETRO DE TUBERIA



Nomograma diámetro de tubería.

Figura 3.12





### C) Secuencia 360

Para la secuencia 360 se tiene una tubería de 13.70 de largo, cada secuencia es independiente por lo que se calculará para el mayor caudal 6600 Lts./min. que trabajará a una presión de 6 Bars donde la caída permisible de presión será de 0.1 Bars, la tubería cuenta con las siguientes conexiones:

Conexiones en T - 3.

Conexiones en Codo - 2.

Para utilizar el nomograma es necesario realizar un cambio de unidades de Lts./min. a M<sup>3</sup>/hr., por lo que utilizaremos la siguiente fórmula para realizarlo:

$$\left( \frac{\text{Lts.}}{\text{min.}} \right) (10^{-3} \text{M}^3/1\text{Lts.}) \times (1 \text{ min.}/0.1666 \text{ Hr.}) \quad \text{Ecuación 4.}$$

Por lo que el consumo de aire de la secuencia 360 en M<sup>3</sup>/Hr. es:

Utilizando la ecuación 4 tenemos:

$$6600 \left( \frac{\text{Lts.}}{\text{min.}} \right) (10^{-3} \text{M}^3/1\text{Lts.}) \times (1 \text{ min.}/0.1666 \text{ Hr.}) = 396 \text{ M}^3/\text{Hr.}$$

(Figura 3.14).

Con el **NOMOGRAMA** se obtuvieron **33 mm.** pero varia al considerar las conexiones.

Considerandola longitud de supletorias.  
(Figura 3.15).

$$\text{Para la conexión en T } 2.9 \times 3 = 5.8$$

$$\text{Codo } 0.3 \times 2 = 0.6$$

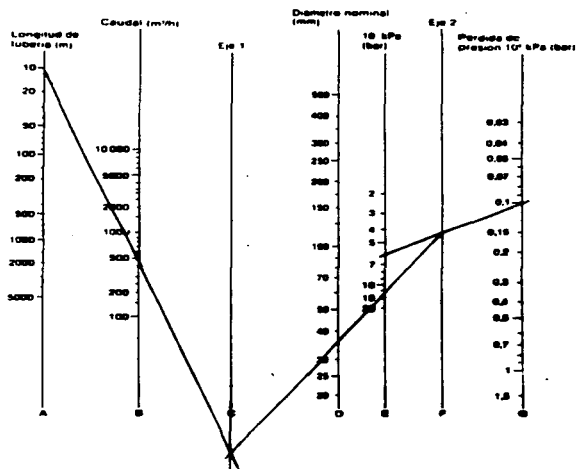
Con lo que el resultado se le suma a el total de la longitud de la tubería que se esta calculando:

$$13.70 + 6.4 = 20.1 \text{ Mts.}$$

Colocando estos datos en el nomograma diámetro de tubería se obtuvo el siguiente resultado:

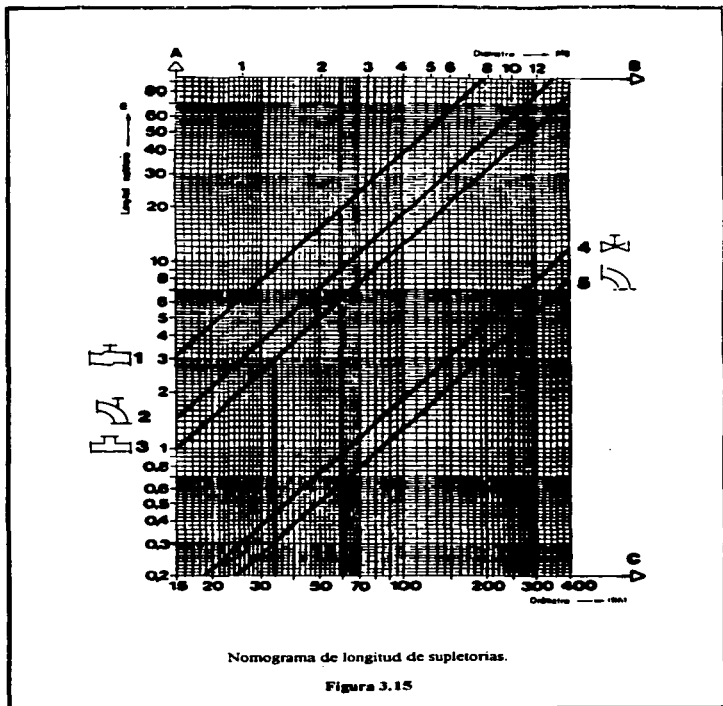
Con lo que se obtuvieron **34 mm.**

### NOMOGRAMA - DIAMETRO DE TUBERIA



Nomograma diámetro de tuberías.

Figura 3.14



Nomograma de longitud de supletorias.

Figura 3.15

## Diámetro de la tubería principal

Con los resultados anteriores calcularemos el diámetro de la tubería de alimentación general, por lo que tomaremos el caudal mayor de cada costado y los sumaremos con el objeto de saber el caudal de mayor magnitud que necesita el sistema.

Para el total de gasto de caudal del sistema se tiene una tubería de 10.00 de largo por lo que se calculará para la secuencia de mayor caudal, 9720 Lts./min. para c/lateral. Por lo que se calculará para 19440 Lts./Min. para los dos laterales; trabajará a una presión de 6 Bars donde la caída permisible de presión será de 0.1 Bar, la tubería cuenta con las siguientes conexiones:

Conexiones en T - 6.

Conexiones en Codo - 1.

Es necesario realizar un cambio de unidades de Lts./min. a M<sup>3</sup>/Hr., por lo que utilizaremos la siguiente fórmula para realizarlo:

$$\left( \frac{\text{Lts./min.}}{10^{-3} \text{M}^3/1\text{Lts.}} \right) \times \left( \frac{1 \text{ min.}}{0.1666 \text{ Hr.}} \right) \quad \text{Ecuación 4.}$$

Por lo que el consumo de aire total del sistema en M<sup>3</sup>/Hr. es:

Utilizando la ecuación 4 tenemos:

$$19440 \left( \frac{\text{Lts.}}{\text{min.}} \right) \left( 10 \rightarrow \text{MP/1Lts.} \right) \times \left( 1 \text{ min./0.1666 Hr.} \right) = 1166.2 \text{ MP/Hr.}$$

(Figura 3.16)

Con el NOMOGRAMA se obtuvieron 50 mm.

Considerando la longitud de supletorias.

(Figura 3.17).

Para la conexión en T  $5 \times 6 = 30$

Codo  $.5 \times 1 = .5$

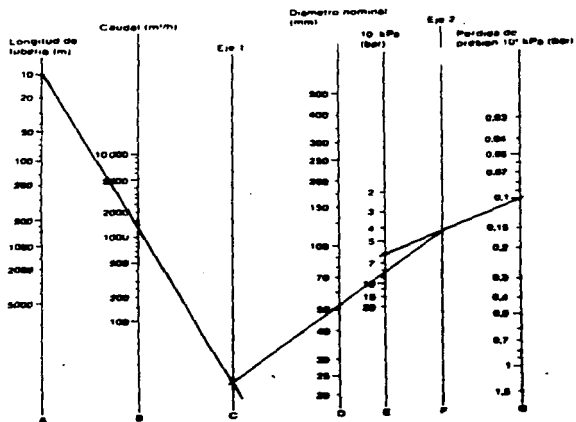
Con lo que el resultado se le suma a el total de la longitud que se esta calculando:

$$10.00 + 30.5 = 40.5 \text{ Mts.}$$

Colocando estos datos en el nomograma diámetro de tubería se obtuvo el siguiente resultado:

Con lo que se obtuvieron **62 mm.**

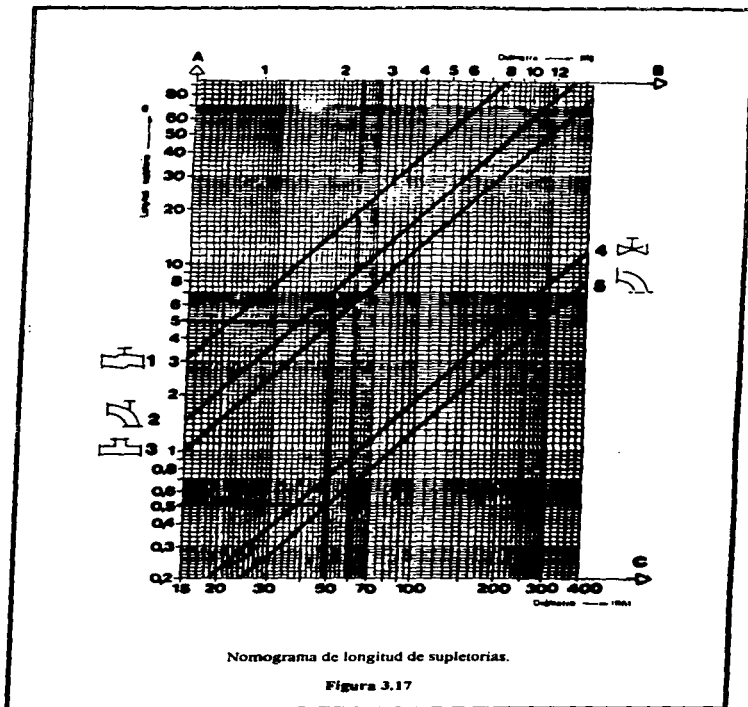
### NOMOGRAMA - DIAMETRO DE TUBERIA



Nomograma de diámetro de tuberías.

Figura 3.16





Nomograma de longitud de supletorias.

Figura 3.17

### 3.3.7 Determinación del compresor

Para realizar el cálculo del compresor necesitamos conocer el caudal que necesita proveer el compresor al sistema, así como la presión a la que va a trabajar el sistema.

El compresor de émbolo del sistema trabajará a una presión de 6 Bars y surtirá un caudal de 19440 Lts./Min.

Para realizar el cálculo es necesario tener una equivalencia práctica:

Un compresor de émbolo que trabaja a una presión de 6 Bars y necesita para suministrar 100 Lts./Min. un motor de aproximadamente 1 H.P.

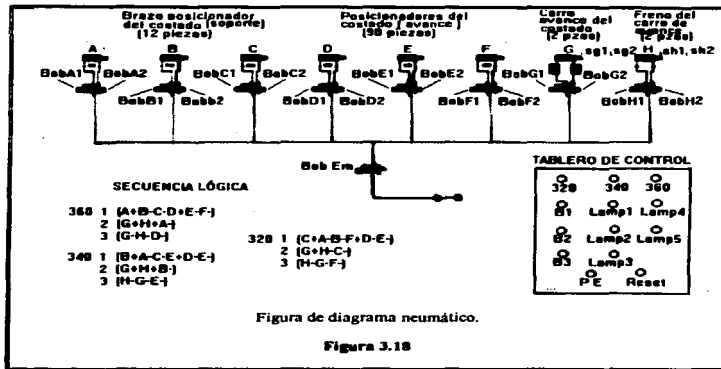
*Equivalencia práctica: 100 Lts./Min. Es equivalente a 1 H.P.*

La potencia que necesita el compresor es:

$$( 19440 \text{ Lts./Min. } ) / ( 100 ) = 194.4 \text{ H.P.}$$

## 3.4 Caja de control neumático.

## 3.4.1 Diagrama neumático.



Podemos observar en el diagrama la colocación de las válvulas de control 5/2 vías accionada por solenoides, como elementos de mando las cuales mandan extender o retraer a los elementos de trabajo. Cabe señalar que a cada grupo de pistones únicamente lo acciona una sola electroválvula de potencia (Válvulas de medidas mayores a un cuarto de pulgada). ( Figura 3.18 ).

