

73  
24.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

IMPLANTACION DE UN LABORATORIO PARA LA  
ENSEÑANZA DE LA AUTOMATIZACION MEDIANTE  
NEUMATICA, SENSORICA Y CONTROLES LOGICOS  
PROGRAMABLES.

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
P R E S E N T A N :

**BERNARDO ALBERTO GOMEZ LLATA CANO**  
(AREA MECANICA)

**MIGUEL ANGEL ROJAS GARCIA**  
(AREA INDUSTRIAL)

DIRECTOR DE TESIS: M.I. VICTOR J. GONZALEZ VILLELA



MEXICO, D. F.

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**

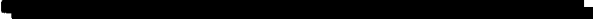
**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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.

**PAGINACION VARIA**

**COMPLETA LA INFORMACION**



**Implantación de un Laboratorio para la  
Enseñanza de la Automatización  
mediante Neumática, Sensórica y  
Controles Lógicos Programables.**

*A mis padres, Ma. Teresa Cano Salazar y Bernardo Gómez Plata Favizón, por darme su apoyo, comprensión y ayuda incondicional en todo momento y en todo lugar.*

*A mi hermana, Carolina Gómez Plata Cano, por que siempre has estado conmigo en las buenas y en las malas.*

*A mi familia, en especial a mis tíos, Ma. Elena Cano, Juan Varela.*

*A mi amigo, Gerardo.*

*A mi maestro, Víctor J. González Villela, por darme la oportunidad, por su ayuda y apoyo.*

*A todos los que participaron e hicieron posible la realización de este proyecto.*

*Y a ti querida Universidad Nacional Autónoma de México.*

*Gracias,*

*Bernardo Alberto Gómez Plata Cano  
Abit 1997*

*Dedico este modesto trabajo, y lo que el representa a mi país, a la gente que en el trabaja para mantenerlo vivo y de entre toda ella deseo hacer una distinción a mi familia por su apoyo incondicional desde siempre, y de manera especial a mi madre que ha sido mi ejemplo de esfuerzo, responsabilidad y amor por la vida, y por la gente.*

*A mi querida Universidad porque es pilar del conocimiento, la cultura y la esperanza de un mejor futuro para México. Y de los que de ella, forman parte, a mis maestros buenos y mejores por lo que han dado a mi vida.*

*A el M.F. Víctor J. González Velasco por el apoyo y la confianza que depositó en los que emprendimos este trabajo, el que ahora pretendemos finalizar en su principio con un logro más.*

*Miguel Ángel Rojas García  
Abril 1997*

## INDICE

<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>I</b>
<b>I. EVOLUCIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1- ANTECEDENTES GENERALES.....	1
1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS AUTOMÁTICOS.....	8
1.2.1 Clases de automatización.....	8
1.2.2 Tipos de automatización.....	11
1.3-TECNOLOGÍAS DE MANDO.....	13
1.4 EL LUGAR DE LA NEUMÁTICA EN LA AUTOMATIZACIÓN.....	16
<b>II NEUMÁTICA.....</b>	<b>19</b>
II.1 PRINCIPIOS FÍSICOS Y PROPIEDADES DEL AIRE.....	19
II.1.1 Concepto de aire libre.....	20
II.1.2 Unidades del Sistema Internacional (SI).....	20
II.1.3 Magnitudes Fundamentales.....	21
II.1.4 Leyes Fundamentales De Los Gases Perfectos.....	24
II.2 PRODUCCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.....	26
II.2.1 Tipos De Compresores.....	27
II.2.2 Criterios de selección de los compresores.....	36
II.2.3 Descripción de formas de control de la capacidad.....	36
II.2.4 Tipos de control de velocidad.....	37
II.2.5 Planta de aire comprimido.....	38
II.2.6 Aire comprimido exento de aceite.....	39
II.3 DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO.....	41
II.3.1 Depósitos acumuladores.....	41
II.3.2 Área de compresores.....	44
II.3.3 Tuberías.....	45
II.3.4 Red de aire comprimido.....	47
II.3.5 Planteamiento nuevo de una red.....	47
II.3.6 Diseño de una instalación de aire comprimido.....	48
II.3.7 Cálculo de tuberías.....	50
II.3.8 Instalación de tuberías.....	51
II.3.9 Tuberías interiores para los equipos.....	53
II.3.10 Preparación del aire comprimido.....	54
II.4 CILINDROS.....	63
II.4.1 Definición.....	63
II.4.2 Clasificación.....	63
II.4.3 Cilindros Especiales.....	70
II.4.4 Propiedades De Los Cilindros Y Características Técnicas.....	78
II.4.5 Estructura De Los Cilindros.....	81
II.5 VALVULAS.....	83
II.5.1 Definición.....	83
II.5.2 Clasificación.....	83

II.6 DETECCIÓN Y DIALOGO HOMBRE / MAQUINA.....	101
II.6.1 Composición De Un Pupitre De Mando Pulsadores.....	104
II.6.2 Pilotos.....	107
II.7 TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN.....	108
II.7.1 Temporizador Neumático.....	108
II.7.2 Secuenciador Modular Neumático.....	112
II.7.3 Células Lógicas.....	116
<b>III. ELECTRONEUMÁTICA.....</b>	<b>121</b>
III.1 GENERALIDADES.....	121
III.2 PRINCIPIOS FÍSICOS Y FUNDAMENTOS DE LA TÉCNICA DE MANDO.....	122
III.3 ELEMENTOS ELÉCTRICOS APLICADOS EN EL MANDO DE UN SISTEMA NEUMÁTICO.....	131
III.3.1 - Elementos de introducción de señales eléctricas.....	131
III.3.2 - Elementos Eléctricos Para El Procesamiento De Señales.....	139
III.4-REALIZACIÓN DE ESQUEMAS DE DISTRIBUCIÓN ELECTRONEUMÁTICOS.....	149
III.4.1 Procedimiento.....	150
<b>IV. SENSORES.....</b>	<b>153</b>
IV.1 GENERALIDADES.....	153
IV.2 DEFINICIONES.....	154
IV.3 CLASIFICACIÓN.....	155
IV.4 TERMINOLOGÍA.....	156
IV.5 SENSORES FOTOELÉCTRICOS.....	160
IV.5.1 Sensores de barrera.....	161
IV.5.2 Sensores de reflexión o de tipo reflex.....	162
IV.5.3 Sensores de proximidad.....	162
IV.5.4 Algunos parámetros básicos para la selección de sensores fotoeléctricos.....	163
IV.5.6 Características generales de los sensores fotoeléctricos.....	164
IV.5.7 Uso de los cables de fibra óptica con sensores ópticos.....	165
IV.5.8 Principales aplicaciones de los sensores fotoeléctricos.....	167
IV.6 SENSORES DE PROXIMIDAD.....	167
IV.6.1 Sensores de proximidad inductivos.....	167
IV.6.2 Sensores de proximidad capacitivos.....	167
IV.6.3 Aplicaciones de los sensores de proximidad.....	170
IV.6.4 Recomendaciones en la conexión de los sensores de proximidad.....	171
IV.6.5 Algunas de las aplicaciones típicas de los sensores de proximidad.....	172
IV.6.6 Ventajas de los sensores de proximidad.....	172
IV.6.7 Los sensores de proximidad se utilizan en industrias como.....	173
<b>V. CONTROLES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC'S).....</b>	<b>175</b>
V.1 GENERALIDADES.....	175
V.2 DEFINICIÓN.....	177
V.3 ARQUITECTURA DEL PLC.....	177
V.4 COMPONENTES DE UN PLC.....	186
V.5 FUNCIONES QUE SE PUEDEN REALIZAR UN PLC.....	197
V.6 APLICACIONES, COMUNICACIONES Y TENDENCIAS DE LOS PLC'S.....	198



---

<b>VI LABORATORIO DE NEUMÁTICA Y PLC'S .....</b>	<b>202</b>
<b>VI.1 GENERALIDADES .....</b>	<b>202</b>
<b>VI.2 ESTACIONES DE TRABAJO DEL LABORATORIO DE NEUMÁTICA Y PLC'S .....</b>	<b>203</b>
<b>VI.3 EQUIPOS QUE CONSTITUYEN UNA ESTACIÓN DE TRABAJO DEL LABORATORIO .....</b>	<b>205</b>
<b>VI.4 RED DE AIRE COMPRIMIDO .....</b>	<b>217</b>
<i>VI.4.1 Cálculo de la red .....</i>	<i>217</i>
<b>VI.5 LÍNEA ELÉCTRICA DE 24 VOLTS DE C.A. ....</b>	<b>224</b>
<i>VI.5.1 Cálculo .....</i>	<i>224</i>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>229</b>
<b>APÉNDICES .....</b>	<b>233</b>
<b>APÉNDICE A .....</b>	<b>233</b>
<b>APÉNDICE B .....</b>	<b>238</b>
<b>APÉNDICE C .....</b>	<b>251</b>
<b>APÉNDICE D .....</b>	<b>259</b>
<b>APÉNDICE E .....</b>	<b>263</b>
<b>APÉNDICE F .....</b>	<b>275</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>294</b>

## **INTRODUCCIÓN**

Hoy en día el concepto de Automatización esta íntimamente ligado a la mayoría de las actividades productivas, esto se debe por una parte, a la globalización de los mercados y por otra a los avances tecnológicos propiciados por la necesidad inherente a la naturaleza del hombre de hacer las cosas mejor y más rápido.

Países como el nuestro actualmente se encuentran en la necesidad de fomentar las actividades productivas necesarias para enfrentar la transición hacia los nuevos parámetros de productividad, y de esta forma poder competir en los mercados internacionales, propiciando así un beneficio al país, que se refleje en lo económico y en lo social.

Para lograr lo anterior, tomando en cuenta que la industria mexicana no se caracteriza por tener un alto nivel de automatización y en cambio si, en la mayoría de los casos por no contar con los medios económicos que le permitan implantar tecnología de punta a sus procesos, de tal forma que estén a la par con sus competidores y se vuelvan competitivas a nivel mundial, es indispensable desarrollar estrategias mediante las cuales sea posible que estas alcancen un mayor nivel de calidad y en general de productividad.

El papel que le corresponde a las instituciones educativas dentro de todos estos cambios que experimenta el país es el de proveer los recursos humanos que cuenten con los conocimientos y habilidades necesarias para el ejercicio profesional.

En lo que a mejoras en procesos industriales tanto continuos como secuenciales se refiere la opción ha sido la automatización industrial y en este contexto la Facultad de Ingeniería de la UNAM ha realizado una serie de mejoras tanto a planes de estudios como a instalaciones para mantenerse vigente ante los continuos cambios.

El objetivo de este trabajo es poner de manifiesto uno de los proyectos que están contribuyendo a complementar y mejorar la enseñanza de la automatización industrial de primer nivel.

El laboratorio de neumática y controles lógicos programables fue planeado pensando en integrar dentro de este, en su primera etapa, las técnicas de automatización vigentes y de mayor uso, y a su vez que estas fueran aplicables a la realidad de la mayor parte de las industrias del país, que como sabemos en su mayoría son micro y pequeñas empresas.

El alcance de éste proyecto puede ser acotado de acuerdo con las actividades que serán desarrolladas dentro de dicho laboratorio con el equipo disponible, tales como prácticas reales y simulaciones de distintos casos que se presentan en un buen número de las actividades industriales además de despertar el interés por comprobar los conocimientos teóricos y desarrollar proyectos.

Los diferentes capítulos que componen a ésta tesis pretenden por un lado ser un texto de apoyo en las materias relacionadas con el laboratorio, así también hablar de las instalaciones y equipo con el que actualmente se cuenta.

En el capítulo I se mencionan algunos antecedentes de lo que hoy es la automatización además de dar una clasificación de esta, tanto por su tipo como por su clase, y dejar así sentadas las bases para los posteriores temas a tratar.

En el capítulo II se aterriza sobre una técnica en particular “ la neumática”, considerando dentro de este no solo los elementos de aplicación, sino partiendo de sus principios físicos y llegando hasta alguna de sus múltiples aplicaciones, pasando antes por los elementos necesarios para su implementación ( compresores, tanques de almacenamiento y redes de distribución de aire.), y agregando en el apéndice correspondiente la simbología utilizada.

Al capítulo III le corresponde tratar una técnica derivada de la anterior y tan importante como esta, "la electroneumática". La cual es una técnica híbrida que ofrece grandes ventajas con su uso apropiado, guardando un esquema similar al del capítulo II.

Capítulo IV. En este se habla de manera general de otro elemento fundamental en el proceso de automatización, "los sensores eléctricos sin contacto", dando sus fundamentos, principales tipos y aplicaciones dentro de los sistemas y máquinas automatizadas.

A lo largo del capítulo V se toca el tema de los controles lógicos programables mencionando al principio algo de su historia y siguiendo con su configuración básica, principales componentes, aplicaciones e incluso se añade una lista de los principales fabricantes.

Finalmente en el capítulo VI se especifica sobre el laboratorio, se da una relación de los equipos e instalaciones proporcionando de estos sus mas sobresalientes características, datos técnicos e intentamos justificar o en todo caso plantear el como y el porque de la distribución , configuración y materiales de las instalaciones , se agregan algunos planos y croquis de como se encuentra este actualmente.

La realización de este trabajo ha consistido en gran medida en la recopilación de información de un gran número de textos y manuales, así también han sido aportadas algunas ideas y consejos de muchos profesores y compañeros que han participado con nosotros.



**Capítulo I**  
**Evolución de la Automatización**

## I. EVOLUCIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN

### *I.1- Antecedentes Generales :*

Sería inadecuado asignar una fecha específica al inicio del proceso evolutivo de lo que hoy en día comprendemos como automatización, sin embargo, podemos referirnos a algunos hechos que ocurridos en diferentes épocas, darían pie a este constante proceso de desarrollo tecnológico. Por ejemplo, se tiene conocimiento que en la antigua cultura egipcia se describió por primera vez como autómatas a aquellas máquinas que se mueven por sí solas. En la Grecia de Aristóteles, aparecieron los primeros mecanismos que se movían a través de dispositivos hidráulicos, poleas y palancas.

Mucho tiempo después con el perfeccionamiento de la mecánica fue posible construir autómatas complejos destinados a formar parte de monumentos religiosos e históricos, o como dispositivos para entrenamiento, modelos de astronomía, decoraciones o "androides". Uno de los más trascendentes es el gallo de la catedral de Estrasburgo (construida en 1354) el cual, al dar la hora parece cantando y batiendo las alas.

Durante lo que es considerada por algunos autores la edad de oro de los autómatas (siglos XVII y XVIII ) por el desarrollo de la mecánica de precisión requerida en la fabricación de relojes, uno de los mayores logros fue realizado por J. Vaucanson que no conforme con la construcción de un telar mecánico, en 1738 expuso en París una serie de autómatas entre los que destacaba un pato que según la propaganda bebía, comía digiriendo y evacuando el alimento, chapoteaba sobre el agua y graznaba.

A partir del siglo XVII empezaron a aplicarse las ideas de los autómatas a las primeras máquinas de la industria textil, dándose así el inicio de la mecanización y la automatización de los procesos industriales.

Dado lo anterior es válido afirmar que la automatización debe en gran parte su origen a la aparición de la máquina, y desde entonces han sido estos dos conceptos, primero máquina y luego automatización dos elementos tecnológicos que han intervenido gradualmente en las diferentes actividades del ser humano, provocando sin duda cambios en su entorno, cultura, y por supuesto en sus tareas cotidianas.

La creación y uso de las primeras máquinas en las tareas productivas del siglo XVII dieron no sólo una nueva visión de lo que era el trabajo, sino que al ser retomadas las ideas plasmadas sobre los autómatas por los industriales del siglo XVIII, los que al darse cuenta de la importancia de la automatización de la fábrica, es decir la producción sin intervención humana, empezaron a desarrollar los dos elementos básicos que inciden en la automatización de procesos industriales : *los sistemas de control* que permiten gobernar el funcionamiento de las máquinas y *las máquinas automáticas* que realizan las operaciones de producción. Así también, se da lugar a otro proceso en el que *el trabajo humano empieza a ser sustituido*.

Consideraremos que el trabajo humano está formado por las siguientes acciones fundamentales :

- manipulación de herramientas y abastecimiento de material de trabajo ;
- planeación, creación y ejecución de las secuencias de trabajo ;
- control de la secuencia de trabajo ;
- retroalimentación de información ;
- corrección de la secuencia de trabajo : planear y ejecutar la corrección.

De acuerdo al nivel tecnológico, cada uno de estos elementos de trabajo humano puede ser sustituido parcial o totalmente . Siendo entonces el propósito de los adelantos tecnológicos en cuanto a automatización se refiere la "sustitución de todas las acciones que son ejecutadas por el hombre para realizar un trabajo por el conjunto de elementos y componentes que conforman a una máquina ", buscando que estos objetivos se logren de una manera técnicamente viable y factible económicamente.

En el caso del *control automático de los procesos de trabajo*, se partió de la necesidad de almacenar la secuencia de operaciones y el tiempo de su aplicación. El primer método y uno de los que alcanzó mayor fama por su simplicidad fue el secuenciamiento por un árbol de levas, el programa del árbol de levas utiliza bielias sobre un eje giratorio. Las protuberancias de las bielias (llamadas lóbulos) hacen contacto con interruptores o válvulas que controlan a algún tipo de actuador provocando que estos se extiendan o retraigan, el programa o la sincronización de los eventos, puede variarse modificando las posiciones angulares relativas de las bielias. Se crearon por supuesto otros dispositivos tales como : un cilindro al que se le colocarían piezas metálicas según la secuencia que se deseara programar. Al rodar el cilindro, éste ajusta mecánicamente las posiciones de las palancas o elementos de la máquina. La primera de ellas a la que se le aplicó dicha programación fue el torno de T. Blanchard (1822). El principio de operación puede verse en las cajas musicales que usan un tambor giratorio cuya superficie está cubierta de pequeñas agujas.

El control de programas mediante dispositivos mecánicos como el comentado tienen limitaciones importantes cuando se exige alta velocidad, diversos grados de movimiento, sensibilidad y reducido tamaño, por otro lado la facilidad de programación, es una característica importante del control automático de una secuencia. Si los programas tienen que cambiarse en forma regular, entonces no son recomendables dichos dispositivos : su programabilidad es muy baja. El ajuste de los elementos es tedioso y requiere de mucho tiempo, por lo que este tipo de dispositivos está restringido a sistemas con secuencias fijas, es por esto que a finales del siglo XIX se sustituyeron por otros métodos basados en sistemas eléctricos, hidráulicos y neumáticos.

Además de los dispositivos mecánicos se ideó en 1725 un sistema que se basó en una cinta o tarjeta perforada, utilizada por primera vez en Francia por B. Bouchon para seleccionar de forma automática las agujas de tejer de una máquina textil, más tarde Jacquard utilizó el mismo sistema en telares industriales.



El siguiente adelanto en el uso de cintas perforadas fue en un proyecto de investigación del MIT (Massachusetts Institute of Technology) en 1950, para la fuerza aérea de los Estados Unidos. Desarrollándose entonces las primeras máquinas de control numérico en las que las posiciones sucesivas de las herramientas, mesas posicionadoras, velocidades y alimentadores eran indicadas por agujeros en la cinta. Para ello se usaron de cuatro a ocho dígitos (posiciones) que proporcionaban una discriminación adecuada.

En general el desarrollo del control automático ha sido un proceso constante de mejoras e innovaciones surgidas de la experimentación sobre modelos físicos y estudios teóricos como son: el regulador centrífugo de velocidad diseñado por Watt en 1769, su mejora a partir de la teoría de control de J.C. Maxwell en 1868, así también se ha apoyado a lo largo del tiempo en otros estudios tales como: los criterios de estabilidad de Routh y Hurwitz, de finales de siglo XIX, los de Nyquist en 1932, los de Bode y Black.

En épocas más recientes con la aparición y aplicación de la electrónica a las máquinas herramientas y en general a los sistemas de fabricación se ha obtenido mayor eficiencia e integración de los equipos de producción industrial.

Por lo que a las máquinas automáticas se refiere se menciona que las primeras datan de principios del siglo XVIII y fueron principalmente para la industria textil. Hasta 1802 no se dispuso de máquinas para producir piezas discretas y una de las primeras fue desarrollada por M. Brunel para la fabricación de poleas. Esta realizaba todas las operaciones hasta obtener la polea, reduciendo el número de operarios a una décima parte, por lo que tuvo mucho éxito.

Uno de los hitos en el proceso de la automatización en la industria fue la máquina *transfer*. Se basa en un número determinado de estaciones de trabajo, cada una de las cuales realiza una tarea específica, dichas máquinas son montadas sobre una base común que dispone de un sistema de alimentación integral que traslada automáticamente el producto acabado de una estación a otra. La máquina *transfer* integra dos partes esenciales en la automatización: la máquina automática y el transporte del producto entre máquinas.

El principio de las transfer fue aplicado inicialmente por la compañía Waltham Wacht en 1888, pero la primera máquina se utilizó en la industria del automóvil en 1924. A partir de 1930 se extendió su uso a toda la industria automotriz y poco tiempo después empezó a formar parte en la industria de dispositivos eléctricos y en otras con gran volumen de elementos discretos.

Un importante paso en la automatización de procesos fue la introducción del movimiento continuo, que permite procesar un producto mientras se traslada. Este es un concepto que no se puede aplicar a cualquier tipo de industria, pero que tiene gran importancia en determinados casos, por ejemplo en la fabricación de productos químicos.

La industria del papel fue una de las primeras en introducir el movimiento continuo. De 1804 a 1833, el Deptford Victualling Department of the British Navy modificó el proceso de fabricación del papel, mecanizándolo e incorporando cintas transportadoras propulsadas por motores a vapor que servían para trasladar el producto a los hornos.

No tardó mucho para que la idea del proceso continuo pasara a las cadenas de ensamblaje. Fue H. Ford quien en 1913 creó una cadena para el montaje de magnetos. Inmediatamente, gracias al éxito obtenido por la reducción de personal y la mejora de calidad del producto se aplicó la misma técnica al montaje de chasis de automóviles. En 1920, la demanda de alto volumen de producción se acrecentó, y definitivamente se implantó la cadena de ensamblaje como elemento imprescindible.

Resumiendo de manera general los cambios tecnológicos arriba mencionados y su respectivo nivel de contenido de trabajo humano con respecto de su evolución consisten en :

1. *trabajo manual* : aquí la forma típica del trabajo humano es manual simple (acarrear, mover, tomar, ensamblar, etc.) o con el uso y manejo de herramientas y dispositivos sencillos mediante la intervención directa del trabajador. El hombre es al mismo tiempo fuente de energía y emisor de ordenes de ejecución ;

2. *mecanización* : la mecanización o utilización de la máquina para llevar a cabo el trabajo que realizaban personas o animales se dio particularmente durante la revolución industrial, a lo largo de ésta etapa las herramientas de trabajo son transferidas de la mano humana a un mecanismo ; sin embargo a pesar de haber reducido en gran medida el esfuerzo físico, aún fue necesaria la intervención del hombre para alimentarla, guiarla y corregir sus movimientos ; es decir la actividad del trabajo humano consistió en “operar la máquina”, esto es: ejercer una influencia continua sobre variables tales como : la velocidad, la temperatura, la presión, así también insertar y retirar objetos de trabajo, la instalación y aseguramiento de herramientas, pero ya no suministra la energía para su accionamiento sin embargo sigue siendo el emisor de ordenes de ejecución;
3. *automatización* : aquí la máquina ha tenido algunas transformaciones con respecto a su antecesora que consistieron en tres acciones fundamentales : la de *operación*, la de *transferencia* y la del *control*. Siendo cada uno de estos cambios una parte si bien no independiente de las otras, si predominante en el momento a partir del cual se experimento el primer cambio y durante el tiempo que se llevo la consolidación y madurez de la idea, dándose entonces el proceso histórico de la automatización de una manera secuencial, por lo que este desarrollo puede dividirse a su vez en varias etapas.
- En el instante donde se empieza a modificar la parte de la operación que corresponde a la ejecución directa de las tareas en los procesos productivos, siendo la máquina manejada (controlada) directamente por el hombre, y en cambio las operaciones de transformar y transferir que ejecutaba el hombre en la máquina son sustituidas en una primera etapa por elementos de tipo mecánico se dice que se ha realizado lo que entenderemos por puesto de trabajo automatizado . El hombre actúa como preparador, realiza las maniobras y el control y se encarga de la alimentación del material.
  - Cuando una herramienta actúa a un tiempo determinado sobre varias piezas alternativamente. Las piezas son alimentadas y expulsadas automáticamente y es posible que la secuencia sea modificada por algún medio durante el ciclo de trabajo, requiriendo de

una puesta a punto y de la reorganización del proceso por parte del hombre, y el restante desarrollo del trabajo transcurre automáticamente se estará hablando de una máquina semiautomática.

- Si varias herramientas actúan a un mismo tiempo sobre una o varias piezas. Las piezas son alimentadas y expulsadas automáticamente. El hombre sólo prepara la máquina y las operaciones restantes las realiza esta, se trata entonces de una máquina automática. Si se entrelazan las operaciones de dos o más máquinas de este tipo se le llamará al sistema "máquinas automáticas interconectadas" marcando otra etapa de automatización.
- si una máquina especializada realiza acciones en varias piezas a un mismo tiempo y es capaz de desarrollar varios tipos de trabajo durante un mismo proceso. Las piezas son aportadas a la unidad de mecanización por dispositivos de alimentación o aparatos introductores será entonces una máquina automática flexible. Con ello el trabajo humano se concreta al papel de programar, supervisar, inspeccionar la calidad y corregir.

Al integrarse una o varias máquinas de este tipo a sistemas destinados a ejecutar de forma automática y autárquica uno o varios ciclos de trabajo incluidos los movimientos para manipulación, transporte y almacenamiento intermedio con intervención de aparatos de regulación mando y cálculo se dice que se ha conformado una célula flexible

- el concepto mas novedoso que recoge la mayor parte de los avances tecnológicos y los integra para conformar un sistema en el cual la totalidad del desarrollo del proceso desde la alimentación de materia prima o bien del material en bruto, pasando por la elaboración, hasta la evacuación del producto final es controlada desde un pupitre de mando, con capacidad inmediata de ser modificado el desarrollo del proceso, se denomina ya sea taller flexible, cadena de fabricación o fábrica automática.

Seguramente con el transcurso del tiempo se irán dando más innovaciones, conforme estas se efectúen para proporcionar adelantos sobre las partes de la estructura de la máquina o de todo

el sistema de producción industrial se entenderá como un incremento del grado u otra etapa en el ciclo de la automatización , por lo tanto se les asignaran otra clasificación.

## ***1.2 Clasificación De Los Sistemas Automáticos***

Las formas en que han sido agrupadas las diferentes etapas de el proceso de desarrollo de los automatismos para dar lugar a la conformación de clases, puede variar de acuerdo a las ideas de los estudiosos en esta área, sin embargo una de las mas conocidas y aceptadas se presenta a continuación

### **1.2.1 Clases de automatización.**

Existen tres clases generales de automatización industrial:

1. *automatización fija* : este tipo de tecnología es utilizada cuando el volumen de producción es muy alto, y por lo tanto es adecuada cuando se requiere diseñar equipos especializados para procesar el producto o una parte de éste, esperando obtener un alto rendimiento en elevadas tasas de producción .

La economía de la automatización fija está sujeta a la relación que guarda el costo de los equipos especiales con el volumen de producción, la inversión se divide entre el número de unidades que haya resultado del pronóstico de producción y si dicho número es alto los costos unitarios de producción que se obtienen resultan ser bajos en comparación con los métodos alternativos de producción para el mismo caso.

Ya que la inversión inicial para esta clase de automatización es elevada, el primer riesgo que hay que considerar es el volumen de unidades a producir, por lo que si, el volumen real es menor que el volumen estimado para la implementación del proyecto, el costo unitario resultará mas elevado, por lo tanto la recuperación de la inversión (amortización) se prolongará o incluso no se logre dar, esto último porque la segunda consideración para

justificar un tipo de tecnología como este es el ciclo de vida del producto ya que el equipo automatizado de esta clase está especialmente diseñado para obtener un producto específico por lo que al concluir el ciclo de vida del producto se acelera la depreciación del equipo y puede quedar obsoleto con las consecuentes pérdidas, por lo tanto el uso de la automatización fija representa un gran riesgo para productos con un ciclo de vida corto.

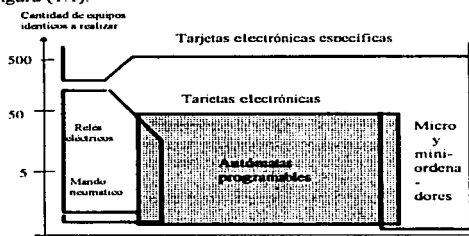
2.-*automatización programable* : esta clase se utiliza cuando el volumen de producción es relativamente bajo y se tiene una considerable diversidad de productos a obtener, por lo que para estos casos el equipo de producción se diseña para que sea adaptable a las variaciones que presente la configuración del producto ; esto se logra haciendo que el equipo funcione bajo el control de un programa de instrucciones que se preparó específicamente para el producto dado. El programa se introduce por lectura en el equipo de producción y este último realiza la secuencia particular de operación de procesamiento o montaje para obtener el producto. En términos económicos el costo inicial del equipo se podrá repartir entre el total de productos en todas las variedades que se fabriquen. Gracias a la característica de programación y a la adaptabilidad de los equipos es posible obtener de manera económica gran variedad de productos y únicos en su genero preferentemente en pequeños lotes.

3.-*automatización flexible*: esta categoría de la automatización se denomina también "sistemas de fabricación flexible " (FMS). Este concepto fue introducido por Dolezalek en 1967 y los primeros sistemas flexibles de fabricación se pusieron en funcionamiento a principio de la década de los '70s. Aunque no hay una definición unánime una de las mas difundidas seria la siguiente :

Se denomina sistema de producción flexible a uno formado por máquinas e instalaciones técnicas, enlazadas ente si por un sistema común de transporte y control, de forma que exista la posibilidad en un determinado margen, de realizar tareas diversas correspondientes a piezas diferentes sin necesidad de interrupciones.

Esta clase de sistemas reúne algunas características de las dos anteriores, ya que debe programarse para diferentes configuraciones de productos, sin embargo la diversidad de las configuraciones es mas limitada que en el caso de la automatización programable pero, permite cierto grado de integración en el sistema. El elemento determinante es la *flexibilidad*; en el sentido de permitir la fabricación, sucesiva y sin interrupción, de espectros de piezas sin requerir un proceso adicional de equipamiento y reestructuración de máquinas e instalaciones.

Los sistemas flexibles de producción están concebidos para servir a la fabricación por lotes de tipo mediano y pequeño, su posición dentro del contexto de los actuales sistemas de fabricación se refleja en la figura (1.1).



Volumen y nivel de automatización del equipo  
Fig. 1.1 Tipos de automatización.

De acuerdo al esquema de difusión tecnológica de automatización flexible que apunta a lo que será la fábrica del futuro, es posible distinguir las siguientes fases :

- 1.- automatización de una actividad específica ( intra - actividad ) ;
- 2.- automatización de una esfera productiva (intra - esfera ) ;
- 3.- automatización entre las esferas productivas de una empresa (entre - esferas).

En resumen algunas de las características que diferencian a la automatización programable de la flexible es que con la primera los productos se obtienen en lotes. Cuando se termina un lote el

equipo se programa para procesar el siguiente lote. Con la automatización flexible diferentes productos pueden obtenerse al mismo tiempo en el mismo sistema de fabricación. Esta característica permite un nivel de versatilidad que no está disponible en la automatización programable pura. La potencia de cálculo de la computadora de control es lo que hace posible esta versatilidad.

Es pertinente aclarar aquí, que la producción flexible es posible también sin una integración computarizada completa, aunque la mayor eficacia se logra en el momento en que se alcance la integración. A tal sistema se le asignaría la última de las fases arriba mencionadas (entre - esferas) o sistemas de fabricación integrados por computadora, sin que esto signifique establecer otra clase de sistema de fabricación industrial.

### **1.2.2 Tipos de automatización.**

La automatización también puede ser clasificada de otra manera, esto dependiendo de las tecnologías utilizadas en la implementación de los sistemas automáticos que efectuarán cada parte de los procesos de fabricación. Las principales diferencias que dan lugar a esta otra clasificación son :

- la energía que se utilice para el accionamiento de los dispositivos de movimiento, tales como actuadores, motores, servomecanismos, etc. llamada también *parte operativa* ;
- la naturaleza de los *sistemas de mando y control* que gobiernan las secuencias recibiendo y enviando señales que permiten o no la ejecución de las etapas del proceso, tales como interruptores, detectores, captadores, etc..

1.- Parte operativa : consta en general de todos aquellos elementos que actúan sobre la máquina y el producto, como son:

- Los diversos medios y accesorios que se aplican en el proceso de elaboración por ejemplo : moldes, herramientas de corte, bombas, equipos de soldadura, prensas de estampado, etc..



- Los accionadores destinados a mover el sistema automatizado, por ejemplo : motor eléctrico para accionar una bomba, cilindro hidráulico para cerrar un molde de inyección, cilindro neumático para desplazar un paquete.

Como se mencionó anteriormente los elementos accionadores son parte fundamental de los sistemas automatizados, por lo que para responder a las variadas necesidades existen en este rubro diferentes tecnologías que se complementan :

*Accionadores eléctricos* : estos utilizan directamente la energía eléctrica distribuida en las máquinas y toman diferentes formas : motores de velocidad constante o variable, válvulas eléctricas de flujo, resistencias de calentamiento, electroimanes, cabezas de soldadura por ultrasonido, cabezas de corte láser, .... Los pre- accionadores asociados a estos accionadores eléctricos son principalmente contactores y variadores de velocidad equipados con sus respectivas unidades de seguridad.

*Accionadores neumáticos* : utilizan directamente el aire comprimido distribuido en las máquinas. Sencillos en su empleo y presentados bajo formas muy diversas, son utilizados para numerosos movimientos : transferencia, apriete, marcado, mantenimiento, embalaje , ensamble, moldeado, eyecciones, etc. Los pre- accionadores asociados a estos son distribuidores de vías , los que son pilotados ya sea por una señal de aire o una señal eléctrica.

*Accionadores hidráulicos* : Ya sean cilindros o motores, sólo son utilizados cuando los tipos anteriores no satisfacen la exigencia del proceso por ser necesarios grandes esfuerzos a desarrollar, o cuando las velocidades lentas se deben controlar con precisión, por ejemplo : en prensas y mecanismos de avance de cuchillas para corte .

2.- Parte de mando : Es la que emite las órdenes hacia la parte operativa y recibe las señales de retorno para coordinar sus acciones, dentro de esta se encuentra la función de "tratamiento" que esta encargada de vincular los tres diálogos que a él convergen :

**Diálogo con la máquina** : se encarga de coordinar los movimientos de los accionadores (motores, cilindros) a través de los preaccionadores (contactores, distribuidores, variador ...), adquisición de las señales de retorno por los captadores que informan de la evolución operativa de la máquina

- **Diálogo hombre - máquina** : sirve para utilizar, ajustar, reparar la máquina, el operador emite las consignas y recibe información en retorno.
- **El diálogo con otras máquinas** coordina las partes de mando para garantizar la cooperación de varias máquinas para una misma producción.

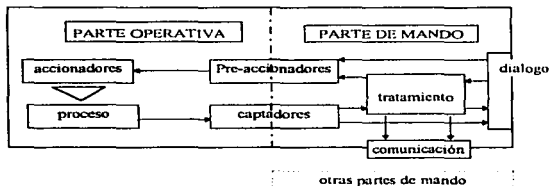


Figura 1.2

### 1.3-Tecnologías De Mando.

Los elementos que equipan la parte de mando también presentan algunas variedades al igual que los de la parte operativa, dividiéndose de manera general en :

- **Tecnologías cableadas** : funcionando ya sea con señales neumáticas o de tipo eléctrico con o sin contacto del elemento sentido ( interruptores de posición y detectores de proximidad) de presión normal o de baja presión, con señales numéricas o analógicas ;

- *Tecnologías programadas*: llevándose a cabo con tarjetas electrónicas estándares y específicas, micro y mini ordenadores, controles lógicos programables etc. .

La gama de captadores se enriquece continuamente por constituyentes con cada vez mejores características, más especializadas y más fáciles de usar. Los criterios de elección más generales se basan en la economía global de la instalación, la seguridad y operabilidad en el ambiente de trabajo del sistema, la disposición de la energía a usar y las instalaciones con que se cuente.

La decisión en el uso de uno u otro y las ventajas que puede representar su uso esta condicionado a las necesidades reales de nuestro proceso a automatizar, por lo cual, para facilitar la tarea de decisión en cuanto a la parte de mando se refiere podemos auxiliarnos del esquema que se ilustra en el apéndice C, el cual fue establecido por una comisión de expertos reunidos por la ADEPA (Agencia Nacional para el Desarrollo de la Producción Automatizada) en el cual los principales criterios a tomar en consideración son :

*Las distancias cubiertas por la instalación.*- En las instalaciones dispuestas en grandes distancias sólo las señales eléctricas pueden asegurar tiempos cortos de respuesta.

*La adaptación de los captadores.*- Pese a su gran variedad los captadores neumáticos no pueden asegurar ciertas funciones complejas tales como, la lectura de códigos, etc.

*Volumen de tratamiento necesario.*- Más allá de cierto umbral de complejidad, sólo es posible preverse con un accionamiento electrónico programable.

El uso en la práctica de dicho esquema de decisión lleva en la mayoría de los casos a aplicar en paralelo los dos tipos de mandos, *neumáticos y eléctricos*, y actualmente mandos electrónicos más sofisticados, para aprovechar de esta forma las ventajas de cada uno de estos y formar sistemas de automatización llamados híbridos.

Resumiendo y en congruencia con lo expuesto anteriormente la clasificación queda conformada de la siguiente manera :

- a) *sistema electromecánico* : se llama así a aquel sistema que trabaje con elementos de potencia accionados mecánicamente y la parte de mando correspondiente sea de tipo eléctrico ;
- b) *sistema eléctrico* : se llama así a aquel sistema que trabaje con elementos de potencia accionados eléctricamente y la parte de control correspondiente sea también eléctrica ;
- c) *sistema neumático* : se llama así a aquel sistema que trabaje con elementos de potencia accionados neumáticamente y su parte de mando sea también de esta naturaleza ;
- d) *sistema electroneumático* : se llama así a aquel sistema que trabaje con sistemas de potencia accionados por aire y la parte de control correspondiente sea de tipo eléctrico ;
- e) *sistema hidráulico* : se llama así al sistema donde tanto la parte de trabajo como la parte de mando son de naturaleza hidráulica , es decir su operación se basa en la presión generada por un líquido que es impulsado por una unidad de bombeo, generalmente aceite mineral o también llamado aceite hidráulico ;
- f) *sistema hidroneumático* : en el caso en que la parte de trabajo sea de tipo hidráulico y la de mando de naturaleza neumática es entonces un sistema hidroneumático ;
- g) *sistema electrohidráulico* : para el caso donde el mando sea de tipo eléctrico y la energía de accionamiento del equipo de trabajo se mantenga por medios hidráulicos se denominará de esta forma

#### ***1.4 El lugar de la Neumática en la automatización***

Hoy en día, la competitividad a nivel internacional se logra en gran medida con la automatización de la producción, la cual no debe de ser exclusiva de las grandes industrias sino también debe de comprender a la micro y mediana industria, ya que se debe de pensar en métodos de producción racionales los cuales cada vez en menor medida utilizan el trabajo manual o la fuerza muscular.

La fuerza muscular y la habilidad manual debe de sustituirse por la precisión y fuerza tanto mecánica como electrónica. La fuerza neumática puede realizar mucho más rápido, con mayor precisión, de forma más repetitiva y sobre todo durante mayor tiempo sin sufrir de los efectos de la fatiga o cansancio en las actividades de un proceso de producción. En ciertos trabajos si comparamos el trabajo humano con el de un componente neumático, podemos demostrar la inferioridad del trabajo manual respecto al neumático.

Si nos ponemos a pensar además que los costos de trabajo están en una relación aproximada de 1 : 50 (neumática : humana) podemos decir que queda justificado el reemplazo del hombre por la máquina por en lo que actividades manuales se refiere (generalmente la mayoría de las actividades).

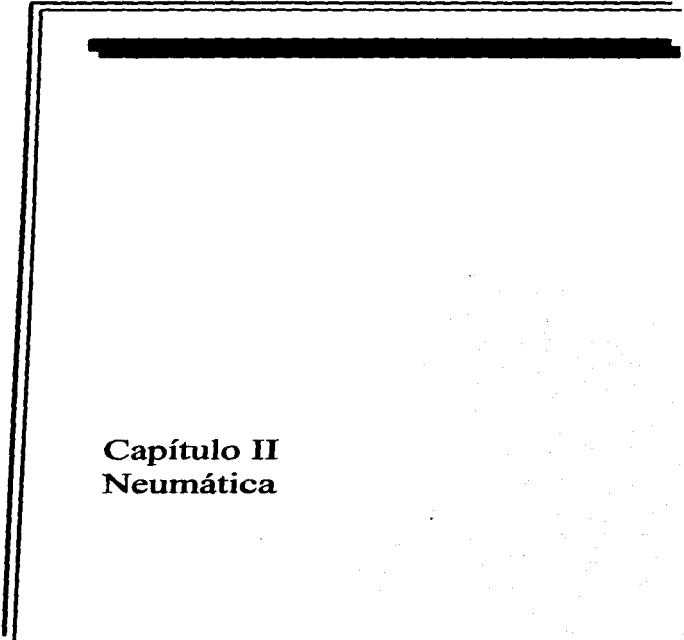
El principal objetivo de la sustitución de actividades manuales por las técnicas neumáticas es el de obtener el máximo provecho con el menor costo. Se debe de tener siempre presente que la selección de la máquina adecuada en cada caso nos dará la pauta para no invertir en costosos equipos que nos resultaría en un encarecimiento del producto que estemos fabricando.

La energía neumática no es utilizable en todos los casos de la automatización. Las posibilidades de automatizar con neumática están restringidas principalmente en lo que se refiere a fuerza, espacio, tiempo y velocidad en el proceso de la información. Pero esta tecnología tiene dos grandes ventajas : su flexibilidad y variedad de aplicaciones en casi todas las áreas de la producción industrial.

Cabe destacar el siguiente ejemplo para darnos cuenta de los beneficios que obtenemos con la energía neumática en lo que a costos se refiere :

Eléctrica	:	Hidráulica	:	Neumática	:	Humana
1	:	4	:	10	:	500

La importancia de conocer perfectamente todos los recursos que nos ofrece la tecnología neumática es muy grande, por ello se mencionaran en el siguiente capítulo los principales elementos y dispositivos neumáticos, que pretende ser material de apoyo e introducimos de esta forma a la técnica de la neumática.



**Capítulo II**  
**Neumática**

## II NEUMÁTICA

### II.1 Principios Físicos Y Propiedades Del Aire

Según el diccionario el significado del aire es :

*“Fluido gaseoso que forma la atmósfera de la tierra. El aire puro contiene aproximadamente 21 partes de oxígeno por 78 de nitrógeno y una de diversos gases”*

El aire es una mezcla de diferentes gases y su composición es básicamente la siguiente:

78%	Nitrógeno
21%	Oxígeno
1%	Diversos gases. (CO <sub>2</sub> , Ar., H, He, He, Xe, Ne, vapor de agua, etc)

Una de las principales propiedades del aire es que se puede almacenar y se puede comprimir, por lo que, podemos decir que el aire a presión es lo mismo que el aire comprimido.

En base a lo anterior podemos definir la neumática como:

*“ la aplicación de la fuerza producida por aire comprimido a sistemas de trabajo mediante elementos de control, procesamiento, accionamiento y ejecución”*

y a las instalaciones neumáticas como:

*“ máquinas y / o aparatos que trabajan con aire comprimido”*



### II.1.1 Concepto de aire libre.

El aire libre es el aire atmosférico a la presión y temperatura normales, el consumo de aire para las herramientas neumáticas o equipos, se refiere al aire libre por minuto y se expresa en [m<sup>3</sup> / min].

Para transformar el aire comprimido por minuto en aire libre por minuto aplicamos la siguiente fórmula:

$$Q_l = Q_c \left( \frac{P + 1.033}{1.033} \right) \dots 2.1$$

donde :

Q<sub>l</sub> = litros de aire libre por minuto

Q<sub>c</sub> = litros de aire comprimido por minuto

P = Presión de aire comprimido en bars

Ya que el clima es variable y responde a características propias de cada lugar, sería muy difícil establecer unas tablas de consumo que correspondieran a los diferentes estados climáticos; por ello, se va imponiendo el establecimiento de una norma sobre la base de considerar condiciones normales de temperatura y presión del aire aspirado, independientemente de las condiciones atmosféricas en las que trabaje el compresor, aire al que llamamos aire normal o normalizado.

### II.1.2 Unidades del Sistema Internacional ( SI )

Las unidades del SI son unidades coherentes, de denominación internacional para unidades técnicas y físicas.

Las unidades SI se forman a partir de 6 unidades básicas:

Unidad de longitud	Metro ( m )
Unidad de masa	Kilogramo ( Kg. )
Unidad de tiempo	Segundo ( s )
Unidad de intensidad de corriente	Ampere ( A )
Unidad de temperatura	Kelvin ( K )
Unidad de intensidad de luz	Candela ( cd )

### II.1.3 Magnitudes Fundamentales

#### II.1.3.1 Presión

La presión (P) se define como el cociente de dividir una fuerza por la superficie (S) que recibe su acción:

$$P = \frac{F}{S} \dots 2.2$$

donde definimos la fuerza ( F ) como el producto de la masa por la aceleración, según la fórmula:

$$F = m \cdot a = [ \text{kg} ] \cdot [ \text{m/s}^2 ] \dots 2.3$$

La unidad de fuerza en el Sistema Internacional es el Newton [ N ].

La unidad de presión en el SI es el Pascal [ Pa ] donde definimos el Pascal como:

*" 1 Pascal es igual a la fuerza eficaz ejercida por la fuerza de 1 Newton [ N ] sobre una superficie de un metro cuadrado [ m<sup>2</sup> ]"*

$$\begin{aligned}
 1 \text{ Pascal} &= 1 \frac{\text{Newton}}{\text{metro}^2} \\
 &= 1 \frac{N}{m^2} \\
 &= 1 \frac{kgm}{s^2 \cdot m^2}
 \end{aligned}$$

Para la neumática la unidad de medida [Pa] es muy pequeña y para expresar presiones normales se tendrían que usar números de varias cifras, por lo que normalmente se usa el bar donde:

$$1 \text{ [bar]} = 10^5 \text{ [Pa]}$$

Otras unidades de presión que se usan con menor frecuencia son:

Kilopondio por centimetro cuadrado	[ kp / cm <sup>2</sup> ]
Metro de columna de agua	[ m c a ]
Milimetro de columna de mercurio	[ mm Hg ]
Torricelli	[ Torr ]
Atmósfera técnica	[ at ]
Atmósfera física	[ atm ]

Algunas igualdades válidas en la práctica neumática son:

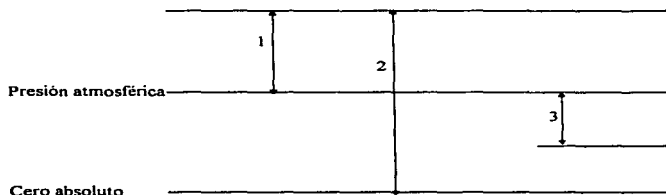
$$1 \text{ [bar]} = 1 \text{ [kg / cm}^2\text{]} = 1 \text{ [atm]}$$

Se distinguen tres tipos de presión: atmosférica, relativa y absoluta.

**Presión atmosférica.** Esta dada por el peso del aire que se encuentra sobre la superficie de la tierra. A nivel de mar es de 760 [mm de Hg] = 1.033 [bar]. La presión disminuye con la altitud, al ir subiendo sobre el nivel del mar hasta anularse en la estratosfera, donde no hay aire.

**Presión relativa.** Es la diferencia de la presión que hay en un recipiente menos la presión atmosférica. Los instrumentos que la miden se llaman manómetros.

**Presión absoluta.** La presión absoluta es aquella que es referida al cero absoluto, definiéndose como depresión, la diferencia entre el valor de la presión atmosférica y la presión cero absoluto.



claves:

1. Presión relativa
2. Presión absoluta
3. Depresión

Generalmente cuando hablamos de presión hablamos o nos referimos a presión relativa, ya que para encontrar la presión absoluta podemos usar la siguiente fórmula:

$$\text{Presión absoluta} = \text{Presión relativa} + \text{Presión atmosférica}$$

### II.1.3.2 Caudal.

El caudal lo definimos como la cantidad de fluido que pasa por una determinada sección transversal de una tubería por unidad de tiempo.

Esta cantidad de fluido podemos expresarla de dos formas en masa o en volumen. El caudal másico se expresa en [kg / s], mientras la unidad SI del caudal volumétrico es [m<sup>3</sup> / s] .

### II.1.4 Leyes Fundamentales De Los Gases Perfectos

Las características esenciales del estado gaseoso son:

- a) Un gas tiende a distribuirse uniformemente por el interior del recinto que lo contiene.
- b) La densidad de un gas depende de su presión y temperatura
- c) La masa de un gas presenta una resistencia prácticamente nula a los esfuerzos de corte.

#### II.1.4.1 Ley de Boyle Mariotte

A temperatura constante, el volumen ocupado por una masa gaseosa invariable está en razón inversa de su presión, es decir:

$$P \cdot V = cte \dots 2.4$$

$$\text{asimismo puede escribirse: } P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 \text{ o } \frac{P_1}{P_2} = \frac{V_2}{V_1} \dots 2.5$$

donde:

P : presión

V : volumen

si la temperatura  $T = cte$

### II.1.4.2 Ley de Gay-Lussac

A presión constante, el volumen ocupado por una masa dada de gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta.

$$\frac{V}{T} = cte \dots 2.6$$

también

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{T_2}{T_1} \text{ con } P = cte \dots 2.7$$

### II.1.4.3 Ley de Charles

A volumen constante, la presión absoluta de una masa de gas dada es directamente proporcional a las temperaturas absolutas, esto es,

$$\frac{P}{T} = cte \dots 2.8$$

sea

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} \dots 2.9$$

con  $V = cte$

Con las leyes de los gases mencionadas anteriormente tratamos de mostrar que el aire comprimido lo obtenemos reduciendo el volumen en el cual está encerrado y que la presión varía de forma inversamente proporcional al volumen ( a temperatura constante ).

## ***II.2 Producción De Aire Comprimido***

El consumo de aire de los dispositivos y herramientas neumáticas normalmente se basa en datos empíricos. Para los dispositivos de desplazamiento positivo, como los accionadores lineales, se calcula el consumo de aire teóricamente, pero la demanda real depende del factor de tiempo y del de trabajo.

El factor de tiempo se refiere al periodo durante el cual el aparato está en uso. Así las herramientas son de uso intermitente más que continuo y el factor trabajo se puede basar en la observación durante un periodo de actividad adecuado. En el caso de los accionadores lineales o dispositivos ligados a un ciclo de trabajo, el factor de tiempo se puede establecer de forma más precisa a base de estudios de movimientos y tiempos o calcularlo a partir de tiempo de ciclo.

El elemento principal de una instalación productora de aire comprimido es el compresor, del que existen varios tipos para las distintas posibilidades de utilización.

*"Se llama compresor a toda máquina que impulsa aire, gases o vapores, ejerciendo la influencia sobre las condiciones de presión"*

Enrique Carnicer define a los compresores de la siguiente forma:

*"Los compresores son máquinas que aspiran aire ambiente (a presión atmosférica) y lo comprimen hasta llegar a una presión superior"*

Para la neumática sólo son aptos una sola parte de los distintos tipos de compresores, condicionado por la presión de trabajo requerida. Los sistemas neumáticos de mando trabajan normalmente con aire comprimido a 6 [bar], el límite inferior se halla en los 3 [bar] y el superior en los 10 [bar]. En casos especiales es posible rebasar el valor máximo o quedar por debajo del valor mínimo.

## II.2.1 Tipos De Compresores

Según el tipo de ejecución, se distinguen entre *compresores de desplazamiento positivo* (émbolo, pistón, etc.) y rotatorios (de caudal, turbocompresores, etc. ) que a su vez se subdividen en muchos grupos. Los compresores de desplazamiento positivo se utilizan en aquellos casos que es preciso suministrar grandes caudales con una gran caída de presión al final.

Las presiones necesarias en neumática se consiguen con ejecuciones de una o varias etapas; por lo que en la práctica los turbocompresores apenas se utilizan en neumática. Los compresores más empleados y que han dado el mejor resultado en las instalaciones generadoras de aire comprimido para los usos de sistemas neumáticos, son los compresores de émbolo y los rotatorios, que a su vez también se subdividen en varios subgrupos.

### II.2.1.1 Compresores de desplazamiento positivo

El compresor más frecuentemente usado es el de desplazamiento positivo (fig. 2.1), pudiendo emplearse como unidades fijas o móviles y existiendo desde los equipos más pequeños hasta los que entregan caudales grandes. Los compresores de émbolo de una etapa comprimen aire hasta la presión final de 6 [bar] y en casos excepcionales hasta 10 [bar], los compresores de dos etapas llegan normalmente hasta 15 [bar], pudiendo conseguir los compresores de émbolo de alta compresión con tres o cuatro pasos, presiones finales de hasta 250 [bar]

En neumática se usan generalmente compresores de una o dos etapas; con preferencia el de dos etapas sobre el de una etapa en cuanto la presión final exceda de los 6 bar, porque se proporciona una potencia equivalente con gastos de accionamiento más bajos.

Los compresores de desplazamiento positivo (CDP) se pueden clasificar dentro de los siguientes conceptos:



- De acuerdo al número de etapas: una , dos o multietapas
- De acuerdo al número de efectos: de simple efecto y doble efecto.
- De acuerdo al movimiento del elemento impulsor : alternativos y rotatorios
- De acuerdo al tipo de lubricación: lubricados y no lubricados
- De acuerdo al tipo de enfriamiento : enfriamiento hidráulico y enfriamiento neumático.

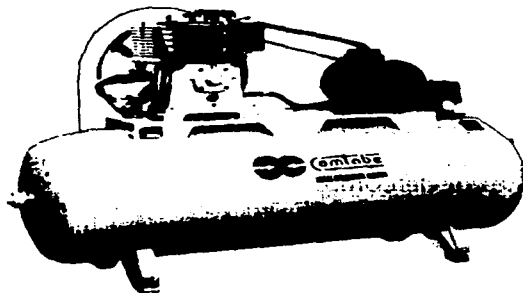


Fig. 2.1 Compresor estacionario. Disposición de cilindros en V, simple efecto y refrigeración por aire

#### *Por el número de etapas*

**Compresor de una etapa.** Este tipo de compresores tienen una sola etapa de compresión. Básicamente se componen de: un cárter con cigüeñal, pistón y cilindro. Para efectos de refrigeración usa aletas en su parte exterior, son compresores de poca potencia por lo que son utilizados para aplicaciones en donde el caudal sea limitado y condiciones de servicio intermitente.

En este tipo de compresores la temperatura de salida del aire comprimido se sitúa alrededor de los 180°C con una variación de  $\pm 20^{\circ}\text{C}$ .

*Compresor de dos etapas.* En este tipo de compresores el aire es comprimido en dos etapas, en la primera etapa (etapa de baja presión) se comprime desde 2 hasta 3 bar aproximadamente y en la segunda etapa (de alta presión), se comprime hasta una presión de 8 bar. Este tipo de compresores son los más usados en la industria.

Pueden ser refrigerados por aire o por agua. En este tipo de compresores la temperatura de salida del aire comprimido gira alrededor de los 130°C con una variación de  $\pm 15^\circ\text{C}$ .

*Por el número de efectos.*

Un pistón es de *simple efecto* (ver dibujo a de la fig. 2.2) cuando trabaja una sola cara del mismo y precisamente aquella dirigida hacia la cabeza del cilindro. La cantidad de aire desplazado es igual a la carrera por la sección del pistón..

Un pistón es de *doble efecto* (ver dibujo b de la fig. 2.2.) cuando trabaja sobre sus dos caras y delimita dos cámaras de compresión en el cilindro. Por lo que el volumen generado es igual a dos veces el producto de la sección del pistón por la carrera. Hay que descontar el volumen ocupado por el vástago.

Un pistón es *multietapas o tandem* (ver dibujo c de la fig. 2.2.) si tiene elementos superpuestos de diámetros diferentes que se desplazan en cilindros concéntricos. El pistón de mayor diámetro puede trabajar de simple o doble efecto, no así los otros pistones, que lo harán en simple efecto. Esta configuración es muy usada en compresores de alta presión.

Razones para la compresión multietapas :

- obtención de elevadas presiones,
- control de temperatura,
- uso eficiente del tamaño de la máquina,
- reducción de la energía consumida,

- construcción de máquinas de tamaño razonable,
- se mejora la eficiencia del proceso,
- se puede disminuir el trabajo de compresión si se mantiene la misma relación de presiones en todos los escalonamientos.

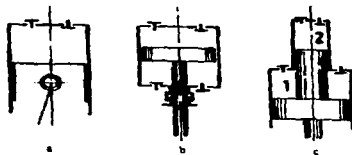


Fig. 2.2 Formas de trabajar del pistón

*Por el número y disposición de los cilindros*

En los compresores de desplazamiento positivo, los fabricantes acostumbran usar diferentes formas para el montaje de los cilindros, siendo las más usadas:

1. Disposición vertical
2. Disposición horizontal
3. Disposición en L o ángulo de  $90^\circ$
4. De cilindros opuestos o en V

Los compresores verticales solo se usan para pequeñas potencias. Para compresores pequeños, la forma V es la más empleada. Para compresores grandes de doble efecto, se recurre al formato en L o en ángulo, con el cilindro de baja presión vertical y el de alta horizontal.

Todos estos cilindros son para trabajar presiones comprendidas entre 6 y 7 bar, la presión máxima de 8 a 10 bar no siendo recomendable que un compresor trabaje constantemente a su presión máxima.

### II.2.1.2 Compresores rotativos

*Llamamos compresor rotativo a toda aquella máquina que mediante un procedimiento rotatorio y continuo produce aire comprimido.*

Los tipos de compresores rotativos más comunes industrialmente son:

- *De paletas.* El rotor es excéntrico en relación al estator y lleva una serie de paletas que se ajustan contra la pared interior del estator por la acción de la fuerza centrífuga.
- *De tornillo.* Se compone básicamente de un par de rotores que tienen lóbulos helicoidales de engranaje constante.
- *Tipo Roots.* Consisten en una envolvente elíptica con una rueda de paleta giratoria

### II.2.1.3 Compresor de paletas

Los compresores rotativos de paletas múltiples o también llamados compresores de discos, tienen buenas características para los equipos productores de aire comprimido, y el resto de los tipos de este grupo no son de uso frecuente. El eje de los compresores de paletas múltiples está excéntricamente situado en el interior del cilindro (véase fig. 2.3). De este modo se origina una cámara de compresión en forma de hoz. Ésta cámara es comprimida contra el cilindro exterior, dividido en varias paletas, mediante unas correderas móviles situadas en el rotor. Cuando el rotor gira a la derecha es aspirado el aire que entra por las paletas de la izquierda que se dilatan o amplían y es comprimido por las paletas de la derecha que se estrechan o contraen. Las ventajas más notables

de este tipo es su marcha silenciosa y un suministro de aire casi exento de sacudidas. Los compresores de rotación de una etapa comprimen hasta 4 bar y hasta 8 bar los de dos etapas.

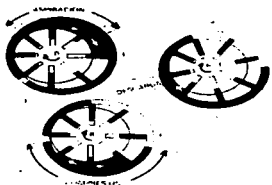


Fig. 2.3 Principio de funcionamiento de los compresores rotativos de paletas

#### II.2.1.4 Compresores de tornillo

Este tipo de compresores ( fig. 2.4 ) puede satisfacer una amplia gama de caudales que van desde 2.5 a 70 [m<sup>3</sup>/min.] En compresores de tornillo de dos etapas, para presiones máximas de trabajo de 8-10 [bar].

En estos compresores la disposición es tal que el rotor macho se encuentra dotado de lóbulos y el rotor hembra de acanaladuras en las cuales se introducen los lóbulos en el transcurso de la rotación. El accionamiento del conjunto tiene lugar por el extremo del eje que lleva el rotor macho quien arrastra por contacto a la hembra, o bien mediante engranajes sincronizados.

El rotor macho es el que absorbe la potencia suministrada por el motor, estableciéndose del 85 al 90% de la potencia total para él dejando de un 10 a un 15% para el rotor hembra- Los rotores giran a unas velocidades entre 1300-2400 rpm, sobre rodamiento de bolas o de tornillos.

En el compresor de tornillos el aire se comprime de una forma continua y progresiva. Los rotores van montados en un cárter provisto de una admisión para aire en un extremo y una salida en el otro.

Los compresores de tornillo tienen compresión interna y su relación de compresión viene determinada por la situación de los bordes de apertura de descarga y por la figura geométrica que adopte el perfil del par de tornillos. Un compresor de tornillo con inyección de aceite y perfiles asimétricos puede alcanzar relaciones de compresión en una sola etapa cercana a los 4 [bar] y en dos etapas de 12 [bar].

Los compresores de dos etapas constan de 4 rotores situados dos a dos uno encima de otro. Tanto la etapa de baja presión como la de alta presión están compuestas de dos rotores secundarios arrastrados directamente por los rotores primarios sin la mediación de ningún dispositivo de sincronización adicional. Un sistema hidráulico contrarresta el esfuerzo sobre los rodamientos soportando las cargas axiales de los rotores. El aceite inyectado en cada una de las dos etapas absorbe el calor que se genera durante la compresión.



Fig. 2.4 Compresor de tornillo. Rotores helicoidales de perfil asimétrico

### 2.2.1.5 Compresores Roots

Los compresores Roots (fig. 2.5) son conocidos también con el nombre de soplantes, tiene un amplio campo de aplicación para las bajas presiones. Dentro de un cuerpo de bomba o estator, dos rotores de perfiles idénticos en forma de 8, giran a velocidad angular constante, en sentido inverso uno del otro. A diferencia de otros compresores, los rotores no rozan ni entre sí ni con

el estator, existiendo una pequeña tolerancia entre ellos; por lo que no pueden efectuar compresión interior, ya que el volumen de las cámaras de trabajo no disminuye durante la rotación.

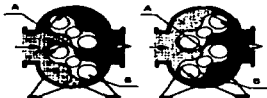


Fig. 2.5 Compresor Root. A) Juego entre rotadores. B) Rotor matriz

Estos compresores únicamente transportan del lado de la aspiración al de la compresión el volumen de aire aspirado, sin comprimirlo en este recorrido. El volumen que llega a la salida, aun con la presión de aspiración, se junta con el aire ya comprimido que vuelve de la tubería de descarga y se introduce en la cámara cuyo contenido llega en ese momento a la presión máxima, siendo descargado en ese momento.

La ventaja de estos compresores es la ausencia de fricción entre los rotadores que hace innecesaria la lubricación en la cámara de compresión, lo cual permite la entrega de un aire totalmente exento de aceite que pudiera contaminarlo.

Son de uso común en la impulsión neumática de materiales a granel, en los camiones - silo, fábricas de cemento, etc.

### II.2.1.6 Compresores secos

Cuando el aire comprimido tiene que quedar exento de aceite, se recurre a compresores de pistón o de tornillo en los que ningún aceite de lubricación entre en contacto con el aire a comprimir, resolviendo esto con cámaras de lubricación sin lubricante. A los que se les llama:

“compresores secos”, ya que el aire sigue con humedad es decir no es seco, se les debe de llamar más apropiadamente como compresores exentos de aceite o de lubricación.

A pesar de que se usen compresores exentos de aceite se deben de colocar filtros de aire cerca de los puntos de consumo, ya que el aire es portador, en una dosis más o menos grande, de contaminantes a veces imperceptibles.

### **II.2.1.7 Compresores centrífugos.**

Son máquinas de gran velocidad (3000 a 40 000 rpm) y frecuentemente son accionados por turbinas.

Un compresor centrífugo consiste en un impulsor rotatorio y en uno o más pasos divergentes, a través de los cuales se descarga al aire. El aire es aspirado por el "oído" del impulsor y recibe un movimiento tangencial de gran velocidad mediante las paletas del impulsor, siendo lanzado hacia afuera por la fuerza centrífuga. A medida que el aire pasa a través del impulsor la fuerza centrífuga crea una presión, de forma que la presión estática va creciendo desde el oído hasta la periferia del impulsor. Al salir despedido del impulsor el aire se mueve a una velocidad elevada y, por lo tanto, posee energía cinética, la mayor parte de la cual se puede convertir en presión si se disminuye correctamente la velocidad del aire. La misión del difusor, es convertir la energía cinética en presión.

### **2.2.1.8 Turbocompresores**

Los compresores dinámicos o también llamados turbocompresores son los más comunes y están constituidos fundamentalmente por un rotor provisto de alabes, que gira dentro de una carcasa de hierro fundido o de acero herméticamente cerrada, de forma que pueda producirse



un gradiente de presión entre la entrada y la salida de la máquina en virtud de la acción de los alabes del rotor sobre el fluido.

La dirección del flujo puede ser radial o axial y así se tienen en el primer caso compresores radiales o centrífugos, y en el segundo a los axiales. En ambos tipos, el fluido, a la salida del rotor pasa a un difusor que convierte parcialmente la energía dinámica en estática.

En ciertos casos el flujo es mixto, esto es, en parte radial y en parte axial; su estudio se incluye dentro de los centrífugos.

### **II.2.2 Criterios de selección de los compresores.**

Los principales criterios para seleccionar un compresor son:

- Tamaño
- Capacidad
- Uso que se le va a dar
- Potencia de accionamiento
- Número de etapas
- Presión que se desea obtener
- Carga
- Espacio para su instalación
- Costo de mantenimiento
- Potencia
- Tipo de fluido de trabajo
- Tipo de conexión entre el pistón y el mecanismo que produce el movimiento
- De acuerdo a la velocidad de giro
- Seguridad en el funcionamiento
- Instalación y operación
- Tipo de motores que usan

### **II.2.3 Descripción de formas de control de la capacidad**

Actualmente se han desarrollado sistemas para ajustar las cantidades de gas producido .

El sistema de regulación contempla tres aspectos importantes , que son :

- Métodos de descarga.
- Tipos de control de capacidad.
- Número de pasos de control.

La regulación en la mayoría de procesos se basa en mantener constante ya sea la presión de descarga o la de admisión , o ambas , pero todo depende del proceso o uso para el cual se haya elegido el compresor . Con frecuencia en algunas plantas se debe mantener la presión de descarga constante , especialmente cuando su valor es mayor a la atmosférica.

#### **II.2.4 Tipos de control de velocidad.**

a) *Control de velocidad constante.* Este tipo de control se utiliza en cualquier compresor , siempre y cuando el medio de accionamiento gire a su velocidad normal de trabajo en forma constante.

b) *Control de arranque paro.* Este tipo de control utiliza el principio electroneumático para regular la carga y descarga del compresor , en donde un interruptor de presión que actúa en función con la presión en el recipiente de almacenamiento , controla el arranque-paro del motor.

El control de arranque-paro se usa generalmente en equipos pequeños y en los de tipo portátil; aunque también se usa en máquinas grandes, cuando la demanda de gas es menor del 50% de la capacidad . El uso de este tipo de control implica el tener que emplear recipientes más grandes , con objeto de evitar el arranque demasiado frecuente.

c) *Control dual.* Es una combinación de los dos tipos de controles anteriores (velocidad constante y arranque-paro) , que sirve para solucionar la forma de operación ya sea a velocidad constante o de arranque paro lo que ocurre automáticamente , todo depende de la demanda de aire . Este control incluye un dispositivo que detecta rápidamente la caída de presión del sistema, en comparación con el tiempo que ocurre la misma; cuando ésta es muy rápida , el compresor continúa trabajando bajo el control de velocidad constante, lo que indica que se

requiere de una cantidad más o menos constante de gas ; en cambio cuando la caída de presión es menos rápida trabaja bajo el control de arranque-paro.

Este tipo de control se utiliza cuando la variación en la demanda de gas es bastante grande.

d) *Control de velocidad variable.* Este tipo de control se emplea cuando se dispone de un medio de accionamiento que proporcione la potencia directamente a la demanda del gas , es decir , que se pueda variar su velocidad de acuerdo a los requerimientos en el proceso o instalaciones. Se emplea principalmente en compresores centrifugos o rotatorios y cuyo medio motriz sean máquinas de vapor o de gas, ya que éstas se adaptan de buena forma al control de su velocidad.

### **II.2.5 Planta de aire comprimido**

Los equipos compresores móviles sólo son prácticos para la industria cuando están dispuestos como grupos auxiliares o para la investigación; mostrándose una preferencia unánime hacia los equipos fijos o estacionarios. La instalación de un equipo de aire comprimido debe realizarse siguiendo las indicaciones del fabricante, siendo usual preparar una instalación sobre elementos amortiguadores exenta de posibles vibraciones y en los equipos grandes preparar la construcción para que no éste unida con los cimientos de las restantes naves.

Prescindiendo de los pequeños compresores, los equipos productores de aire comprimido deben estar instalados en una sala o nave especial, siendo importante que el aire aspirado sea lo más fresco posible, seco y exento de polvo. Si el aire es sucio puede emplearse un filtro para que llegue limpio al compresor a través de las conducciones de diámetro conveniente, pudiéndose alimentar varios compresores a través de una conducción de alimentación.

La producción de agua de condensación en el aire comprimido depende en primer lugar de la humedad relativa del aire de aspiración y de la temperatura. La humedad relativa del aire se indica en porcentaje (cociente entre la humedad absoluta y la humedad de saturación).

La humedad absoluta es la cantidad de agua contenida en un  $[m^3]$  de aire. La humedad de saturación es la cantidad que puede contener un  $[m^3]$  de aire a una temperatura determinada.

El tamaño de un equipo de aire comprimido viene determinado por el consumo de todos los sistemas neumáticos conectados, con una reserva adicional para los equipos neumáticos a instalar próximamente y un suplemento del 10 al 30% para las pérdidas por fugas y en tuberías.

La determinación del consumo de aire comprimido y la del tamaño del equipo productor es una misión de planificación importante, que no puede hacerse a la ligera, ya que los costos antieconómicos de producción de aire comprimido pueden evitarse mediante la planificación técnica y especializada.

La presión final del compresor no debe ser mucho más alta que la presión de trabajo necesaria para los dispositivos neumáticos, puesto que más compresión cuesta más dinero para producirla y existen más pérdidas por fugas.

En caso de grandes consumos de aire comprimido, es más conveniente instalar dos o tres compresores que un solo grupo, debido a que si falla el único compresor, se produce la parada de todos los equipos neumáticos en muy poco tiempo pues la reserva del acumulador sólo es suficiente para cubrir unos pocos minutos de trabajo. Por el contrario si se dispone de un equipo formado por varios compresores y se produce el fallo de uno de ellos, aún es posible el funcionamiento, aunque limitado, de los equipos neumáticos.