En nuestra caja de control neumático únicamente tenemos 8 electroválvulas 5/2 vías las cuales son alimentadas por medio de la electroválvula 3/2 vías, esta electroválvula permite u obstruye la llegada de aire a las electroválvulas, ésta es la electroválvula de paro de emergencia. El cilindro de avance del costado tiene en sus entradas unos reguladores de flujo los cuales limitan la velocidad de desplazamiento del cilindro. En la alimentación principal se encuentra una unidad de mantenimiento la cual filtra, regula y lubrica el caudal suministrado por el compresor.

### **3.4.2 Válvulas de control.**

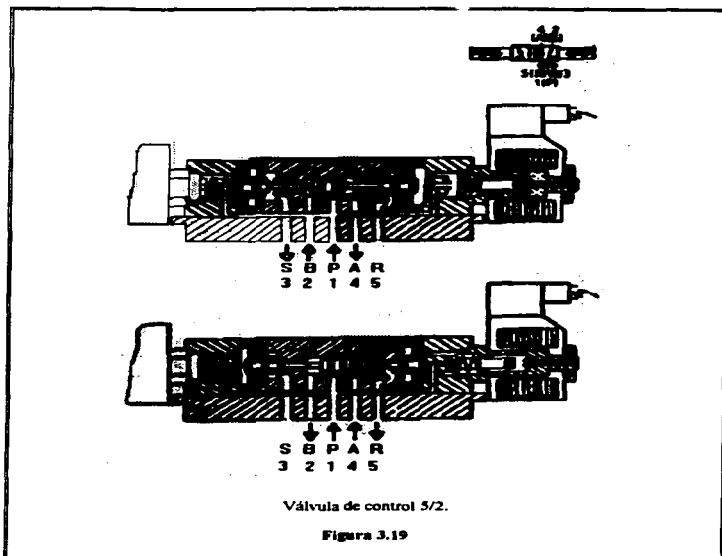
#### **Válvula 5/2**

**Características:** La válvula utilizada para el control es la válvula 5/2 de vías. Las válvulas de 5/2 vías permiten la evacuación por dos conexiones separadas al avanzar o retroceder el cilindro.

Las válvulas de 5/2 vías tienen cinco conexiones y dos posiciones. Estas válvulas son utilizadas principalmente como elementos de maniobra para el accionamiento de cilindros. La válvula de corredera longitudinal es un ejemplo de válvula de 5/2 vías. En su calidad de elemento de mando, estas válvulas tienen un émbolo de

mando que se encarga de unir o separar los dos conductos correspondientes efectuando movimientos longitudinales. Se necesita poca fuerza para el accionamiento porque no es necesario superar la resistencia del aire comprimido o de un muelle. En el caso de las válvulas de corredera longitudinal, es posible aplicar todos los tipos de accionamiento, ya sean manuales, mecánicos, eléctricos o neumáticos, estos mismos tipos de accionamiento pueden también ser utilizados para los movimientos de reposición, en este caso el accionamiento utilizado es el eléctrico. Una señal eléctrica provoca la conmutación del inducido. Es necesario disponer de dos señales para efectuar la conmutación. Una señal de entrada en Y1 (eléctrica) tiene como consecuencia que el émbolo de la válvula se desplace hacia la derecha en la parte neumática. La conexión 1 (P) expulsa aire por 2 (B) y la conexión 4 (A) lo hace por 3(R). La conmutación se produce por una breve señal (impulso) y el émbolo de la válvula mantiene esa posición hasta que la entrada Y2 eléctrica recibe una breve señal (impulso). Si la entrada Y2 recibe una señal, el émbolo de la válvula se desplace hacia la izquierda. De este modo se produce el paso de aire de 1(P) hacia 4 (A) y la purga de aire de 2 (B) hacia 3(R) . Está electroválvula se encarga de convertir señales eléctricas en señales neumáticas y, además, es capaz de memorizar dichas señales.

Es importante tener presente que predomina la primera señal que llegue. (Figura 3.19).



### 3.4.3 Válvula de paro de emergencia.

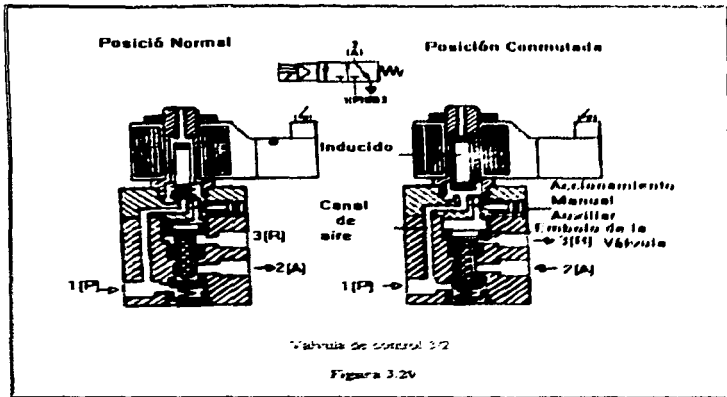
#### Válvula 3/2

**Características:** La válvula utilizada para el paro de emergencia es la válvula 3/2 vías. Las válvulas de 3/2 vías permiten *activar o desactivar* señales. Las válvulas de 3/2 vías tienen tres conexiones y dos posiciones, estando abierta en posición normal, la tercera conexión 3(R) permite la evacuación de aire del conducto transmisor de la señal.

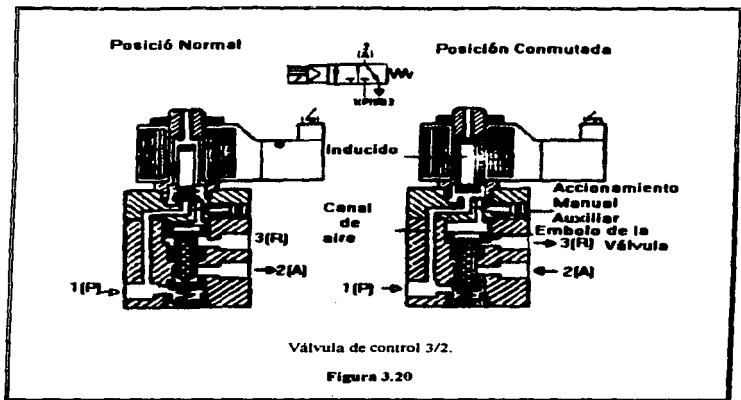
Una señal eléctrica en la bobina crea un campo magnético que desplaza al inducido hacia arriba, separándolo de su asiento.

El aire comprimido fluye de 1 (P) hacia 2 (A). La válvula conmuta por efecto de una señal eléctrica en la bobina. El conducto 2 (A) es desaireado por la conexión 3 (R) mientras que el inducido bloquea la conexión 1 (P).

Estas válvulas son utilizadas si tiene que emitirse una señal en alguna posición sin que antes se haya producido una señal eléctrica y se muestra en la Figura 3.20.







### 3.5 Caja de control eléctrico.

Normas para el equipamiento eléctrico:

En caso de peligro tiene que pararse la máquina inmediatamente e interrumpir la alimentación de aire de todo el equipo y la red eléctrica.

Se tomaron colores característicos para los interruptores y testigos del sistema:

Color.	Interruptor Conmutador.	Testigo.
Rojos.	STOP/DESACTIVACION PARO DE EMERGENCIA.	Estado de conmutación. ( conectado )
Amarillo.	Activación del primer ciclo.	Fallo
Negro.	ACTIVACION.	
Verde.	ARRANQUE.	
Azul.		Confirmación.

Figura 3.21

### 3.5.1 Detectores de proximidad

Para realizar la localización de posición de los cilindros G y H es necesario sensarlos por lo que se utilizarán 4 detectores de posición de tipo inductivo tanto en el inicio de carrera de los cilindros como en el final.

Los elementos accionados sin contacto se usan cada vez más en la técnica de mandos. Estos elementos están compuestos de una parte sensora y de otra que procesa las señales. Si la parte procesadora de señales produce señales binarias, entonces se trata de detectores de proximidad o iniciadores. Asimismo también están muy difundidos los sensores que generan señales analógicas para la determinación analógica de valores de medición.

Los interruptores de final de carrera electrónicos ( detectores de proximidad ) funcionan sin contacto directo, lo que significa que conmutan por aproximación silenciosamente, sin rebotar y sin efecto retroactivo, sin desgaste de contactos y sin fuerza de accionamiento.

Los detectores de proximidad sin contactos son utilizados preferentemente en los siguientes casos:

- si no se dispone de fuerza para el accionamiento.

- si es necesario contar con una vida útil larga.
- si en el sistema se producen fuertes vibraciones.
- si las condiciones del medio ambiente no son favorables.
- si son necesarias altas frecuencias de conmutación.

No obstante, deberá tomarse en cuenta lo siguiente:

- Los detectores de proximidad tienen que ser alimentados con corriente eléctrica (para lo que suele recurrirse al circuito de corriente del mando).
- La distancia de conmutación (es decir, la distancia de respuesta del detector) depende del material del objeto que se va a detectar.
- Determinado tipo de detectores de proximidad solo reaccionan frente a detectores metálicos.
- Los detectores varían según se trate de circuitos de corriente continua o alterna.
- La humedad y la temperatura ambiente suelen influir ligeramente en la distancia de respuesta. Los detectores inductivos son menos sensibles a estos factores.
- Dado que los detectores pueden provocar interferencias recíprocas, es necesario acatar una distancia mínima entre ellos.
- Funcionamiento del detector de proximidad inductivo.

Si en un transmisor inductivo se aplica una tensión, el oscilador produce un campo magnético de alta frecuencia mediante una bobina oscilante. Este campo es la zona de conmutación activa. Si un objeto metálico penetra en esta zona de conmutación, le surge energía al oscilador. Este proceso tiene un efecto amortiguador sobre la amplitud de las oscilaciones libres, por lo que se emite una señal mediante una etapa disparadora.

Los detectores de proximidad inductivos solo reaccionan frente a objetos metálicos.

### 3.5.2 Botón de paro de emergencia.

El elemento que activa el paro de emergencia es de color rojo vivo, con la base de color amarillo y su accionamiento de paro de emergencia es manual y directo por lo que es de tipo pulsador.

El botón de paro de emergencia únicamente será activado cuando exista la necesidad de estar en el área donde desarrolla sus movimientos el sistema o llegara a presentarse algún problema que requiriera de proporcionarle mantenimiento. Al accionarse el botón de paro de emergencia se corta el aire y la energía eléctrica, parando completamente el equipo y activando la alarma.

Color:	Orden:	Estado operativo previsto:
Rojo:	Paro, Desactivación	Interrupción de la marcha de uno o varios motores. Interrupción del funcionamiento de unidades de una máquina. Desactivación de sistemas de sujeción electromagnéticos. Interrupción del ciclo de trabajo ( si el operario activa el pulsador durante un ciclo, la máquina para antes de terminar el ciclo ).
Verde o Negro	Paro de emergencia Arranque, activación, pulsar	Desactivación en casos de peligro. Tensión puesta en los circuitos de mando (estado de listo para funcionar). Arranque de uno o varios motores para las funciones auxiliares. Activación de la unidad de ajuste electromagnética. Pulsación manual.
Amarillo	Activación de un movimiento de retorno no previsto en el ciclo operativo normal o activación de un movimiento para anular un estado peligroso.	Retorno de unidades de la máquina al punto de partida del ciclo si éste aún no había concluido. Pulsando la tecla amarilla pueden desactivarse funciones antes activadas.
Blanco o Negro	Cualquier función a la que no se refiera uno de los colores anteriores.	Control de funciones auxiliares que no están relacionadas directamente con el ciclo de trabajo. Desbloqueo de relés.