### **II.2.6 Aire comprimido exento de aceite**

En las industrias transformadoras de alimentos, elaboración de cosméticos y de productos farmacéuticos se requiere aire comprimido exento de agua y además de aceite. Los compresores normales suministran aire comprimido más o menos impurificado con una fina niebla de aceite procedente de la lubricación del compresor.

Para estos casos, la industria ofrece compresores de construcción especial, que suministran el aire comprimido desprovisto de aceite. El agua contenida en el aire debe también ser separada después de la compresión. Si se exige una máxima pureza en el aire, se emplean filtros de absorción acoplados después del compresor que retienen el aceite contenido en el aire comprimido. Para el secado del aire se requieren medidas complementarias.

### II.3 Distribución Del Aire Comprimido

La distribución del aire comprimido desde el equipo productor hasta el consumidor (Fig. 2.6) nunca debe de descuidarse, puesto que en este aspecto pueden conseguirse grandes ahorros mediante la restricción y contención de pérdidas por fugas, y mediante la selección de los aparatos y materiales idóneos. Los gastos suplementarios se amortizan por menores gastos de mantenimiento, mejor estanqueidad y en consecuencia menores pérdidas por fugas y mayor duración.

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

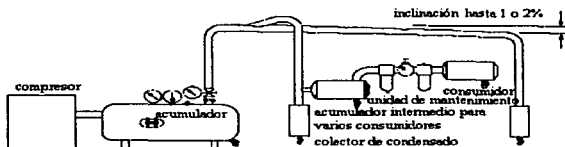


Figura 2.6 Sistema de distribución de aire.

#### II.3.1 Depósitos acumuladores

Por regla general siempre se debe de colocar un depósito para aire a presión en toda instalación de aire comprimido, dicho depósito se coloca entre el compresor y la red de distribución. En la mayoría de los casos debe servir también de acumulador para toda la red y adicionalmente contribuir a la refrigeración del aire comprimido.

Los depósitos acumuladores tienen como propósito cumplir varias funciones, algunas de las más importantes son:

- Almacenar el aire comprimido proveniente del compresor.
- Compensar las fluctuaciones de presión de todo el sistema de distribución.
- Separar el agua de condensación producida.
- Amortiguar las diferencias de caudal del aire producido por los compresores alternativos
- Compensar las demandas de aire comprimido sin que se provoquen caídas de presión.
- Adaptar el caudal de salida del compresor al consumo de la red.

Se debe de tener siempre presente que el depósito actúa como acumulador por lo que debe atender a una demanda de aire instantánea y nunca para suministrar aire continuamente. Tampoco es recomendable conectar varios compresores a un solo depósito, sin embargo si se pueden usar varios depósitos para un solo compresor.

Los equipos productores de aire comprimido para el servicio de los sistemas neumáticos de mando deben estar equipados, por principio, con un refrigerador dispuesto entre el compresor y el depósito.

El tamaño del depósito es función del consumo del aire comprimido y de la potencia del compresor. Naturalmente el tamaño del acumulador depende también de otros factores como, por ejemplo, la regulación del funcionamiento del compresor y de la frecuencia de conexión máxima, pero los más decisivos son la función de acumulación y el consumo proporcionalmente de aire comprimido.

El sistema de descarga del compresor es uno de los factores determinantes para calcular el límite inferior de la capacidad del depósito. si funciona a intervalos muy repetidos se descargará rápidamente, por lo que habrá variaciones de carga demasiado frecuentes en la instalación eléctrica. Si el compresor es de regulación automática, la capacidad del depósito en  $m^3$  no debe de ser inferior al caudal del compresor en  $m^3$  por minuto. Esta norma se adapta si la variación de presión es de 1.5 bar. Para una diferencia de presión más pequeña o más grande, se puede calcular la capacidad del depósito proporcionalmente a la diferencia de presión. Excepto en casos especiales, el compresor no

debe de arrancar más de diez veces por hora, y por ninguna circunstancia, más de quince veces por hora.

En conclusión el tamaño del acumulador depende de los siguientes criterios:

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

En la práctica, los depósitos están normalizados y cada fabricante aconseja cuáles irán correctamente a la capacidad del compresor propuesto.

La función del acumulador es necesaria, porque en caso de perturbaciones, por ejemplo fallo de la corriente, los dispositivos neumáticos deben alcanzar su posición de partida o de reposo.

Los depósitos deben de instalarse al aire libre (y si fuera posible a la sombra), por mejorarse así la refrigeración del aire comprimido y la separación del agua condensada; en este caso el calor liberado no puede calentar un recinto tal vez demasiado pequeño. Si se instalan los acumuladores en un recinto pequeño, debe procurarse una buena aireación.

Además los acumuladores de aire comprimido sirven para equilibrar las fluctuaciones de presión dentro de una red, con el fin de garantizar a todos los consumidores una presión de trabajo lo más uniforme posible.

Con alimentación central de aire comprimido para varias áreas o plantas, cada una de estas ha de estar provista de un acumulador intermedio, con el que puede compensarse la caída de presión en las conducciones largas y mantener mejor la velocidad de circulación en las tuberías.



Los acumuladores son también necesarios dentro de los sistemas neumáticos de mando o dentro de una instalación, si en las mismas se incluyen elementos neumáticos de trabajo con gran consumo periódico y repentino de aire comprimido, ya que sin el acumulador podría desaparecer momentáneamente la presión de la red cada vez que se conectara un gran consumidor de aire, debido al fuerte y repentino consumo. Las consecuencias de estos grandes impulsos de consumo serían unas velocidades de circulación superiores a la normal en la red de tuberías, intenso enfriamiento de las tuberías y del aire comprimido y como consecuencia una mayor condensación en estos puntos. Los depósitos y acumuladores pueden estar colocados en posición vertical u horizontal; los acumuladores pequeños también pueden colocarse suspendidos libremente en la tubería.

### **II.3.2 Área de compresores**

Esta área es la base de la producción del aire comprimido, desde la cual se envía a todas las zonas donde es necesario disponer de aire comprimido.

El área de compresores está formada por un compresor o compresores funcionando en paralelo, un refrigerador posterior, un secador de aire (se puede prescindir de él, sin embargo siempre es recomendable), válvulas automáticas de desagüe y mandos de regulación.

Del tamaño de la red de distribución del aire comprimido depende en gran medida la elección del lugar para instalar el área de compresores. Siempre se deberá de elegir la parte más fría del lugar, esto con el objeto de tomar el aire exterior de aspiración tan bajo de temperatura como sea posible. Si se coloca en lugar donde hay sombra, la temperatura ambiente contribuirá al enfriamiento del aire comprimido.

En general se prefiere que el área de compresores esté centralizada que descentralizada (es decir tener varias estaciones satélites cerca de los puntos de consumo).

Es recomendable elegir un local cubierto y bien ventilado y lo más exento posible de polvo y suciedad. Cuanto más baja sea la temperatura ambiente en la sala de compresores, mejor será la disipación del calor cedido por el compresor durante la compresión. Para tal efecto se podrían colocar rejillas de ventilación combinadas con algún ventilador de tiro forzado en el techo, esto con el propósito de establecer una corriente de aire de abajo hacia arriba. Se recomienda que la temperatura de la sala de compresores oscile alrededor de los 30°C-38°C.

### II.3.3 Tuberías

Para transportar el aire comprimido desde el área de compresores hasta los lugares de utilización se emplea una red de distribución conocida generalmente como red de tuberías.

Podemos clasificar la tubería en una red de distribución tres tipos: 1) tubería principal, 2) secundaria y 3) de servicio.

*1. Tubería principal.* Es la línea de aire que sale del depósito y canaliza la totalidad del caudal del aire. Debe de tener la mayor sección posible y contar con un margen de seguridad tomando cuenta posibles ampliaciones de la red.

La velocidad *máxima* del aire es de 15 [m/s].

*2. Tuberías secundarias.* Toman el aire de la tubería principal para distribuirlo a las zonas de trabajo, de las cuales saldrán las tuberías de servicio. El caudal de aire que transporten será la suma de los caudales parciales que de ella se deriven. También se debe de tomar cuenta futuras ampliaciones.

La velocidad *máxima* del aire será de 15 [m/s].

*3. Tuberías de servicio.* Son aquellas que alimentan a los equipos neumáticos en los puntos de manipulación. Llevan acoplamientos de cierre rápido, incluyen las mangueras de aire y las unidades de mantenimiento ( filtro regulador y lubricador ).

Se debe dimensionar de acuerdo al número de salidas procurando no colocar más de dos o tres acoplamientos rápidos en cada una de ellas. Y evitar poner tuberías inferiores de 1/2" de  $\varnothing$ , ya que si el aire está sucio podría obstruirlas.

La *velocidad máxima* del aire es de 15 [m/s]. Las tuberías pequeñas causan altas velocidades de circulación del aire.

Las tuberías de aire comprimido pueden tener desde algunos [mm] de diámetro interior hasta varios [cm] pudiendo ser de goma, plástico o metal, pero nunca debe de emplearse el antiguo tubo de gas.

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
- Resistencia a la corrosión
- Estanquidad
- Posibilidad de ampliación

En lo que respecta al uso de materiales plásticos, no solo tiene que tomarse en cuenta sus precios, sino que también cabe anotar que con ellos los costos de instalación se reducen. Los tubos de plástico pueden unirse de modo completamente estanco utilizando pegamentos. Además las redes de tuberías de plástico pueden ampliarse fácilmente.

En lo que respecta a las tuberías de cobre y de acero para unir las hay que soldarlas o utilizar conexiones roscadas. Si estos trabajos no son llevados a cabo cuidadosamente, 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.

### II.3.4 Red de aire comprimido

Se entiende por red de aire comprimido el conjunto de las tuberías que parten del depósito, colocadas fijamente, unidas entre sí y que conducen el aire comprimido a los puntos de toma para los equipos consumidores individuales. Los criterios principales de una red son la velocidad de circulación y la caída de presión en las tuberías así como la estanqueidad de la red en conjunto.

### II.3.5 Planteamiento nuevo de una red.

Para la determinación del diámetro interior, la magnitud decisiva es el consumo de aire comprimido más una reserva adicional para los equipos neumáticos que en corto tiempo puedan incorporarse. Además de esto existen valores procedentes de la práctica, que indican cuáles deben de ser la velocidad de circulación y la caída de presión en la tubería para conseguir una rentabilidad óptima. La selección del diámetro interior de la tubería depende de:

- La velocidad de circulación admisible.
- La pérdida admisible de presión.
- La presión de trabajo.
- El número de puntos de estrangulación existentes en la tubería
- La longitud de la tubería.

El *caudal de aire comprimido* es una magnitud que se determina "a priori" según el planteamiento. La velocidad de circulación y la caída de presión se hallan relacionadas estrechamente; pero en la caída de presión también influyen la aspereza o rugosidad de la pared interior de la tubería y el número de los tubos - accesorios instalados.

La *velocidad de circulación* del aire comprimido en las tuberías debe estar comprendido entre 10 y 17 [m/s]; debiéndose utilizar un valor por debajo de los 17 [m/s], puesto que la velocidad de circulación supera el valor permisible en muchos puntos debido a los codos existentes, a las válvulas,

piezas reductoras, etc.; además de esto, también produce una elevación momentánea de la velocidad de circulación la entrada en funcionamiento de los grandes consumidores.

La *caída de presión* se refiere a la pérdida de energía que se va originando en el aire comprimido ante los diferentes obstáculos que encuentra en su camino hacia los puntos de utilización, no debe de superar en lo posible el valor de 0.1 [kp/cm<sup>2</sup>] hasta los consumidores acoplados; calculándose en la práctica con el 5% del valor de la presión de trabajo.

Los puntos de estrangulación en la red de aire comprimido se originan por la inclusión de tubos - accesorios, codos o curvaturas y derivaciones. Para el cálculo del diámetro interior de la tubería deben transformarse estos puntos de estrangulación en metros de longitud de tubería equivalente y añadirse a la longitud total de la misma. La tabla 2.1 contiene la equivalencia en [m] de longitud de tubería de los puntos de estrangulación individuales.

Otra forma de poder determinar la longitud equivalente de los diversos accesorios es con la ayuda de nomogramas.

### **II.3.6 Diseño de una instalación de aire comprimido.**

En primer lugar se debe de levantar un plano acotado del lugar donde se va a instalar la red de distribución de aire comprimido, indicando los puntos de consumo y localizando el sitio para la ubicación del área de compresores.

Teniendo establecidos estos puntos se deben de tomar en cuenta los siguientes requisitos:

- Trazado de la red según la configuración del local y las actividades que en el se realizan.
- Tendido de la tubería de modo que se elijan las distancias mas cortas y procurando que las conducciones sean lo mas rectas posibles, se debe de evitar dentro de lo posible cambios de dirección, codos dobles, piezas en T, derivaciones y reducciones de sección. En la tabla 2.1 se muestran las equivalencias en longitud de tubería de los principales accesorios.

- Montaje siempre aéreo de la red de tuberías, ya que de esta manera se consigue una mejor inspección y mantenimiento de la red. Normalmente se cuelga de los techos o de las paredes del local. Se debe de evitar la tubería subterránea o enterrada, ya que dificulta las tareas de mantenimiento y la posibilidad de hacer ampliaciones además de no poder purgar correctamente.
- No deben de hacerse nuevas tomas o salidas de aire en tuberías existentes sin comprobar antes si sus diámetros son todavía suficientes para una cantidad adicional de aire comprimido.
- Las tuberías principales deben de ser ampliamente dimensionadas para poder atender la demanda de aire sin pérdida excesiva de presión y estar ligeramente inclinadas en el sentido del flujo del aire, esto con el propósito de que el agua que se condense drene en la misma dirección que tiene el aire comprimido, colocando en el extremo de la tubería una purga para evacuar el agua acumulada.

	1"	1½"	2"	3"	4"	5"	6"
Válvula de diafragma	1.5	2	3	4.5	6	8	10
Válvula de compuerta	0.3	0.5	0.7	1	1.5	2	2.5
Codo de 90°	0.3	0.5	0.6	1	1.5	2	2.5
Codo de 45°	0.15	0.25	0.3	0.5	0.8	1	1.5
Codos redondos	1.5	2.5	3.5	5	7	10	15
Codos con enlace	1	2	2.5	4	6	7.5	10
Tes	2	3	4	7	10	15	20
Manguitos de reducción	0.5	0.7	1	2	2.5	3.5	4

Tabla 2.1 Resistencia de circulación de accesorios y codos, transformada en longitud equivalente en metros de tubería.

- Se deben de colocar llaves de paso en los ramales principales y secundarios, con el objeto de que se puedan revisar las tuberías o hacer nuevas derivaciones de las mismas, sin necesidad de que se produzcan tiempos de parada o de tener que dejar fuera de servicio los compresores.
- Cuando hay un cambio de pendiente o de dirección, debe de colocarse una purga, ya que el agua de condensación quedará estacionada en él.
- Las tomas de aire para bajantes o tuberías de servicio nunca deben de hacerse por la parte inferior de la tubería, sino por la parte superior, a fin de evitar que el agua condensada que circula por la tubería pueda llegar a nuestros equipos.

### 11.3.7 Cálculo de tuberías

Siempre al transportar cualquier fluido a través de una tubería, se origina una pérdida de presión la cual se traduce en aumento en un consumo de energía y por consecuencia un aumento de costos también.

Esta disminución de presión se debe al rozamiento en los tubos rectos y por la oposición de las variaciones de dirección en los conductos agregando las resistencias de los accesorios.

Las tuberías de aire comprimido tienen que estar ampliamente dimensionadas ya que se deben de contemplar futuras ampliaciones. Desde el punto de vista de explotación no existe ningún riesgo de que la tubería quede sobredimensionada; la caída de presión será menor y la tubería intervendrá como depósito de aire.

Se debe de hacer lo posible porque no se pase de una pérdida de presión en la red de tuberías de un 2% de la presión de trabajo.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> En el capítulo VI se muestra detalladamente el cálculo de una tubería.

### II.4.8 Instalación de tuberías

En lo posible, las tuberías de aire comprimido de instalación fija deben de ser accesibles, por lo que ha de evitarse su colocación empotrada en paredes o galerías para tubo demasiado estrechas.

Esto es preciso a fin de que la vigilancia o la comprobación de la estanqueidad de la red de tuberías no se haga muy difícil o incluso imposible. Las tuberías de alimentación horizontales deben de colocarse con una pendiente de 1 - 2 % en el sentido de la circulación.

Las derivaciones verticales hacia abajo no deben terminar directamente en la toma para el consumidor, sino que deben de prolongarse un poco más con el fin de que el agua de condensación producida no pase al aparato consumidor, sino que se acumule en el punto más bajo de esta derivación para su ulterior evacuación. En los puntos más bajos de la red de tuberías se deben colocar dispositivos para acumular y evacuar el agua de condensación producida.

Las tuberías que parten de la tubería principal deben derivarse siempre dirigiéndose hacia arriba. La curvatura interior ha de tener un radio mínimo  $r = 2D$  (dos veces el diámetro exterior de la tubería).

Es conveniente instalar las tuberías que abastecen a toda una nave con aire comprimido, en forma de anillo ( fig 2.7 ) incluyéndose también en el caso ideal un acumulador intermedio. Con una tubería en anillo puede reducirse en un tercio la sección de la tubería comparada con la línea normal abierta.

De este modo el suministro de aire comprimido es equilibrado y las fluctuaciones de la presión se reducen considerablemente.

Las derivaciones a los consumidores deben ofrecer suficientes posibilidades de conexión, habiendo dado buen resultado el empleo de acoplamientos rápidos.

La red de tuberías se monta preferentemente con tubos de acero y uniones soldadas, ya que el cordón de soldadura es de mayor estanqueidad que cualquier unión atornillada. La desventaja de la unión soldada consiste en que durante la soldadura se producen escamas de óxido y que el cordón de soldadura tiende rápidamente a la oxidación. La ventaja de la unión de tubos por soldadura es la



buena estanqueidad y el precio. También existe la posibilidad de unir tuberías con racores de filo cortante (bicono) o con racores de anillo opresor (fig 2.8). De esta forma es más fácil variar la colocación de algunas partes de la red de tuberías. En cuanto a los racores ha de prestarse la atención necesaria para una buena estanqueidad y un buen ajuste.

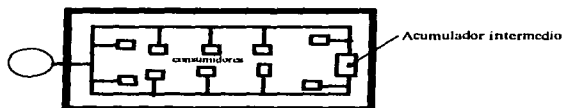


Fig. 2.7 Red de aire comprimido con tubería en anillo

En la actualidad sólo se emplean tubos de plástico para las redes de aire comprimido en casos especiales, siendo también posible con ello la unión mediante la soldadura o mediante racores. El costo es mayor que con los tubos de acero. Los nuevos racores que se ofrecen ahora en el mercado son completamente de plástico; en ellos y poco antes del extremo del tubo se forma en frío un rodete (saliente) con una sencilla herramienta. El rodete es presado entre el tubo y el racor y la tuerca y de esta manera cierra herméticamente.

La red de aire comprimido debe subdividirse en secciones mediante válvulas de bloqueo, con el fin de que en los trabajos de mantenimiento y reparaciones no se pierda aire y quede evacuada la red en su totalidad. El tamaño de las secciones viene determinado por los consumidores a ella conectados. Todas las naves de producción que estén conectadas a la red de aire comprimido deben de poderse aislar.

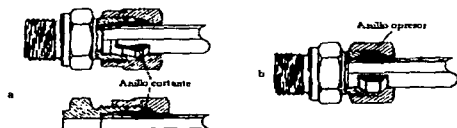


Fig. 2.8 a) racor de bicono cortante, b) racor de bicono opresor

### **II.3.9 Tuberías interiores para los equipos**

La oferta de tuberías de aire comprimido para el interior de los equipos es mucho mayor que para las de la red general; empleándose tuberías de acero de paredes delgadas, de cobre, de plástico y mangueras de goma y plástico.

La selección del material para las conducciones está condicionado por las influencias del medio ambiente (agua, polvo, temperatura, vapores corrosivos, etc), por la carga y también por la frecuencia de maniobra del aire comprimido debido a las salidas y purgas de la tubería en breves instantes. Otro nuevo punto a considerar podría ser el hecho de si la máquina neumática está destinada a ser vendida o a ser empleada en el taller propio.

Las tuberías de las máquinas se unen entre sí mediante racores. Para esta finalidad, además de los racores de anillo cortante y de los de anillo opresor, también se dispone de otros sistemas de racores especialmente dispuestos para los tubos de cobre. El racor de anillo opresor tiene la ventaja de que la tubería puede montarse y desmontarse sin desplazamiento axial.

Los racores para las conducciones de plástico que se emplean cada vez en mayor número se ofrecen en un amplio surtido. La unión de los tubos con los nuevos racores rápidos es sencilla, barata, rápida y, en la mayoría de los casos, se hace sin herramientas. Los racores rápidos se emplean también para la unión de tuberías con los elementos individuales de mando y trabajo.

La conexión de los consumidores de aire comprimido (dispositivos y máquinas neumáticas) a la red general puede efectuarse con tuberías rígidas o también móviles. Los aparatos pequeños que incluso no se emplean todos los días es mejor conectarlos a la red a través de una manguera, habiendo dado muy buen resultado para esta finalidad los conectores rápidos que se componen de una base de bloqueo automático que se acopla a la red general y del conector que se acopla a la manguera de conexión.

Los conectores rápidos se agrupan en tres familias principalmente:

- a) *Doble obturación.* Al efectuarse la desconexión, ambos extremos quedan cerrados por obturadores que impiden el escape del fluido. Este tipo de conector se utiliza principalmente cuando se transportan líquidos.
- b) *Simple obturación.* Al efectuarse la desconexión solo uno de los extremos queda obturado. Este tipo es el más empleado, generalmente usando aire comprimido, colocándolo en las tomas de utilización.
- c) *Sin obturación.* En este tipo de conectores, ambos extremos quedan sin obturar al efectuarse la desconexión.

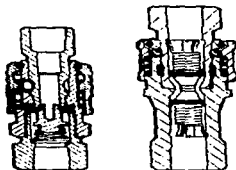


Fig. 2.9 Secciones de conectores rápidos de simple obturación y doble obturación en posición de conectados.

Los conectores rápidos se fabrican de diversos materiales dependiendo de los diversos fluidos que se usen. En sistemas de aire comprimido se emplea generalmente el latón con uñas de acero inoxidable. En la fig. 2.9 se muestran las secciones de dos tipos de conectores rápidos.

### II.3.10 Preparación del aire comprimido

Antes de instalar equipos neumáticos el fabricante recomienda la instalación previa de la unidad de mantenimiento. De esta manera queda garantizado que al consumidor solo le llega aire comprimido debidamente preparado.

Una unidad de mantenimiento está formada por el filtro, el regulador y el lubricador. El aire comprimido procedente de la red general, además de las impurezas que puedan pasar a él en la

aspiración del compresor, contiene también otras impurezas procedentes de la red de tuberías tales como:

**a) Impurezas sólidas:**

- Polvo de sílice
- Óxido
- Virutas de goma flexible
- Residuos de selladores como teflón
- Residuos de aceites quemados

**b) Impurezas líquidas**

- Agua
- Aceites lubricantes

**c) Impurezas gaseosas**

- Vapor de agua
- Gases que se generan al calentar el aceite del compresor

**d) Impurezas biológicas**

- Microbios y bacterias

De estas impurezas nos interesa eliminar principalmente aquellas que son perjudiciales para nuestra instalación y equipos. Idealmente se podrían eliminar todas, sin embargo resultaría sumamente costoso.

Las impurezas que más dañan a nuestra instalación y equipos son:

**a) Impurezas sólidas:**

- **Polvo de sílice.** Es un producto altamente abrasivo y produce la destrucción rápida de juntas deslizantes de cilindros distribuidores, paletas de motores, etc.
- **Óxidos.** Las cascarillas de óxido se introducen en los elementos de los circuitos neumáticos al ser arrastradas por el aire, obstruyendo orificios y provocando averías.

- **Virutas de goma.** Estas impurezas se producen cuando las tuberías flexibles se cuartean, restos de teflón, barniz sellador estos se desprenden y son arrastrados por el aire obstruyendo orificios y provocando averías.

#### b) Impurezas líquidas

- **Agua condensada.** Se deposita en las conducciones produciendo oxidación, para evitar esto se utilizan secadores de aire.
- **Aceite lubricante descompuesto y medio quemado,** procedente del compresor se descompone en elementos corrosivos.

#### c) Impurezas gaseosas

- El vapor de agua a la larga son condensaciones.

Con un tendido adecuado de la red general, una gran parte de las impurezas se separan en los recipientes para la condensación, pero las mas pequeñas son arrastradas en forma de suspensión por la corriente de aire y actuarían en las partes móviles de los elementos neumáticos como un abrasivo. Además, la corriente de aire en la red fluctúa, aunque solo sea en los puntos de arranque y parada del compresor en función de la presión del depósito acumulador. No obstante, los consumidores deben poder trabajar siempre con la misma presión de aire; a lo anterior ha de añadirse el hecho de que las partes móviles de los elementos neumáticos también necesitan lubricación.

### II.3.10.1 Filtro

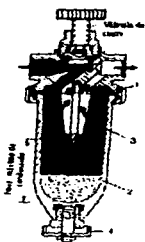


Fig. 2.10 Sección de un filtro para aire comprimido. 1. Ranura directriz, 2. Carcasa del filtro, 3. Cartucho filtrante, 4. Purga de condensado

cambiarse periódicamente. En caso de producirse una gran cantidad de condensado se recomienda instalar un purgador automático en sustitución del tornillo de purga manual.

Los filtros normales tienen poros con dimensiones que oscilan entre las 5 y 40 micras. Bajo el concepto de grado de filtración de un filtro se entiende el porcentaje de partículas que son separadas de la corriente de aire. Si los poros son de 5 micrómetros, normalmente se obtiene un grado de filtración de 99.99%.

Para determinar el momento oportuno para cambiar el filtro, deberá efectuarse un control visual o bien una medición de la diferencia de presiones. Si dicha diferencia es superior a valores comprendidos entre 0.4 y 0.6 bar, es recomendable proceder al cambio de filtro correspondiente.

Los intervalos para el cambio de los filtros dependen de la calidad del aire comprimido, de la cantidad del aire requerido por los elementos neumáticos y del tamaño del filtro. Las operaciones de

mantenimiento de filtros incluyen lo siguiente: *sustituir o limpiar el cartucho filtrante y evacuación del condensado*

Al efectuar trabajos de limpieza, deberán acatarse las indicaciones hechas por el fabricante en relación con las sustancias que podrán utilizarse con este fin. Por lo general es suficiente realizar las labores de limpieza utilizando agua tibia con jabón y, a continuación soplando con aire comprimido.

### **Filtros especiales**

Estos filtros se usan principalmente en las siguientes aplicaciones:

- Medición y calibración neumática
- Instrumentación neumática
- Equipos científicos
- Industrias alimenticias y farmacéuticas
- Pulverización de pinturas

### **II.3.10.2 Regulador de presión**

El regulador (una válvula de presión), tiene la misión de mantener constante el consumo de aire y la presión de trabajo con independencia de la presión de la red variable. La presión de entrada es siempre mayor que la presión de salida. La válvula de presión regula la presión de trabajo mediante una membrana (1) (fig. 2.11). Una de las caras de la membrana es impulsada por la presión de salida, y en la otra parte se coloca un muelle (2) cuya fuerza es regulable por un tornillo de ajuste (3). De este modo puede graduarse la presión de trabajo.

Al aumentar la presión de salida, la membrana se mueve venciendo la fuerza del muelle, por lo que la sección de paso en la junta de la válvula varía de modo continuo o se cierra por completo, regulándose la presión de salida a través del caudal que circula. Al tomarse aire, descendiendo la presión y la fuerza del muelle hace que se cierre la válvula. La regulación de la presión de salida implica un constante abrir y cerrar de la válvula. Con el fin de que no se presenten fenómenos de vibración, se

monta sobre el plato de la válvula (6) un sistema de amortiguamiento por aire o por resorte (5). La presión de salida, igual a la presión de trabajo, es indicada por un manómetro.

Se distinguen dos clases de reguladores, con o sin orificio de escape. Si se baja la presión secundaria accionando el tornillo de ajuste, debe aparecer en el regulador sin escape un consumo por parte del secundario con el fin de que se rebaje la presión más alta ya establecida. En el regulador con escape, la presión más alta establecida de antemano es purgada al exterior a través del orificio destinado a este fin hasta que se alcanza la presión secundaria ajustada. La fig. 2.11 representa un regulador con orificio de escape.

Si un regulador de presión nos proporciona los siguientes puntos, podemos afirmar que esta correctamente instalado y que es bueno:

- Si existe regularidad en la presión ajustada a pesar de las variaciones de presión producidas en las líneas de alimentación del aire.
- Si hay un mayor rendimiento de los equipos al estar trabajando a su presión óptima de funcionamiento.
- Si aumenta la rentabilidad de la instalación debido a que una regulación adecuada disminuye el desgaste de los equipos y reduce el consumo de aire

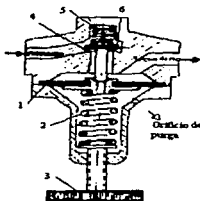


Fig. 2.11 Regulador. 1., Membrana, 2. Muelle, 3. Tornillo de ajuste para la presión secundaria, 4. Válvula de asiento, 5. Muelle amortiguador, 6. Plato de válvula



### II.3.10.3 Lubricador

El lubricador tiene la misión de suministrar a los aparatos neumáticos el lubricante necesario. La niebla oleosa debe ser lo suficientemente fina para que no se precipite en los equipos en los primeros puntos de engrase o en las reducciones de sección. El aire que circula a través del engrasador produce una diferencia de presión en función a las distintas secciones de la tubería; de este modo el aceite contenido en el depósito es aspirado y pulverizado al entrar en contacto con la corriente de aire. El lubricador comienza a funcionar cuando hay una corriente lo suficientemente grande; con una toma de aire demasiado pequeña, la velocidad de circulación en la tobera no es suficiente para aspirar el aceite.

En la fig. 2.12 se representa una sección de lubricador, siendo el sentido de la corriente de  $P_1$  a  $P_2$ . Una válvula reguladora H hace que una parte del aire circule a través de la tobera C hasta E en el depósito de aceite; en este último el aire se satura de aceite y, por la acción de la sobrepresión en el depósito E y el efecto de la aspiración en C, el aire circula desde el depósito D en forma de goteo. Mediante el tornillo de ajuste K, existe la posibilidad de ajustar las gotas de aceite por unidad de tiempo. Con la salida F se consigue una desviación del aire saturado de aceite por lo que las gotas gruesas caen al depósito E y la niebla oleosa pasa a la corriente de aire a través de G hacia  $P_2$ ; aquí se mezcla con el aire circulante que es función de la fuerza de la válvula de regulación y de la diferencia de presión entre  $P_1$  y  $P_2$ . Según el tipo de lubricador sólo puede reponerse el aceite con el aire comprimido desconectado, pero en los tipos recientes puede hacerse con el aire circulando.

Los depósitos de aceite también pueden tener como consecuencia que los elementos queden adheridos, especialmente si la instalación ha estado sin funcionar durante un tiempo prolongado. Transcurrido un fin de semana es posible que las unidades lubricadas ya no funcionen correctamente. En consecuencia deberá acatarse la siguiente recomendación :  *acondicionar el aire a presión sin aceite.*

El aceite que se utiliza en los lubricadores debe ser de una viscosidad entre 2.2 y 2.4° Engler a 50°C

Existen otros modelos de lubricadores (Microfog) con diferente disposición, en los cuales la niebla de aceite se produce en dirección de arriba de abajo y, mediante un cambio de dirección de  $180^\circ$ , solo las más pequeñas gotas son capaces de acompañar al flujo de aire comprimido en su giro hacia la salida, cayendo las más gruesas de nuevo al depósito.

Deberán tomarse en cuenta los siguientes aspectos :

- No permitir que el aceite proveniente del compresor pase a la red del aire a presión (instalación de un separador de aceite).
- Instalar exclusivamente elementos que también puedan funcionar sin aire lubricado
- Una vez que un sistema ha funcionado con aceite, deberá seguir funcionando con aire lubricado ya que los elementos pierden su lubricación de fábrica en el transcurso del tiempo.

La unidad de mantenimiento es una combinación de los siguientes equipos:

- Filtro de aire a presión
- Regulador de aire a presión
- Lubricador de aire a presión

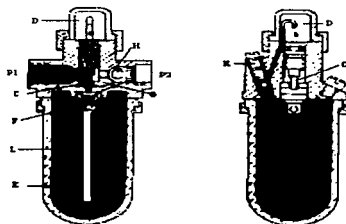


Fig. 2.12 Lubricador

**Consideraciones a tomar en cuenta en relación con la unidad de mantenimiento :**

- El tamaño de la unidad de mantenimiento depende del caudal de aire [ $m^3 / h$ ] y de las presiones de servicio; por lo que la selección de la unidad de mantenimiento debe hacerse de acuerdo con estos dos valores.
- La presión de servicio no deberá rebasar el valor correspondiente indicado por la unidad de mantenimiento. La temperatura ambiente no deberá ser superior a 50 [°C].
- La unidad de mantenimiento no deberá estar montada a una distancia superior a los 5 m del último consumidor. Es preferible una distancia menor porque en las tuberías largas la niebla de aceite puede precipitarse antes de llegar a los consumidores de aire comprimido. Las bifurcaciones y las tuberías aceleran este proceso de precipitación de la niebla de aceite.

**Mantenimiento que deberá efectuarse con regularidad:**

- Filtro de aire: Controlar regularmente el nivel de condensado, revisar el grado de suciedad del cartucho del filtro y, si fuese necesario, deberán efectuarse los trabajos de limpieza correspondientes.
- Regulador de aire a presión: El regulador no precisa de mantenimiento, siempre y cuando se halla instalado delante de un filtro de aire.
- Lubricador de aire a presión : En este caso también es necesario controlar el nivel y, de ser necesario, rellenar de aceite. Solo podrán utilizarse aceites minerales. Los filtros de plástico y los vasos no deberán limpiarse con disolvente.

## **II.4 Cilindros**

### **II.4.1 Definición**

*“El cilindro de aire comprimido es un dispositivo motor en el que la energía estática se transforma en trabajo mecánico mediante la reducción de la sobre presión hasta la presión atmosférica exterior”*

El cilindro de aire comprimido es por regla general un elemento generador de trabajo en un equipo neumático. Genera un movimiento rectilíneo, subdividido en carrera de avance y carrera de retroceso, y de este modo transforma la energía estática (energía neumática de aire comprimido) en trabajo mecánico, mediante la reducción de la sobrepresión hasta la presión atmosférica exterior.

### **II.4.2 Clasificación**

Según su accionamiento podemos clasificar los cilindros neumáticos en:

- a) Cilindros de simple efecto
- b) Cilindros de doble efecto

#### **II.4.2.1 Cilindro De Simple Efecto**

Los cilindros de simple efecto reciben aire a presión solo de un lado del cilindro. Estos cilindros solo pueden efectuar trabajo en un sentido. El retroceso está a cargo de un resorte incluido en el cilindro o bien se produce por efecto de una fuerza externa.

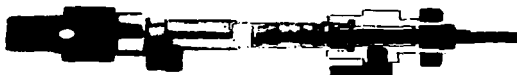


Fig. 2.13 El cilindro de simple efecto

La fuerza del muelle o resorte hace retroceder el vástago del cilindro a suficiente velocidad, pero sin que el cilindro pueda soportar una carga.

Por su diseño, los cilindros de simple efecto pueden ejecutar diversas funciones de movimientos denominados de alimentación tales como:

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

Existen varios tipos de construcción básicos para los cilindros de simple efecto:

- Cilindros de membrana
- Cilindros de membrana arrollable
- Cilindros de émbolo

Uno de los más sencillos es el *cilindro de membrana* (fig 2.14). En este tipo se tensa una membrana de goma dura (ebonita), de plástico o de metal entre dos láminas de metálicas abombadas (la membrana hace las veces de émbolo). El vástago del émbolo está fijado al centro

de la membrana. En algunos cilindros de membrana el vástago puede adoptar la forma plana (fig. 2.14), y formar de este modo una superficie de sujeción. Con este tipo de cilindros solo pueden conseguirse carreras cortas, desde algunos milímetros hasta un máximo aproximadamente de 50 mm.

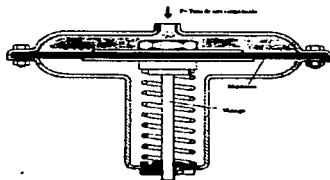


Fig 2.14 Sección de un cilindro de membrana con recuperador

Estos cilindros no llevan juntas deslizantes. La única fricción se produce por la dilatación del material.

Este tipo es particularmente usado para emplearlo en procesos de sujeción, fijación y elevación. La carrera de retorno se realiza mediante un resorte o para carreras muy cortas con la misma tensión de la membrana.

Los *cilindros de membrana arrollable* presentan una estructura semejante al anterior. Como el nombre lo indica, en este tipo también se emplea una membrana que al entrar el aire comprimido se desliza hacia la cara interior del cilindro y empuja el vástago hacia el exterior. Así pueden conseguirse carreras mayores que con los cilindros de membrana normales.

Normalmente no se prevé de ninguna guía especial para el vástago ya que por regla general el elemento motriz no puede desplazarse fuera de unos límites fijos. La membrana arrollable compensa estas desviaciones sin pérdidas. Los materiales empleados hoy para las membranas arrollables aseguran una larga duración en condiciones normales de trabajo. Pero en todo caso,

aún los más pequeños cortes o fisuras de la membrana producen en general una rápida avería debido a que se ejercen sobre el material elástico grandes cargas por extensión en cada carrera.

Los *cilindros de émbolo*, a diferencia de los cilindros de membrana, *son los más empleados en la Neumática*. Están equipados por una junta simple en el émbolo, en el lado sometido a presión. La estanqueidad de los cilindros de metal o de plástico se logra usando un material flexible (como el perbután).

Los bordes de la junta se deslizan a lo largo de la camisa del cilindro cuando este ejecuta movimientos.

Cada cilindro está constituido por los siguientes elementos básicos: tubo del cilindro, tapas de cierre anterior y posterior, émbolo y vástago. A todas estas partes deben añadirse los elementos de enlace y juntas, así como también una guía para el vástago del émbolo. A todos estos elementos deben añadirse elementos de enlace y juntas, así como la guía para el vástago del émbolo.

El tubo del cilindro se fabrica por lo general de tubos de acero estirado, sin soldadura y a las partes interiores se les da un proceso de rectificado. Para las tapas de cierre se emplean con frecuencia materiales para fundición.

En el cilindro de simple efecto con resorte al lado del vástago, al conectar el aire comprimido en la entrada, la fuerza producida empuja el émbolo hacia adelante, comprimiendo al resorte, y haciendo salir el vástago.

Al cesar la acción del aire comprimido por conectarse de nuevo la cámara trasera del cilindro con la atmósfera, el resorte recupera su posición primitiva y el vástago retrocede. La fuerza del resorte en este caso es un elemento negativo que hace salir al cilindro con menos empuje del

que corresponde a su diámetro; según los diferentes fabricantes, la fuerza del resorte generalmente oscila alrededor de un 15% de la fuerza normal del cilindro a 6 [bar].

En la cámara del cilindro que contiene al resorte hay aire a presión atmosférica, por lo que es preciso que exista un orificio de diámetro adecuado que permita la expulsión al exterior de dicho aire cuando sale el cilindro y la posterior aspiración cuando se produce su carrera de retorno.

Mediante el resorte queda limitada la longitud de los cilindros de simple efecto, por regla general no excede de 100 [mm] la longitud de la carrera. Existe la posibilidad de usar el simple efecto también en carreras largas, ya que el cilindro de simple efecto puede emplearse con un consumo de aire muy económico, para ello se monta un cilindro de doble efecto dentro de un equipo de tal manera que solo se dispone de la totalidad de la energía neumática en la toma precisa para la dirección de trabajo y la toma contraria recibe una presión más reducida. Otra posibilidad consiste en hacer que el émbolo del cilindro sea devuelto por un volumen de aire comprimido a presión más reducida; pero debe prestarse mucha atención a que la presión de este volumen de aire ascienda cuando aumente la carrera y que se anule su efecto en dirección de trabajo.

#### **II.4.2.2 Cilindro De Doble Efecto.**

El cilindro de doble efecto se construye siempre en forma de cilindro de émbolo y posee dos tomas para el aire comprimido situadas a ambos lados del émbolo. Si se introduce aire comprimido por el orificio superior, mientras que el orificio inferior esta comunicado con la atmósfera, el vástago del cilindro sale venciendo la carga opuesta. Invirtiendo las conexiones, el vástago del cilindro regresa a su posición original.

El diseño de estos cilindros es parecida al de los cilindros de simple efecto Sin embargo los cilindros de doble efecto no llevan muelle de reposición y además las dos alimentaciones son utilizadas respectivamente para la alimentación y evacuación del aire a presión. Los cilindros de doble efecto ofrecen la ventaja de ejecutar trabajo en ambos sentidos. La fuerza ejercida por el



vástago es algo mayor en el movimiento de avance que en el de retroceso, ya que la superficie del lado del émbolo es más grande que del lado del vástago.



Fig. 2.15 El cilindro de doble efecto

La figura 2.15 representa en un corte el cilindro de doble efecto. Anteriormente se habló de la construcción de los cilindros de émbolo, el cilindro de doble efecto es muy similar pero tiene ciertas particularidades. El tubo del cilindro se fabrica por lo general a base de acero estirado sin soldadura, que en algunos casos particulares puede ser de latón, aluminio o bronce. Para evitar una intensa abrasión del émbolo elástico, a la superficie deslizante del tubo del cilindro se le da un acabado de precisión o rectificad. El fondo y la cubierta son generalmente piezas de fundición. La fijación del fondo de la cubierta al tubo del cilindro puede realizarse mediante varillas tirantes, roscas o bridas. La opción entre estas posibilidades depende del tamaño del cilindro o bien característica del fabricante. En la cubierta se utiliza un collarín para la estanqueidad del vástago del émbolo. El casquillo del cojinete sirve como guía del vástago. Con el objetivo de que no penetre ninguna suciedad del exterior hacia el interior del cilindro, se monta un anillo exterior de barrido, que protege la parte saliente del vástago en todo su recorrido.

En la figura 2.16 se ilustran varios cilindros donde se indican las diferentes posibilidades de fijación, dependiendo del fabricante pueden ser otras con diferentes variaciones.

Debido a que desde hace poco tiempo existen recomendaciones y normas sobre algunas dimensiones de los cilindros, los fabricantes han diseñado medidas estándar para los cilindros,

principalmente diámetros del émbolo y longitudes de carrera. En caso de requerirse algún diseño especial este tendrá que ser bajo pedido dependiendo de las características deseadas.

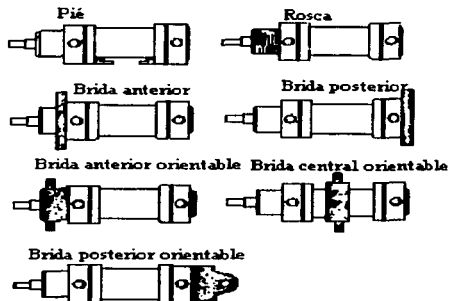


Fig. 2.16 Posibilidades de fijación de cilindros neumáticos.

En la tabla 2.2 se muestran los tamaños normalizados de cilindros y longitudes de carreras.

Los cilindros de doble efecto tienen las siguientes características y su desarrollo se inclina hacia las siguientes tendencias:

- Detección sin contacto (utilización de imanes en el lado del vástago)
- Frenado de cargas pesadas
- Uso de cilindros sin vástago en espacios reducidos
- Uso de materiales alternativos (por ejemplo plástico)
- Recubrimientos protectores

- Mayor resistencia
- Aplicaciones en la Neumática

Díámetro del embolo (mm)	Fuerza a la presión de 6 (bar)	Longitudes de carrera normalizadas (mm)	Longitudes de carrera mínimas/máximas (mm)
6	1.2	10, 25, 40, 80	10-80
12	6	10, 25, 40, 80, 140, 200	10-200
16	12	10, 25, 40, 80, 140, 200,	10-400
25	24	25, 40, 80, 140, 200, 300	10-500
35	52	70, 140, 200, 300	10-2000
40	72	40, 80, 140, 200, 300	10-2000
50	106	70, 140, 200, 200	10-2000
70	208	70, 140, 200, 300	10-2000
100	424	70, 140, 200, 300	10-2000
140	832	70, 140, 200, 300	10-2000
200	1700	70, 140, 200, 300	10-1100
250	2600	70, 140, 200, 300	10-1100

Tabla 2.2 Tamaños normalizados de cilindros y longitudes de carreras.

### II.4.3 Cilindros Especiales

La denominación que se les da a este tipo de cilindros depende generalmente del fabricante, ya que para cierto fabricante un tipo de cilindro puede ser especial y para otro no.

A continuación se mencionan los cilindros especiales de uso más frecuente.

#### 2.4.3.1. Cilindro tandem

En este tipo de cilindros, ver figura 2.17, se juntan en un mismo tubo 2 cilindros de doble efecto de modo de que se suman las fuerzas producidas por ambos. Mediante esta disposición

aproximadamente se duplica la fuerza del cilindro, ya que el producto de la presión del aire por la superficie de los émbolos se trasmite al vástago en su avance. Este tipo de cilindros es utilizado en todos los casos en los que es necesario disponer de una gran fuerza sin importar el diámetro del cilindro.

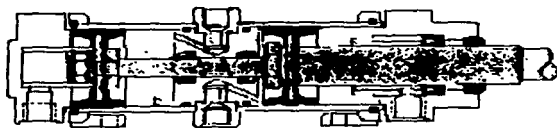


Fig. 2.17 Cilindro tandem

#### II.4.3.2. Cilindro múltiposiciones

Es la combinación de al menos 2 cilindros neumáticos de doble efecto, dispuestos con las tapas posteriores encaradas; obteniéndose de esta forma un cilindro de cuatro posiciones.

#### II.4.3.3. Cilindro rotativo

Es aquel cilindro en el cual el movimiento de vaivén rectilíneo del émbolo se trasmite a una rueda dentada a través de una cremallera que se sitúa en el vástago del émbolo y puede tomarse como un movimiento de rotación.

La rotación máxima puede ser de  $360^\circ$  pero generalmente es de  $180^\circ$  o de  $290^\circ$ . La velocidad de giro se controla por medio de reguladores de flujo estrangulando el aire de escape.

El par que es ejercido por este tipo de cilindro, depende del diámetro interior, del diámetro primitivo de la corona y de la presión de trabajo.

Se fabrican cilindros de giro compactos para el accionamiento de válvulas de mariposa y de esfera. Estos cilindros compactos se fabrican generalmente para ángulo de giro de  $90^\circ$  y no permiten una regulación de velocidad de giro especialmente precisa, ya que disponen de muy pequeño volumen de aire que pueda controlarse.

#### II.4.3.4. Cilindros de impacto

Reciben este nombre debido a su elevada velocidad de avance. En el cilindro existe una precámara en la que el aire se acumula hasta que llega a cierta presión; al alcanzar esta, pasa a actuar bruscamente sobre la parte posterior del émbolo, la cual se encontraba a presión atmosférica, lo que produce tan elevada velocidad.

Las velocidades del émbolo que se pueden conseguir son de aprox. 6 m/s según la presión del aire.

Las aplicaciones para estos cilindros son diversas: taladrar, remachar, rebordecar, estampar, perforar, etc.



Fig. 2.18 Sección de un cilindro de impacto. El pistón permanece en su posición final trasera hasta que producto de P por la superficie A es mayor que el producto de la presión decreciente R por la superficie B.

#### II.4.3.5. Cilindros compactos.

Son cilindros de simple o de doble efecto de forma prismática que se fabrican a partir de barras de aluminio extruido. Carecen de amortiguación final de carrera regulable. Para limitar la velocidad de accionamiento se fabrican con pequeños orificios de alimentación en relación con su diámetro. Generalmente se fabrican con carreras cortas. Se emplean generalmente en operaciones de fijación.

En el émbolo disponen de un imán que permite actuar sobre microinterruptores magnéticos que, situados en el exterior y, ajustados en ranuras longitudinales, pueden dar señales eléctricas a los sistemas eléctricos de control.

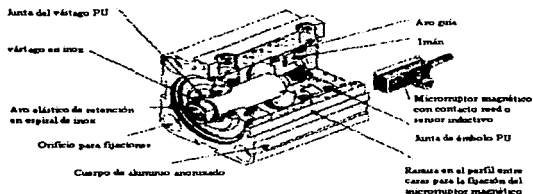


Fig. 2.19 Sección de la disposición interna de los cilindros neumáticos compactos de doble y simple efecto con imán en el émbolo y aro de guía

#### II.4.3.6. Cilindros con guía antigiro

En ocasiones es necesario que los desplazamientos estén guiados, lo cual resulta imposible con los cilindros ordinarios y su geometría cilíndrica del conjunto tubo-vástago.

Los cilindros antigiro se pueden fabricar de las siguientes maneras:

- Con bloqueo antiguia de bronce o con bloque guía de bolas recirculantes.
- Cilindros paralelos unidos por los extremos.
- Con multivástago (dos o tres vástagos).
- Cilindros con vástago cuadrado o poligonal.
- Cilindros con tubo de sección elíptica, usados en aplicaciones de manipulación de no excesiva precisión.

En todos los tipos anteriores existen variantes normales de émbolos magnéticos o no magnéticos.

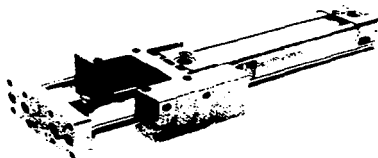


Fig. 2.20 Cilindro neumático ISO versión VDMA provisto de guías antigiro.

#### II.4.3.7. Cilindros sin vástago

Como su nombre lo indica no dispone de vástago. Es un cilindro neumático de doble efecto, el cual está compuesto de una camisa, un émbolo y un carro exterior montado sobre el cilindro.

La fabricación de estos cilindros parte de una barra extruida de aleación ligera que interiormente tiene el diámetro nominal del cilindro.

El émbolo puede moverse libremente dentro del cilindro respondiendo a 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 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 se fabrican con diferentes tipos de guías, de entre las que destacan:

- Guía interior
- Guía exterior con deslizaderas plásticas
- Guías de rodillos
- Guías de bolas

Estos cilindros tienen una amortiguación regulable muy precisa al disponer de tornillos cónicos de gran longitud; sobre el émbolo tienen un imán que actúa sobre detectores magnéticos que pueden colocarse a lo largo de toda su longitud para proporcionar señales de control posicional al sistema de mando.

Los cilindros sin vástago tienen variantes como frenos de bloqueo activo y pasivo. El freno es producido por un cilindro de membrana actuando sobre una superficie de fricción.

#### **II.4.3.8. Cilindros pinza**

Son cilindros especialmente diseñados para coger piezas en sistema de manipulación. Consta de un cilindro de simple o de doble efecto, según la aplicación, que actuando sobre un sistema de bielas que hace abrir o cerrar unos dedos mecánicos.

El movimiento de los dedos puede ser de tipo angular o de tipo paralelo, según la forma de la pieza a manipular. El desplazamiento transversal de las pinzas paralelas permite mediante unos adaptadores, aprisionar piezas de afuera hacia adentro o bien de adentro hacia afuera.

Sobre la pinza van dispuestos finales de carreras magnéticos o inductivos que facilitan las señales eléctricas al sistema central de mando sobre la certeza de la operación con la continuación del ciclo automático.



Como elementos estándar se fabrican:

- pinzas con dedos angulares,
- pinzas paralelas,
- pinzas con dedos a 120°

#### **II.4.3.9. Cilindros vibradores**

Constan de dos tubos concéntricos cuyos extremos quedan cerrados por tapas comunes, asegurando el sellado con unas juntas planas. En el tubo interior corre un pistón perfectamente ajustado que es el único elemento móvil. Cuando el aire comprimido entra al pistón, pasa por una garganta circular mecanizada en la superficie interna del cilindro interno, entrando a la cámara inferior del pistón que es lanzado hacia arriba. El aire situado en la cámara superior sale a la atmósfera.

En estos cilindros vibradores la frecuencia puede ser alterada variando la presión de alimentación mediante un reductor. La amplitud se ajusta por medio de un regulador de flujo que estrangula el aire de escape, creando una presión trasera dentro del vibrador que afecta la carrera del pistón.

Los cilindros vibradores son usados para agitar tolvas, alimentadores de piezas, llenado de silos, etc.

#### **II.4.3.10. Cilindros con bloqueo de vástago**

La característica de estos cilindros es que sobre su culata anterior se dispone de un mecanismo accionado por aire-resorte que bloquea mecánicamente el vástago impidiendo su desplazamiento.

Hay dos tipos de freno: activo y pasivo.

El freno activo bloquea el vástago cuando recibe presión de aire y desbloquea cuando el aire desaparece. El freno pasivo hace la función inversa.

#### II.4.3.11. Cilindros elásticos

Estos cilindros constan de uno o varios fueles fabricados de neopreno reforzado con fibras textiles o nylon; los extremos del fuele están cerrados por medio de tapas de nylon o metálicas. Este tipo de cilindros presentan las siguientes ventajas:

- Vida más larga
- Prácticamente cero mantenimiento
- Funcionamiento sin fricción
- Instalación sencilla
- Es usado como aislador de vibraciones.



Fig. 2.21 Cilindros elásticos de aplicación en movimientos no alineados.

## II.4.4 Propiedades De Los Cilindros Y Características Técnicas

### 2.4.4.1. Fuerza del cilindro

La fuerza que genera el cilindro neumático, es función del diámetro del cilindro, de la presión del aire comprimido (presión de trabajo) y de la fricción. La fuerza de presión se mide en estado de reposo.

La fuerza de presión del cilindro es por lo tanto:

$$F_p = A_e \cdot P \dots 2.11$$

donde:

$F_p$ : fuerza del émbolo [N]

P: presión [Pa]

$A_e$ : área de la sección útil del émbolo [m<sup>2</sup>]

Para cilindros de simple efecto:

$$F_p = D^2 \frac{\pi}{4} P - f \dots 2.12$$

donde:

D: Diámetro del émbolo

f: fuerza del resorte

Para cilindros de doble efecto:

Carrera de avance

$$F_p = D^2 \frac{\pi}{4} P \dots 2.13$$

Carrera de retroceso

$$F_p = (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4} P \dots 2.14$$

donde:

d: diámetro del vástago

Para los cilindros de simple efecto tiene que deducirse la fuerza del resorte y para los de doble efecto en retroceso debe deducirse el área del vástago del área total del émbolo. Si se quiere tomar en cuenta la fricción se descuenta de un 3 a un 10% de la fuerza calculada.

#### II.4.4.2. Consumo de aire.

Podemos definir el consumo de aire comprimido como la cantidad de aire a presión que se transforma en trabajo, además de contemplar las pérdidas de aire por fugas y escapes así como el aire que permanece en las llamados espacios muertos ( tuberías, accesorios, espacios en las posiciones finales del émbolo no utilizables para la carrera, etc). Generalmente se desprecian las perdidas por fugas y , por lo que el consumo de aire ( $Q_a$ ) es:

$$Q_a = R_c \cdot A_c \cdot L \dots 2.15$$

donde:

$R_c$  : relación de compresión

$A_c$ : área de compresión

$L$ : longitud

La relación de compresión (a nivel del mar) se calcula como:

$$R_c = \frac{1.033 + P}{1.033} \dots 2.16$$

donde:

$P$ : presión

Otra forma de calcular el consumo de aire comprimido es mediante volúmenes. En cilindros grandes puede tenerse en cuenta la deducción del volumen del vástago, pero en cilindros pequeños esta diferencia de consumo resulta despreciable.

ESTA TESIS NO DEBE SALIR DE LA BIBLIOTECA

Para calcular el volumen del cilindro en el sentido de salida ( $V_s$ ) del vástago para la carrera  $L$  tenemos:

$$V_s = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \dots 2.17$$

y para calcular el volumen del cilindro a la entrada:

$$V_e = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot L \dots 2.18$$

La suma de  $V_s + V_e$  representan el volumen del cilindro en una carrera ida y vuelta. Si multiplicamos por el número de ciclos que efectúa el cilindro por unidad de tiempo nos da el consumo.

#### II.4.4.3. Velocidad del émbolo

La velocidad del émbolo en los cilindros neumáticos depende fundamentalmente de:

- La presión del aire
- La fuerza a vencer
- Las secciones, longitud y conexiones de la tubería.
- Del caudal de la válvula controladora.

La velocidad media de los cilindros estándar oscila entre 0.1 y 1.5 [m / s]. Los cilindros especiales pueden alcanzar velocidades hasta de 10 [m / s]. la velocidad de los cilindros puede ser reducida mediante válvulas de estrangulación y antirretorno, y para aumentarlas deberá de recurrirse a sistemas de escape rápido. Es muy importante recordar que siempre debe de estrangularse el caudal de salida.

#### II.4.4.4. Amortiguación

Cuando el émbolo llega al final de su carrera, golpea contra la cabeza correspondiente; si este golpeteo es representativo y continuo, se pueden producir deformaciones que acaban destruyendo a los cilindros.

Para evitar este golpeteo se tienen las siguientes alternativas:

- La *amortiguación elástica* se utiliza en pequeños cilindros que han de soportar golpes ligeros y consisten en anillos de material elástico (como puede ser el neopreno), que evitan el choque metal - metal, y que con su deformación absorben la pequeña energía cinética del sistema móvil.
- La *amortiguación neumática regulable*, se usa en todos aquellos cilindros que han de amortiguar repetitivamente cilindros de mayor tamaño y cargas más grandes. Un émbolo amortiguador interrumpe la evacuación directa del aire hacia afuera antes de que el cilindro llegue a su posición de fin de carrera. En vez de ello queda abierta una salida pequeña regulable. La velocidad del cilindro es reducida en la última parte del movimiento de retroceso. Siempre ha que tener presente que los tornillos de ajuste nunca estén totalmente cerrados, ya que de lo contrario el vástago no podrá alcanzar su posición de final de carrera.
- Si las fuerzas son muy elevadas y si la aceleración es considerable, deberán adoptarse medidas adicionales para solucionar el problema. Concretamente pueden instalarse amortiguadores externos para ayudar al frenado.

#### II.4.5 Estructura De Los Cilindros

El cilindro esta constituido de una camisa, de las culatas del fondo y de cojinete, del émbolo con junta, del vástago, de los casquillos de cojinete, del anillo rascador, de las piezas de unión y de las juntas. La camisa del cilindro generalmente suele ser de una sola pieza de acero estirado sin costuras de soldadura. Las superficies interiores del cilindro son sometidas a un proceso de rectificado con el fin de aumentar la vida útil de los elementos estanqueizantes. Para ciertos

usos la camisa del cilindro suele ser de aluminio, de latón o de tubo de acero con superficie interior cromada.

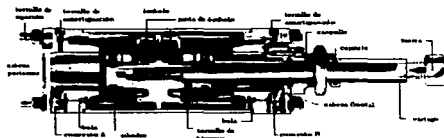


Fig. 2.22 Sección de un cilindro neumático de doble efecto.

Las culatas suelen ser de material fundido ( aluminio o fundición maleable ). Las sujeciones de ambas culatas a la camisa del cilindro puede efectuarse mediante barras, roscas o bridas.

Generalmente el vástago de acero inoxidable. Las roscas suelen ser laminadas con el fin de disminuir el peligro de rotura.

Con el fin de estanqueizar el vástago, la culata correspondiente está provista de una ranura anular. El vástago es guiado por el casquillo de cojinete, que es de bronce sinterizado o de metal recubierto con material plástico.

Delante del casquillo del cojinete está situado un anillo rascador, mediante el cual se evita que entren partículas de polvo o de suciedad a la cámara del cilindro.

**Materiales usados en el retén:**

Perbunán	para -20°C hasta 80°C
Vitón	para -20°C hasta 190°C
Teflón	para -20°C hasta 200°C

## **II.5 Válvulas**

Las válvulas empleadas en neumática sirven principalmente para controlar un proceso actuando sobre las magnitudes que intervienen en él. Para poder controlar, se necesita una energía de control con la que debe intentarse conseguir el mayor efecto posible con el gasto mínimo. La energía de control viene determinada por la forma de accionamiento de una válvula y puede conseguirse manualmente o por medios mecánicos, eléctricos, hidráulicos o neumáticos.

### **II.5.1 Definición**

Según la norma DIN 24300 la definición de válvula es:

*"Válvulas son dispositivos para controlar o regular el arranque, parada y sentido así como la presión o el flujo del medio de presión, impulsado por una bomba hidráulica, un compresor, una bomba de vacío o acumulado en un depósito. La denominación de válvula es de significado superior para todas las formas de construcción tales como válvulas de compuerta, válvulas de bola, grifos, etc."*

### **II.5.2 Clasificación**

De acuerdo con la función que realizan, las válvulas neumáticas pueden clasificarse en los siguientes grupos:

1. Válvulas distribuidoras o de vías
2. Válvulas antirretorno o de bloqueo
3. Válvulas reguladoras de presión.
4. Válvulas reguladoras de flujo o de velocidad



### II.5.2.1. Válvulas distribuidoras o de vías

Estas válvulas influyen en el camino del aire comprimido. Según el número de vías controladas se le llama válvula de dos vías, de tres vías, de cuatro vías o de múltiples vías. Como vías se consideran: la conexión de entrada de aire comprimido, las conexiones de alimentación para el consumidor y orificios de purga o escape. Los orificios de salida se consideran siempre como una sola vía controlada, aún cuando la válvula tenga varios de ellos.

Es práctica común en neumática designar las vías con una letra para poder así distinguir unas de otras por ejemplo:

La conexión de aire comprimido (alimentación) se designa con la letra P.

Las tuberías de trabajo con las letras mayúsculas en la secuencia A, B, C, ....

Los orificios de purga con R, S, T, ...

Las tuberías de control o de posicionamiento con Z, Y, X, ....

#### *Características de las válvulas según su función*

Al grupo de las válvulas de dos vías pertenecen todas las llaves de paso, ya que estas poseen un orificio de entrada (1<sup>ra</sup> vía) y otro de salida (2<sup>da</sup> vía). En ellas el aire comprimido puede circular libremente de izquierda a derecha o viceversa. (Fig. 2.23)

Otras construcciones, de las que se emplean mucho en los equipos, sólo tiene un sentido de paso establecido, distinguiéndose entre "abierto" y "cerrado".

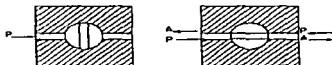


Figura 2.23 Esquema del funcionamiento de una válvula de dos vías, pudiendo ser el paso en los dos sentidos.

La válvula normalmente cerrada es una válvula de vía que no permite el paso en la posición de reposo y que en accionamiento permite circular al aire comprimido; (fig. 2.24). La válvula normalmente abierta es justamente lo contrario, en reposo el aire está libre y en accionamiento está cerrada (fig. 2.25).

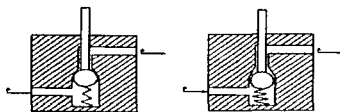


Figura 2.24 Esquema de funcionamiento de una válvula de dos vías. Función de la válvula: apertura

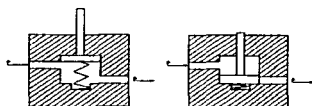


Figura 2.25 Esquema de funcionamiento de una válvula de dos vías. Función de la válvula: cierre

Las válvulas de dos vías solo figuran en aquellas partes de los equipos neumáticos donde no es precisa ninguna purga de un aparato conectado a continuación de esa válvula; es decir como válvula de paso.

Todos los cilindros deben de purgarse (dar salida al aire) después de realizar el trabajo con el fin de que pueda comenzar una nueva fase . Por lo que se requiere de una válvula de tres vías (como mínimo) para accionar las tomas siguientes:

1ª vía : toma de la red (P) = alimentación

2ª vía : conducción al consumidor (A) = utilización

3ª vía : purga (R) = escape

Cuando el cilindro debe purgarse, la alimentación de la red (P) está cerrada y la tubería de utilización (A) está unida con la atmósfera exterior a través del escape (R). El aire comprimido ya utilizado sale del consumidor hacia el exterior. Una válvula de tres vías es el elemento básico para el accionamiento de un cilindro de simple efecto.

Un cilindro de doble efecto puede accionarse ya sea con dos válvulas de tres vías, con una válvula de cuatro vías o con una válvula de cinco vías. En la válvula de cuatro vías se seleccionan alternativamente dos tuberías hacia el consumidor (A y B), y como también intervienen la toma de la red (P) y el escape (R y S), se tienen ahora cuatro vías por controlar. Aunque hay dos orificios de purga en la válvula, solo cuentan como una vía controlada.

En neumática no son usuales las válvulas con más de cinco vías, las de 6 vías se utilizan en hidráulica.

Además de la clasificación según el número de las vías controladas, las válvulas distribuidoras también se caracterizan por el número de posiciones de maniobra posibles.

De acuerdo con el número de posiciones de maniobra posibles de una válvula deben perverse en la representación simbólica el mismo número de rectángulos para ella. Las posiciones de maniobra se designan con letras minúsculas a, o, b ; en caso de existir posición de reposo se designa con la letra o.

Para determinadas funciones no son suficientes las válvulas de dos posiciones; por ejemplo, si se deben de ejecutar con una válvula las siguientes funciones "adelante - paro - atrás". El "paro" también debe ser posible durante el avance o el retroceso. Para este objetivo se necesita una válvula de tres posiciones en la que en la posición media estén bloqueadas todas las vías. En otra ejecución, en la posición media se purgan todas las tomas de los consumidores.

Una válvula distribuidora se selecciona y se designa al mismo tiempo por el número de vías controladas y por las posiciones de partida. Por ejemplo, en una válvula de cuatro vías con dos posiciones queda claramente expresadas la función y con ello las posibles aplicaciones. En la terminología normalizada se designa como válvula de 4 / 2 vías (válvula de cuatro vías, dos posiciones).

Las válvulas distribuidoras con más de tres posiciones de maniobra sólo se emplean en neumática con construcciones especiales, obteniéndose en general por la combinación en un bloque de válvulas normales de dos vías.

#### *Características de las válvulas según el tipo de construcción*

Según el tipo de construcción, las válvulas de vías se clasifican principalmente en válvulas de asiento y válvulas de corredera. En las ejecuciones de asiento, el paso es abierto o cerrado mediante placas, platos, bolas o conos. La estanqueidad del asiento de la válvula se realiza casi siempre con juntas elásticas. El tiempo de respuesta de las válvulas de asiento es muy corto e incluso ya con una pequeña elevación del cierre queda libre toda la sección de la válvula. Las válvulas de asiento son poco sensibles a la suciedad, poseen buena estanqueidad y tienen pocas piezas sometidas al desgaste.

Las válvulas de asiento de bola son muy económicas debido a su sencilla construcción; pero ya que no siempre está garantizada una junta perfecta, estas válvulas solo se utilizan para funciones secundarias.

Este tipo de válvula se fabrica principalmente como válvula de 2 / 2 vías o también como de 3 / 2 vías con purga a través de la leva. (fig 2.26).

Las válvulas de asiento de disco pueden estar construidas como ejecuciones de 2 / 2, 3 / 2 y de 4 / 2 vías. Las válvulas de este tipo no presentan coincidencia con el escape, por lo que no producen ninguna molestia por los ruidos al fluir bruscamente al exterior el aire de la alimentación y no tienen pérdidas de aire. En caso de sobrecarga del asiento con suspensión, no puede producirse ningún daño en el cierre de la válvula ni en el disco de la misma. Sin accionamiento estas válvulas adoptan la posición de reposo provocada por el muelle de retroceso.

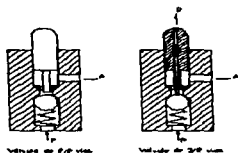


Figura 2.26 Válvulas de 2/2 y 3/2 vías, ejecución de asiento de bola

Hay varias ejecuciones de las *válvulas de corredera* :

- Válvulas de distribución axial
- Válvula de cursor plano axial
- Válvula de disco

Las más empleadas son las *válvulas de distribución axial* (fig. 2.27) . Como elemento de control poseen un émbolo que carga con aire comprimido y purga las tomas del cilindro mediante un movimiento a lo largo del eje. En estas válvulas es muy difícil la estanqueidad de la corredera, condicionado por la forma geométrica del mismo y del taladro de la carcasa.

La anchura del intersticio comprendido entre la corredera no debe ser mayor de 0.002 - 0.004 mm para las válvulas neumáticas, pues de lo contrario las pérdidas por fugas serían muy grandes.

Las *válvulas de cursor plano axial* poseen un émbolo para la inversión de la válvula, pero las tomas son controladas por el distribuidor plano adicional. En ella se compensa automáticamente el desgaste en el distribuidor y en la superficie del mismo, ya que el cursor plano no presionado además por el aire comprimido y de modo adicional por un muelle por la superficie de apoyo.

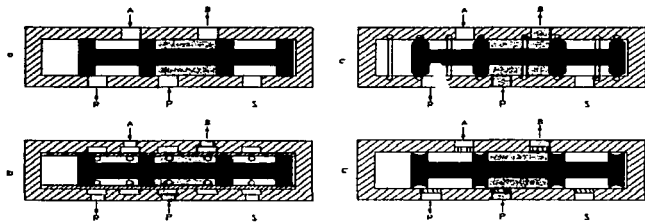
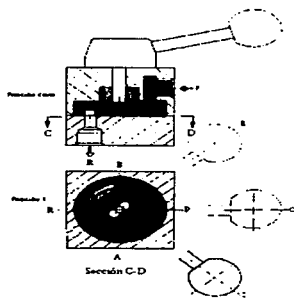


Fig. 2.27 Esquema de las válvulas de corredera y su principio de estanqueidad. a) Metal contra metal mediante el mecanizado de precisión b) juntas tóricas en el pistón, c) juntas tóricas en el cuerpo de la válvula, d) retenes labiales



Las *válvulas de disco distribuidor*, se fabrican por lo general solo en forma de válvulas de accionamiento manual o por pedal, debido a que se precisa un giro para la inversión de la válvula. Estas válvulas se fabrican de modo preferente como de 3/3 vias o de 4/3 vias. En la posición media están cerradas todas las tuberías (fig. 2.28), por lo que el vástago del émbolo de un cilindro puede llevarse al reposo en cada posición de su carrera.

Fig. 2.28 Válvula 4/3 vias con disco distribuidor

Otra característica de las válvulas de distribuidoras es la clase de accionamiento.

*Accionamiento de las válvulas*

Una característica importante de toda válvula es su clase de accionamiento, debido a que, de acuerdo con ello, dentro de la cadena de mando de un equipo neumático se le conoce como elemento emisor de la señal, órgano de control y órgano de regulación. La clase de accionamiento de una válvula de vías no depende de su función ni de su forma constructiva, sino del dispositivo de accionamiento que se agrega a la válvula básica. El mismo accionamiento puede ser montado opcionalmente en una válvula de 2, 3, 4 vías con dos o tres posiciones de maniobra según la clase. En casos excepcionales, una determinada forma de accionamiento va unida por razones técnicas a un determinado tipo de válvulas.