Figura 3.22

### 3.5.3 Lámpara de paro de emergencia

También es de color rojo, indica que la máquina a sido detenida por acción de algún elemento de seguridad; indicación para desenergizar la máquina, así como tomar las precauciones para resolver los problema que se vayan presentando.

<b>Color y aplicación.</b>	<b>Significado del luminoso.</b>	<b>Función del pulsador.</b>	<b>Ejemplo de aplicación y observaciones.</b>
<b>Rojo indicador</b>	Paro	Paro ( no se trata del paro de emergencia )	
<b>Amarillo indicador</b>	Atención o cuidado	Activación de una operación para evitar estados peligrosos	Un parámetro se acerca al valor máximo permisible. El accionamiento del pulsador amarillo puede anular funciones.
<b>Verde indicador</b>	Aprobación de la activación del proceso de arranque.	Arranque de la máquina o del equipo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Funcionamiento normal</li> <li>• Arranque de uno o de varios motores para accionamiento auxiliar manual</li> <li>• Arranque de unidades mecánicas</li> <li>• Excitación de sistemas de ajuste electromagnéticos</li> </ul>
<b>Azul indicador</b>	Cualquier significado al que no se refiera uno de los colores anteriores o el color blanco	Cualquier función a la que no se refiera uno de los colores anteriores o el color blanco	Control de funciones auxiliares

Figura 3.23A

Blanco (claro) confirmación	Confirmación constante que indica un circuito eléctrico, recibe corriente o que se ha activado o preseleccionado una función o movimiento.	Cerrar un circuito o activación o preselección	Cualquier preselección u operación de arranque
-----------------------------------	---	---	--

Figura 3.23 ■

### 3.5.4 Botones de selección de unidades.

En la selección de unidades son utilizados botones pulsadores de color negro, cada uno de éstos nos selecciona uno de los tres tipos de unidades.

Los tres tipos de unidades que se pueden seleccionar son:

- Unidad 320 ( 3.20m x 11.20m )
- Unidad 340 ( 3.40m x 12.20m )
- Unidad 360 ( 3.60m x 13.70m )



### 3.5.5 Lámpara de selección de unidades.

Para el testigo de selección de unidades son utilizadas tres lámparas blancas que son encendidas cada una respectivamente cada vez que es seleccionado uno de los tres diferentes tipos de unidades.

### 3.5.6 Botón de reset.

Para el botón de reset se utiliza un botón de línea simple.

El botón de reset restablece la computadora, en el caso de que se llegare a experimentar el paro de emergencia y se quedare una de la computadora e la unidad en un estado de software no adecuada durante cualquier de los momentos de operación de sistema de los sistemas y se llegare a querer "reboot".

Para poder realizar el control de operación de sistema se utiliza un botón de reset que se encuentra en la unidad de control y se utiliza para restablecer el sistema de la unidad de control y se utiliza para restablecer el sistema de la unidad de control.

### **3.5.5 Lámpara de selección de unidades.**

Para el testigo de selección de unidades son utilizadas tres lámparas blancas que son encendidas cada una respectivamente cada vez que es seleccionado uno de los tres diferentes tipos de unidades.

### **3.5.6 Botón de reset.**

Para el botón de reset se utiliza un botón de color negro.

El botón de reset restablece la secuencia; en el caso de que se llegará a presionar el paro de emergencia y se quedará una de la secuencias a la mitad de su recorrido, y el software no pudiera detectar ninguno de los sensores de posición de los cilindros y se llegara a quedar "trabado".

Para poder realizar el cambio de secuencia se necesita presionar el botón de reset para restablecer la selección de la unidad anterior y poder seleccionar otra de las unidades.

### **3.5.7 Botones de secuencia.**

Es de color negro, es utilizado para activar ó arrancar alguna secuencia predeterminada.

El ciclo de nuestro sistema se compone de tres secuencias automáticas las cuáles podrán ser activadas una a una conforme se vayan cumpliendo cada una de las secuencias del ciclo.

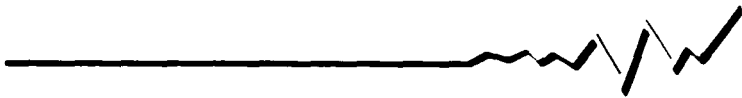
### **3.5.8 Lampara de secuencia**

El testigo es de color verde, indica activación de una secuencia o el arranque de un ciclo.

Nos indicara la secuencia que se haya realizado.

# **CAPITULO 4**

## **PROGRAMACION DEL P.L.C.**



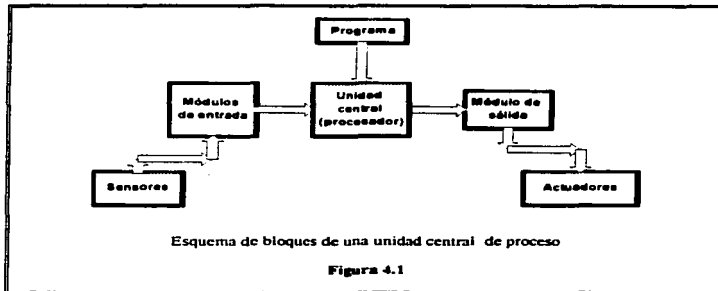
# CAPITULO 4

## PROGRAMACIÓN DEL P.L.C.

### 4.1 Introducción

Por software se entienden los programas. Estos determinan los enlaces lógicos y por consiguiente la activación o desactivación, o sea el mando, de los grupos controlables en la instalación o maquinaria. El **software**, o sea los programas, están archivados en la memoria del P.L.C., de la cual pueden ser recuperados y, en su caso, modificados en cualquier momento dado. Una modificación o cambio de software no implica un cambio del hardware.

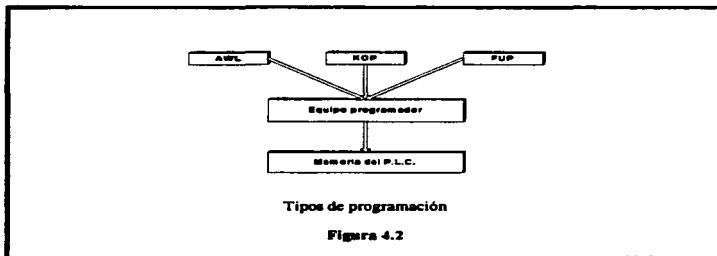
Los datos que procesa y memoriza la CPU son señales binarias. Estas se componen respectivamente casi siempre de un bit (*estado cero inactivo*) o (*estado uno activo*).



En la figura 4.1 podemos observar la manera en que los programas le indican al P.L.C. la secuencia que debe de seguir cuando recibe una señal de los sensores y para que definan una salida hacia los actuadores. Estos programas son elaborados por el programador del P.L.C., partiendo de programas o códigos fuente y se puede confeccionar de tres formas distintas:

- en forma de programa listado de instrucciones ( AWL; Paso a paso ).
- en forma de diagrama de contactos (KOP; Escalera ).
- en forma de diagrama de funciones ( FUP )

El diagrama de bloques de los diferentes tipos de programación, y la relación que hay con el P.L.C. y el equipo programador se muestra en la figura 4.2.



Las normas que existen en los tres tipos de programación definen las correspondencias de instrucciones y comandos en los tres lenguajes de programación que están especificadas en la norma *DIN 19239*. Cuando se programa el P.L.C. trabaja solo con el programa "fuente". El los memoriza, corrige y documenta en el equipo programador que se encarga también de traducirlos al código máquina, este código es el que entiende la unidad de central de proceso, (Figura 4.2).

El equipo programador se utiliza para introducir y editar los programas además de traducirlos al código máquina, para implementarlos en el P.L.C. y para comprobarlos

Los sistemas de programación implementados en ordenadores personales ofrecen, casi siempre, varias alternativas de programación. El programador redacta el programa fuente gráficamente o bien el texto completo. El sistema de programación se encarga entonces de traducir el programa al código máquina; este es el que interpreta el correspondiente P.L.C.. Si el ordenador personal respectivo está dotado de un interfaz correspondiente a la marca del control, los programas pueden ser pasados directamente a la memoria del P.L.C..

Una instrucción puede contener varias direcciones; por ejemplo " cuando E0 y E2 entonces activa A7 ". En esta instrucción, E y A son los *operandos indicativos* de las direcciones; estos están normalizados por la norma DIN 19239.

- E: entrada.
- A: salida.
- M: recordador.
- T: temporizador.
- Z: contador.

En la anotación, el operando de indicación ha de ir acompañado de un número de dirección. Estos números están determinados por el cableado seleccionado o por la designación de enchufes y por el número de enchufe del módulo E/S.(El módulo E/S conecta a los sensores y actuadores con sus correspondientes entradas o salidas). Una vez designadas las direcciones no se les deberá cambiar, pues son utilizadas después en el programa.



## 4.2 Listado de direcciones

Para fines de documentación, se anotan las direcciones P.L.C. en un *listado de direcciones*; éste contiene, además, la denominación exacta de cada sensor o actuador. También figuran en el listado los calificativos abreviados y un comentario sobre el significado de la información en las entradas y salidas.

A las abreviaturas también se les llama direcciones simbólicas, son las etiquetas identificadoras de los sensores y los actuadores. Las direcciones simbólicas se utilizan también después para la programación.

El P.L.C. sólo conoce la información 0 ó 1. Esto, sin embargo, no tiene que ver con el *significado y los efectos* de esta información. Por ejemplo, la señal 1 en una salida puede significar el desplazamiento de un cilindro; la señal 0, por el contrario, puede producir la recuperación de un cilindro. Los actuadores pueden ser también conectados de tal forma que una señal 0 no tenga ningún efecto sobre la instalación (señal no definida). En este caso, la reposición del cilindro está controlada por otra salida.

Para evitar confusiones, las direcciones y el significado de las informaciones en las entradas y salidas han de estar preestablecidos antes de confeccionar el programa, a manera de ejemplo se encuentra un listado con las direcciones que se pueden usar en un programa para el P.L.C. para que éste realice un ciclo determinado y se muestra en la figura 4.3.

Listado de direcciones			
Denominación de secciones	Abrev.	Direcciones P.L.C.	Significado/Efecto
Pulsador marcha S1	MARCHA	E 000	1 = marcha
Comutador S2 (manual/automático)		E 001	1 = automático
Comutador S3 accionamiento continuo/simple	S3	E 002	1 = accionamiento simple
Pulsador S4	S4	E 003	1 = accionamiento simple
Pulsador S5 cilindro cargador	S5 carg	E 004	1 = desplazamiento cilindro
Pulsador S6 cilindro expulsor	S6 cexp	E 005	1 = desplazamiento cilindro
Pulsador S7 Paro emergencia	PARO EMERGENCIA	E 006	1 = paro
Limitador de carrera B1	ES 11	E 010	1 = cilindro cargador en posición normal
Limitador de carrera B2	ES 12	E 011	1 = cilindro cargador extendido
Limitador de carrera B3	ES 21	E 012	1 = cilindro expulsor en posición normal
Limitador de carrera B4	ES 22	E 013	1 = cilindro expulsor extendido
Comutador de presión S7	DS 1	E 017	1 = presión superior a 5 bar

Ejemplo de listado de direcciones.

Figura 4.3

\* 1 = Estado lógico activo

### 4.3 Tipos de programación

Existen varias posibilidades para realizar una tarea de control a través del P.L.C las cuáles se realizan programándolo adecuadamente, las formas que se pueden usar para programar al P.L.C. son:

- en forma de listado de instrucciones ( AWL; Paso a paso ).
- en forma de diagrama de contactos (KOP; Escalera ).
- en forma de diagrama de funciones ( FUP ).