Los órganos de accionamiento de la válvula pueden designarse con las letras minúsculas a, b, c, ... de acuerdo con la correspondiente posición de maniobra (véase fig. 2.29).

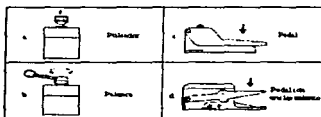


Fig. 2.29 Ejemplos de accionamientos musculares

En la tabla que a continuación se muestra se mencionan los diferentes tipos de accionamiento:

Accionamientos	Muscular	Manual	Palanca Pulsador
		Pedal	Simple Doble
	No muscular	Pilotaje neumático	Simple Doble
		Electropilotaje	Simple solenoide Doble pilotaje

La primera clasificación se establece entre accionamiento directo (muscular) y accionamiento a distancia. (no muscular) En el *accionamiento directo*, el órgano de mando está directamente sobre la válvula, por ejemplo todas las clases de accionamiento manuales y mecánicas. Entre las musculares figuran todas las accionadas con las manos y con el pie.

En los accionamientos manuales el elemento distribuidores accionado directamente por la palanca de mando. Estos distribuidores pueden controlar un cilindro directamente, o bien pueden estar destinados a poner en marcha y para un determinado sistema automático. Los accionamientos manuales pueden tener cuatro variantes:

- Manual de dos posiciones fijas
- Manual con retorno por resorte
- Manual de tres posiciones fijas
- Manual de tres posiciones con retorno a la posición central por resorte

En la primera es preciso mover la palanca de uno y otro lado para que cambie la posición del distribuidor y, por lo tanto la del actuador.

El segundo tipo tiene en un lado la palanca y en el opuesto un resorte antagonista de tal manera que cuando no se acciona la palanca, el resorte efectúa la recuperación del elemento distribuidor.

El tercer y cuarto tipos permiten una parada intermedia en el recorrido del elemento distribuidor en el cual todas las salidas quedan bloqueadas, pudiendo detenerse los actuadores en posiciones intermedias a voluntad del operador de la máquina.



Los accionamientos mecánicos son necesarios en todas aquellas partes en las que la válvula debe ser accionada por un órgano mecánico del equipo ejemplo, levas en el vástago del cilindro, discos de levas, carros de las máquinas, etc. La figura 2.30 contiene algunos ejemplos de accionamientos mecánicos para las válvulas de vías.

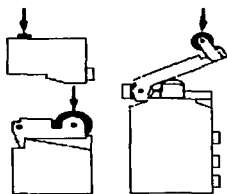


Fig. 30 Ejemplos de accionamientos mecánicos

En el *mando a distancia* de una válvula de vía esta separado de ella el órgano accionador (emisor de señales), por lo que en neumática son usuales los mandos a distancia neumáticos y eléctricos. El accionamiento neumático distingue entre el accionamiento positivo y el negativo (conocidos también como pilotaje positivo y pilotaje negativo) según que la inversión de la válvula se efectúe por un impulso de presión (positivo: el aire comprimido alimentado invierte la válvula) o por una reducción de la presión (negativo: el equilibrio de presión establecido en la válvula se altera al dar salida al lado de la inversión). Las válvulas accionadas por medios neumáticos con posición de reposo automática emplean exclusivamente pilotaje positivo, debido a que debe de ser vencida la fuerza del resorte.

Cuando hablamos de los pilotajes de las válvulas es importante conocer las siguientes definiciones:

**Válvula monoestable:** Son aquellas válvulas en las cuales el distribuidor vuelve a su posición de origen cuando desaparece la señal de pilotaje, ya sea por un resorte o bien por una presión permanente (presión diferencial).

**Válvula bistable:** son aquellas válvulas en las cuales el distribuidor guarda su posición en ausencia de señal de pilotaje.

A diferencia de las anteriores, en las válvulas de impulsos, de inversión positiva, o negativa y en las que es suficiente una señal momentánea para efectuar la inversión, permaneciendo la válvula en la posición de maniobra adoptada hasta que se presenta un impulso contrario.

Las tuberías de mando en las válvulas de accionamiento neumático no deben de ser demasiado largas, pues en caso contrario se hacen demasiado largos los tiempos de inversión (llenado y purga de las tuberías de control desde el emisor de señal hasta el órgano de mando) y el consumo de aire también se hace demasiado grande.

En el *accionamiento eléctrico* de una válvula la longitud de la línea de mando es independiente de la completa eficiencia de funcionamiento, pudiendo verse líneas de mando de varios centenares de metros. Los tiempos de mando son muy cortos. Como emisores de señales se utilizan preferentemente interruptores de final de carrera, pudiendo servir además de señales todos los dispositivos eléctricos que entregan una señal eléctrica. En ambientes con peligro de explosión todos los componentes eléctricos deben de tener una protección adecuada. La inversión de la válvula se efectúa mediante un electroimán por lo que se les designa también como válvulas magnéticas o electroválvulas.

Las electroválvulas y los electrodistribuidores son los encargados de transformar las señales eléctricas en señales neumáticas. El funcionamiento básico del electrodistribuidor es el siguiente:

En la fig. 2.31 se muestra una sección de un electrodistribuidor de tres vías y dos posiciones (3 / 2), en esta figura el resorte está comprimiendo el émbolo móvil y no permite el paso del aire hacia 2, el orificio 2 está comunicado con el orificio 3. Al energizar la bobina (arrollamiento) se genera un campo magnético que hace moverse al núcleo contra el orificio 3, que se cierra, permitiendo el paso del aire de 1 hacia 2. Manteniéndose esta posición mientras no se interrumpa el paso de corriente eléctrica por el arrollamiento. Si cortamos la corriente eléctrica desaparece el campo magnético, con lo cual el resorte empuja el núcleo hacia el orificio 1 que se cierra, descargándose el aire comprimido que pudiera existir en 2 hacia la atmósfera por el orificio 3, tal como estaba en la posición inicial.

Debido a que los accionamientos de las válvulas, de las que hemos mencionado hasta ahora, directo y a distancia, son todas válvulas accionadas directamente en el sentido de la provocación de la inversión, daremos las siguientes definiciones.

**Accionamiento directo:** Es el accionamiento que se efectúa sobre la válvula misma, el órgano mismo forma una unidad con la válvula. Lo contrario es el accionamiento a distancia.

**Mando directo:** En una válvula de mando directo (válvula accionada directamente) es provocada la inversión por el elemento de mando o emisor de señales sin la conexión intermedia de otro órgano. Lo contrario es mando indirecto (válvula accionada indirectamente = válvula de mando previo).

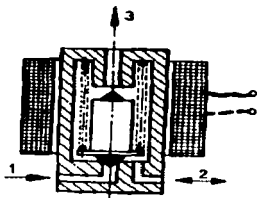


Fig. 2.31 Electro-distribuidor 3/2 mandado por simple solenoide y retroceso por resorte

Una *válvula de mando previo*, también llamada *válvula servopilotada*, esta formada por dos válvulas formando una unidad. La primera válvula sirve exclusivamente para la inversión de la segunda, que es la válvula principal.

### II.5.2.2. Válvulas de bloqueo

Según la norma DIN 24300 definimos a las válvulas de bloqueo como "*aquellas que impiden el paso del aire en un sentido y lo dejan libre en el contrario*". También se les conoce como *válvulas antirretorno, retención, diodo neumático, etc.*

Las válvulas de bloqueo cortan el paso del aire comprimido, de aquí se deriva su nombre. Las válvulas de bloqueo están construidas de manera que el aire comprimido actúa sobre la pieza de bloqueo y así refuerza el efecto de cierre.

Existen diferentes tipos de válvulas de bloqueo entre las que destacan:

- Válvula de retención
- Válvula selectora (o de doble retención)
- Válvula estranguladora de retención
- Válvula de escape o purga rápida
- Válvula de simultaneidad

La válvula de bloqueo más sencilla es la de *retención*, que cierra por completo el paso del aire en un sentido y lo deja libre en el sentido opuesto con la pérdida de presión más pequeña posible.

Tan pronto como la presión de entrada en el sentido de paso aplica una fuerza superior a la del resorte incorporado, abre el elemento de cierre del asiento de la válvula (el resorte de cierre genera una pequeña caída de presión). El bloqueo también puede levantarse por medios mecánicos. Como elemento de bloqueo puede incorporarse una bola o un cono, un disco o una membrana

Las válvulas de bloqueo se usan donde deben agruparse distintos elementos sin que ninguno influya sobre los otros o también donde por motivos de seguridad un elemento solo puede ser circulado forzosamente en un sentido.

Cuando estamos usando aire comprimido para asegurar la estanqueidad en el sentido de bloqueo usamos medios elásticos como: junta tórica, junta de clapet, etc.

La *válvula selectora* (antes conocida como válvula de doble mando o de doble retención) tiene dos entradas y una salida. El efecto de bloqueo actúa siempre en el sentido de entrada purgada, por lo que queda libre el paso desde la otra entrada hacia la salida (fig. 2.32) Una válvula selectora puede

emplearse, por ejemplo, donde un cilindro o un elemento de mando debe ser accionado desde dos puntos por separado y distantes también entre sí en su emplazamiento.

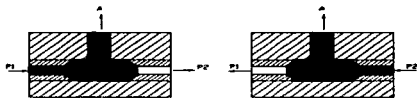


Fig. 2.32 Esquema de funcionamiento de una válvula selectora

Las *válvulas estranguladoras, con retención*, conocidas también en neumática como *válvulas reguladoras de velocidad*, son híbridas. Desde el punto de vista de la estrangulación son válvulas de flujo y como tales se las emplea en los dispositivos neumáticos.

La función de retención les hace ser al mismo tiempo una válvula de bloqueo.

Por regla general, el punto de estrangulación es regulable en las válvulas reguladoras de retención, ajustándose así el flujo circulante. El efecto de estrangulación solo actúa en un sentido de circulación, siendo libre el paso en el sentido opuesto a través de la válvula de retención. En la regulación de la velocidad de los cilindros de aire comprimido con las válvulas estranguladoras de retención, se distingue entre estrangulación de entrada y estrangulación de salida.

#### *Estrangulación de entrada*

En este caso el aire de entrada es estrangulado hacia el cilindro y el aire de salida puede circular libremente a través de la válvula de retención. En este estrangulamiento el émbolo no está fijo en un volumen de aire comprimido. Esto produce grandes diferencias en la velocidad de avance.

La estrangulación de entrada sólo se emplea en casos excepcionales, por ejemplo en los cilindros de simple efecto y de poco volumen.

**Estrangulación de salida.** En la estrangulación de salida el aire circula libremente hacia el cilindro sobre la válvula de retención y el aire de salida es estrangulado ; aquí el émbolo es fijado entre un volumen de aire comprimido. Esta configuración de la válvula contribuye sensiblemente a la mejora del comportamiento del avance. En los cilindros de doble efecto debe siempre emplearse la regulación de salida.

Además de las válvulas estranguladoras con retención ajustables manualmente, que solo permiten una velocidad determinada a lo largo de toda la carrera del cilindro, hay también válvulas estranguladoras de retención regulables mecánicamente con las que puede variarse la velocidad durante la carrera.

Las *válvulas de simultaneidad* se utilizan con frecuencia para los equipos de enclavamiento y para los equipos de control. Una válvula de este tipo tiene dos entradas P1 y P2 y una salida A (fig. 2.33).

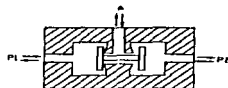


Fig. 2.33 Esquema de funcionamiento

La señal de salida solo está presente si lo están las dos señales de entrada. En caso de una diferencia en el tiempo de las señales de entrada pasa a la salida la de presión más baja. Así pues, en el funcionamiento de una al válvula de simultaneidad siempre hay una entrada bloqueada. Puesto que las dos señales deben de estar presentes para que se produzca una señal de salida, la válvula permanece en la posición de purga con lo que se bloquea la entrada del aire. Esta válvula cumple con la función lógica « Y » (and).

**Válvula de escape rápido.** Para realizar un escape del aire comprimido rápidamente y sin retenciones a la atmósfera utilizamos una *válvula de escape rápido*. Dicha válvula consta de un disco con bordes afilados en el interior del cuerpo de la válvula (ver fig. 2.34). Cuando el aire se introduce por el orificio 1, desplaza el disco, que con un pequeño recorrido tapa el orificio 3, de esta manera el aire deforma los bordes del disco y sale por el orificio 2 hacia el cilindro. Cuando el distribuidor en su maniobra pone a escape el orificio 1, la presión confinada, en contacto con el orificio 2, hace retroceder al disco abriéndose a la atmósfera el 3, permitiendo su escape brusco al exterior.

Las válvulas de escape rápido generalmente son ruidosas, por lo que a menudo suele contar con silenciadores de gran paso que produzcan poca retención.

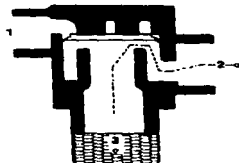


Fig. 2.34 Válvula de escape rápido en sección, mostrando su disposición interna.

### 2.5.2.3. Válvulas de presión

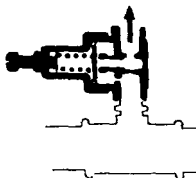


Fig. 2.35 Válvula limitadora de presión tipo diafragma montada en derivación con la tubería que se desea proteger contra la sobrepresión

La *válvula limitadora de presión* (fig. 2.35) impide la elevación de la presión máxima admisible en un sistema. Es un componente de todo equipo de producción de aire comprimido y de equipos neumáticos. La válvula limitadora de presión sirve para seguridad, puesto que al sobrepasarse la presión máxima permitida en el sistema abre hacia la atmósfera un orificio y escapa el exceso de presión hasta el valor nominal; cerrándose el orificio de escape por la fuerza de un resorte cuando se alcanza aquel valor nominal.

La fuerza del resorte en las válvulas limitadoras de presión y en las válvulas de acoplamiento se corresponde con la presión media máxima permisible o deseada.

Las válvulas limitadoras de presión se dividen en dos clases principales:

- a) "Pop", son aquellas válvulas en las cuáles el elemento de cierre (bola) es directamente apretado sobre el asiento por medio de un resorte.
- b) "Diafragma", son aquellas válvulas en las cuales el resorte actúa sobre un diafragma está sometido a la acción de la presión.

La *válvula de secuencia* es completamente similar en su funcionamiento a una válvula limitadora de presión, diferenciándose únicamente en la aplicación. La salida de una válvula de secuencia permanece bloqueada hasta que alcanza la presión seleccionada; sólo entonces la válvula se abre y permite circular el aire comprimido desde la entrada del aire comprimido hasta la salida. En los equipos neumáticos, las válvulas de secuencia se prevén en donde deba garantizarse una presión mínima determinada para el funcionamiento y por lo tanto. Además, se emplean también donde deben conectarse consumidores con preferencia y los restantes consumidores sólo deban alimentarse cuando hay suficiente presión.

Anteriormente ya se trató la válvula reguladora de presión o válvula reductora de presión, debido a que esta válvula reductora de presión pertenece a toda unidad de mantenimiento de aire comprimido. Las válvulas reductoras regulan la presión de trabajo deseada o presión secundaria a un valor constante, que debe de ser independiente de la presión primaria y del consumidor.

#### **2.5.2.4. Válvulas de flujo**

La válvula de flujo se designaba anteriormente válvula de caudal. La acción sobre el caudal (flujo) se limita exclusivamente al caudal circulante. En neumática sólo se emplea para esta finalidad un único representante de esta clase de válvulas, la válvula de estrangulación.

Las válvulas de estrangulación pueden tener estrechamientos constantes o ajustables. En la práctica solo se utilizan las de estrechamiento regulable.



**Criterios de selección de las válvulas**

- *Función operativa dentro del circuito:* inicio de ciclo, detector de presencia de un cilindro o mecanismo en determinada posición, etc., se refiere a distribuidores generadores de señales de entrada al circuito en función de las condiciones externas que envuelven al sistema. Para inicio del ciclo se emplean distribuidores con mando manual de pulsador, pulsador con enclavamiento, palancas, pedales, los cuales se seleccionan dependiendo de las condiciones deseadas.
- *Tamaño del distribuidor,* en cuanto se refiere al tamaño de las roscas, pasos internos, que es lo que condiciona el caudal y por consecuencia la velocidad del actuador controlado, el tamaño y el paso interno del distribuidor se seleccionan en función del caudal que pasa a través de él.
- *Función interna del distribuidor* (válvula según el número de vías) que se determina dependiendo de la maniobra que se desea en el actuador, teniendo en cuenta si este es de simple, doble efecto, etc., de manera general se puede decir que:
  - Los actuadores de simple efecto se controlan por medio de distribuidores de tres vías
  - Los actuadores de doble efecto se controlan por distribuidores de cinco vías
- *Condiciones ambientales.* Son las que nos van a determinar el buen resultado de la instalación. La temperatura obliga a elegir diferentes tipos de empaques que soporten las condiciones de trabajo (neoprenos, silicones, etc.). La necesidad o carencia de lubricación interna también es una característica que condiciona el uso de distribuidores en condiciones extremas de temperatura. La humedad o ambientes cercanos a costas también exigen la elección de distribuidores resistentes a estos ambientes.
- *Resistencia vibraciones e impactos.* Cuando el dispositivo o máquina que contenga las válvulas este sometida a vibraciones, pueden generarse movimientos indeseados que nos lleven a funciones erróneas o no deseadas. Debido a esto se debe prestar atención para emplear distribuidores que soporten las vibraciones o en su defecto usar los medios de amortiguación adecuados.

### ***II.6 Detección Y Dialogo Hombre / Máquina.***

Aquí se expondrán los diferentes principios aplicados por los captadores que equipan las máquinas así como los pulsadores y pilotos neumáticos que equipan los cuadros de mando para asegurar el diálogo entre los hombres y las máquinas.

**Captador Neumático:** Los captadores neumáticos aseguran la función detección, por lo que una evaluación completa permitirá la elección adecuada para responder a las necesidades diversas que se encuentran en las máquinas neumáticas como son:

- Presencia de objetos de todo tamaño con o sin contacto.
- Aseguramiento y control del final de carrera de los cilindros por detección de la posición del vástago o por la caída de la contrapresión de escape.

Debido a la creciente variedad de problemas de detección que se encuentran en la práctica de los automatismos industriales se han desarrollado una serie de captadores neumáticos en función de cada caso práctico, los que se clasifican como:

**Finales de carrera:** Estos finales de carrera neumáticos son muy similares a los finales de carrera eléctricos por lo que ofrecen las mismas posibilidades de empleo, además de ofrecer una mayor robustez y resistencia a los ambientes húmedos, existiendo de una y de dos etapas

**Captadores de fuga:** Son fácilmente integrables en las máquinas, siendo de un tamaño pequeño son ideales para detectar pequeños desplazamientos o pequeños esfuerzos, no necesitan más que un tubo de conexión, requieren de contacto con el móvil. Cada captador de fuga va unido a su relé correspondiente que lo alimenta y al que conmuta con su impulso, la fuga es prácticamente inaudible y el consumo de aire muy pequeño, existen tres tipos de captadores: de fuga integrado, de bola y de varilla.

*Detectores fluidicos de proximidad:* Estos son convenientes cuando se debe evitar el contacto con el móvil a detectar por ser objetos delicados, blandos, tener una gran velocidad de desplazamiento, etc. Debido a que la señal suministrada por el detector se da a muy baja presión es necesario amplificarla por medio de un relé amplificador.

*Captadores de umbral de presión sobre cilindros:* Utilizando la caída de contrapresión de escape, estos captadores emiten una señal que indica el final de la carrera del cilindro, son sencillos de implantar y son muy utilizados en automatismos secuenciales corrientes.

Aunque existe una gran variedad de detectores en el mercado y de aplicaciones tan variadas nos enfocaremos exclusivamente a los del tipo "de final de carrera" por ser éstos los empleados dentro del laboratorio, sin embargo, dejamos al interés de los estudiantes y profesores la información de la bibliografía donde pueden conocer algo más de los restantes tipos de detectores.

*Finales de carrera miniatura de una etapa.*

Estos finales de carrera están destinados a proporcionar una señal neumática bajo el efecto de una señal mecánica sus pequeñas dimensiones permiten colocarlos en lugares en los que no es posible colocar un final de carrera de dos etapas.

*Características:* Se construyen de dos diferentes calibres para responder a las variadas necesidades dentro de las más pequeñas dimensiones posibles:

- Paso (diam. = 1.5 [mm.]). Adecuado para automatismos compactos, cuando la señal emitida no deba recorrer más de dos metros.
- Paso (diam. = 2.5 [mm.]). Debe utilizarse para mantener pequeños tiempos de respuesta cuando la señal emitida deba recorrer distancias superiores a los dos metros.

*Funcionamiento:*

- La conmutación es de una sola etapa.
- La señal de salida S aparece cuando hay una acción mecánica sobre el pulsador o sobre la roldana.
- Por construcción, el cierre del escape y la apertura de la vía de presión se hace simultáneamente en un punto preciso de la carrera.
- El esfuerzo de accionamiento depende de la sección de paso y de la presión utilizada.

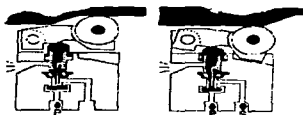


Fig. 2.36 Funcionamiento de un detector de rodillo

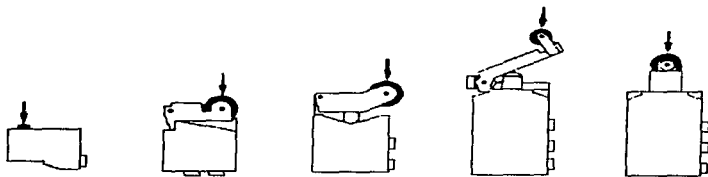


Fig. 2.37 Diferentes tamaños y arreglos de captadores de rodillo

Existen algunas en el tipo de accionamiento como son: de acción directa o roldana, palanca con roldana, palanca con roldana escamoteable, etc., .

Las dimensiones y el esfuerzo del accionamiento dependen del paso nominal, en ciertos modelos el escape puede ser conectado para eliminar el ruido.

### II.6.1 Composición De Un Pupitre De Mando Pulsadores

Los pulsadores neumáticos son los dispositivos encargados de establecer la "comunicación" entre el hombre y el sistema o máquina, estos pulsadores neumáticos utilizan cabezales de mando normalizados de un diámetro de 22 [mm.], común con los pulsadores eléctricos.

Los botones existen en los siguientes tipos:

#### *Pulsadores:*

- de impulso.
- de seta de impulso o de enganche.
- de seta opcional a llave.

#### *Giratorios:*

- dos o tres posiciones fijas.
- de retroceso al centro.
- de llave.



Fig. 2.38 Elementos que componen un pupitre de mando

Las posibilidades de composición del tablero de mando suelen multiplicarse al incluir a ésta variedad de cabezales de mando un sistema modular de diferentes válvulas neumáticas (E.C. o C.C., con un diámetro de paso de 1.5 ó 3.0 [mm.]) y de los contactos eléctricos que es posible añadir cuando se hace necesario un pulsador mixto (neumático y eléctrico). En resumen, los diferentes módulos que pueden asociarse para efectuar la conmutación al ser accionados por los cabezales de mando son:

- Válvulas neumáticas con diámetro de paso de 3 [mm.], EC o CC.
- Válvulas neumáticas con diámetro de paso de 1.5 [mm.], EC o CC.
- Contactos eléctricos tipo O o tipo F.

Los cabezales de mando deben de responder a las múltiples necesidades de los cuadros de máquinas tanto neumáticas como eléctricas.

Los módulos se asocian detrás de los cabezales en dos filas paralelas y dichos módulos son:

- o bien accionados simultáneamente por los cabezales de dos posiciones;
- o bien activados alternativamente por los cabezales de tres posiciones.

En el tablero de mando los módulos neumáticos deben ubicarse siempre detrás de los módulos eléctricos, a fin de permitir el acceso a sus conexiones.

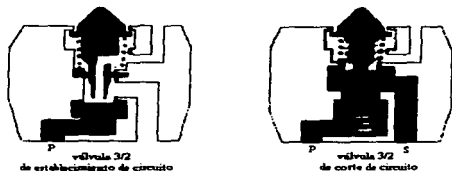


Fig. 2.39 Válvulas de mando directo, paso 1.5 mm.

### II.6.2 Pilotos

Un piloto neumático tiene la función de reflejar una señal de presión mostrando un color llamativo. Al igual que los pulsadores se montan en el cuadro de mando en una perforación normalizada de 22 [mm.] de diámetro.

- *Funcionamiento:* La presión de aire o señal neumática al actuar sobre una membrana hace pivotar una esfera bicolor.

En estado de reposo, la porción de la esfera que aparece es negra.

En estado accionado, la otra cara que aparece es luminiscente, ya sea amarilla, verde o roja. La palanca que da movimiento a la esfera, corre en una ranura de dicha esfera dándole así un movimiento acelerado al comienzo y lento al final, con el objeto de evitar choques y asegurar una larga vida al piloto.

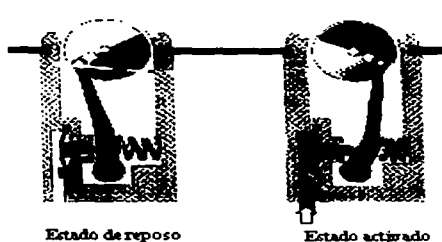


Fig. 2.40 Piloto neumático.

## **II.7 Tratamiento De La Información**

### **II.7.1 Temporizador Neumático**

Un temporizador neumático es un relé que permite temporizar una señal neumática, es decir, ocasiona un retardo previamente regulado entre la señal neumática de mando y la señal neumática de salida. La regulación del tiempo de retardo se hace por medio de un botón giratorio. La zona o rango total de regulación se cubre por un giro completo del botón mencionado.

Las dos funciones posibles de realizar por el relé temporizador permiten responder a las necesidades de señales temporizadas mantenidas que se presentan en los automatismos.

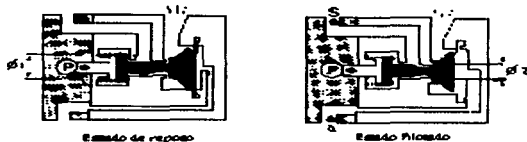
El principio de funcionamiento de un temporizador neumático se basa en una acción llamada conmutación relé efectuada por un mecanismo que posee dos estados, llamados de reposo y pilotado. La conmutación relé se clasifica en dos tipos: de establecimiento de circuito (si) y de corte de circuito (no). (ver figura 2.41)

El funcionamiento del temporizador es totalmente neumático. El aire utilizado para realizar la temporización es el aire atmosférico y no el de la red de presión; por lo tanto, la temporización no varía en función de la presión, la temperatura o las impurezas del aire comprimido.

Existen dos tipos de temporizaciones, la temporización con retardo de activación también llamada temporización al trabajo y la temporización con retardo de desactivación o temporización al reposo; cada una de las anteriores se puede ejecutar dando una salida positiva o una salida negativa, dependiendo esto de el sentido de montaje del regulador de velocidad y de la función del relé utilizado.

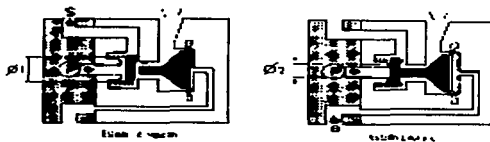


### ■ DE ESTABLECIMIENTO DE CIRCUITO (SI)



- La señal de salida S se pone a presión cuando aparece la señal piloto a.
- La construcción brusca se evita evitando el choque gracias a la diferencia de respuesta de las acciones de  $\square 1$  y  $\square 2$  de los dos sensores de esaquedad.

### ■ DE CORTE DE CIRCUITO (NO)



- La señal de salida S presenta en estado de reposo, se opone a escape cuando aparece la señal a.
- Como es el relé precedente, la construcción brusca se evita evitando, gracias a la diferencia de respuesta de las acciones  $\square 1$  y  $\square 2$  de los dos sensores de esaquedad.

Fig. 2.41 Esquemas de funcionamiento de un temporizador neumático

La temporización se dice que es positiva cuando la a señal se emite después de la temporización de la señal de pilotaje. En el temporizador de salida positiva, el relé de salida utilizado es el de conmutación de establecimiento de circuito (si).

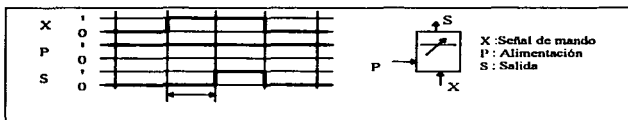


Fig. 2.42 Temporización positiva

La temporización negativa emite una señal en reposo. La señal cesa después de la temporización de la señal de pilotaje. En el temporizador de salida negativa, el relé de salida utilizado es de conmutación de corte de circuito (no).

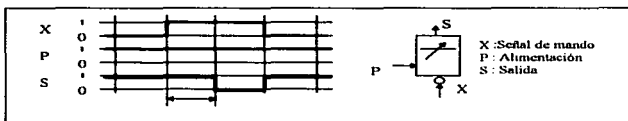


Fig. 2.43 Temporización negativa

#### Descripción del relé temporizador de salida positiva.

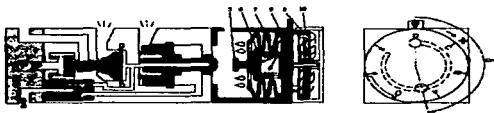


Fig. 2.44 Temporizador en estado de reposo

- **Comienzo de la temporización:** La señal de mando "a" a temporizar, atraviesa el filtro 1 y activa sobre el pistón 2 del cilindro de entrada. Este pistón se desplaza y la temporización comienza. Al mismo tiempo la señal de mando "a" atraviesa el inyector 3 y alimenta el captador de fuga 4.

- **Temporización:** El elemento autónomo de temporización, liberado por el pistón 2 hace que el clapet 5 siga el mismo recorrido que éste pistón, a una velocidad que corresponde a la temporización a obtener. Una vez cerrado el clapet 5, el resorte 6 fuerza al fuelle 7 a desplegarse. Para esto el fuelle 7 aspira el aire atmosférico a través del filtro 8 y del conducto circular 9. Este conducto es más o menos largo, dependiendo del ángulo establecido por el botón 10, dando así una entrada regulable al caudal del aire. Si el ángulo escogido es pequeño, el desplazamiento es rápido y la temporización corta. Si el ángulo es grande el desplazamiento es lento y la temporización larga.

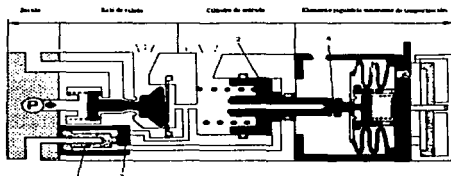


Fig. 2.45 Temporizador en estado de temporización

- **Fin de temporización:** Al final del recorrido el clapet 5 obtura el captador de fuga 4, lo que produce la conmutación del relé de salida. La presión de alimentación P, proporciona así la señal de salida S.

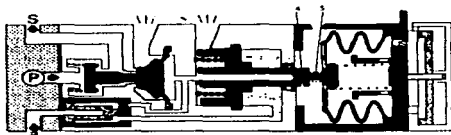


Fig. 2.46 Temporizador en estado pitoteado (después de la temporización)

- **Rearme:** Al desaparecer la señal "a" el aparato se pone en estado de reposo y anula por lo tanto la señal S.

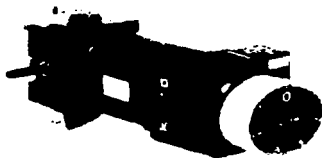


Fig. 2.47 Temporizador

### II.7.2 Secuenciador Modular Neumático

- **Constitución:** Un secuenciador de manera integral está formado por un conjunto de *módulos de etapa*, de acuerdo a la necesidad del proceso, de un perfil omega DIN en el cual son montados los módulos de etapa para su fácil manejo e interconexión, se añade de manera invariable un par de conexiones extremas, colocándose una a la cabeza y otra al final, ya que los dos extremos reciben y emiten las "señales de cierre" que permiten la reanudación del ciclo.

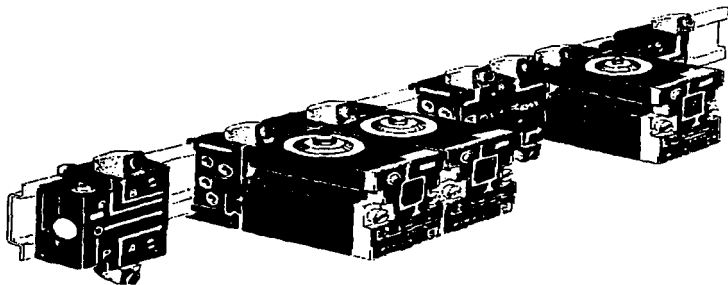


Fig. 2.48 Secuenciadores modulares montados sobre riel DIN

El extremo de la cabeza recibe además la alimentación del aire a presión para el secuenciador y la señal de puesto a cero general.

Cuando el proceso requiere de derivaciones para desarrollar ramas paralelas que efectúen ciertas instrucciones, existen *-módulos de derivación-*, los cuales se introducen entre los módulos de etapa donde es necesaria la derivación.

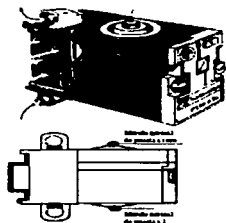
Dado lo anterior el secuenciador modular representa "la espina dorsal" de la automatización neumática en un ciclo secuencial. Correspondiendo un *-módulo de etapa-* o *-módulo secuenciador-* a cada etapa del ciclo, dicho módulo secuenciador da la orden del movimiento previsto en la etapa correspondiente recibiendo después una señal de retorno al final de la ejecución de dicho movimiento.

- *Módulo de etapa o módulo secuenciador:* Este es el "elemento unidad" del secuenciador, el cuales colocado sobre un perfil o riel DIN. Dicho módulo tiene la ventaja que después de su adecuada yuxtaposición con los otros módulos de etapa quedan automáticamente conectados entre si.

- *Descripción:* Cada módulo de etapa comprende exteriormente:

- Dos orificios para el conexionado exterior;
- Un referenciado de etapa correspondiente;
- Un testigo de etapa;
- Y en general, los mandos manuales de etapa: puesta a 1 y puesta a cero.

Fig. 23.49 Módulo secuenciador



Internamente cada módulo de etapa está formado por una memoria colocada sobre una base. Dicha base incluye una célula lógica "Y" y una célula lógica "O". El interconexión de un conjunto se da a través de su base. Las extremidades del secuenciador cabeza y final encuadran la serie de módulos de etapa ya conectados, por lo que al final el conjunto quedará atravesado:

- Por el canal de presión  $P$  que desde la cabeza alimenta a las memorias;
- Por el canal de puesta a "O"R, igualmente conectado a la cabeza del secuenciador.

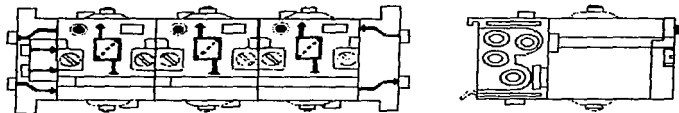


Fig. 2.50 Secciones de secuenciadores

Para lograr el "diálogo" entre el secuenciador y la máquina, es necesario de que, para cada etapa el secuenciador envíe la señal de mando a la máquina y reciba la señal de retorno correspondiente. Dicha señal de retorno activará la siguiente etapa del ciclo, es decir "inicializa" el módulo de etapa siguiente.

• **Funcionamiento:** La memoria de un módulo de etapa se pone a 1 por la señal que llega a través de la célula "Y" del módulo de etapa precedente. La señal de esta memoria provoca entonces tres acciones:

1. Genera hacia el exterior la señal de mando  $S$  prevista en esta etapa del ciclo.
2. Pone a cero el módulo de etapa anterior, a través de la célula "O".
3. Alimenta una entrada de su célula "Y".

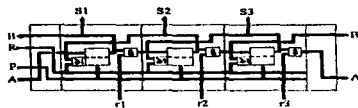


Fig. 2.51 Esquema lógico de un temporizador

Cuando el movimiento originado en ésta etapa por la señal  $S$  termina, la señal de retorno llega a la otra entrada de la célula "Y", transmitiendo así la señal de puesta a 1 al módulo siguiente.

### 11.7.3 Células Lógicas

En toda aplicación neumática, son necesarios ciertos "arreglos" en el circuito para que este pueda operar adecuadamente, dichos arreglos se conforman a base de *células lógicas* y *relés neumáticos*, las funciones efectuadas por los elementos mencionados sirven por ejemplo:

- Para coordinar las señales de retorno procedentes de los captadores de posición;
- Para asociar en esquemas los diferentes pulsadores del pupitre;
- Para reunir las señales de mando emitidas hacia los distribuidores.

Las células lógicas son en realidad un tipo especial de válvula como se mencionó en el apartado correspondiente y trabajan a partir de conmutaciones neumáticas, las que permiten realizar directamente las principales funciones lógicas. Las conmutaciones neumáticas se dividen de acuerdo a su forma de funcionamiento en conmutaciones pasivas y conmutaciones activas, donde las primeras se caracterizan por no necesitar alimentación de presión. La señal de salida es una combinación de las señales de entrada. El nivel de la señal de salida es el mismo que el de las señales de entrada. Por el contrario las segundas si requieren de una alimentación de presión  $P$  y por lo tanto de un mecanismo más complejo.

Por sus versiones de fabricación y su forma de montaje e implementación en el sistema neumático se clasifican en células lógicas autónomas y células lógicas asociables.

### 2.7.3.1 Células Lógicas Tipo Pasivo Autónomas.

#### Célula "Y"

También es llamada válvula de simultaneidad y como se explico anteriormente, su funcionamiento es el siguiente: La célula "Y" dará una señal de salida  $S$  si las señales de entrada  $a$  y  $b$  están presentes simultáneamente. (ver figura 2.52)

- La señal  $a$  sola, cierra el clapet libre hacia la derecha.
- -La señal  $b$  sola, cierra el clapet libre hacia la izquierda

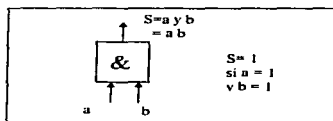


Fig. 2.52 Célula lógica Y

Únicamente la presencia de las dos señales  $a$  y  $b$  da una señal de salida  $S$ ; en efecto, el clapet no puede en este caso, cerrar ninguna de ambas vías.

No es necesario que el clapet móvil se encuentre en una posición intermedia de equilibrio para que se satisfaga la función "Y". La posición que tome el clapet no importa: su única función es dejar pasar un flujo hacia la salida  $S$ , si  $a$  y  $b$  están presentes.

#### Célula "O"

• *Funcionamiento:* La célula "O" dará una señal de salida  $S$  si la señal  $a$  o  $b$  (o las dos) están presentes. (ver figura 2.54)



- La señal  $a$  sola, lleva el clapet libre hacia el asiento de la derecha y da la salida  $S$  sin que halla ningún escape por el orificio  $b$ .
- La señal  $b$  sola, lleva el clapet libre hacia el asiento de la izquierda y da la salida  $S$  sin que halla ningún escape por el orificio  $a$ .
- Las señales  $a$  y  $b$  juntas leván el clapet libre a un punto de equilibrio, dando la salida  $S$  compuesta por ambos flujos.

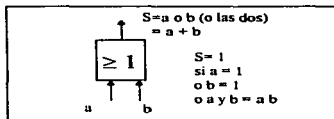


Fig. 2.53 Célula lógica "O"

Se tiene por lo tanto una salida  $S$  si  $a$  o  $b$  (o las dos) están presentes. Esta célula "O" se llama también:

- "clapet de intercomunicación".
  - selector de circuito.
- **Conexión y montaje:** Las conexiones están previstas en las partes laterales de la célula, mientras que su montaje, normalmente no es fijo, es decir son simplemente fijadas al ser conectadas. Las dos fijaciones posibles son:
    - Por tornillo;
    - Por enganche sobre el perfil DIN omega de alas iguales, para esto se requiere un conjunto tornillo + clip.

#### Células lógicas de tipo activo

Dentro de esta clasificación se encuentra la célula lógica "si de regeneración", la célula lógica "no inhibición", la célula lógica "de memoria", siendo estas del tipo asociables. Más particularmente, las

dos primeras se montan sobre zócalos asociables de tres orificios, mientras que la tercera sobre uno de cuatro orificios.

- La célula lógica "si de regeneración" puede utilizarse para una regeneración de presión o de caudal.
- La célula lógica "no inhibición" se utiliza para las inversiones.
- La célula lógica "memoria" es un relé destinado a guardar en memoria una señal de salida  $S$  aunque desaparezca la señal de entrada que la ha provocado.

El funcionamiento de la "memoria" neumática, se basa en una conmutación originada por el desplazamiento de un clapet metálico entre dos imanes permanentes colocados en forma opuesta entre sí, teniendo las siguientes etapas:

#### ESTADO 0

El orificio de alimentación  $P$  está bloqueado por el clapet  $1$  el cual se mantiene en esta posición a causa del imán  $2$ . (ver figura 2.54)

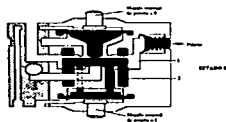


Fig. 2.54 Célula lógica con mando manual de puesta a cero

#### PUESTA A 1

La señal de mando  $x$ , actúa sobre la membrana inferior lo hace que el clapet  $1$  se desprenda del imán  $2$  y se coloque sobre el imán opuesto  $3$  obteniéndose así la señal de salida  $S$  que queda testificada por el piloto  $4$  (ver figura 2.55)

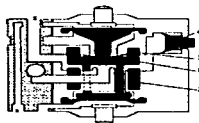


Fig. 2.55 Célula lógica con mando manual de puesta a 1

## ESTADO 1

Aunque desaparezca la señal  $x$  la señal de salida  $S$  no desaparece, ya que el clapet 2 sigue posicionado sobre el imán 3.

En caso de corte de la alimentación  $P$ , el estado de la memoria no varía. (ver fig. 2.56)

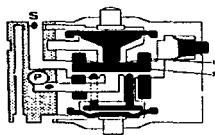


Fig. 2.56 Célula lógica, estado. 1

## PUESTA A 0

La señal de mando  $Y$ , actúa sobre la membrana superior lo cual hace que el clapet 1 se desprenda del imán 3 y se coloque sobre el imán 2. La salida  $S$  se pone a escape. (ver fig. 2.57)

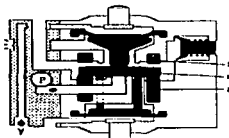


Fig. 2.57 Célula lógica, puesta a cero

## Características particulares

*Presiones de mando*

En la figura 2.58 la señal de puesta a 1 provoca la señal de salida  $S$  que no se anulará más que por la señal  $Y$  de puesta a 0. En la figura 2.59 se muestra la gráfica de accionamiento de las señales  $Y$  de puesta a 0 y  $X$  de puesta a 1 de la memoria

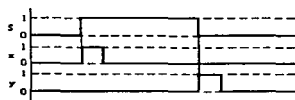


Fig. 2.58 Diagrama de presiones de mando

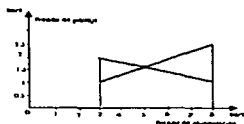


Fig. 2.59 Gráfica de accionamiento de las señales "Y" y "X"



**Capítulo III**  
**Electroneumática**

### III. ELECTRONEUMÁTICA

#### III.1 Generalidades

Como se explicó anteriormente tanto las máquinas como los sistemas automáticos constan de dos partes principales: la parte operativa y la parte de mando, así también que de acuerdo a la naturaleza de las energías utilizadas para que dichas partes trabajen corresponderá al sistema uno de los nombres que están dentro de la clasificación también expuesta en el capítulo I.

Siendo el caso que ahora nos ocupa, un sistema con una tecnología en la cual se trabaja con dos diferentes energías de manera simultánea a fin de satisfacer las necesidades que se dan en la industria en un momento dado, y apoyándonos en lo expuesto a lo largo de los capítulos uno y dos de este trabajo, donde se habla ampliamente de las clasificaciones, tipos de automatización y se han dado las bases para entender, desarrollar y poder trabajar con un sistema totalmente neumático, nos permite puntualizar entre la diferencia del sistema ya estudiado y uno de tipo electroneumático. Dicha diferencia consiste en que en este último la parte de mando trabaja con energía eléctrica.

Esta variación que en primera instancia nos puede parecer un pequeño cambio sin mayor importancia, ha provocado serias transformaciones; ya que, para lograr su aplicación ha sido necesario crear una amplia gama de elementos, así como hacer serios cambios en equipos ya existentes, tanto en la manera de ser fabricados, en sus formas geométricas y en la incorporación de nuevos materiales, en fin todas las adaptaciones necesarios que se han realizado con el propósito de lograr una concatenación entre los elementos y partes que trabajan entre sí, pero ahora de distinta manera y con diferente energía.

Para explicar los sistemas electroneumáticos abordaremos algunos de sus principios fundamentales en cuanto a electricidad se refiere así como su importancia y alcances dentro de

la industria, algunas aplicaciones y los elementos que conforman la parte de mando y finalmente la forma de trabajar con esta técnica.

### ***III.2 Principios Físicos Y Fundamentos De La Técnica De Mando.***

**Carga eléctrica :** La base de los fenómenos eléctricos es lo que llamamos carga eléctrica, y aunque no se sabe que es en realidad si podemos notar su presencia a través de la iteración de fuerzas fundamentales, también que es considerada tanto con la masa, la longitud y el tiempo una propiedad fundamental.

Las cargas eléctricas están asociadas con partículas atómicas. Existen dos tipos de cargas denominadas arbitrariamente positiva (+) y negativa (-), donde la unidad mínima de carga se asocia con los protones y los electrones, dicha unidad tiene un estándar en el Sistema Internacional de Unidades denominada coulomb (C) en honor a Charles A. Coulomb (1736 - 1806).

La magnitud de las cargas del electrón y de el protón son de  $- 1.6 \times 10^{-19}$  [C] y  $1.6 \times 10^{-19}$  [C] respectivamente. Como puede verse son de igual magnitud pero de signos (polaridades) opuestos (+) y (-). Al trabajar en situaciones reales de electrostática se usan cargas mucho mayores a las que posee una partícula atómica a las cuales se les denomina carga neta, esto es una acumulación de cargas eléctricas a las que se les da el símbolo [q].

Dicho lo anterior si un objeto cuenta con igual número de electrones y protones se dice que es eléctricamente neutro, ya que una cantidad de protones se anula con otra cantidad igual de electrones. Si en cambio un objeto presenta un exceso de  $n$  electrones se dice que tiene carga neta  $q$  donde :

$$q = ne ; \text{ donde "e" representa la carga electrónica.}$$

Así también las cargas se dividen en dos clases debido a que existen dos tipos de interacciones mutuas : una de atracción y otra de repulsión, formándose con esto la ley de las cargas :

*“ cargas iguales se repelen y cargas diferentes se atraen ”*

**Potencial eléctrico :** Un parámetro muy importante en las aplicaciones eléctricas es el potencial eléctrico o energía por unidad de carga. El potencial eléctrico en cualquier punto debido a una cierta carga que se determina empleando una carga de prueba positiva  $q_0$ , en el caso del campo eléctrico sería :

$$U = \frac{kq_0q}{r} \dots(3.1)$$

donde :

U : energía ganada o perdida al acercarse las cargas

r : distancia entre las cargas

k : cte.  $9.0 \times 10^{19}$  [Nm<sup>2</sup>/C<sup>2</sup>]

$q_0, q$  : cargas eléctricas.

De esta manera el potencial eléctrico o voltaje queda definido como :

$$V = \frac{U}{q_0} = \frac{kq}{r} = \frac{\text{energía}}{\text{carga}} = \frac{[J]}{[C]} = \text{volt} \dots(3.2)$$

El signo del potencial eléctrico se determina por el signo de las cargas.

Puesto que el potencial eléctrico y el trabajo realizado para acercar dos cargas son iguales en magnitud, una forma alternativa de la ecuación 3.2 en términos de trabajo es :

$$V = \frac{W}{q} \dots(3.3)$$

donde : W : trabajo

En términos de campo eléctrico, la diferencia de potencial necesaria para mover una carga una distancia  $d$ , esta dada por :

$$V = E \cdot d \left[ \frac{v}{m} \right] \dots (3.4)$$

donde :

$$E = \text{campo eléctrico [fuerza / unidad de carga] ; } E = \frac{F}{q_0}$$

en general :

$$V = -Ed \cdot \cos\theta \left[ \frac{v}{m} \right] \dots (3.5)$$

donde :

$\theta$  : ángulo entre el campo eléctrico y los vectores de desplazamiento.

Las diferentes formas de generar tensión son :

- Generación por inducción (ejemplo : dinamo y generador)
- Generación por fenómenos electroquímicos (ejemplo : batería, tensión continua)
- Generación de tensión por calor (ejemplo : termopar, tensión continua)
- Generación de tensión por luz (ejemplo : fotocelda)
- Generación por deformación de cristales (piezoelectricidad). Al ejercer tracción o presión sobre cristales se originan diferencias eléctricas de carga entre determinados superficies de cristales, si existe presión o tensión cambiante, se origina una tensión alterna.

Las diferentes clases de la generación de la tensión estriba en la separación de las cargas.

Para la medición de la tensión se emplea el voltímetro, conectando este siempre en paralelo al generador o consumidor y si la corriente es continua se debe de poner atención a la correcta polaridad de los empalmes.



**Corriente eléctrica.** Cuando un conductor se conecta a las terminales de una batería, se presenta un “flujo” de carga en el conductor. La batería proporciona el potencial eléctrico que provoca el movimiento de la carga. El flujo de carga es descrito como corriente eléctrica.

*“Una corriente eléctrica  $I$  es la carga neta  $Q$  que pasa por un área transversal de un conducto por unidad de tiempo”*

Por lo que podemos decir que :

$$I = \frac{Q}{t} \left[ \frac{C}{s} \right] \dots (3.6)$$

donde :

$I$  : corriente eléctrica

$Q$  : carga neta

$t$  : tiempo

Puede verse que las unidades de la corriente son : coulombs / segundo, a dicha unidad se le da el nombre de Ampere en honor al físico Andre Ampere. (1775-1836).

- Sentido convencional de la corriente : físicamente hablando el sentido convencional de la corriente, corresponde al del movimiento de partículas positivas, esto suponiendo que los niveles atómicos se mueven, de tal manera que el flujo de carga se mueve de la terminal positiva a la terminal negativa por el alambre o conductor, aunque realmente la única carga móvil es la negativa.
- Sentido real de la corriente : Al cerrar un circuito los portadores negativos de carga se mueven desde el polo negativo hacia el polo positivo.

A la corriente eléctrica en un circuito se le oponen “resistencias” de diferentes magnitudes tanto de los conductores como de los consumidores. La magnitud de la corriente eléctrica queda pues influida por la magnitud de la resistencia y por la tensión.

Para la medición de la corriente eléctrica se utiliza un amperímetro, el cual es intercalado en el circuito conectándolo en serie con el consumidor.

Existen distintas formas de corriente :

- Corriente continua : esta es una corriente eléctrica que fluye permanentemente en un mismo sentido y en una misma intensidad.
- Corriente alterna : este tipo de corriente cambia permanentemente su dirección e intensidad.
- Corriente pulsatoria : es una corriente mixta, con un porcentaje de corriente continua y otra de alterna.

#### *Efectos de la corriente*

1. Efecto térmico. Este aparece siempre que circula una corriente eléctrica y se manifiesta como calentamiento en el conductor.
2. Efecto magnético. Este aparece en los conductores que son recorridos por la corriente y se manifiesta con la generación de un campo magnético alrededor de las cargas y conductores.
3. Efecto luminoso. Este se presenta al realizarse el flujo eléctrico de un ambiente de ciertos gases y filamentos.
4. Efecto químico. Se origina al generarse el flujo de electrones en líquidos conductores, llamados galvánicos.

La corriente eléctrica representa un factor de riesgo para el hombre, si circula a través de su cuerpo y principalmente en el corazón. A continuación se muestran algunos efectos de la corriente sobre el hombre.

3 mA - límite de perceptibilidad

1 mA - impresión, sobresalto

10 mA - espasmo muscular

30 mA - aturdimiento y pérdida del conocimiento

50 mA - fibrilación cardíaca y muerte.

**Resistencia eléctrica :** La resistencia eléctrica es la oposición al flujo de carga debido generalmente a las colisiones entre los mismos electrones o átomos en el material conductor, por lo tanto, la resistencia es una propiedad intrínseca de los materiales, aunque también depende de la forma geométrica de estos. En general la resistencia de cualquier material con área transversal uniforme depende de cuatro factores : longitud (l), área transversal (A), tipo de material ( $\rho$ ) y temperatura (t), tal que

$$R \propto \frac{\rho l}{A} \dots (3.7)$$

donde :

R es la resistencia

por la ley de Ohm :

$$R = \frac{V}{I} \dots (3.8)$$

A la unidad de la capacidad resistiva se le denomina ohm [ $\Omega$ ], en honor a George Ohm (1789-1854).

**Resistencia de los conductores.** Diversos materiales de dimensiones idénticas ofrecen resistencia a la corriente. Un conductor que presente poca resistencia, es un buen conductor de corriente eléctrica, en ese caso se aplica el concepto de buena conductancia ( $G=1/R$ ) y viceversa, un conductor de mas resistencia tiene una baja o mala conductancia.

**Resistencia de los consumidores.** Este depende del rendimiento de la unidad consumidora. En este tipo de resistencia la energía eléctrica es transformada en calor total o parcialmente, por ejemplo : calefactores o motores respectivamente.

**Resistencia del aislante.** Para aislar los conductores se utilizan materiales conductores de mala conductancia tales como, vidrio, betún, aceite, goma, baquelita, PVC, cartón, porcelana, etc., siendo los valores satisfactorios de aislamiento de 500,000 [ $\Omega$ ] y 10,000,000 [ $\Omega$ ] para aparatos de a baja y alta tensión.

Ya familiarizados con estos conceptos de tensión, corriente y resistencia que se relacionan en un circuito nos resta agregar la ecuación que las relaciona matemáticamente :

$$I = \frac{V}{R} \dots (3.9)$$

**Potencia eléctrica.** La potencia eléctrica esta determinada por el proceso de conversión de energía en el tiempo, recordando que la potencia  $P$  es el trabajo  $W$  por unidad de tiempo y que el trabajo eléctrico  $W=QV$  de modo que la potencia eléctrica es

$$P = \frac{W}{t} = \frac{QV}{t} \dots (3.10)$$

y si

$$I = \frac{Q}{t} \dots (3.11)$$

por lo tanto la potencia eléctrica queda definida como

$$P = IV = \frac{V^2}{R} = I^2 R \dots (3.12)$$

de esta forma la potencia eléctrica está dada por el producto de la corriente por el voltaje. La unidad de potencia en el SI es el watt [W] o vatio cuyo nombre se debe en honor a científico inglés James Watt (1736-1819).

Debido a que la potencia consumida por un componente eléctrico es principalmente en forma de calor, a las pérdidas de potencia en forma de calor se le denomina "efecto Joule".

**Magnetismo :** el magnetismo es un efecto esencial e importante producido por la corriente eléctrica. Para nuestro cometido la importancia radica en que este efecto es muy útil en la técnica electroneumática, por ejemplo el principio de funcionamiento de los relevadores (relés) y de los contactos electromagnéticos usados muy frecuentemente se basan en el magnetismo.

**Electromagnetismo.** De los experimentos eléctricos realizados por el físico danés Hans Christian Oersted en 1820 se desprenden algunos fundamentos del electromagnetismo.

- 1) Todo conductor por el que fluye una corriente eléctrica produce un campo magnético.
- 2) La dirección de la corriente en el conductor define las líneas de fuerza. Si un alambre que conduce corriente se sujeta con la mano derecha de modo que el pulgar señale en el sentido de la corriente convencional, los demás dedos indican el sentido del campo magnético.
- 3) La intensidad de la corriente en el conductor define la intensidad del campo magnético.

Las unidades del campo magnético son : weber / metro cuadrado [ $\text{Wb}/\text{m}^2$ ] y en el SI se le da el nombre de Tesla [T], estos nombres son en honor del físico alemán Wilhelm Weber y al inventor Yugoslavo Nikola Tesla.

Por ejemplo en una bobina por la que fluye una corriente eléctrica, se forma un campo magnético. Este campo magnético puede actuar sobre otros dispositivos, permitiendo una acción conmutadora en relés, contactores, etc.

#### *Consideraciones.*

Si la corriente que circula por el conductor es alterna, también se crea un campo magnético, pero en este caso dicho campo cambia constantemente de valor y de sentido y se llama campo magnético alternante. Tratándose de corriente continua, el valor y el sentido del campo magnético no varían.

**Capacitancia.** La capacitancia es esencialmente la "capacidad" de carga de un capacitor para un voltaje dado. Donde la carga total Q que se transfiere depende del potencial eléctrico o voltaje V por ejemplo en una batería. A mayor voltaje, mayor carga se acumula en las placas.

La capacitancia tiene unidades de [coulomb / volt] y la unidad de capacitancia recibe el nombre de farad o faradio en honor al científico inglés Michael Faraday (1791 - 1867).

*Condensador o capacitor.*

Cuando un conductor debido a una transferencia de carga queda cargado, en algún otro lugar otro conductor adquiere una carga igual y de signo contrario. Por lo tanto se dice que dos conductores próximos con carga Q igual y opuesta forman un capacitor.

Cuando un capacitor se conecta a una batería, esta última suministra la energía necesaria para transferir carga eléctrica de una placa a otra, mediante acción química, al irse transfiriendo carga negativa de una placa a otra placa, la transferencia adicional posterior de carga requiere cada vez de más trabajo, puesto que las cargas ya transferidas repelen a las posteriores.

En la práctica existen distintos tipos de capacitores tanto en formas geométricas como en materiales, sin embargo en todos los casos constan de un par de elementos conductores, y entre ellos se encuentra un material aislante llamado dieléctrico. A los capacitores con forma fija y capacitancia constante se les denomina capacitores fijos y a los que por el contrario tienen la capacidad de variar su capacitancia son capacitores variables.

La energía almacenada en un capacitor cargado se da por la ecuación que define la capacitancia

$$C = \frac{Q}{V} \dots (3.13) ; \quad \text{donde} \quad C: \text{capacitancia.}$$

por lo tanto la energía potencial se puede expresar de tres modos:

$$U = \frac{1}{2} QV = \frac{Q^2}{2C} = \frac{1}{2} CV^2 \dots (3.14)$$

Siendo la última la más adecuada en aplicaciones prácticas.

### ***II.3 Elementos Eléctricos Aplicados En El Mando De Un Sistema Neumático.***

Al incorporar la energía eléctrica a los sistemas de mando o de trabajo de cualquier sistema, ésta debe ser conducida, procesada y transmitida por medio de una serie de elementos dispuestos de manera adecuada. Estos elementos poseen una forma constructiva bien definida, pero en la mayoría de los casos no es práctica la incorporación de sus esquemas constructivos en los diagramas de distribución que describen las instalaciones de las cuales forman parte. Por lo que, para una mayor claridad y simplificación de los diagramas, estos elementos se representan en por medio de símbolos .

No obstante resulta necesario al momento de efectuar una instalación o para detectar fallas en los sistemas de manera ágil, no sólo entender el significado de los símbolos en los diagramas de la instalación, sino también, conocer en todo lo referente a su construcción funcionamiento y aplicación a aquellos elementos que resultan ser los más utilizados e importantes en las aplicaciones, para nuestro caso las de automatización.

Habiendo dado a conocer los motivos de este apartado, en el cual se exponen las características más sobresalientes de los principales elementos que conforman a la parte de mando. Tales como : elementos de introducción de señales, elementos de procesamiento y conversión... . Se procederá a señalar sus aplicaciones , así también los describiremos con cierto detalle a fin de procurar un mayor entendimiento.

#### **III.3.1 - Elementos de introducción de señales eléctricas.**

Estos elementos tienen la finalidad de permitir la entrada de señales eléctricas provenientes de diversas partes del mando de un equipo, con diferentes tipos y tiempos de accionamiento. Si un equipo esta siendo controlado por medio de conmutación de contactos eléctricos entonces se trata de un mando por contactos ; en el caso contrario, se trataría de mandos sin contacto o también llamado mando electrónico.

Este tipo de elementos están clasificados de acuerdo a su función en : contactos normalmente abiertos, contactos normalmente cerrados y contactos conmutadores. Este último es, en realidad, un ensamblaje constructivo que combina a los dos primeros. Cuando este elemento solo tiene contacto con una conexión se dice que está en posición de reposo.

En cuanto a las formas de accionar dichos elementos, podemos encontrar que puede hacerse de forma manual , mecánica y a distancia, esto último por medio de algún tipo de energía de mando. Además también pueden diferenciarse como pulsadores e interruptores.

**pulsadores** : un pulsador es un elemento tal que al ser activado ya sea por medio de una tecla o botón ocupa en el accionamiento continuo la posición deseada, es decir, una determinada posición de contacto solamente mientras existe la fuerza que provoca el accionamiento del mismo. Al desaparecer la acción vuelve a ocupar su posición inicial.

La aplicación de estos elementos es necesaria para emitir una señal que provoque que una máquina o equipo se ponga en marcha, para comenzar ciclos de trabajo y para realizarse determinados desarrollos funcionales por medio de la introducción de señales o donde hace falta un accionamiento continuo por razones de seguridad. En la siguiente figura se muestran las dos versiones independientes de dichos elementos y la configuración combinada de ellos.

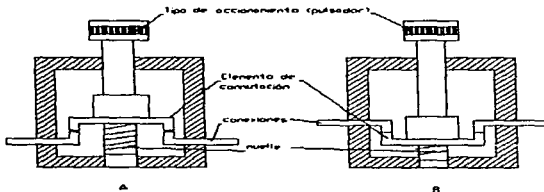


Fig. 3.1 Pulsadores con interruptor a) normalmente abierto y b) normalmente cerrado



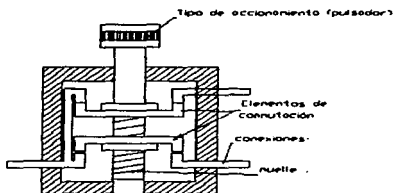


Fig. 3.2 Pulsador de efecto combinado.

**Funcionamiento :** al accionarse el pulsador, el elemento contactor actúa en contra de un muelle, uniendo o separando de esta forma los contactos que se denominan normalmente abierto (NO) o normalmente cerrado (NC) respectivamente. De esta manera el circuito queda cerrado o abierto, según sea el caso. El interruptor vuelve a su posición normal por acción del muelle cuando cesa la fuerza sobre el pulsador.

Para la configuración combinada, al accionar el pulsador se abre el contacto NC interrumpiendo así el circuito eléctrico a el conectado mientras que el contacto normalmente abierto se cierra, con lo que se cierra el segundo circuito eléctrico. De igual manera que los anteriores al soltar el pulsador, el muelle lo vuelve a colocar en su posición inicial

La industria eléctrica ofrece en el mercado distintos tipos de pulsadores, incluyendo versiones con varios contactos de un mismo tipo o combinados, por ejemplo dos NO y dos NC o tres y uno de ello respectivamente e incluso los hay con testigos.

**interruptores :** Al igual que los anteriores el interruptor también ocupa debido al accionamiento una posición de conexión muy determinada. Pero para mantener dicha posición no es necesario un accionamiento continuo ya que por lo general estos tienen incorporado un sistema de enclavamiento o bloqueo mecánico, y solo si son accionados nuevamente regresan a su posición original.

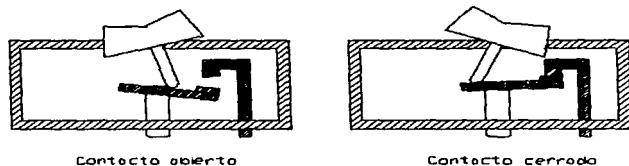


Fig. 3.3a Interruptor de balancín

Los elementos generadores de señales eléctricas pueden tener diversas formas de accionamiento, por ejemplo de botón, estos mantienen su posición por medio mecánico al ser accionados. Estos casos se rigen por una norma en la cual es importante tanto la ubicación de los botones como algunos símbolos que se les asocian .

Con respecto a la ubicación existen dos formas : si los botones se encuentran de forma adyacente (uno al lado del otro) el botón de desconexión está situado siempre a la izquierda. En botones subyacentes (uno sobre el otro) el botón de desconexión está situado siempre abajo. Para los símbolos asociados la activación se marca con una raya y la desactivación con un círculo o bien la identificación puede ser EIN, AUS / ON, OFF. Y pueden ubicarse junto a los botones o sobre ellos. (ver figura 3.3)

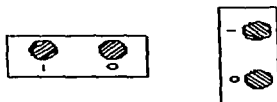


Fig. 3.3b Interruptores de botón.

**interruptores de final de carrera :** Al igual que sus similares neumáticos, estos interruptores permiten detectar determinadas posiciones de piezas o elementos de trabajo. Los criterios para

la elección de este tipo de emisores de señales son : el esfuerzo mecánico, la seguridad del contacto y la exactitud del punto de conmutación.

Para su ejecución, estos interruptores de final de carrera cuentan normalmente con un sistema de contacto conmutado, y en algunas versiones especiales están provistos de otras combinaciones de contactos. Los interruptores de final de carrera también pueden clasificarse según la entrada de la señal en : contacto lento o contacto de ruptura brusca. (fig. 3.4)

En el primer caso los contactos abren y cierran a la misma velocidad que el accionamiento del pulsador, siendo apropiado el uso de este tipo de elemento para bajas velocidades de accionamiento.

Tratándose de contactos de ruptura brusca la velocidad de accionamiento no es tomada en cuenta, puesto que el interruptor conmuta bruscamente en un punto determinado. El accionamiento de los finales de carrera puede llevarse a cabo por medio de una pieza fija, por ejemplo levas o placa con rodillo. Además al ser montados estos elementos debe acatarse las indicaciones en cuanto a ángulo de accionamiento y la sobrecarrera.

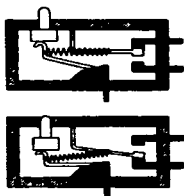


Fig. 3.4 Interruptor mecánico de final de carrera

**detectores de posición sin contacto** : los elementos accionados sin contacto también llamados detectores de proximidad son interruptores electrónicos que funcionan sin contacto directo, lo que significa que conmutan por la aproximación de cierto elemento, haciendo la conmutación de manera silenciosa , sin rebotes, sin efecto retroactivo, sin desgaste de contactos y sin utilización de fuerza para su accionamiento.

Este tipo de elementos son utilizados cada vez con más frecuencia en la técnica de mandos. Están compuestos de una parte sensora y de otra que procesa la señales. Si la parte procesadora de señales produce señales binarias, se trata entonces de detectores de proximidad o iniciadores. Los detectores sin contacto son utilizados preferentemente en los siguientes casos :

- si no se dispone de fuerza para el accionamiento ;
- si es necesario asegurar una vida útil larga ;
- si en el sistema se producen fuertes vibraciones o trepidaciones ;
- si las condiciones del medio ambiente son inapropiadas para otros tipos ;
- si son necesarias altas frecuencias de conmutación.

Sin embargo debe tomarse en cuenta lo siguiente :

- los detectores de proximidad tienen que ser alimentados con corriente eléctrica, para lo cual suele recurrirse al circuito de corriente del mando ;
- la distancia de conmutación es decir, el alcance de respuesta del detector depende del material del cual está construido el objeto que se "aproxima" al detector ;
- algunos tipos de detectores sin contacto solo reaccionan frente a metales ;
- los detectores varían según se trata de circuitos de corriente continua o alterna ;
- la humedad y la temperatura del ambiente suelen influir ligeramente en la distancia de respuesta. ( los detectores inductivos son los menos sensibles a estos factores ) ;
- dado que los detectores pueden provocar interferencias recíprocas, es necesario acatar una distancia mínima entre ellos ;
- se deben considerar las prescripciones definidas por el fabricante para su montaje.

En el capítulo cuatro se habla más ampliamente sobre los detalles de los principales tipos de sensores utilizados en la industria, de hecho dicho capítulo está realizado expresamente para estos tan importantes elementos para la automatización. Sin embargo por ser de especial interés para la electroneumática mencionaremos algo sobre el detector de proximidad basado en el principio de Reed.

**detector de proximidad eléctrico:** este tipo particular de detector de proximidad está compuesto de un contacto reed inyectado junto con un tubo de vidrio lleno de gas protector y fundido en un bloque de resina sintética. Dicho contacto cierra al atraerse las lengüetas solapadas de este cuando se acerca un campo magnético y entonces emite una señal eléctrica. Al alejarse el campo magnético las lengüetas de contacto se separan. Las conexiones eléctricas también se encuentran fundidas en un bloque de resina.

El estado de conmutación es indicado por un diodo luminoso (led). En estado de excitación se ilumina el diodo de color. Este tipo de elemento sensor suele ir montado sobre la camisa del cilindro (cuando el cilindro posee un émbolo con un campo magnético permanente "imán"). ofreciendo algunas ventajas de acuerdo con la aplicación. (ver figura 3.5).

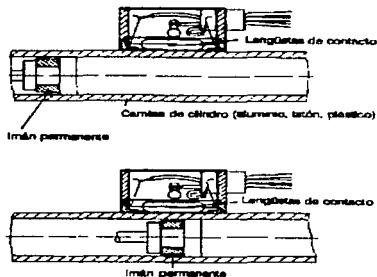


Fig. 3.5 Sección transversal y montaje de un detector de proximidad eléctrico.

**Consideraciones :** no es recomendable la instalación de detectores de proximidad magnéticos cerca de campos magnéticos fuertes. Así mismo hay que tomar en cuenta que no todos los cilindros son apropiados para que se coloque sobre ellos este tipo de elemento.

A continuación se presenta sus valores y parámetros característicos del elemento descrito :

Medio	Campo magnético
Construcción	Emisor de señales eléctricas para indicación de posición sin contacto, mediante campo magnético.
Capacidad máx. de conmutación	corriente continua 24 V tensión alterna 30 V <sub>a</sub>
Intensidad máx. de conmutación	1.5 A
Tensión máx. de conmutación	220 V
Picos de tensión máx.	500 V
Resistencia	100 $\Omega$
Exactitud reproducible	$\pm 0.1$ mm
Frecuencia	máx. 500 Hz
Tiempo de conmutación	$\approx 2$ ms
Protección según DIN 400 50	IP 66
Margen de temperatura	-20°C hasta +60°C +10°C hasta +120°C

### III.3.2 - Elementos Eléctricos Para El Procesamiento De Señales.

**Relevadores:** un relevador (o Relé ) es esencialmente un interruptor de rendimiento definido de accionamiento electromagnético. En él se emplea una bobina con un núcleo fijo, es decir un imán. Cuando la bobina se energiza, la fuerza magnética atrae un brazo de contacto, denominado armadura o inducido, hacia la bobina. El movimiento de la armadura abre o cierra un circuito auxiliar dependiendo de como este dispuesto.

Anteriormente los relevadores eran utilizados principalmente como amplificadores en las telecomunicaciones. En la actualidad éstos son empleados en máquinas y equipos como elementos de control y regulación.