*Para este trabajo de tesis el tipo de programación que se va a utilizar es el diagrama de contactos ( KOP ) y el Listado de instrucciones ( AWL ) ya que el diagrama de funciones es una repetición del de contactos.*

Al diagrama de contactos también se le denomina y se le conoce por su voz inglesa “ *ladder diagram* “. De hecho, el diagrama de contactos se parece mucho a una escalera ( inglés: ladder ), con dos líneas verticales, la de la izquierda puesta a una fuente de tensión y la de la derecha puesta a tierra. Entre estas paralelas se trazan perpendiculares también paralelas, de izquierda a derecha: los  *circuitos de*

**corriente o líneas de contactos.** Las entradas se representan con los siguientes símbolos:

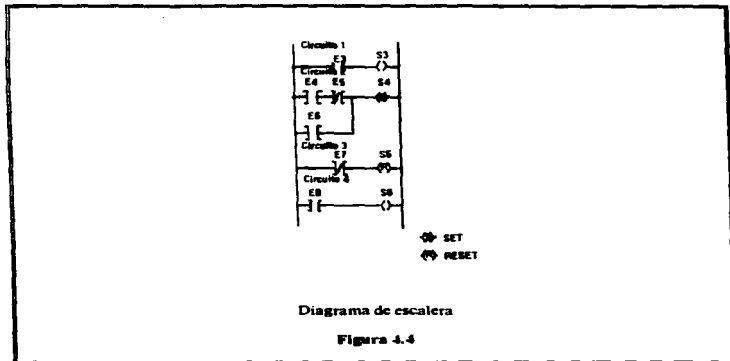
-) [- : contacto abierto.

-)/[- : contacto negado, cerrado.

Un enlace lógico de entradas por "Y" se realiza conectando varios *contactos en serie*; para enlace lógico de "O", se conectan los *contactos en paralelo*. En el diagrama de contactos, la entrada negada es representada por un interruptor cerrado ( Figura 4.4 ).

Y las salidas son representadas por el símbolo --( )-- ( bobina ) en el extremo derecho de la línea respectiva. En la programación, a cada símbolo le es asignada una dirección del P.L.C. real o una dirección simbólica.

### 4.3.1 Diagrama de contactos o de escalera



En la figura 4.4 se muestra la forma en la que es representado un diagrama de escalera, donde se observa la utilización de las salidas con set ( S ) y reset ( R ), es decir, el enclavamiento y el desenclavamiento de un determinado renglón.

Al contrario del diagrama de conexiones, el diagrama de contactos es de concepto esquemático; o sea que no se aprecia la precisa disposición de los grupos de renglones. El diagrama de contactos es una especie de esquema eléctrico por lo que se usa para programar un sistema de control, ya que se dispone previamente del correspondiente esquema eléctrico

#### **4.3.2 Listado de instrucciones**

El listado de instrucciones ( AWL ) no es una representación gráfica, o sea un diagrama como, por ejemplo, los diagramas de funciones y *escalera*. El listado de instrucciones describe literalmente el programa.

El listado de instrucciones consta de líneas y en cada una de éstas figura una instrucción individual. Cada línea puede llevar, a la derecha, un comentario textual en lenguaje normal en el que se especifiquen exactamente los elementos de conmutación. Cada línea del listado de instrucciones comienza por un número de orden. El conjunto de instrucciones engloba diversas instrucciones de operación y ejecución.

Las instrucciones son anotadas con abreviaturas. L ( voz inglesa "load" ) indica el comienzo de una secuencia de instrucciones; los enlaces lógicos "Y", "O" Y "NO" se abrevian respectivamente con sus siglas alemanas "U", "O" y "N". La instrucción de " activa y sino desactiva " significa: La correspondiente salida deberá activarse al recibir señal 1 o, respectivamente, desactivarse al recibir señal 0. (Figura 4.5).

L	I1
A N	I2
=	O6
L	I3
O	I4
=	O7

Formato de listado de instrucciones.

Figura 4.5

El listado de instrucciones según DIN no indica pasos y, por consiguiente, necesita recordadores de paso para crear programas secuenciales. ( También cuando se programa en diagrama de contactos es preciso dotarlo de recordadores de paso ). Aunque también se conoce una forma de programación en listado de instrucciones que indica por orden cronológico los pasos del programa y las correspondientes instrucciones que contienen. Con este listado de instrucciones se pueden resolver hasta los programas de control más complejos, ( Figura 4.6 ).

Descripción		Comentario	
Nº Paso	Indicación de programa	Simbología	
0001	PASO		Registro de fallos y averías
0002	CUANDO	E 0	Fallo conmutador S2
0003	Y	E 1	CANCELACION conmutador
0004	ENTONCES ACTIVA	S 7 0	Lámpara H
0005	ACTIVA	S 7 1	Zumbador SU
0006	PASO 1		Cronología
0007	ENTONCES CARGA	K 5	Parámetro de orientación
0008	DESPUES DE	TV	Memoria de preelccion
0009	CON	ZSR	Temperización 0.1 seg.
0010	ACTIVA	T 0	Iniciar coneco de tiempo
0011	PASO 2		Luz intermitente
0012	CUANDO	E 1	CANCELACION / conmutador S2
0013	ENTONCES SALTA A	S 4	Instrucción de salto
0014	CUANDO	T 0	Final de tiempo
0015	ENTONCES CANCELA	S 7 0	Lámpara H
0016	ACTIVA	T 0	Iniciar coneco de tiempo
0017	PASO 3		Luz intermitente
0018	CUANDO	E 1	CANCELACION / conmutador
0019	ENTONCES SALTA A	S 4	Instrucción de salto
0020	CUANDO	T 0	Final de tiempo
0021	ENTONCES ACTIVA	S 7 0	Lámpara H
0022	SALTA A	S 1	Instrucción de salto
0023	PASO 4		Luz intermitente
0024	ENTONCES ACTIVA	S 7 0	Lámpara H
0025	CANCELA	S 7 1	Zumbador SU
0026	CUANDO	E 1	CANCELACION / conmutador S2
0027	ENTONCES SALTA A	S 5	Instrucción de salto
0028	PASO 5		Cancelar visualización
0029	CUANDO	E 1	Cancelar visualización
0030	ENTONCES CANCELA	S 7 0	Lámpara H
0031	SALTA A	S 0	

Listado de instrucciones ( Programa de ciclo )

Figura 4.6

Los recordadores en los lenguajes de programación P.L.C. son procesados como si, además de recordadores, fuesen también salidas. Esto permite activarlo, desactivarlos y consultar su estado, cómo si se tratara de auténticas salidas. Un recordador es una tarjeta de salidas, o sea sin conexión entre la electrónica interna del P.L.C. y los actuadores.

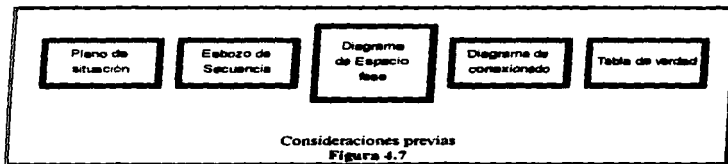


#### **4.4 Consideraciones previas para la programación de el P.L.C.**

Para poder realizar la programación del P.L.C. es necesario tener conocimiento acerca del proceso de control y sobre la metodología para realizar un programa del control, es muy importante estructurar el trabajo por pasos ejecutándolo uno después de otro. Desarrollaremos este concepto en cuatro pasos.

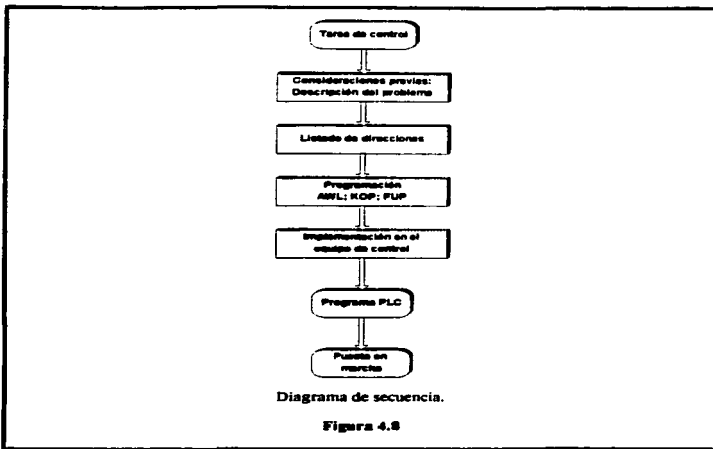
##### **4.4.1 Primer paso: Consideraciones previas**

¿ Qué funciones tiene que desempeñar el control ?. El planteamiento tiene que ser muy claro. Es preciso describir exacta y detalladamente el problema de control, antes de confeccionar el programa del P.L.C.



La figura 4.7 tiene un diagrama de bloques que nos muestra el planteamiento general que se debe tomar para la realización de la programación del P.L.C.

La labor de programación exige información previa; ésta ha de tenerse o procurarse antes de comenzar a programar ( diagrama de situación, esbozo de secuencia o diagrama de contactos ). También ha de conocerse el modo de funcionamiento y actuación de los sensores y los actuadores. Para tener una visión de conjunto completa de todos los elementos y grupos ejecutivos, tampoco se puede prescindir del correspondiente **diagrama de flujo**.



Este diagrama de flujo nos indica las consideraciones que hay que tomar para la programación de un P.L.C., son las consideraciones previas, el diagrama se muestra en la figura 4.8.

Cuando el problema de control es de menor envergadura y grado de dificultad, resulta muy útil establecer también la tabla de verdad para las entradas y salidas. Este listado permite consultar y aclarar rápidamente los detalles de un circuito así como efectuar un " ciclo de prueba "; así se excluyen posibles fallos antes de la puesta en marcha de la instalación controlada.

#### **4.4.2 Segundo paso: Listado de direcciones**

Este paso consiste en establecer las condiciones generales para el programa. Para ello, se confecciona un listado de direcciones con cuatro criterios.

En la primera columna se anota la **denominación exacta** de las entradas y salidas. Aquí se toman las denominaciones del diagrama de conexionado, especificándolas acaso con comentarios textuales ( P. ej. final de carrera ).

En la segunda columna figuran las abreviaturas ( también símbolos de comentario o, así llamadas direcciones simbólicas ) para las entradas y salidas indicadas. Estas etiquetas se utilizan también para la propia programación y pueden ser seleccionadas arbitrariamente; sólo que se tienen que tomar símbolos claros, inconfundibles y congruentes para impedir confusiones ( P. ej. S1, S2, S3 ... para diferentes conmutadores ). La cifra y el tipo de caracteres empleados deberán ser compatibles con las características y especificaciones del sistema de programación utilizado el cuál se muestra en la figura 4.9.

En la tercera columna del cuadro se indican las direcciones P.L.C. Las etiquetas para los operandos están normalizadas; los números de dirección están determinados por la distribución de conectores que se haya seleccionado. Para el programa P.L.C. se emplean las abreviaturas o las direcciones P.L.C. Para ello, se establece un listado de declaraciones ( Listado de direcciones resumido ); esté listado de declaraciones muestra dos columnas, una para las abreviaturas y otra para las direcciones P.L.C.

En la cuarta y última columna del listado de direcciones se anota comentarios, especificando el significado de las señales en cada una de las entradas y salidas. Un comentario breve como, por ejemplo, " I = desplazamiento cilindro " es suficiente para dejar claro qué efecto tiene una señal determinada sobre la instalación.

<b>Listado de direcciones</b>			
Denominación	Abreviatura	Dirección	Función
Pulsador S1	S1	E0	E0, E2, E5 con señal
Pulsador S2	S2	E2	1 (activo) mientras
Pulsador S3	S3	E5	accionado
Lámpara H1	H1	S0	Lámpara iluminada, cuando señal 1 A activadas

Listado de direcciones  
Figura 4.9

#### 4.4.3 Tercer paso: Programación

Este paso consiste en lo siguiente: Dejar de lado la realización del sistema de control ( esto se refiere a las tecnologías utilizadas ) y describir “ abstractamente “ la secuencia de control. En principio, existen tres posibilidades distintas ( hay equipos programadores que no ofrecen las tres alternativas ). La propia programación depende mucho de la naturaleza del problema así como de las preferencias del operador programador, ( Figura 4.7 )

El diagrama de secuencia ( Figura 4.8 ) nos indica las consideraciones que hay que tomar para la programación de un P.L.C. que es la programación.

- Cuando el planteamiento del problema va documentado, entre otros, con un diagrama de contactos o con ecuaciones booleanas, el programa puede ser

confeccionado en forma de **listado de instrucciones ( AWL )**, (Figura 4.10).

- Para ciertos problemas de control se presta la programación con **diagrama de contactos ( KOP )**, particularmente cuando se dispone de un esquema eléctrico. El técnico electricista preferirá este método, (Figura 4.11)
  - Para los controles que funcionen según un proceso cronológico y lógico es preferible trabajar con el diagrama de flujo. Este diagrama se puede programar como **diagrama de funciones ( FCH )**, (Figura 4.12).
- Aunque el primer ciclo del programa acabado no diera indicaciones de error o fallo, es conveniente efectuar una comprobación de consistencia lógica, utilizando el listado de direcciones.

La **programación**, consiste, pues, en dos fases:

- 1ª La propia confección del programa.
- 2ª El teclado del programa sobre el equipo programador.

L	S1
A	(S2)
O	(S3)
-	H1

Listado de instrucciones ( AWL )

Figura 4.10

La figura 4.10 muestra la programación en formato de listado de instrucciones.

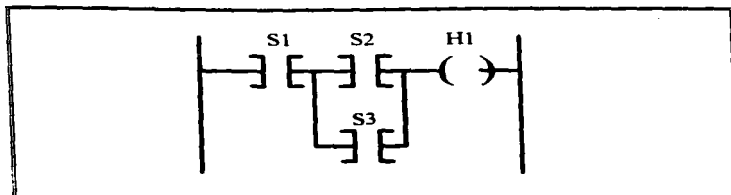


Diagrama de contactos ( KOP )

Figura 4.11

La figura 4.11 muestra la programación en formato de diagrama de contactos.

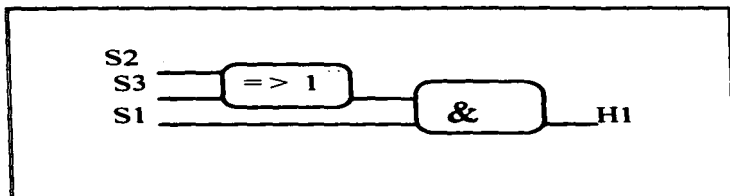


Diagrama de Funciones (FUP)

Figura 4.12

La figura 4.12 muestra la programación en formato de diagrama de funciones.

#### **4.4.4 Cuarto paso: Implementación sobre control**

Llegado a este momento, puede procederse a la traducción interna del programa al código máquina; este es el código que la unidad central sabe interpretar. El último paso que queda es la implementación del programa en código máquina y han de utilizarse las direcciones P.L.C. precisas. El programa ha sido desarrollado con direcciones simbólicas que se deriván de direcciones reales ( listado de declaraciones ).

Con la hoja de planteamiento verbal de la tarea de control y con el diagrama se procede entonces, de nuevo, a una comprobación del programa de control.

El diagrama de secuencia ( Figura 4.8 ) nos indica las consideraciones que hay que tomar para la programación de un P.L.C., es la implementación del equipo de control.



#### **4.4.4.1 Mando de salidas**

Un P.L.C. se encarga de enlazar y correlacionar lógicamente, o sea de procesar señales binarias de entrada en función de las instrucciones del programa. Según el resultado del proceso, las correspondientes salidas son activadas ( señal 1 ) ó respuestas a estado de desactivación ( señal 0 ).

El mando o sea la activación/desactivación, de las salidas se programa más fácilmente por transferencia directa de las señales de entrada.

#### **4.4.4.2 Programas secuenciales**

En muchos casos, el proceso controlable se desarrolla en varios pasos consecutivos independientes. Así, pues, se habla de **controles secuenciales**. En estos sistemas, es preciso que primero se cumplan ciertas condiciones en un paso antes de que el equipo proceda al siguiente ( por ejemplo, se consultan otras entradas o se activan otros actuadores ). Los estados de la instalación hay que consultarlos, es decir controlarlos, para que quede garantizada la seguridad del ciclo productivo.

El avance de los pasos no tiene necesariamente que seguir los números de orden, el programa permite saltos, bucles y bifurcaciones.

En un control secuencial no se cambia de un paso al siguiente programado hasta que no se cumplen ciertos requisitos o condiciones. Según si la correspondiente condición depende del tiempo o del proceso, se distinguen programas secuenciales de tiempo o programas secuenciales de proceso:

En el **programa de tiempo**, la condición de conmutación al siguiente paso depende únicamente del tiempo transcurrido; éste es controlado, por ejemplo, con módulos de temporización o contadores de tiempo.

En el **programa de proceso**, la condición de conmutación al siguiente paso es activada por señales de la instalación controlada.

En la práctica fabril, la gran mayoría de las tareas de control es resuelta con programas secuenciales. Naturalmente, también es perfectamente factible que las respectivas partes de un programa -los así llamados programas parciales- constituyan subprogramas independientes con enlaces lógicos.

En el **diagrama de contactos**, cada paso está marcado por un **recordador de pasos**. Con esta estructura queda asegurado que los pasos son dados en el orden consecutivo debido.

El **diagrama de contactos** para un control secuencial se compone de dos secciones:

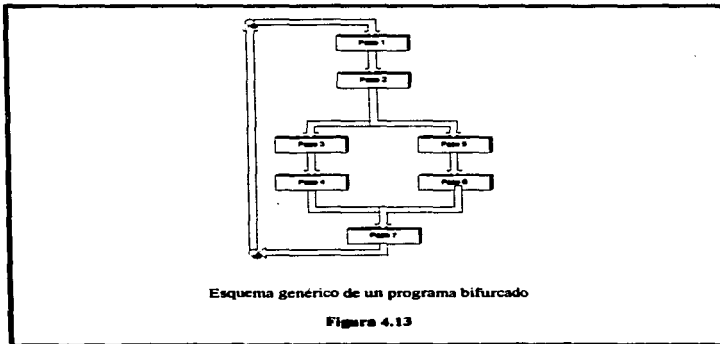
- **Sección de control** - determinación de los recordadores;
- **Sección de operación** - mando de las salidas.

En la **sección de control** se establece la relación entre los recordadores y las condiciones de cada paso. Para cada paso del programa secuencial hay que establecer un recordador, éstos se encargan del mando de las salidas en la **sección de operación** y para cada salida se necesita un circuito.

#### **4.4.4.3 Programas secuenciales bifurcados**

En la práctica de los controles secuenciales, también puede resultar necesario prever secuencias de pasos opcionales. Según las señales emitidas por los sensores, se ejecuta una u otra secuencia opcional.

En estos casos se trata de programas secuenciales bifurcados. En la ilustración se aprecia el esquema genérico de tal programa (deducido del diagrama de funciones). El programa circula por la secuencia 1, 2, 3, 4, 7 ó por la secuencia 1, 2, 5, 6, 7: (Figura 4.13).



**Diagrama de funciones:** También en este caso la representación esquemática en diagrama de pasos es la más sencilla. El desvío se traza como muestra el diagrama en la figura anterior.

**Diagrama de contactos:** El desvío se puede programar en la sección de control. Entonces, según nuestro ejemplo, después del segundo paso se activa, alternativamente, el tercero o el quinto paso, según características de la pieza. Los recordadores de paso tres y cinco deben tener un circuito propio cada uno; la condición para ambos es la ejecución del primer paso. La condición para el séptimo paso es o el cuarto o bien el sexto paso. ( El desvío se puede representar también en la sección de operación del programa ).

**Listado de instrucciones:** En el listado de instrucciones se activan los recordadores de paso después de cada paso correspondiente y se activan las salidas

## **4.5 Programación**

Para la programación de nuestro sistema podemos elegir entre dos tipos de programación:

**Versión interprete** - Programar desde el teclado.

**Versión compilada** - Programar por medio de una PC y el software FPC - 202C.

Para la programación debemos tomar en cuenta las consideraciones que se explicaron en los cuatro pasos anteriores, por lo que, enumeraremos nuestro

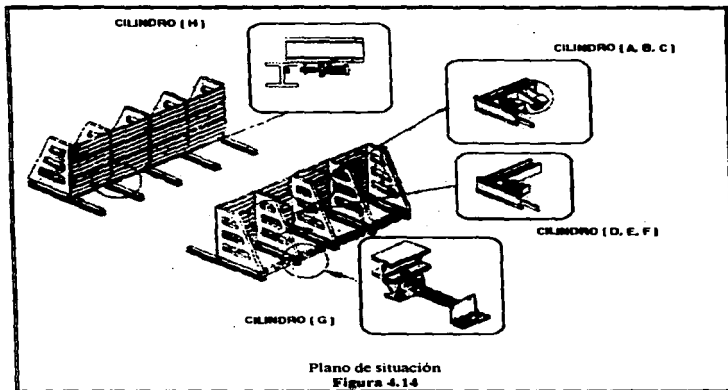
### ***Planteamiento Secuencial Intuitivo:***

- 1. Plano de Situación.**
- 2. Diagrama de Potencia.**
- 3. Diagrama de Espacio - Fase.**
- 4. Tabla de Asignaciones.**
- 5. Diagrama Secuencial Digital Neyle.**
- 6. Programación.**

#### 4.5.1 Plano de situación

En el plano de situación se puede observar la estructura completa del sistema que estamos desarrollando, ( Figura 4.14 ).

Podemos también observar la colocación de cada uno de los grupos, en nuestro sistema, es decir cada una de las colocaciones de los grupos de pistones.



Plano de situación, nos ayuda a ubicarnos sobre la localización de todos los grupos de nuestro sistema, de esta manera podremos entender la secuencia de pasos y entender el desarrollo del programa de cada uno de nuestros estilos de unidades.

#### **4.5.2 Diagrama de potencia**

En esta figura podemos observar la distribución de cada uno de los grupos de pistones y la cantidad de cilindros que tiene cada grupo, ( Figura 4.15 )

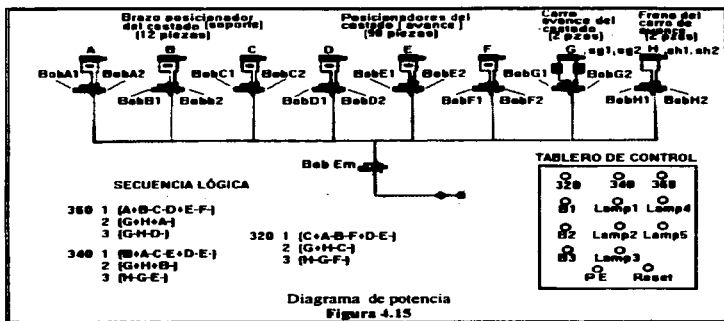
Así como la colocación de la válvula actuadora de control de cada grupo (válvula 5/2) y la válvula de paro de emergencia (válvula 3/2).

Podemos observar la colocación de los sensores inductivos que tienen los grupos de carro de avance y el del freno del carro de avance, los cuales nos sensan la posición de cada cilindro.