Una de las principales ventajas de los circuitos activados por relevador es que hacen posible el control mediante bajos voltajes de circuitos mayores que emplean alto voltaje. Cualquier relevador debe cumplir con determinados requisitos prácticos, tales son :

- no debe tener necesidad de mantenimiento ;
- debe tener capacidad para elevadas frecuencias de conmutación ;
- debe ser capaz de manejar conmutación de corrientes y tensiones muy pequeñas y, también, relativamente altas ;
- poseer alta velocidad de trabajo, es decir, tiempos mínimos de conmutación.

**descripción del funcionamiento :** al conectar tensión a la bobina, fluye una corriente que genera un campo magnético que desplaza al inducido hacia el núcleo de la bobina. El inducido por su parte está provisto de contactos mecánicos que pueden abrir o cerrar. El estado que guarde se mantiene mientras este aplicada la tensión. Al interrumpirla, el inducido vuelve a su posición normal por acción de un muelle.

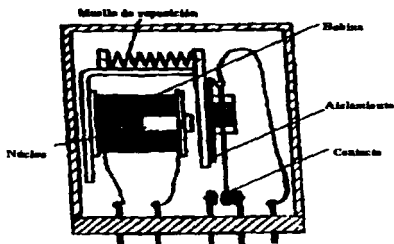


Fig. 3.5 Sección transversal de un relevador

Aún con la gran difusión y empleo de la electrónica, los relevadores sigue teniendo gran aplicación en la industria en general, por razones como :

- su fácil adaptación a diversas tensiones de trabajo ;
- insensibilidad térmica al medio ambiente. Los relevadores funcionan fiablemente a temperaturas entre  $-40$  [°C] y  $80$  [°C] ;
- resistencia relativamente elevada entre los contactos de trabajo desconectados ;
- posibilidad de activar varios circuitos independientes entre sí.
- presencia de una separación galvanizada entre el circuito de mando y el circuito principal.

No obstante también presentan algunas desventajas :

- sufren de desgaste en los contactos por arco voltaico u oxidación ;
- necesidad de más espacio que los transistores ;
- ruidos al conmutar ;
- velocidad de conmutación limitada de  $3$  [ms] a  $17$  [ms] ;
- posibles interferencias por suciedad en los contactos.



Para elegir un relevador se recurre a fichas técnicas que incluyen todos los valores de importancia, tales como corriente, tensión, potencia, conmutaciones, etc..

En la práctica se utilizan tanto relevadores de corriente continua (c.c.) como de como de (c.a.), por lo que indicaran algunas características de cada caso.

tiempo de respuesta	de 8 a 22 ms aprox. Según excitación
tiempo de desconexión	de 2 a 20 ms aprox.
conmutaciones máximas	15 por segundo
tensiones de trabajo	3,6,12,24,36,48,60,110,220,240 de c.a. 3,4,6,8,12,16,24,36,48,60,90,135,200 de c.c.
tensiones de comprobación	2000 [V] de c.c.
potencia de trabajo	de 1.0 a 1.5 [W] en c.c. / 2.0 a 2.2 [W] en c.a.
carga máxima de la bobina	3 [W] / 3.4 [VA]
vida útil mecánica	100 millones de conmutaciones
contactos	2 o 3 contactos alternantes
capacidad máxima de conmutación	200 [V] de c.a. / 6 [A] de carga óhmica

**Bobinas de c.c. :** el núcleo de una bobina de cc siempre es de hierro dulce y masivo, con lo que su estructura es sencilla y robusta. Las pérdidas térmicas durante el funcionamiento son determinadas exclusivamente por la resistencia óhmica de la bobina y por la intensidad de la corriente eléctrica "I", tiene una conductibilidad óptima para el campo magnético

Al conectar la bobina, aumenta lentamente la corriente  $I$ . al cerrarse el campo magnético, la bobina genera una contratensión por inducción que actúa en contra de la tensión aplicada.

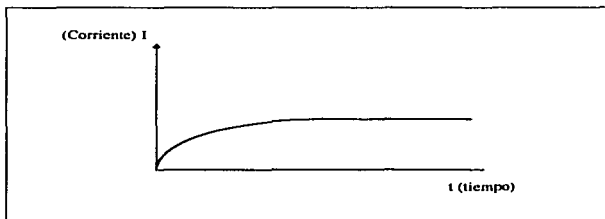


Fig. 3.5 Ascenso de la corriente al conectar una bobina de cc

Al ser desconectada desaparece en consecuencia el campo magnético, entonces es posible que aparezca una tensión autoinductiva muy superior a la tensión de la bobina. Provocando por la desconexión, una tensión que puede dañar el aislamiento de la bobina o provocar una carga considerable en los contactos por efecto de arcos voltaicos. Para contrarrestar estos efectos se puede incorporar un "extintor de chispas". Cabe anotar, que el uso de extintor de chispas implica un mayor tiempo de desconexión

**bobinas de c.a. :** el inducido y la culata magnética están compuestos de varias chapas laminadas, las pérdidas se producen tanto en la bobina de cobre como en hierro. Estas pérdidas son calificadas como pérdidas parasitarias y por histéresis.

Al conectar la bobina de c.a. surge una fuerte corriente  $I$  en función de la resistencia aparente  $Z$  (pérdidas), de la resistencia  $R$  y de la inducción  $L$ . La fuerza de atracción es relativamente grande en concordancia con el alto valor de la corriente  $I$ . De este modo se obtienen tiempos de conexión relativamente breves.

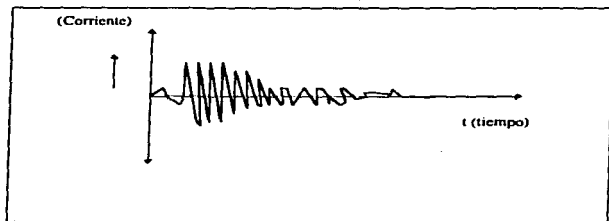


Fig. 3.6 Corriente al conectar una bobina de c.a.

para este caso el arco voltaico que se produce al ser desconectada es menos peligroso que el de la bobina de c.c., ya que se apaga al no existir corriente. Los picos de tensión que pueden surgir pueden mantenerse en niveles mínimos mediante una combinación de resistencia y condensador.

**Relevadores polarizados :** este tipo de relevadores es utilizado en aquellos casos en los que se dispone de poca potencia para la excitación del relevador. La potencia de respuesta para dicho relevador va de 0.1 hasta 0.5 [mW].

Por su construcción, el muelle permite que el inducido adquiera tres diferentes posiciones, denominadas de reposo unilateral , de reposo bilateral e intermedia.

**Relevadores de impulso de corriente :** son contactores electromagnéticos que mantienen su estado de conmutación incluso cuando se les suspende la energía ( impulso de mando). Dicha permanencia del estado de conmutación se obtiene mediante un bloqueo mecánico. Este tipo es utilizado en las instalaciones eléctricas. Y básicamente están compuestos de un imán, un

inducido y contactos de conmutación pudiendo ser estos últimos normalmente cerrados o abiertos.

**Relevadores de adherencia** : se trata de un tipo especial con mucho magnetismo residual, por lo que su inducido mantiene su posición incluso después de retirarse el impulso de mando. También pueden mantener su estado de conmutación si se interrumpe la red eléctrica. Se trata, pues, de un relé con autorretención magnética. Un impulso positivo lo excita y lo mantiene en ese estado por un tiempo indeterminado ; un impulso negativo lo desconecta.

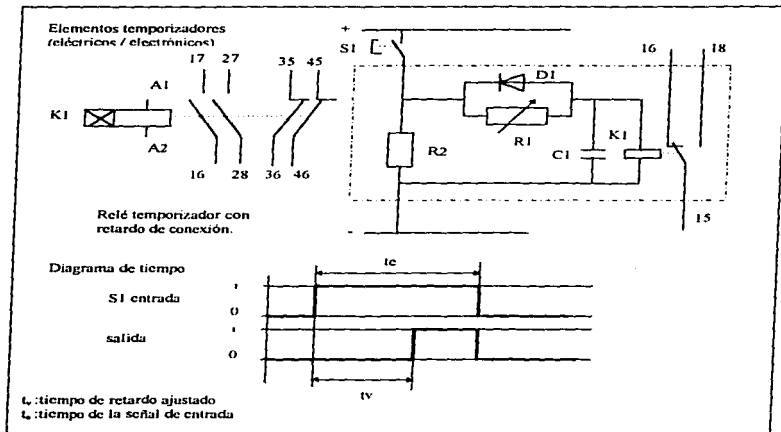
#### *Ficha técnica*

Duración del impulso.	<p>mínimo 30 ms para magnetización ;  mínimo 25 ms para desconexión ;  Máximo 2 minutos con un periodo de conexión (E.D.) del 50%.</p>
Temperatura admisible en el núcleo.	Máximo 80 °C

**Relevador temporizado** : Este tipo de relevador tiene la función de desconectar o conectar contactos en un circuito acoplados detrás de los interruptores nc o no. la operación es realizada después de un tiempo determinado y ajustable. Existen de dos clases :

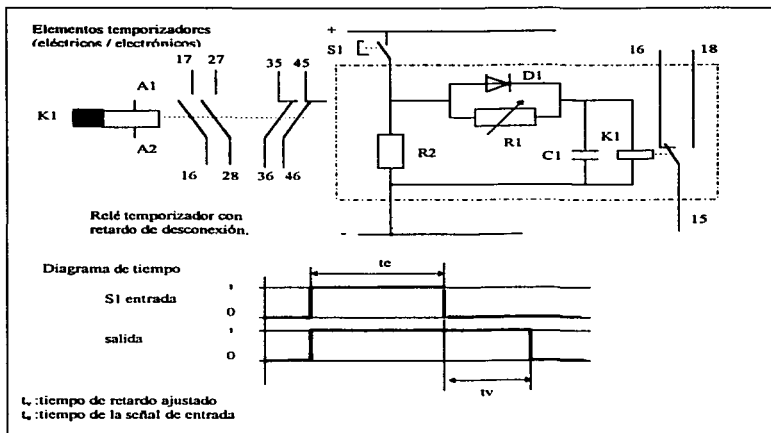
**Relevador temporizado con retardo de conexión** : basándonos en la siguiente figura, el funcionamiento consiste en que al ser accionado  $S_1$  fluye una corriente por una resistencia regulable  $R_1$  hacia el condensador  $C_1$ . El diodo  $D_1$ , acoplado en paralelo, no permite el paso de corriente en esa dirección. Por la resistencia de descarga  $R_2$  también fluye una corriente, que en esta fase no tiene importancia. El relé conmuta cuando el condensador alcanza la tensión de respuesta del relé  $K_1$ . Al soltar  $S_1$  se interrumpe el circuito eléctrico y el condensador se descarga rápidamente a través del diodo  $D_1$  y la resistencia  $R_2$ . en consecuencia, el relé pasa inmediatamente a su posición normal. La resistencia  $r_1$  permite regular la corriente de carga

del condensador y, por consecuencia el tiempo que transcurre hasta que se alcanza la tensión de respuesta de  $K_1$ . Si se ajusta una resistencia elevada fluye una corriente pequeña, con lo que el tiempo de retardo es largo, para una resistencia  $R_1$  pequeña el tiempo de retardo es breve. La resistencia de descarga evita un cortocircuito al accionarse  $S_1$ .



**Relevador temporizado con retardo a la desconexión**: también basándonos en el sistema que lo representa, su funcionamiento consiste en que al ser accionado  $S_1$  fluye la corriente a través del diodo  $D_1$  hacia el condensador  $C_1$  y el relé  $K_1$ . El relé conmuta inmediatamente. La corriente que fluye a través de  $R_2$  carece en este momento de importancia.

Al soltar el pulsador  $S_1$  se interrumpe el circuito. Entonces puede descargarse el condensador  $C_1$  por la resistencia regulable  $R_1$  y la resistencia  $R_2$  pues el diodo  $D_1$  la bloquea.



La resistencia R1 permite regular la corriente de descarga y, en consecuencia, el tiempo que transcurre hasta que desconecta el relé.

Siendo grande la resistencia fluye una corriente de descarga pequeña, con lo que es largo el tiempo de retardo de desconexión. Si por la contrario es pequeña la resistencia R1 fluye mucha corriente de descarga y el tiempo de retardo es breve.

La resistencia de descarga evita un cortocircuito al accionarse S1.

**Solenoides** : estos son semejantes a los relevadores excepto en que el electroimán contiene un núcleo móvil. Básicamente, un solenoide es un dispositivo electromecánico que convierte energía eléctrica en movimiento lineal. Cuando el electroimán se energiza la fuerza magnética

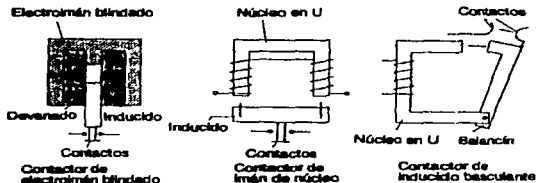
atrae al núcleo hacia la bobina proporcionando acción mecánica. Puede usarse un resorte para que el núcleo regrese a su posición original cuando el circuito de la bobina se abre.

**Contadores electromagnéticos** : se trata de contactos de accionamientos electromagnético capaces de activar potencias grandes con pequeñas potencia de mando.

Los contactos son inducidos por un electroimán. El contador es accionado cuando el devanado lleva corriente. La fuerza de tracción se produce por el campo magnético creado por el paso de la corriente. Los contactos accionados por el inducido cierran o abren y permiten el paso de la corriente. Estos tienen diferentes aplicaciones por ejemplo motores , equipo de aire acondicionado, grúas etc..

El símbolo de los contactos electromagnéticos es idéntico al de los relevadores , cambiando tan sólo la denominación de los contactos.

Los tipos de contactos electromagnéticos se muestran en el siguiente cuadro.



**Sistemas de conversión electromagnéticos.** el uso de estos elementos es necesario para utilizar mandos con aire a presión y corriente eléctrica, aprovechando así las ventajas que ofrecen ambos medios. A éstos elementos se les clasifica como :

- **electroválvulas de vías** : Estas son del mismo tipo que las descritas en el capítulo de neumática ; sin embargo la activación de éstas es por medio eléctrico, pero se clasifican en general en : accionamiento manual, servopilotaje o combinación de ambos, con pilotaje en una (monoestable) o ambas (biestable) partes laterales del cuerpo de la válvula . Existen en dos versiones normalmente cerrada (n.c.) y normalmente abierta (n.a.). Las posiciones que pueden guardar van desde dos hasta cuatro según su construcción.
- **convertidor de señales neumático - eléctrico (PE)** : Una señal neumática  $x$  desplaza un pequeño émbolo que activa un microinterruptor. Este emisor de señales eléctricas actúa alternativamente como n.c. o n.a. o como conmutador. Al interrumpir la señal de entrada  $x$  el émbolo vuelve a su posición normal por acción de un muelle con lo que queda libre el emisor de señales eléctricas. El rango de presiones va desde 0.8 [bar] hasta 10 [bar].

También existen otros elementos similares por ejemplo uno que trabaja con bajas presiones que van de 0.5 mbar a 250 mbar, o el presostato, en el que la conmutación y por lo tanto la transformación se da solo si la presión de entrada  $x$  es mayor a la que se haya ajustado el muelle. El margen de presiones abarca desde uno hasta diez bar.

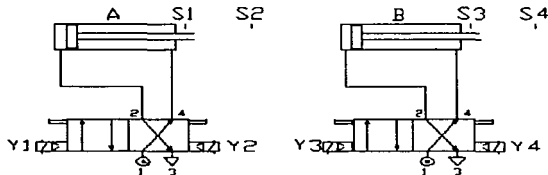
Todos los convertidores de señales funcionan con las tensiones usuales de corriente continua o alterna. La bobina o el microinterruptor tiene que incorporarse según la aplicación concreta del convertidor.



### III.4-Realización De Esquemas De Distribución Electroneumáticos:

Para la solución o comprensión de un problema, en el cual se ha decidido aplicar, o en el que se ha aplicado la electroneumática, deberemos seguir el mismo método de trabajo que en el caso de los sistemas totalmente neumáticos vistos en el capítulo correspondiente (planteamiento del problema, plano de situación, diagramas de desarrollo y de funcionamiento, esquemas lógicos, funcionales y de distribución, lista de elementos) e incluso de ser necesario agregar alguna recomendación. No obstante en la electroneumática la elaboración del diagrama de distribución consta de dos partes, una para representar los elementos de la parte operativa y otra para la de mando.

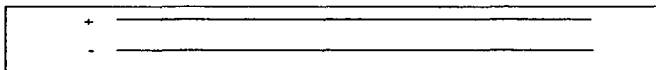
Los elementos que forman a la parte operativa, generalmente actuadores neumáticos y válvulas de vías deben ser trazados en el orden correspondiente e indicando sus conexiones físicas, de acuerdo, al procedimiento marcado en el apéndice B. (parte neumática).



Los elementos correspondientes a la parte de mando, en éste caso de tipo eléctrico, se representarían de acuerdo con la simbología (apéndice C) dentro de un esquema estructurado con la lógica de escalera, el cual se traza justo debajo de la parte neumática y de forma horizontal.

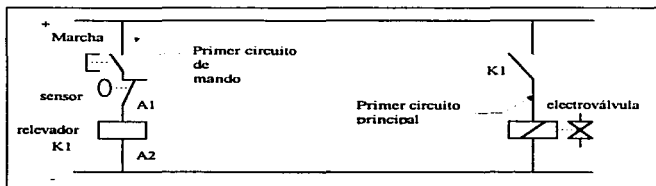
**III.4.1 Procedimiento :<sup>2</sup>**

1. se trazan dos líneas rectas paralelas ente sí. Estas representan a las líneas de tensión, siendo la superior el polo positivo y la inferior el negativo.



2. se trazan de forma perpendicular a las líneas anteriores y de manera anidada otras líneas que contienen los símbolos de los elementos pulsadores, sensores de posición, relevadores y bobinas de pilotaje. Estas líneas se conocerán como circuitos de mando y circuito principal dependiendo con su ubicación y los elementos que contengan.

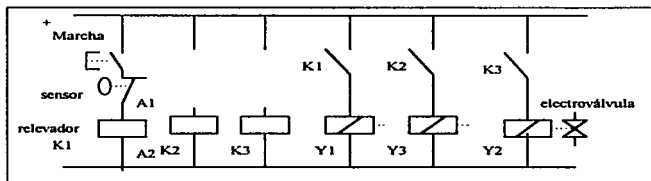
- El primer circuito de mando es trazado en el extremo izquierdo ( viéndolo frente a nosotros), y contiene intercalados en serie o en paralelo según el caso, y, del polo positivo al negativo los símbolos de todos aquellos elementos que nos proporcionan alguna señal, empezando por el pulsador de arranque, siguiendo los sensores de posiciones iniciales (en caso necesario), y terminando con el elemento de procesamiento de la señal de salida (generalmente relevadores), que será activado con la corriente eléctrica que fluye a través de la línea y de los elementos anteriores cuando se encuentren cerrados.



<sup>2</sup> Este procedimiento nos pareció el más adecuado, sin embargo existen otros métodos.

- El primer circuito principal se traza al lado derecho (viéndolo frente a nosotros), y contiene intercalado, pero ahora representado como contacto al elemento de procesamiento de señales del primer circuito de mando. Y como elemento receptor de la señal el símbolo de una bobina para pilotaje de alguna válvula de vías que estará asociada a un actuador X.

Los siguientes circuitos tanto de mando como principales necesarios para el adecuado control, se trazan paralelamente al lado derecho de los inmediatamente anteriores de su tipo. Siempre los de mando del lado izquierdo y los principales del lado derecho del cuadro<sup>3</sup>



<sup>3</sup> En el apéndice del capítulo se incluye una amplia simbología y la nomenclatura asociada a los símbolos.



**Capítulo IV**  
**Sensores**

## **IV. SENSORES**

### ***IV.1 Generalidades***

En este capítulo se hablará sobre los diferentes tipos de sensores, su significado, clasificación, principios de operación, usos y principales aplicaciones. Se verá un panorama general de los detectores para posteriormente comentar sobre los sensores que se seleccionaron para el laboratorio de Neumática y PLC's.

La detección es un proceso fundamental en la automatización y de ahí se deriva su importancia en el aprendizaje en esta área. Al detectar se obtiene información que posteriormente se puede utilizar para diferentes aplicaciones y en distintas partes de los procesos.

Al hablar de sensores tenemos que mencionar a los transductores, en conjunto forman equipos que proveen información sobre los estados o condiciones de un sistema y de esa manera poder controlar las operaciones del mismo.

Con el advenimiento de la revolución industrial la instrumentación, detección y medición comenzaban a aplicarse a la manufactura de bienes. Los primeros instrumentos proveían información de parámetros físicos básicos concernientes con la operación del proceso. La retroalimentación (la cual se basa en el sentido o detección) estaba a cargo del operador el cual leía los instrumentos o verificaba estados para así poder hacer los ajustes necesarios al proceso.

El siguiente paso consistió en integrar cada vez más la detección e instrumentación con el proceso en sí, para de esta manera proveer de retroalimentación al control de la máquina y cada vez más poder regular el sistema con la mínima intervención manual posible.

Por lo explicado anteriormente podemos hacer referencia a la importancia de la sensorica o del empleo de instrumentos de detección para la enseñanza de la automatización. En el laboratorio

de neumática y PLC's se cuenta con algunos de los sensores que generalmente emplea la industria, los cuales interactúan íntimamente con los equipos neumáticos y con los controles lógicos programables (PLC's) formando en conjunto una amplia gama de aplicaciones para la automatización de procesos, por lo que su estudio y aprendizaje se debe de ver como parte integral dentro del laboratorio.

Como primer punto serán proporcionadas algunas definiciones básicas en el campo de la sensorica.

#### ***IV.2 Definiciones.***

***Sensor.*** Dispositivo que forma parte de un sistema de detección y medición que responde a parámetros físicos que son medibles. También son llamados detectores.

***Transductor.*** Componente de un sistema que transfiere información en forma de energía de una parte del sistema a otro, en algunos casos incluye cambios en la forma de energía que contiene la información.

***Sensibilidad.*** La sensibilidad de un instrumento es la razón entre el incremento de la lectura y el incremento de la variable que lo ocasiona después de haberse alcanzado su estado de reposo.

De forma básica podemos entender el uso del sistema sensor / transductor mediante la siguiente figura:

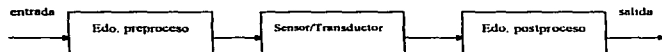


Fig. 6.1 Sistema sensor / transductor

El estado de preproceso sirve para caracterizar la información de la señal entrante al elemento sensor, entonces este detecta y responde a estímulos físicos generando la salida al transductor. La señal de salida del transductor es entonces operada por el estado de postproceso para proveer la salida final.

La función principal del transductor es la de transferir o transformar energía de un tipo a otra, podemos identificar 6 señales de energía dominantes para la transferencia de información:

1. *Radiante*. Cubre todos el espectro de radiación electromagnética. Algunos de sus principales parámetros son: frecuencia, fase, intensidad y polarización.
2. *Mecánica*. Cubre parámetros como distancia, velocidad, tamaño y fuerza.
3. *Térmica*. Cubre efectos de temperatura en materiales e incluye parámetros como capacidad térmica, calor latente y cambios de fase.
4. *Eléctrica*. Cubre parámetros eléctricos como corriente voltaje, resistencia y capacitancia.
5. *Magnético*. Cubre parámetros como campos magnéticos.
6. *Químico*. Cubre estructuras internas, concentraciones, estructuras cristalinas de materiales.

#### IV.3 Clasificación.<sup>4</sup>

Por su naturaleza de detección podemos clasificar a los sensores como:

1.	Sensores fotoeléctricos (ópticos)
2.	Sensores de proximidad inductivos
3.	Sensores de proximidad capacitivos.
4.	Sensores ultrasónicos
5.	Sensores de efecto Hall
6.	Sensores de contacto
	a) binarios
	b) analógicos

<sup>4</sup> En el apéndice D se muestran los principales tipos de sensores de un fabricante.

#### ***IV. 4 Terminología***

Es importante en el estudio de los detectores o sensores conocer los siguientes términos, para poder así entender lo referente a estos y seleccionar de forma correcta y en base los requerimientos que se tengan. En el laboratorio de neumática y PLC's se pretende que el alumno no solamente sepa usar los sensores, también se busca que pueda hacer una selección de estos, por lo que se debe de conocer lo mejor posible la terminología de uso común en sensorica.

*Alcance nominal (Sn).* Es el alcance con el que generalmente designamos al detector.

*Alcance real (Sr).* Este tipo de alcance se mide bajo tensión nominal ( $U_n$ ) y a la temperatura ambiente. Debe de estar comprendido entre un 90% y un 110% del alcance nominal.

*Alcance útil (S).* Se mide en condiciones específicas de tensión y temperatura. Debe de estar comprendido entre un 90% y un 110% del alcance real.

*Alcance de trabajo (Sa).* Es la distancia de trabajo tomando en cuenta el medio ambiente y el reflector utilizado.

*Retraso a la disponibilidad.* Es el tiempo necesario para garantizar el estado de la señal de salida de un detector a la puesta en tensión.

*Retraso al accionamiento (Ra).* Tiempo que transcurre desde que el objeto entra en la zona activa y cambia de la señal de salida. Este tiempo limita la velocidad de paso en función de las dimensiones del móvil.



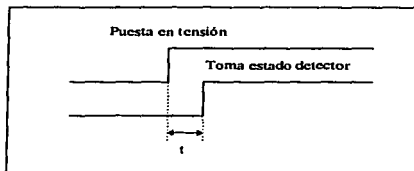


Fig. 6.2 Retraso al accionamiento

**Retraso al desaccionamiento ( $R_r$ ).** Es el tiempo que transcurre desde la salida del objeto de la zona activa y el cambio de la señal de salida. Este tiempo limita el intervalo entre dos móviles.

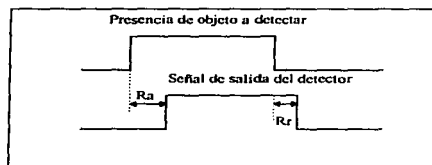


Fig. 6.3 Retraso al desaccionamiento

**Intensidad residual ( $I_r$ ).** Intensidad que circula por el detector en estado abierto.

**Tensión residual ( $U_r$ ).** Tensión residual en los bornes del detector en estado pasante.

**Diodo emisor de luz (L.E.D.).** Componente electrónico semiconductor que emite una luz cuando circula por él una corriente eléctrica. Dicha luz puede ser visible o no dependiendo de la longitud de onda de la misma.

**Placa de medida**, (placa estándar). Placa cuadrada de acero dulce de 1 [mm] de espesor. Un lado del cuadrado es igual al diámetro del círculo inscrito en cara sensible o tres veces el alcance nominal ( $S_n$ )

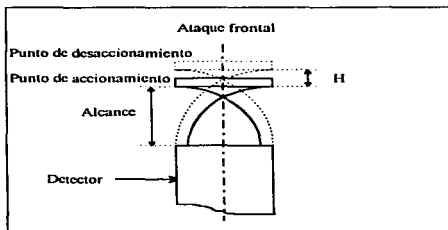


Fig. 6.4 Placa de medida

**Carrera diferencial** (histéresis)  $H$ . Distancia entre el punto de acción cuando la placa medida se acerca al detector de proximidad y el punto de desaccionamiento cuando la placa se aleja del detector.

**Reproductibilidad** (fidelidad)  $R$ . Es la precisión de reproducción entre dos medidas del alcance para unos intervalos de tiempo, temperatura y tensión especificados. 8 horas, 10 a 30°C, Un  $\pm 5\%$ .

**Distancia de conmutación**. Es la distancia entre el objeto y el sensor en el momento de actuar. La distancia de conmutación depende del objeto a detectar.

En algunos sensores se tiene la posibilidad de ajustar la distancia de conmutación por medio de un tornillo de ajuste.

**Reflector.** Accesorio utilizado con sensores tipo reflex. El reflector consta de múltiples triángulos trirrectángulos de reflexión total cuya propiedad consiste en reflejar cualquier rayo luminoso incidente en la misma dirección.

#### ***IV.5 Sensores Fotoeléctricos.***

Un sensor o detector fotoeléctrico es un dispositivo que transforma una radiación electromagnética en una señal eléctrica. Operan en el espectro electromagnético que va del infrarrojo al ultravioleta.

Responden adecuadamente sin contacto de material a la mayoría de los materiales por ejemplo: vidrio, madera, materiales sintéticos, lámina cerámica, papel, líquidos y metal. Este tipo de sensores trabaja adecuadamente a través de láminas de vidrio y de películas de agua, es totalmente insensible a las sacudidas, impermeable al agua y no sufre desgaste alguno.

Los elementos principales que constituyen a estos equipos son:

- a) Una fuente de energía radiante
- b) Un sistema de transmisión para dirigir la luz (energía) desde la fuente.
- c) Un transductor que modifique de alguna manera la luz.
- d) Un detector para registrar los cambios que hace el transductor.

Los sensores fotoeléctricos los podemos clasificar de la siguiente manera:

- a) Sensores fotoeléctricos de barrera
- b) Sensores fotoeléctricos reflex (o de reflexión)
- c) Sensores fotoeléctricos reflex polarizado
- d) Sensores fotoeléctricos de proximidad.
- e) Sensores fotoeléctricos con borrado del plano posterior

y por sus presentaciones en el mercado los podemos clasificar como:

- a) Detectores de fibra óptica
- b) Detectores miniatura
- c) Detectores compactos,

dependiendo del tamaño del objeto a detectar será el detector que usaremos según la última clasificación. Para objetos pequeños utilizamos el detector de fibra óptica, para objetos medianos usamos el detector miniatura y para objetos un poco más grandes utilizamos el detector compacto.

Todos estos sensores utilizan métodos ópticos y electrónicos para el reconocimiento de objetos. Generalmente se utiliza luz roja o infrarroja, la luz roja tiene la ventaja de permitir un ajuste visual del eje óptico del sensor durante el ajuste. La luz infrarroja se usa cuando se necesita de una elevada luz de salida, por ejemplo para largas distancias. Este tipo de luz es también menos sensible a las interferencias.

Los diodos semiconductores especializados (como fotodiodos y fototransistores) tienen un gran espectro sensitivo, el cual se halla aproximadamente en la gama o rango de los 800 - 900 nm de longitud de onda, son también buenos receptores.

En los sensores del tipo reflex y reflex polarizado así en algunos sensores de proximidad el emisor y el receptor están colocados en un mismo cuerpo, en los sensores de barrera y algunos de proximidad el emisor y el receptor están colocados en cuerpos separados.

#### **IV.5.1 Sensores de barrera**

Constan de dos elementos un emisor y un receptor colocados generalmente uno enfrente de otro, entre los cuales se hace pasar una "barrera" de luz, la cual al ser interrumpida provoca la salida de una señal del transductor, tiene un alcance largo, su detección es precisa y confiable y se adaptan sin dificultad a entornos difíciles.

#### **IV.5.2 Sensores de reflexión o de tipo reflex.**

Constan de un emisor y un receptor montados generalmente sobre el mismo cuerpo y de un elemento reflector, el cual reflejará la señal emitida por el emisor directamente al receptor al igual que el sensor de barrera al ser interrumpida la señal habrá detección. Este tipo de sensores tienen la ventaja de tener una fácil instalación, se debe de tener cuidado con el posicionamiento del elemento reflector, también se debe de cuidar que el reflector sea más pequeño que el objeto a ser detectado.

Si se quieren detectar objetos muy reflectantes debemos de utilizar un sistema de detección reflex polarizado.

Los sensores tipo reflex se pueden usar en ambientes altamente perturbados bajo riesgo de obtener un mal funcionamiento.

Usamos reflectores estándares para pequeños alcances, pero si queremos un mayor alcance debemos de sustituir el reflector por uno de triedros grandes.

#### **IV.5.3 Sensores de proximidad**

Generalmente el emisor y el receptor se encuentran en un mismo cuerpo, sin embargo hay algunos modelos donde están separados. El objetivo de este tipo de detectores es el de reflejar un haz de luz sobre el objeto a detectar, por lo que únicamente detectaran un solo lado del objeto.

Si se quiere detectar un objeto ignorando el plano posterior a este, una detección independiente del color del objeto bien si el plano posterior al objeto es más reflectante que el objeto, se debe se usar un detector de proximidad con borrado del plano posterior o en su defecto ajustar la sensibilidad del detector de proximidad.

En este tipo de detectores podemos ajustar la distancia de conmutación (sensibilidad) por medio de un tornillo de ajuste, por ejemplo si un objeto es menos reflectante a la misma distancia o si no se quiere detectar el plano posterior.

No se recomienda el uso de sensores de proximidad para entornos fuertemente perturbados.

#### IV.5.4 Algunos parámetros básicos para la selección de sensores fotoeléctricos.

Dependiendo del tipo del detector o sensor tenemos diferentes curvas de detección, lo que nos va a indicar las zonas dentro de las cuales el sensor detectará la presencia de un objeto.

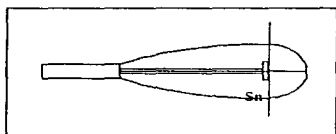


Fig. 6.5 Curva de detección para un sensor de barrera o reflex.

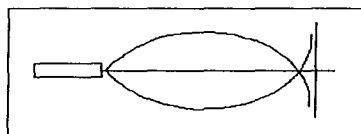


Fig. 6.6 Curva de detección para un sensor de proximidad

En la figura de detección para los sensores del tipo reflex y de barrera podemos observar que la zona delimitada por las líneas paralelas indica la zona útil del sistema, cualquier elemento que atraviese esta zona interrumpirá el haz de luz y hará conmutar la salida del detector. La otra zona delimitada nos indica la tolerancia de posicionamiento del reflector o del receptor.

En la figura donde se muestra la curva de detección del sensor de proximidad la zona indicada representa la zona sensible del detector. Toda esta zona es útil y cualquier objeto reflectante que penetre en ella conmutará la salida del detector.

#### **IV.5.6 Características generales de los sensores fotoeléctricos.**

Dependiendo de las características de los diferentes tipos de sensores fotoeléctricos pueden trabajar con tres tipos de alimentación.

1. Corriente alterna (CA)
2. Corriente continua (CC)
3. Corriente alterna / continua (CA/CC)

Los sensores fotoeléctricos cuentan con dos tipos de salidas:

1. Salida relé: Es una salida electromecánica cuyas ventajas son: gran intensidad conmutada y fácil instalación (conmutado NA, NC).
2. Salida estática. Es una salida automática cuya principal ventaja es una larga duración., se tiene en dos versiones: PNP y NPN.

*Comutación PNP.* Cuando los sensores se activan, las salidas PNP conmutan al potencial positivo. Lo que significa que la carga debe de estar conectada a la salida del sensor y a tierra. Por lo que los sensores PNP conmutan a positivo.

Los sensores PNP utilizan indistintamente contactos normalmente abiertos (estos contactos cierran durante la activación del sensor) o contactos normalmente cerrados (estos abren durante la activación del sensor).

*Comutación NPN.* Los sensores NPN conmutan a negativo. Lo que significa que la carga aplicada debe de estar conectada a la salida del sensor y al potencial positivo. Por lo que los sensores NPN conmutan a negativo.