Para el grupo de carro de avance se tiene dos válvulas de control de flujo para cada cilindro, la cuál al regular el flujo del cilindro automáticamente nos regula la velocidad de nuestro cilindro.



En este diagrama podemos además observar la secuencia lógica de cada uno de los estilos ( 320, 340, 360 ) y la distribución del tablero de control.



Con la ayuda de este diagrama nos ubicamos; sobre la manera en que podemos relacionar la secuencia de pasos del sistema con las válvulas que se deben de ir activando para cumplirla. Nos ubicamos en la distribución del tablero de control y podemos ir relacionando los botones con la secuencia lógica del programa.

### 4.5.3 Diagrama de Espacio - Fase

El diagrama Espacio-Fase, lo utilizamos para *conocer gráficamente el movimiento* de cada uno de los grupos de cilindros, así como poder observar la secuencia lógica de pasos, que realiza cada estilo de unidades de el sistema.

Como no lo muestra las figuras siguientes, ( 4.16, 17, 18 ).

#### Diagrama espacio - fase para ciclo 320

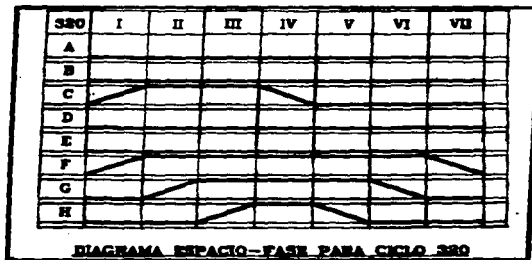


Figura 4.16

Este diagrama nos representa gráficamente la secuencia lógica para el estilo 320.

Diagrama espacio - fase para ciclo 340

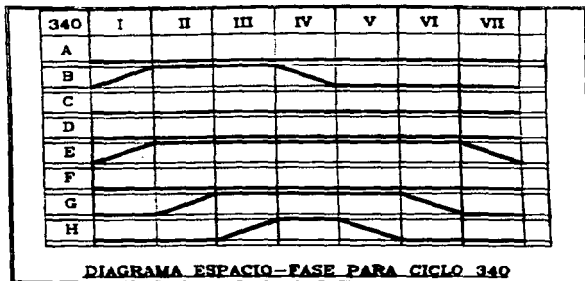


Figura 4.17

Este diagrama nos representa gráficamente la secuencia lógica para el estilo 340.  
Diagrama espacio - fase para ciclo 360

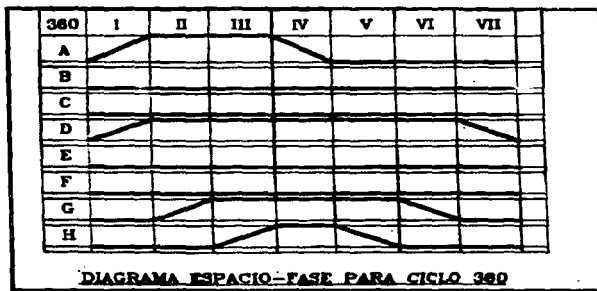


Figura 4.18

Este diagrama nos representa gráficamente la secuencia lógica para el estilo 360.

La tabla de asignaciones la utilizamos para conocer la relación entre el operando, el símbolo y el comentario de cada una de nuestras condiciones. ( Figura 4.19 ).

Operando	Símbolo	Comentario
0.01	Motor	Abre puerta

Tabla de asignaciones

figura 4.19

En las hojas siguientes podemos observar la tabla de asignaciones general de nuestro sistema, las cuáles se deben de considerar para la realización de la programación del sistema, ya que para la programación es necesario que se den de alta en la tabla de asignaciones tanto las direcciones, el nombre simbólico y el comentario que aparecerá cada vez que se cumpla cada una de nuestras condiciones.

FBSTO Software Tool FBT

Sistema de control electrónico para el armado general  
de estructuras para autobuses.  
Listado de Localizaciones.

Operands of allocation list

Absolute	Symbolic	Comment
00 0	BobA1	Extendido cilindro A
00 1	BobA2	Retracción cilindro A
00 2	BobB1	Extendido cilindro B
00 3	BobB2	Retracción cilindro B
00 4	BobC1	Extendido cilindro C
00 5	BobC2	Retracción cilindro C
00 6	BobD1	Extendido cilindro D
00 7	BobD2	Retracción cilindro D
01 0	BobE1	Extendido cilindro E
01 1	BobE2	Retracción cilindro E
01 2	BobF1	Extendido cilindro F
01 3	BobF2	Retracción cilindro F
01 4	BobG1	Extendido cilindro G
01 5	BobG2	Retracción cilindro G
01 6	BobH1	Extendido cilindro H
01 7	BobH2	Retracción cilindro H
02 0	BobEm	Activa bobina de paro de Emergencia
02 1	Lamp1	Secuencia Unidad 320 activada
02 2	Lamp2	Secuencia Unidad 340 activada
02 3	Lamp3	Secuencia Unidad 360 activada
02 4	Lamp4	Paro de Emergencia activado
02 5	Lamp5	Reset
02 6	ALARMA	Alarma de Emergencia activada
10 0	Boton320	Selecciona Secuencia para Estilo 320
10 1	Boton340	Selecciona Secuencia para Estilo 340
10 2	Boton360	Selecciona Secuencia para Estilo 360
10 3	B1	Activa Paso 1
10 4	B2	Activa Paso 2
10 5	B3	Activa Paso 3
10 6	SG1	Sensa posición cilindro G retraído
10 7	SG2	Sensa posición cilindro G extendido
11 0	SH1	Sensa posición cilindro H retraído
11 1	SH2	Sensa posición cilindro H extendido
11 2	PE	Activa Paro de Emergencia
11 3	BRreset	Resetea Secuencia
F0 1	BANDERA	Establece Bandera Lógica
F0 2	Sec320	Secuencia 320 Activada
F0 3	Sec340	Secuencia 340 Activada
F0 4	Sec360	Secuencia 360 Activada
F0 5	BANDEMERG	secuencia de paro de Emergencia
P1	PROGR320	Establece Programa de Secuencia 320
P2	PROGR340	Establece Programa de Secuencia 340
P3	PROGR360	Establece Programa de secuencia 360

FPC80 software Tool P8T

Sistema de control electrónico para el arrado general  
de estructuras para autobus.  
Listado de Localizaciones.

## Operands of Allocation list

Absolute	Symbolic	Comment
P4	PROGRAMA4	Programa de Pazo de Emergencia
T0	TIMER1	Cronometro 1
T1	TIMER2	Cronometro 2
TP0		Preselector 1
TPI		Preselector 2

#### **4.5.4 Diagrama Secuencial Digital Neyle**

En este diagrama podemos ver gráficamente la relación entre las **condiciones** y las **acciones** de nuestro sistema, en el Diagrama Secuencial Neyle nos basamos para la realización de la programación de tipo escalera o paso a paso, *cada tipo de programación tiene un estilo de Diagrama Secuencial Neyle*, consta de dos partes:

La primera parte es la de las **condiciones**, en la que podemos observar todas las **señales de entrada**, así como la **representación de las banderas lógicas**. La parte de las condiciones es la misma para la programación paso a paso o escalera.

*Cada renglón representa el número de pasos o escalones de que consta el software del sistema, por lo que se van representando las señales de entrada conforme se van activando.* En la figura 4.20 podemos observar el Diagrama Secuencial Neyle. *El Diagrama Secuencial Neyle se realiza basándose en el diagrama Espacio-Fase.*





#### **4.5.4.1 Diagrama Secuencial Neyle para la programación Paso a Paso.**

En el diagrama de acciones para la programación paso a paso se deben de ir desactivando las acciones que son activadas en un paso anterior, debido a que las acciones de la programación paso a paso son memorizadas.

*Cada uno de los renglones de condiciones tiene un renglón de acciones respectivamente, es decir, para cada condición de entrada corresponde una acción de salida.*

**Cada renglón de acción representa un movimiento en el sistema.**

**Figura 4.21.**



#### **4.5.4.2 Diagrama Secuencial Neyle para la programación de escalera.**

Para el diagrama de acciones de programación escalera corresponde una acción para cada condición respectivamente.

En este diagrama Secuencial Neyle las acciones tomadas en un paso anterior no es necesario que desactiven ya que estas no son memorizadas, para la programación escalera se deben de usar los recordadores ( enclavamientos ) para conservar memorizada señales que se vayan requiriendo a lo largo del programa. (Figura 4.22).



### 4.5.4.3 Programación

#### 4.5.4.3.1 Programación del sistema en Listado de Instrucciones o Programación Paso a Paso

Para la realización de la programación paso a paso se debe de ir tomando uno a uno los renglones, ya que a cada condición corresponde una acción, y *a cada acción corresponde un paso del programa*, tomando como entrada a las condiciones (**IF**) y como salida a las acciones (**THEN**), sin olvidar desactivar (**RESET**) en cada paso las acciones que se encuentren activadas (**SET**).

En las hojas siguientes podemos observar la distribución de nuestro programa realizado en programación *de listado de instrucciones o paso a paso*, de esta manera podemos ir checando todo el desarrollo relacionando la importancia de cada uno de los *renglones pasos* en los que se fue dividiendo nuestro sistema.

<b>FBSTO software Tool FBST</b>
<b>Sistema de control electrónico para el armado general de estructuras para autobús. Programa Organizador.</b>

0001	STEP	1		(1)	
0002	IF		N	PE	'Activa Paro de Emergencia
0003		AND		N	BRESET
0004	THEN	SET			F0.1
					'Establece Bandera Lógica
0005	IF			PE	
					'Activa Paro de Emergencia
0006	THEN	RESET			F0.1
					'Establece Bandera Lógica
0007		SET			P4
					'Programa de Paro de Emergencia
0008		SET			BOBEM
					'Activa bobina de paro de Emergencia
0009	OTHER	RESET			P4
					'Programa de Paro de Emergencia
0010		RESET			BOBEM
					'Activa bobina de paro de Emergencia
0011	IF				F0.1
					'Establece Bandera Lógica
0012		AND			Bocón320
0013		AND		N	Bocón340
0014		AND		N	Bocón360
0015	THEN	SET			P1
					'Establece Programa de Secuencia 320
0016		SET			Lamp1
					'Secuencia Unidad 320 activada
0017		RESET			P2
					'Establece Programa de Secuencia 340
0018		RESET			P3
					'Establece Programa de secuencia 360
0019	IF				F0.1
					'Establece Bandera Lógica
0020		AND			Bocón340
0021		AND		N	Bocón320
0022		AND		N	Bocón360
0023	THEN	SET			P2
					'Establece Programa de Secuencia 340
0024		SET			Lamp2
					'Secuencia Unidad 360 activada
0025		RESET			P1
					'Establece Programa de Secuencia 320
0026		RESET			P3
					'Establece Programa de secuencia 360

F8270 Software Tool F8T

Sistema de control electrónico para el armado general  
de estructuras para autobús.  
Programa Organizador.

0027	IF		FO.1	'Establece Bandera Lógica
0028		AND	Botón360	
0029		AND	Botón320	
0030		AND	N	Botón340
0031	THEN	SET	P3	'Establece Programa de secuencia 360
0032		RESET	P1	'Establece Programa de Secuencia 320
0033		RESET	P2	'Establece Programa de Secuencia 340
-----				
0034	STEP 2		(2)	
0035	IF		Breset	'Resetea Secuencia
0036	THEN	RESET	P1	'Establece Programa de Secuencia 320
0037		RESET	P2	'Establece Programa de Secuencia 340
0038		RESET	P3	'Establece Programa de secuencia 360
0039		RESET	FO.1	'Establece Bandera Lógica
0040		RESET	Lamp1	'Secuencia Unidad 320 activada
0041		RESET	Lamp2	'Secuencia Unidad 340 activada
0042		RESET	Lamp3	'Secuencia Unidad 360 activada
0043	JMP TO		1	(1)
0044				

PSETO Software Tool PBT			
Sistema de control electrónico para el armado general de estructuras para autobús. Programa Secuencia 320.			

```

0001 STEP 1          (1)
0002 IF             S1
0003     AND        FO.1
0004     THEN SET   BOBA2
0005     SET        BOBB2
0006     SET        BOBC1
0007     SET        BOBD2
0008     SET        BOBE2
0009     SET        BOBF1
-----
0010 STEP 2          (2)
0011 IF             S2
0012     AND        FO.1
0013     THEN SET   BOBG1
0014     RESET      BOBA2
0015     RESET      BOBB2
0016     RESET      BOBC1
0017     RESET      BOBD2
0018     RESET      BOBE2
0019     RESET      BOBF1
-----
0020 STEP 3          (3)
0021 IF             SG2
0022     AND        FO.1
0023     THEN SET   BOBH1
0024     RESET      BOBG1
-----
0025 STEP 4          (4)
0026 IF             SH2
0027     AND        FO.1
0028     THEN SET   BOHC2
0029     RESET      BOBH1
-----

```



PSTO Software Tool #ST

Sistema de control electrónico para el estado general  
de estructuras para autabas.  
Programa Secuencia 320.

```

0030 STEP 5           (5)
0031 IF              B3           'Activa Paso 3
0032                AND          FO.1      'Establece Bandera
                                           Lógica
0033 THEN SET        SOB22        'Retracción cilindro N
0034                RESET        SOB22     'Retracción cilindro C
-----
0035 STEP 6           (6)
0036 IF              SN1           'Sena posición
                                           cilindro N retraído
0037                AND          FO.1      'Establece Bandera
                                           Lógica
0038 THEN SET        SOB22        'Retracción cilindro G
0039                RESET        SOB22     'Retracción cilindro H
-----
0040 STEP 7           (7)
0041 IF              SO1           'Sena posición
                                           cilindro G retraído
0042                AND          FO.1      'Establece Bandera
                                           Lógica
0043 THEN SET        SOB22        'Retracción cilindro F
0044                RESET        SOB22     'Retracción cilindro G
-----
0045 STEP 8           (8)
0046 IF              Breset       'Resetea Secuencia
0047 THEN RESET      SOB22        'Retracción cilindro F
0048
0049
0050
0051
0052
0053
0054
0055
0056
0057
0058
0059
0060
0061
0062

```

## PSTO Software Tool PST

Sistema de control electroautomático para el armado general  
de estructuras para autobuses.  
Programa Secuencia 140.

```

0001 STEP 1          (1)
0002 IF              B1          *Activa Paso 1
0003      AND        FO.1        *Establece Bandera
                                Lógica
0004 THEN SET       BOBA2        *Retracción cilindro A
0005      SET        BOBB1        *Extendido cilindro B
0006      SET        BOBC2        *Retracción cilindro C
0007      SET        BOBD2        *Retracción cilindro D
0008      SET        BOBE1        *Extendido cilindro E
0009      SET        BOBF2        *Retracción cilindro F
-----

0010 STEP 2         (2)
0011 IF              B2          *Activa Paso 2
0012      AND        FO.1        *Establece Bandera
                                Lógica
0013 THEN SET       BOBG1        *Extendido cilindro G
0014      RESET      BOBA2        *Retracción cilindro A
0015      RESET      BOBB1        *Extendido cilindro B
0016      RESET      BOBC2        *Retracción cilindro C
0017      RESET      BOBD2        *Retracción cilindro D
0018      RESET      BOBE1        *Extendido cilindro E
0019      RESET      BOBF2        *Retracción cilindro F
-----

0020 STEP 3         (3)
0021 IF              SG2        *Sena posición
                                cilindro G extendido
0022      AND        FO.1        *Establece Bandera
                                Lógica
0023 THEN SET       BOBH1        *Extendido cilindro H
0024      RESET      BOBG1        *Extendido cilindro G
-----

0025 STEP 4         (4)
0026 IF              SH2        *Sena posición
                                cilindro H extendido
0027      AND        FO.1        *Establece Bandera
                                Lógica
0028 THEN SET       BOBB2        *Retracción cilindro B
0029      RESET      BOBH1        *Extendido cilindro H
-----

```

FMSTO Software Tool PST

Sistema de control electrónico para el armado general  
de estructuras para autobus.  
Programa Secuencia 140.

```

0030 STEP 5          (5)
0031 IF             B3          'Activa Paso 3
0032      AND        PO.1      'Establece Bandera
                                Lógica
0033 THEN SET       BOBH2      'Retracción cilindro H
0034      RESET      BOBH2      'Retracción cilindro B
-----

0035 STEP 6          (6)
0036 IF             SH1          'Sensa posición
                                cilindro H retraido
0037      AND        PO.1      'Establece Bandera
                                Lógica
0038 THEN SET       BOBG2      'Retracción cilindro G
0039      RESET      BOBH2      'Retracción cilindro H
-----

0040 STEP 7          (7)
0041 IF             SG1          'Sensa posición
                                cilindro G retraido
0042      AND        PO.1      'Establece Bandera
                                Lógica
0043 THEN SET       BOBE2      'Retracción cilindro E
0044      RESET      BOBG2      'Retracción cilindro G
-----

0045 STEP 8          (8)
0046 IF             Breset      'Resetea Secuencia
0047 THEN RESET     BOBE2      'Retracción cilindro E
0048
0049
0050
0051
0052
0053
0054
0055
0056
0057
0058
0059
0060
0061
0062

```

PUNTO Software Tool SET

Programación del P.L.C.

Sistema de control electrónico para el armado general  
de estructuras para autobuses.  
Programa Secuencia 160.

```

0001 STEP 1          (1)
0002 IF              S1          'Activa Paso 1
0003      AND        FO.1        'Establece Bandera
                                Lógica
0004 THEN SET       BOB1        'Extendido cilindro A
0005      SET        BOB2        'Retracción cilindro B
0006      SET        BOB2        'Retracción cilindro C
0007      SET        BOB2        'Retracción cilindro D
0008      SET        BOB2        'Retracción cilindro E
0009      SET        BOB2        'Retracción cilindro F
-----
0010 STEP 2          (2)
0011 IF              S2          'Activa Paso 2
0012      AND        FO.1        'Establece Bandera
                                Lógica
0013 THEN SET       BOB1        'Extendido cilindro G
0014      RESET      BOB1        'Extendido cilindro A
0015      RESET      BOB2        'Retracción cilindro B
0016      RESET      BOB2        'Retracción cilindro C
0017      RESET      BOB1        'Extendido cilindro D
0018      RESET      BOB2        'Retracción cilindro E
0019      RESET      BOB2        'Retracción cilindro F
-----
0020 STEP 3          (3)
0021 IF              SQ2        'Sense posición
                                cilindro G extendido
0022      AND        FO.1        'Establece Bandera
                                Lógica
0023 THEN SET       BOB1        'Extendido cilindro H
0024      RESET      BOB1        'Extendido cilindro G
-----
0025 STEP 4          (4)
0026 IF              SQ2        'Sense posición
                                cilindro H extendido
0027      AND        FO.1        'Establece Bandera
                                Lógica
0028 THEN SET       BOB2        'Retracción cilindro A
0029      RESET      BOB1        'Extendido cilindro H
-----

```

FBSTO Software Tool FAT

Sistema de control electrónico para el armado general  
de estructuras para autobuses.  
Programa Secuencia 360.

```

0030 STEP 5          (5)
0031 IF              B1          'Activa Paso 3
0032      AND         F0.1      'Establece Bandera
                                Logica
0033 THEN SET        B0BN2      'Retracción cilindro H
0034      RESET       B0BA2      'Retracción cilindro A
-----
0035 STEP 6          (6)
0036 IF              SM1        'Sensa posición
                                cilindro H retraido
0037      AND         F0.1      'Establece Bandera
                                Logica
0038 THEN SET        B0BG2      'Retracción cilindro G
0039      RESET       B0BN2      'Retracción cilindro H
-----
0040 STEP 7          (7)
0041 IF              SG1        'Sensa posición
                                cilindro G retraido
0042      AND         F0.1      'Establece Bandera
                                Logica
0043 THEN SET        B0BD2      'Retracción cilindro D
0044      RESET       B0BG2      'Retracción cilindro G
-----
0045 STEP 8          (8)
0046 IF              Breset     'Resetea Secuencia
0047 THEN RESET      B0BD2      'Retracción cilindro D
0048
0049
0050
0051
0052
0053
0054
0055
0056
0057
0058
0059
0060
0061
0062

```

## PUESTO Software Tool PST

Sistema de control electrónico para el armado general  
 de estructuras para autobuses.  
 Programa Paro de Emergencia.

```

0001 STEP 1          (1)
0002 IF              N          T0          'Cronometro 1
0003 THEN LOAD      V100
0004 TO              TPI        'Preselector 2
0005 SET             T1          'Cronometro 2
0006 SET             Lamp4      'Paro de Emergencia
                                activado
0007 RESET          Lamp5      'Reset
-----
0008 STEP 2          (2)
0009 IF              N          T1          'Cronometro 2
0010 THEN LOAD      V100
0011 TO              TPO        'Preselector 1
0012 SET             T0          'Cronometro 1
0013 RESET          Lamp4      'Paro de Emergencia
                                activado
0014 SET             Lamp5      'Reset
0015 SET             ALARMA     'Alarma de Emergencia
                                activada
0016 JWP TO         1          (1)
0017
  
```

#### 4.5.4.3.2 Programación del sistema en Diagrama de Contactos o Programación de Escalera

Para la realización de la programación escalera se debe de ir tomando uno a uno los renglones, ya que a cada condición corresponde una acción, y *a cada acción corresponde un escalón del programa*, tomando como entrada a las condiciones -[ ]- y como salida a las acciones -( )-.

En las hojas siguientes podemos observar la distribución de nuestro programa realizado en programación *de escalera*, de esta manera podemos ir checando todo el desarrollo relacionando la importancia de cada uno de los *renglones/escalones* en los que se fue dividiendo nuestro sistema.

Podemos observar las similitudes que hay al realizar la programación en escalera con respecto a la programación paso a paso, para programar se parte de la misma forma del diagrama Secuencia Neyle.

## PSMT Software Tool PST

Sistema de control electrohidráulico para el arado general  
de estructuras para autobus.  
Programa General.

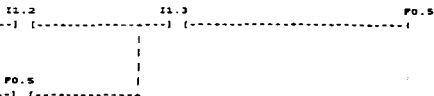
Rung No.	1	SECUENCIA 320
Rung No.	2	SECUENCIA 340
Rung No.	3	SECUENCIA 360
Rung No.	4	SECUENCIA DE PARO DE EMERGENCIA
Rung No.	5	PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO
Rung No.	6	BLINK DE PARO DE EMERGENCIA 1
Rung No.	7	BLINK DE PARO DE EMERGENCIA 2
Rung No.	8	CILINDRO A EXTENDIDO
Rung No.	9	CILINDRO A RETRAIDO
Rung No.	10	CILINDRO B EXTENDIDO
Rung No.	11	CILINDRO B RETRAIDO
Rung No.	12	CILINDRO C EXTENDIDO
Rung No.	13	CILINDRO C RETRAIDO
Rung No.	14	CILINDRO D EXTENDIDO
Rung No.	15	CILINDRO D RETRAIDO
Rung No.	16	CILINDRO E EXTENDIDO
Rung No.	17	CILINDRO E RETRAIDO
Rung No.	18	CILINDRO F EXTENDIDO
Rung No.	19	CILINDRO F RETRAIDO
Rung No.	20	CILINDRO G EXTENDIDO
Rung No.	21	CILINDRO G RETRAIDO
Rung No.	22	CILINDRO H EXTENDIDO
Rung No.	23	CILINDRO H RETRAIDO
Rung No.	24	SECUENCIA 320 ACTIVADA
Rung No.	25	SECUENCIA 340 ACTIVADA
Rung No.	26	SECUENCIA 360 ACTIVADA
Rung No.	27	PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO
Rung No.	28	PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO
Rung No.	29	ALARMA "PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO"





Sistema de control electrónico para el arrado general  
de estructuras para autobús.  
Programa General.

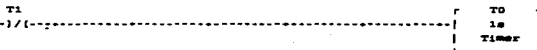
Rung no. 4 SECUENCIA DE PARO DE EMERGENCIA



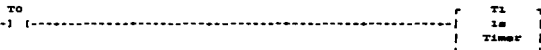
Rung no. 5 PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO



Rung no. 6 BLINK DE PARO DE EMERGENCIA 1



Rung no. 7 BLINK DE PARO DE EMERGENCIA 2



FMSTO Software Tool SET

Sistema de control electrónico para el armado general  
de estructuras para autobús.  
Programa General.

Rung no. 8 CILINDRO A EXTENDIDO

		B1	
PO.4	I1.2	IO.3	OO.0

Rung no. 9 CILINDRO A RETRAIDO

		B1	
PO.2	I1.2	IO.3	OO.1

		B1	
PO.3	I1.2	IO.3	

		SM2	
PO.4	I1.2	I1.1	

Rung no. 10 CILINDRO B EXTENDIDO

		B1	
PO.3	I1.1	IO.3	OO.2

## SISTO Software Tool SST

Sistema de control electrodomático para el armado general  
de estructuras para autobuses.  
Programa General.

Rung no. 11 CILINDRO B RETRAIDO

		B1	
FD.2	I1.1	IO.3	OO.3

		B1	
FD.4	I1.1	IO.3	

Rung no. 12 CILINDRO C EXTENDIDO

		B1	
FD.2	I1.1	IO.3	OO.4

Rung no. 13 CILINDRO C RETRAIDO

		SM2	
FD.2	I1.1	I1.1	OO.5

		B1	
FD.3	I1.1	IO.3	

		B1	
FD.4	I1.1	IO.3	

Sistema de control electrónico para el armado general  
de estructuras para autotas.  
Programa General.

Rung no. 14 CILINDRO D EXTENDIDO

			S1	
FD.4	I1.1	IO.3		CO.6

Rung no. 15 CILINDRO D RETRAIDO

			S1	
FD.2	I1.1	IO.3		CO.7

			S1	
FD.3	I1.1	IO.3		

			S1	
FD.4	I1.1	IO.3		

Rung no. 16 CILINDRO E EXTENDIDO

			S1	
FD.3	I1.1	IO.3		CO.0

## PSTO Software Tool PST

Sistema de control electrónico para el armado general  
de estructuras para autobuses.  
Programa General.

Rung no. 17 CILINDRO E RETRAIDO

			S1	
FO.2	IL.1	IO.3		OI.1
] [-----]/[-----] [-----] ( )				
			SM2	
FO.3	IL.1	IL.1		
] [-----]/[-----] [-----] ( )				
			SG1	
FO.6	IL.1	IO.6		
] [-----]/[-----] [-----] ( )				

Rung no. 18 CILINDRO P EXTENDIDO

			S1	
FO.2	IL.1	IO.3		OI.2
] [-----]/[-----] [-----] ( )				

Rung no. 19 CILINDRO P RETRAIDO

			SG2	
FO.2	IL.1	IO.7		OI.3
] [-----]/[-----] [-----] ( )				
			S1	
FO.3	IL.1	IO.3		
] [-----]/[-----] [-----] ( )				
			S1	
FO.4	IL.1	IO.3		
] [-----]/[-----] [-----] ( )				

PBMT0 Software Tool PBT

Sistema de control electrónico para el armado general  
de estructuras para autobus.  
Programa General.

Rung no. 20 CILINDRO G EXTENDIDO

		B2	
FO.2	I1.1	I0.4	O1.4
-----			
		B2	
FO.3	I1.1	I0.4	
-----			
		B2	
FO.4	I1.1	I0.4	
-----			

Rung no. 21 CILINDRO G RETRAIDO

		SH1	
FO.2	I1.1	I1.0	O1.5
-----			
		SH1	
FO.3	I1.1	I1.0	
-----			
		SH1	
FO.4	I1.1	I1.0	
-----			

**PLC Software Tool PBT**  
**Sistema de control electrofornético para el armado general  
 de estructuras para autobuses.**  
**Programa General.**

Rung no. 22 CILINDRO M EXTENDIDO			
		SG2	
FO.3	I1.1	IO.7	O1.6
----- / ----- -----			
		SG2	
FO.3	I1.1	IO.7	
----- / ----- -----			
		SG2	
FO.4	I1.1	IO.7	
----- / ----- -----			
Rung no. 23 CILINDRO M RETRAIDO			
		B3	
FO.2	I1.1	IO.5	O1.7
----- / ----- -----			
		B3	
FO.3	I1.1	IO.5	
----- / ----- -----			
		B3	
FO.4	I1.1	IO.5	
----- / ----- -----			
Rung no. 24 SECUENCIA 120 ACTIVADA			
FO.2			O2.1
----- / ----- -----			



**FIBTO Software Tool FST**

**Sistema de control electrónico para el arado general  
de estructuras para autocam.  
Programa General.**

Rung no. 25 SECUENCIA 340 ACTIVADA

F0.3 O2.2

[-----] [-----]

Rung no. 26 SECUENCIA 360 ACTIVADA

F0.4 O2.3

[-----] [-----]

Rung no. 27 PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO

F0.5 T0 O2.4

[-----] [-----]

Rung no. 28 PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO

F0.5 T1 O2.5

[-----] [-----]

Rung no. 29 ALARMA "PARO DE EMERGENCIA ACTIVADO"

F0.5 T0 O2.6

[-----] [-----]

End of the ladder diagram

## CONCLUSIONES

La automatización ha adquirido un gran apogeo a nivel mundial. La industria extranjera tiene un gran impulso tecnológico, aún el progreso a nivel nacional no se ha conseguido debido a la falta de apoyo, ésto nos limita al uso de la tecnología extranjera.

La pequeña y mediana empresa es el motor decisivo en el desarrollo económico del país y que por lo mismo requieren de más recursos para competir en los mercados locales y extranjeros, además de la iniciativa para desarrollar sistemas automáticos que los hagan más competitivos.

La formación tecnológica de los Ingenieros Mexicanos debe de aprovechar al máximo los recursos a su alcance, para poder contribuir a la recuperación económica de las empresas que están rezagadas tecnológicamente.

Durante la última década la presión de la competitividad le ha sumado nuevos enfoques a la flexibilidad de procesos productivos, aunado a la administración de la calidad total y satisfacción del cliente. Debido a esto existe la necesidad de implementar sistemas que nos hagan más productivos.

En poco tiempo la automatización se ha impuesto como una solución a este problema, agilizando la productividad sin descuidar los índices de calidad.

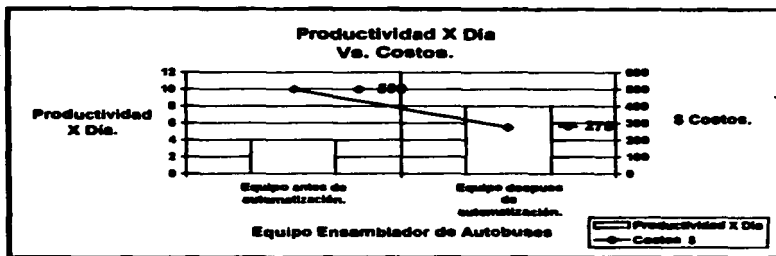
Con la realización de esta tesis se dan nuevas alternativas para lograr una mayor productividad, la cual gracias a la automatización va ligada de un menor costo del producto; como resultado del aseguramiento de la calidad, la optimización de recursos humanos y la disminución en los tiempos de proceso.

Con el P.L.C. se eleva en un 100% la productividad, ya que anteriormente para desarrollar la estructura de un autobús se montaban los laterales manualmente, se presoldaban, se procedía a escuadrar la estructura y se soldaba por completo, todo

ésto tomaba aproximadamente 2 horas; actualmente todo este proceso toma aproximadamente 60 minutos; y por lo que respecta a la calidad, con la nueva tecnología se disminuirón los defectos en un 30%.

En la siguiente gráfica podemos observar la productividad del equipo::

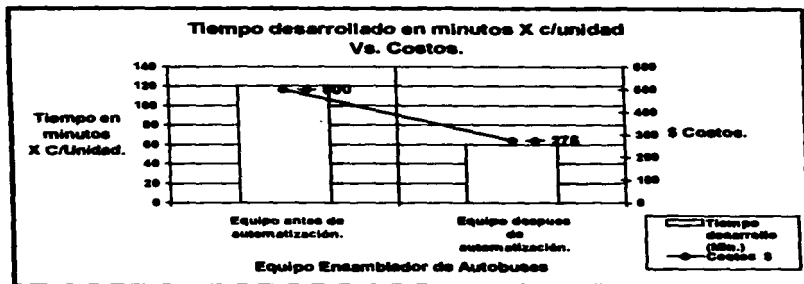
Aumento de la productividad y disminución de los costos.



	Productividad X Día	Costos \$
Equipo antes de automatización.	4	500
Equipo después de automatización.	8	275

En las siguientes gráficas se puede observar la optimización de recursos humanos y el tiempo de desarrollo de cada unidad.

Con el nuevo equipo se redujo el tiempo y los costos.



	Tiempo desarrollo (Min.)	Costos \$
Equipo antes de automatización.	120	500
Equipo después de automatización.	60	275

La optimización de recursos humanos que se logró es de 45%. De un grupo de 20 personas calificadas, actualmente se necesitan 11 personas.



	Tiempo de desarrollo (Min.)	Recursos Humanos.
Equipo antes de automatización.	120	20
Equipo después de automatización.	60	11

El sueldo que percibe una persona calificada aproximadamente es de \$3000<sup>00</sup> mensuales; por lo que el total de personas que se optimizarón percibía \$27000<sup>00</sup> mensuales.

Sin tomar en cuenta la depreciación del equipo y el aumento de la producción, podemos observar que con la optimización de recursos humanos que se logro, el equipo se paga en aproximadamente 10 meses. Con esto se justifica la costeabilidad del equipo.

## BIBLIOGRAFÍA

**Severns.**

**La Producción de Energía mediante Vapor de agua, el Aire y los Gases.**

Barcelona, Reverte.

**Depert, Werner.**

**Dispositivos Neumáticos.**

Barcelona, Marcombo.

**Ziesling, Konrad.**

**Circuitos Neumáticos, Regulación y Mando de Maquinaria.**

Barcelona, Blume.

**Roldan Viloria, José.**

**Neumática, Hidráulica y Electricidad Aplicada.**

Madrid, Paraninfo.

**P. Croser.**

**Neumática.**

**FESTO DIDACTIC KG - Esslingen.**

**H. Meixner, E. Sauer.**

**Introducción a la Electroneumática.**

**FESTO DIDACTIC KG - Esslingen.**

**R. Ackermann.**

**J. Franz.**

**T. Hartmann.**

**A. Hopf**

**M. Kantel.**

**B. Plogemann.**

**Controles Lógicos Programables.**

**FESTO DIDACTIC KG - Esslingen.**