*Características de salida de los tres tipos de sensores fotoeléctricos:*

En los tres tipos de sensores se tienen dos formas de funcionamiento, se puede trabajar con función luz o con función sombra, como se muestra en la siguiente tabla:

	Función luz	Función sombra
Sistemas de barrera o reflex	Cuando el objeto interrumpe la llegada del haz de luz al receptor no hay salida (off), al pasar el objeto y recibir señal el receptor tenemos la salida activada (on).	Cuando el objeto interrumpe la llegada del haz de luz al receptor hay salida (on), al pasar el objeto y recibir señal el receptor tenemos la salida desactivada (off).
Sistema de proximidad	Cuando el objeto refleja el haz de luz sobre el receptor hay salida activada (on), al pasar el objeto y no reflejar la señal hay salida desactivada. (off)	Cuando el objeto refleja el haz de luz sobre el receptor hay salida desactivada (off), al pasar el objeto y no reflejar la señal hay salida activada. (on)

**IV.5.7 Uso de los cables de fibra óptica con sensores ópticos.**

Como mencionamos con anterioridad algunos sensores fotoeléctricos tienen la capacidad de trabajar con cables de fibra óptica. Esto nos va a permitir el uso de esta clase de sensores en lugares donde normalmente no se podría usar un sensor, por ejemplo en ambientes con altas temperaturas o entornos muy pequeños. Estos cables se adaptan y conectan a los sensores ópticos.

*Principio de funcionamiento de la fibra óptica.* La fibra óptica actúa como un conducto de luz. La principal característica de este material es que los rayos luminosos que penetran y se transportan a través de la fibra llegan a su destino con pérdidas mínimas.

Por el material usado en las fibras ópticas se tienen dos tipos:

1. fibras de vidrio
2. fibras de plástico

*Fibras de vidrio.* El núcleo de la fibra es en sílice. Para poder obtener una flexibilidad máxima, cada fibra esta compuesta por una gran cantidad de hilos de 50 [µm] de diámetro aproximadamente . Están asociadas con emisión en infrarrojo.

Las principales ventajas de la fibra de vidrio son:

- Es recomendado para temperaturas extremas. Se pueden usar en un rango de  $-20 \leq t \leq 200$  °C.
- Mínimas pérdidas en largas distancias
- Resistente al envejecimiento.

*Fibras de plástico.* El corazón de la fibra es de plástico flexible. Por lo general esta constituido por una sola fibra que puede ir desde 0.25 [mm] hasta 1 [mm] de diámetro según los modelos. Están asociados a emisiones en banda roja.

Las principales ventajas de la fibra de plástico son:

- Tiempo de vida mayor que los cables de fibra de vidrio
- Son de fácil corte
- Tienen un bajo costo

En general las principales ventajas de los sensores cuando se les adapta cable de fibra óptica son:

- Detección de objetos en lugares de difícil acceso.
- Permite la instalación alejada del sensor, por ejemplo en ambientes peligrosos
- Detección precisa de objetos pequeños.

#### **IV.5.8 Principales aplicaciones de los sensores fotoeléctricos.**

- Control de presencia
- Detección de paso de un objeto
- Codificación, indexado y contaje de piezas
- Para detectar velocidades elevadas
- Para detectar tanto piezas pequeñas como frágiles.
- Control de puertas
- Lectura de marcas

**Este tipo de sensores se pueden utilizar en:**

- Máquinas de acondicionamiento y embalaje
- Máquinas automáticas de montaje o ensamblaje
- Centro de paquetes postales
- etc

#### **IV.6 Sensores de proximidad**

##### **IV.6.1 Sensores de proximidad inductivos.**

Son detectores usados principalmente para detectar la presencia sin contacto de objetos altamente conductores de la electricidad..

El funcionamiento de un sensor inductivo se basa en las variaciones de salida de un oscilador de alta frecuencia. Los principales componentes de este tipo de sensores son:

- |                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| a) oscilador                | c) amplificador    |
| b) rectificador demodulador | d) etapa de salida |

El oscilador consiste en un circuito oscilante con un núcleo de ferrita y un condensador. Los bobinados del oscilador constituyen una cara sensible, la cual definimos como la zona activa de conmutación.

Cuando se aplica una tensión al sensor, el oscilador utiliza su bobina para generar un campo electromagnético de alta frecuencia. Cuando un objeto conductor de la electricidad penetra la zona de conmutación activa, absorbe la energía del oscilador a través de las corrientes parásitas resultantes. Lo que provoca una parada o amortiguación de las oscilaciones y el cambio de intensidad resultante es evaluado electrónicamente.

Según el modelo del sensor después de la etapa de transformación se emite una señal de salida correspondiente a un contacto de cierre (n.a.), de apertura (n.c.) o complementario (n.a.+n.c.).

Para este tipo de sensores cuanto mayor es la medida de la bobina de la cabeza del sensor, tanto mayor será la distancia máxima de detección.

La distancia de conmutación de los sensores inductivos de proximidad se determina usando una capa estándar.

Algunos tipos de sensores inductivos se pueden trabajar con corriente alterna y otros tipos con corriente continua.

#### **IV.6.2 Sensores de proximidad capacitivos.**

Son sensores usados principalmente para detectar la presencia sin contacto de objetos de cualquier índole.

El principio de funcionamiento de un sensor de proximidad capacitivo está basado en un circuito resonante RC.(resistivo - capacitivo).

Los sensores de proximidad capacitivos están constituidos por los mismos elementos que los sensores inductivos, es decir por: un oscilador, un transformador de señal y una etapa de salida. no obstante, en los modelos comunes de los sensores capacitivos éste no oscila de forma permanente.

Si se lleva un objeto metálico o no metálico a la proximidad de la superficie activa del sensor, aumenta la capacidad eléctrica entre masa (tierra) y la superficie activa del sensor.

Si se sobrepasa un determinado valor, comienza a vibrar el oscilador. Generalmente puede ajustarse la sensibilidad. Las vibraciones del oscilador las evalúa un amplificador de maniobra, las etapas siguientes se parecen a las de los sensores inductivos. Por lo que las etapas de salida, según su tipo, trabajan en contactos normalmente abiertos, contactos normalmente cerrados o contactos conmutadores.

Para que responda el sensor, basta con aproximar a la superficie activa el medio que ha de ser sentido. El medio deberá de aproximarse tanto más cuanto menor sea su constante dieléctrica. Los medios con constante dieléctrica elevada como el agua, pueden detectarse incluso interponiéndose medios de pequeño espesor o de constante dieléctrica reducida. Los metales se comportan como medios con elevada constante dieléctrica.

Los sensores capacitivos responden tanto con objetos metálicos como con materiales aislantes, cuya constante dieléctrica sea mayor que uno.

Debe de tenerse siempre en cuenta que, debido a efectos climatológicos no se forme sobre la superficie activa del detector una película de humedad que podría hacer que respondiera el sensor. Los sensores inductivos reaccionan de forma mucho menos sensible a este inconveniente. Sin embargo si no podemos prescindir de los sensores capacitivos y se presenta condensación de humedad, deberá evitarse que ésta se deposite sobre la superficie activa del sensor mediante radiación térmica o soplado con aire.

El metal, el vidrio, agua o material plástico que pasa por la zona activa de conmutación altera la capacidad del circuito resonante. Dicho cambio de capacidad depende de:

- distancia de la sustancia a la superficie sensible
- dimensiones del material dieléctrico
- constante dieléctrica de la sustancia

La sensibilidad (distancia de conmutación) de la mayoría de los sensores capacitivos, puede ajustarse por medio de un potenciómetro regulable.

La distancia de conmutación de los sensores de proximidad capacitivos se determina generalmente con una placa metálica puesta a tierra.

#### *Montaje de los sensores de proximidad.*

Los sensores de proximidad pueden montarse o empotrarse de dos formas principalmente:

- Montaje a ras o modelo empotrable y
- Montaje no a ras o modelo no empotrable.

#### *Sensores de proximidad para montaje a ras*

Los sensores que se montan a ras en elementos metálicos son aquellos cuya superficie activa de maniobra presenta una influencia lateral. Esto tiene lugar por medio de una carcasa de metal comprendiendo toda la longitud, o bien con carcasas de material sintético con influencia interna. A fin de evitar la influencia recíproca es preciso cumplir con las especificaciones que se muestran en la figura 6.7 y 6.8, si dichos elementos se montan en serie.

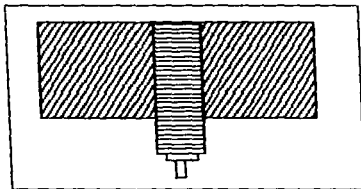


Fig. 6.7 Detector de proximidad  
montaje a ras

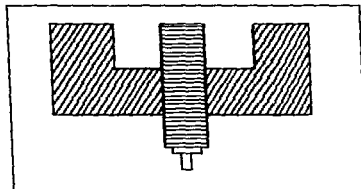


Fig. 6.8 Detector de proximidad  
montaje no a ras

#### *Sensores de proximidad para montaje no a ras.*

Un sensor de proximidad es no instalable a ras cuando para mantener sus valores característicos determinados debe dejarse una zona libre de los materiales que puedan afectar a estos valores característicos. En el caso de sensores de proximidad dispuestos enfrente uno de otro, deberá de mantenerse una separación mínima de tres veces el diámetro.

A continuación se muestra las ventajas y desventajas de cada tipo de montaje:

	Ventajas	Desventajas
Montaje a ras	Sin influencia lateral	Alcance superior en un 100% aproximadamente
Montaje no a ras	Alcance reducido	Vaciado lateral para evitar la influencia de las masas metálicas del entorno

#### **IV.6.3 Aplicaciones de los sensores de proximidad**

Hace más de 20 años se inventó el sensor de proximidad, al principio solo se utilizaba para detectar finales de carrera, ya que su bajo índice de fabricación los hacía ser relativamente caros, lo que influía directamente en los costos de la producción y por consiguiente en los de los productos.

Sin embargo en un corto tiempo el éxito de estos sensores logró que hubiera una gran multiplicidad de tipos además de que contribuían de manera excepcional en las soluciones para problemas de los distintos sectores y ramos industriales.

Aunado a los avances en materia de las formas constructivas mecánicas de los sensores, se consiguieron avances significativos en materia de electrónica.

En cuanto a velocidad de maniobra se refiere los sensores de proximidad pueden generar de 30 a 100 veces más impulsos de maniobra por unidad de tiempo que los detectores mecánicos.

Cuando se trata de procesos rápidos o sumamente repetitivos los detectores mecánicos se desgastan en un tiempo muy corto, en cambio los sensores de proximidad tienen una vida útil que esta marcada por la duración de sus componentes, y por lo general es muy elevada.

Actualmente se trata de conseguir compatibilidad técnica entre los fabricantes de sensores, esto con el fin de estandarizarlos y reducir el número de tipos de sensores.

#### **IV.6.4 Recomendaciones en la conexión de los sensores de proximidad:**

Al conectar los sensores de proximidad debemos de tener cuidado que sus cables de conexión no se hallen cerca de la líneas de potencia o de motores, válvulas, equipos de soldadura, etc.

En caso de que los sensores sean instalados en áreas de elevada interferencia eléctrica deberán tomarse las siguientes precauciones:

- Los cables de los sensores deben de ser lo más corto posible. Con lo que reducimos al máximo las corrientes parásitas.
- Los cables de los sensores deberán de ser trenzados



- Deberán de instalarse filtros de interferencias en las fuentes de alimentación.

#### **IV.6.5 Algunas de las aplicaciones típicas de los sensores de proximidad son:**

- para determinar la presencia de un objeto en una determinada posición, por ejemplo, la acción de un cilindro neumático.
- para posicionar piezas.
- para contar objetos, por ejemplo, en transportadores y equipos de selección.
- para determinar frecuencia de rotación o la no rotación, por ejemplo, con masas giratorias.
- para determinar el tipo de material, por ejemplo, para selección o clasificación.
- para determinar la dirección de un movimiento lineal, por ejemplo, para orientación de piezas durante operaciones de clasificado.
- para supervisar equipos.
- para supervisar niveles de líquidos con sensores de proximidad ópticos o capacitivos
- para medida aproximada de distancias
- para medir velocidades. La velocidad se determina midiendo el tiempo entre las consecutivas respuestas de los detectores de proximidad.
- para proteger equipos ante obstrucciones peligrosas y para prevención de accidentes.
- para determinar la silueta de un objeto por medio de varios sensores.

#### **IV.6.6. Ventajas de los sensores de proximidad.**

- No hay contacto físico con el objeto detectado, lo que evita el desgaste y nos da la posibilidad de detectar objetos frágiles, recién pintados, etc.
- Perfecta adaptación a los automatismos electrónicos.
- Grandes velocidades de ataque por lo que puede tomar en cuenta informaciones de corta duración.
- Muy buena resistencia a los entornos industriales, debido a que son productos totalmente encapsulados en resina.
- Tienen un tiempo de vida independiente del número de maniobras.

**IV.6.7 Los sensores de proximidad se utilizan en industrias como:**

- Automotriz
- De envase y embalaje
- Industria maderera
- industria alimenticia
- papeleras y de artes gráficas
- manipulación y proceso automático de materiales.
- Ingeniería mecánica
- fabricación de ladrillos y tejas

Generalmente los sensores más usados en la industria son los fotoeléctricos y los de proximidad, sin embargo es conveniente mencionar de una forma breve a los otros tipos de sensores, esto con el objetivo de conocer otras alternativas.

*Sensores ultrasónicos.* El uso de este tipo de sensores se reduce a la respuesta de proximidad. El elemento básico es un transductor electroacústico, a menudo del tipo cerámico piezoeléctrico. Una capa de resina protege al transductor contra la humedad, polvo y otros factores ambientales. Ya que el mismo transductor se acostumbra utilizar para la transmisión y recepción, un amortiguamiento rápido de la energía acústica es necesario para detectar objetos a una distancia corta. Esta operación se realiza proporcionando absorbedores acústicos y desacoplando el transductor de su receptáculo. Este último está diseñado para que produzca un haz acústico estrecho para una eficiente transferencia de energía y una mejor direccionalidad de la señal.

*Sensores de efecto Hall.* Este tipo de sensores trabaja bajo el denominado efecto Hall, este efecto relaciona la tensión entre dos puntos de un material conductor o semiconductor con un campo magnético a través del material. Los sensores de efecto Hall pueden detectar objetos magnetizados, son capaces de detectar todos los materiales ferromagnéticos.

*Sensores de contacto.* Son dispositivos de contacto, como microinterruptores, los cuales con el contacto de un material generará la detección del objeto.



**Capítulo V**  
**Controles Lógicos Programables**

## **V. CONTROLES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC's)**

### ***V.1 Generalidades***

En capítulos anteriores se ha mencionado los diferentes componentes y equipos que constituyen el laboratorio de neumática y PLC's, se habló sobre los cilindros neumáticos (actuadores) y los sensores, pero surge una pregunta fundamental ¿cómo conjuntar de manera eficiente estos dos tipos de equipos?, por un lado los sensores que son los que nos brindan información y monitores el medio y por otro lado los actuadores los cuales desempeñan las tareas del sistema, la solución a este problema la encontramos en los Controladores Lógicos Programables generalmente conocidos como PLC's (Programable Logic Controllers).

Los Controladores Lógicos Programables surgen como resultado de un esfuerzo de investigación realizado por General Motors Company en 1968, los PLC's llegan a substituir a los relevadores electromecánicos y todo el alambrado lógico asociado con ellos. Antes de la llegada de los PLC's los relevadores electromecánicos se encontraban montados en grandes tableros o gabinetes mecánicos de construcción rígida próxima a los equipos que accionaban.

Dicha rigidez es buena ya que resiste perfectamente a las agresiones del medio, sin embargo es contraproducente desde el punto de vista de manufactura flexible, además de que la posibilidad de que ocurriera un error en estos sistemas de control era muy alta y al verificar se tenía que revisar todo el cableado, la producción debía de parar por largo tiempo mientras se hacían los cambios correspondientes o se corregía la lógica de cableado de los relevadores.

En una empresa automotriz los cambios en los procesos de manufactura son muy dinámicos y la secuencia debe de modificarse periódicamente en cada una de las estaciones de trabajo para ajustarse a las demandas de la línea de producción, por lo que General Motors vio la necesidad de cambiar los sistemas cableados por algo más flexible que facilitara los cambios y redujera

los tiempos de paro de la línea. La solución la encontraron en el uso de la computadora para controlar la lógica de los procesos.

Aunque General Motors implementó su diseño de PLC con lógica booleana en una computadora Digital PDP-14, es a la empresa Bedford Associated a la que se le debe el desarrollo del primer PLC, disponible bajo el nombre de Modicom 084, aunado a este desarrollo nació un lenguaje de programación que usaba este primer PLC llamado lenguaje de "lógica escalera". Este lenguaje se desarrollo en base a la necesidad de un lenguaje que fuera fácilmente entendido por los técnicos electricistas que estaban anteriormente encargados del cableado de los relevadores. La programación en lógica escalera permite programar secuencias en un PLC utilizando simbolos adaptados de los diagramas eléctricos convencionales.

El nuevo sistema de control tenía las siguientes características:

- era un dispositivo de estado sólido (operado electrónicamente)
- tenía la flexibilidad de una computadora
- funcionaba perfectamente en ambientes industriales y
- era fácilmente programable

La clave del éxito de los PLC's radicó en que para su programación manejaba un lenguaje que los electricistas conocían perfectamente "la lógica escalera", de esta forma electricistas y técnicos podían entender fácilmente la nueva tecnología, ya que la forma de programarla era muy similar a lo que estaban acostumbrados a usar.

Otra ventaja muy importante es que el PLC nos brinda la oportunidad de poder visualizar las entradas y salidas así como el programa en el display del PLC. Si el proceso requiere ser modificado simplemente se escribe un nuevo programa escalera en lugar de hacer todo el alambrado que anteriormente se hacía, aun más el sistema puede estar corriendo mientras se están realizando los cambios al programa. Si es necesario detener el proceso solo tomará unos

cuantos minutos los cuales no se comparan con lo que se tenía que detener para poder hacer el re-alambrado de los relevadores.

### ***V.2 Definición***

La norma NEMA ICS3-1978 define al PLC como:

*" Dispositivo electrónico operado digitalmente que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones a fin de implementar funciones específicas, tales como lógicas, secuencias, tiempos, conteo y aritméticas, y así controlar varios tipos de máquinas o procesos a través de módulos de entrada / salida analógicos o digitales "*

### ***V.3 Arquitectura del PLC***

Un PLC es en realidad una computadora que esta diseñada para trabajar en un ambiente industrial y contar con un sistema de programación sencillo.

La arquitectura de un PLC está básicamente configurada de la siguiente forma:

- Procesador o CPU
- Memoria
- Módulos de entrada / salida
- Fuente de poder
- Periféricos

En la figura 5.1 se ilustra un diagrama de los componentes que constituyen a un PLC.

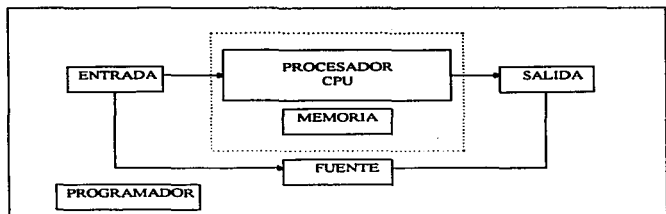


Fig. 5.1 Componentes de un PLC

### Procesador (CPU)

El procesador o también llamado por sus siglas en inglés CPU (Central Processing Unit) es el "cerebro" del PLC, ya que contiene los microprocesadores para controlar el PLC, además de manejar la comunicación e interactuar con otros componentes del sistema.

El CPU posee un microprocesador similar al que pudiera tener una computadora personal. En la actualidad los fabricantes de PLC's utilizan microprocesadores con velocidades equivalentes al desempeño de un Intel 386/33 Mz en el rango medio y bajo, 486DX/50 Mz en el medio y 486DX4/100 Mz en el alto. Posiblemente ya estén disponibles los PLC's con procesador Pentium.

La forma en que programamos el microprocesador del PLC a diferencia del que poseen las computadoras personales es en "lógica escalera" en lugar de otros lenguajes de programación. Las funciones que realiza un PLC son: ejecuta el sistema operativo, maneja o administra la memoria, monitoreo de entradas, evalúa la lógica usada (lógica escalera) y activa las salidas apropiadas.

El procesador funciona a base de ciclos de barrido, es decir, el recorrido lo efectúa para examinar cada uno de los estados de entradas / salidas que recibe de los respectivos módulos

conectados al PLC. Entre más entradas y salidas tenga que examinar el microprocesador, este debe de realizar más consultas, por lo que los tiempos de ciclo se incrementan.

Uno de los principales problemas de los ambientes industriales es que son medios muy ruidosos (eléctricamente). El ruido eléctrico provocado por equipos como: motores, arrancadores, máquinas para soldar y hasta la luz fluorescente afecta sensiblemente al funcionamiento de los PLC's. Para ello el PLC elabora ciertas rutinas de chequeo para asegurar que la memoria del PLC no haya sido modificada o alterada por ruido eléctrico u otros problemas.

### **Memoria**

La información que necesita el PLC para efectuar sus funciones de control las almacena en la memoria. En términos muy generales podemos decir que la memoria interna de un PLC consiste en un arreglo de celdas magnéticas ordenadas en forma de columnas y renglones (como lo esta una matriz). Entre cada intersección de columna y renglón se encuentra definida una celda. Con este arreglo es muy fácil establecer las direcciones de memoria ya sea para escribir o para leer los datos que se encuentran guardados en las celdas.

El elemento de memoria más pequeño (unidad base de la información) es el bit y almacena una unidad informativa (o sea dígitos 1 o 0). Un conjunto de varios bits constituye un campo de memoria y un conjunto de varios campos de memoria constituye un bloque de memoria. Una cadena de 8 bits equivale a un campo y es llamado byte.

El tamaño de la memoria es un punto muy importante que se debe de considerar cuando se selecciona un PLC. Entre más memoria tenga el dispositivo mayor será el número de programas de aplicación y los datos que pueda almacenar. La memoria que poseen los dispositivos de pequeña capacidad son del orden de 4 Kb, los dispositivos de media capacidad ofrecen de 50 a 100 Kb, y los modelos más modernos usan memorias del orden de 600 a 1,000 Kb.



### *Tipos de memoria.*

Podemos clasificar a la memoria de un PLC en dos grandes grupos:

1. Memoria de sistema operativo.
2. Memoria de usuario.

#### *1. Memoria de sistema operativo.*

Esta memoria es usada por el PLC para almacenar el sistema operativo del mismo, es una memoria del tipo ROM (Read Only Memory) o memoria de solo lectura. En la memoria ROM, la información solo se puede grabar una vez, el usuario del PLC no tiene acceso a esta memoria es decir no la puede modificar ni borrar. El sistema operativo controla tanto el sistema como el software usado para programar el PLC. La lógica escalera es un lenguaje de computadora de alto nivel. Un lenguaje de alto nivel es un lenguaje de computadora que es de fácil programación para la gente, sin embargo el microprocesador no entiende este lenguaje por lo que se usa un software que convierta el diagrama de escalera en un lenguaje asimilable por el microprocesador.

La ROM es una memoria no volátil, lo que significa que la información contenida en esta memoria no se pierde aun bajo ausencia de energía eléctrica.

#### *2. Memoria de usuario*

Es la memoria a la que puede tener acceso la persona que opera el PLC. La memoria de un PLC esta dividida en bloques los cuales tienen funciones específicas. Algunas secciones de la memoria son designadas para almacenar el estado de las entradas y salidas ( E / S ) a las cuales normalmente se les conoce como tablas de imagen de E / S. Una entrada puede ser guardada como "1" o "0" en un bit de memoria, por lo que cada entrada o salida corresponde a un bit de memoria.

Otras áreas de la memoria son usadas para almacenar a las variables que son usadas en los programas del PLC (como temporizadores y contadores ).

*Mapas de memoria.* Son diagramas que muestran los usos y localizaciones (direcciones) de las diferentes áreas en la memoria. Se tiene un mapa de memoria para cada tipo de PLC que hay en el mercado.

*Memoria de lectura / escritura (RAM).* De las siglas en inglés Random Access Memory se llama esta memoria en la cual el usuario puede leer y escribir en ella. En la memoria RAM se almacenan los programas creados por el usuario, los valores de los temporizadores y contadores, los estados de las entradas y salidas, etc.

La RAM es una memoria volátil, lo que significa que retiene los valores o datos mientras haya corriente eléctrica en el PLC. Para ello los PLC's disponen de una pila con la cual puede trabajar el PLC sin perder los datos de la memoria RAM por un periodo de tiempo corto, generalmente mientras falta de energía eléctrica. La mayoría de los PLC's utilizan una tecnología RAM-CMOS. Esta tecnología nos permite operar el PLC con una batería de litio, ya que manejan muy bajos niveles de corriente para su funcionamiento, pudiendo funcionar con la batería por periodos que van desde 2 hasta 5 años.

#### *Memorias no volátiles*

*EPROM.* De sus siglas en inglés Erasable Programmable Read Only Memory (Memoria borrrable, programable de solo lectura) es una memoria ROM especial, la memoria ROM no puede ser alterada, únicamente es para lectura. Sin embargo la EPROM es una memoria no volátil que puede ser cambiada por el usuario.

La EPROM puede ser borrada y cargarle nueva información (usando la lógica escalera). La forma de borrar una memoria EPROM es mediante exposición de esta a la luz ultravioleta.

Debido a que la EPROM es una memoria del tipo no volátil su información no se pierde al no haber corriente eléctrica.

**La EEPROM.** El nombre de esta memoria se deriva de su nombre en inglés Electrically Erasable Programmable Read Only Memory (memoria de solo lectura, programable y borrrable eléctricamente). Esta memoria funciona prácticamente de la misma manera que una memoria RAM. A diferencia de la memoria EPROM esta memoria se puede borrar eléctricamente. Este memoria es del tipo no volátil. Actualmente los módulos de memoria EEPROM se encuentran disponibles en forma de pequeños cartuchos, en los cuales se puede almacenar gran cantidad de información, para gran cantidad de PLC's.

En la tabla 5.1 se muestra los diferentes tipos de memorias usadas en los PLC's.

RAM	eléctricamente	eléctricamente	volátil
ROM	imposible	por el fabricante	no volátil
PROM		eléctricamente	
EPROM	por luz UV		
EEPROM	eléctricamente		

Tabla 5.1 Tipos de memoria

#### Módulos de entrada / salida.

Los módulos de entrada / salida ( E / S ) son dispositivos que procesan las señales que entran y salen del PLC. Son una protección entre los dispositivos internos y la unidad, esta protección es fundamental ya que se pueden introducir señales indeseables en los PLC's y dañar los circuitos electrónicos.

### *Módulos de entrada.*

Los módulos de entrada de los PLC tienen dos tareas principales: introducir la información proveniente del exterior hacia el PLC y protegerlo de las mismas.

Los dispositivos que dan las señales de entrada puede ser cualquier equipo que sea compatible con las entradas del PLC. Estos dispositivos pueden ser: interruptores, sensores, botones, robots, computadoras o hasta otro PLC.

Un módulo de entrada se encarga de introducir al PLC la información proveniente del exterior, en una lógica que sea entendida por el CPU; por ejemplo una señal de 250 volts de corriente alterna debe de ser convertida a una señal TTL de 0 ó 5 volts de DC.

Las entradas pueden estar incluidas en la misma carcasa del PLC, encontrarse por separado en distintos módulos de entrada o bien contar con entradas en la misma carcasa y además contar con módulos de expansión con lo que se incrementan los números de entradas.

Estos módulos se instalan en el "rack" del PLC, el cual tiene diferentes funciones: físicamente sostiene y mantiene unido al PLC y a los módulos de expansión, realiza conexiones eléctricas entre los módulos y permite la comunicación entre todos los módulos del PLC.

El poder añadir módulos a los PLC's los hacen ser muy flexibles debido a su capacidad de aumentar o disminuir el número de entradas y salidas, además de poderlos cambiar rápidamente para su mantenimiento.

### *Módulos de salida*

Los módulos de salida de un PLC tienen la función de ser los encargados de proveer la conexión hacia el exterior del controlador, mediante dispositivos que se conectan a él como pueden ser: motores, arrancadores, lámparas, válvulas, etc. Dependiendo del tipo de voltaje que se desee a la salida del PLC, hay PLC's con salidas para voltajes de AC o DC.

Los tipos de salidas que se pueden seleccionar son tres:

- a) salida a relé
- b) salida a triac
- c) salida a transistor

Las salidas a transistor se usan cuando los actuadores funcionan a DC, mientras que las salidas a relé y a triac suelen utilizarse para actuadores a AC.

La corriente que pueden soportar las salidas es variable y se encuentra en un rango de 0.5 a 2 A. Generalmente los fabricantes de PLC's manejan números de salidas comunes, pueden encontrarse módulos con 8, 16 o 32 salidas, o hasta más.

En resumen, los módulos de entrada / salida se comportan como circuitos multiplexores de alta velocidad que permiten el intercambio de las señales con el procesador central de la unidad.

Los fabricantes de PLC's se apegan a estándares muy precisos en la manera en como diseñan la parte posterior del gabinete, donde se encuentran las ranuras que reciben a los módulos. El objetivo de estos estándares es permitir que productos de otros proveedores puedan coexistir con el sistema. Un ejemplo de esto es que la mayoría de los PLC's pueden ser colocados en riel DIN.

Los módulos de entrada / salida tienen tres modalidades de procesamiento:

- a) discreto
- b) analógico y
- c) digital

*Discreto.* Se refiere a las operaciones que solo pueden tener dos estados: abierto / cerrado, arriba / abajo, conectado / desconectado, etc.

**Digital.** Es aquella señal que utiliza un código binario. Están generalmente relacionadas con temporizadores y contadores electrónicos.

**Análogica.** Se utiliza para controlar una señal que puede variar dentro de ciertos límites establecidos, por ejemplo la velocidad de un motor, la temperatura en un horno, etc.

En la tabla 5.2 se muestran los diferentes tipos de señales usadas en los dispositivos E / S.

Entrada	Salida	Señales digitales E/S
Interruptores Celdas fotoeléctricas Interruptores de límite Compuertas lógicas Detectores de proximidad	Relevadores eléctricos Luces Ventiladores eléctricos	5, 12, 48, 120, 230 VCD 24, 48, 120, 230 VAC Contacto por relevador
Entrada	Salida	Señales analógicas
Transmisores de flujo Transmisores de presión Transmisores de temperatura	Medidores analógicos Accionador de motores eléctricos	4-20 miliamperes 1-5 volts Minivolt
Entrada	Salida	Señales digitales
Codificadores digitales Lectores de código de barras	Desplegados LED Tableros inteligentes	Códigos binarios

Tabla 5.2 Selección de dispositivos y señales E / S

#### Fuente de poder

La fuente de poder incluye todos los dispositivos y circuitos necesarios para convertir la corriente alterna que recibe el PLC (por ejemplo 127 VAC) a los diferentes niveles de voltaje de DC que se necesitan a su vez para alimentar a la unidad central de proceso.

La fuente de poder contiene circuitos de aislamiento entre el voltaje de suministro y los componentes electrónicos del PLC. De esta forma se impide el paso a los picos transitorios de alto voltaje.

El tamaño de la fuente y su diseño facilitan la disipación de calor que necesitan los circuitos, razón por la cual los PLC's pueden operar en ambientes fabriles con temperaturas extremas.

### **Periféricos**

Los equipos periféricos son todos aquellos dispositivos o elementos auxiliares, físicamente independientes del PLC, que se unen al mismo y permiten realizar funciones específicas y a la vez amplían su campo de aplicación o facilitan su uso. Como tales no intervienen directamente ni en la elaboración ni en la ejecución del programa.

Algunos ejemplos de estos equipos son:

- Programadores
- Impresora
- Simulador
- Cargador EPROM
- Procesador gráfico
- Interfase de comunicación en red de trabajo.

### ***V.4 Componentes de un PLC***

Anteriormente se mencionó la arquitectura del PLC, es decir de lo que esta constituido en si el dispositivo, sin embargo el PLC no esta solo, hay diferentes equipos que lo rodean y de esta forma hacen posible que el PLC pueda controlar.

Los diferentes dispositivos y equipos que rodean y forman parte del PLC son:

- Hardware
- Software
- Sensores
- Actuadores
- Dispositivos o equipos programadores

### **Hardware.**

Por hardware entendemos la parte física del equipo, es decir los grupos electrónicos y físicos. Estos están encargados de activar y desactivar las funciones controlables de la instalación o maquinaria en función de una secuencia lógica determinada.

Un ejemplo de hardware lo tenemos en el CPU del PLC (o también llamada Unidad Central de Procesos) y los módulos de entrada / salida.

### **Software**

El software son los programas. Estos son los que determinan los enlaces lógicos (en este caso en el PLC) y por consiguiente la activación y desactivación (el mando) de los grupos controlables en la instalación o maquinaria. El software está archivado o contenido en una memoria (hardware) propia y especial, de la cual pueden ser recuperados y si es necesario modificados en cualquier momento. Al modificar un programa se altera también la secuencia de mando. Si modificamos el software no implica que hayamos modificado el hardware.

Los programas PLC muestran una estructura muy rígida, la cual es determinada por la electrónica en el CPU. Esos programas son elaborados partiendo de programas o códigos fuente, que el operario puede realizar en las siguientes formas:

- Mnemotécnicos de lógica Booleana
- Diagramas de flujo
- Listado de instrucciones
- Diagramas de funciones
- Texto estructurado
- Lenguaje natural
- Lenguaje escalera



*Mnemotécnicos de lógica Booleana.* Los mnemotécnicos son expresiones cortas de fácil retención en la memoria que se usan para describir las funciones de programación que se requieren.

Los mnemotécnicos de lógica booleana tienen una equivalencia con los símbolos usados en el lenguaje escalera. Por ejemplo, un contacto abierto en lógica escalera se describe con la instrucción booleana LD (load input, *entrada de carga*).

Una expresión en lógica booleana tiene la siguiente apariencia:

LD 11107 and not 11100 out 01000

*Diagramas de flujo.* Se conoce también como Sequential Function Chart (SFC), si el operador desea contar con un mayor control para elaborar programas bajo el concepto de lenguaje estructurado, este lenguaje de programación es el indicado.

Estos diagramas tienen un principio en la parte superior del esquema y un final en la inferior, y entre ambas se dibujan los bloques y las líneas que representan las acciones a ejecutar. Las tareas complejas se desglosan en el siguiente nivel, de esta forma cuando el procesador ejecuta el programa, solamente examina ciertas partes del esquema y no tiene que recorrer la secuencia completa. Esta característica permite a los programas ejecutarse con mayor rapidez.

*Listado de instrucciones (AWL).* El listado de instrucciones (AWL) no es una representación gráfica, como lo son los diagramas de flujo. El listado de instrucciones describe literalmente el programa.

El listado de instrucciones consta de líneas y en cada una de estas figura una instrucción individual. Cada línea puede llevar a la derecha un comentario textual en lenguaje normal en la que se especifiquen exactamente los elementos de conmutación. Cada línea del listado de

instrucciones comienza por un número de orden. El conjunto de instrucciones encierra diversas instrucciones de operación y ejecución.

Algunos ejemplos de instrucciones que se manejan en este lenguaje de programación según DIN son:

Denominación:	Operandos DIN:
Y	A
O	O
NO	N
O exclusiva	XO
Cargar	L
División	DIV

*Diagramas de funciones (FUP).* El diagrama de funciones (FUP) generalmente se utiliza para pequeños programas de enlace así como para la representación de programas de ciclo. En su versión esquemática (con comentario) puede utilizarse como diagrama de flujo. Si deseamos programar un sistema de control y contamos con el diagrama de flujo, nos resultará más fácil con su ayuda crear el diagrama de funciones.

Los enlaces se representan con casillas rectangulares y un símbolo de función; si deseamos tener una entrada negada, le anteponeamos un pequeño círculo a la entrada.

La programación con diagramas de funciones se deduce de los diagramas de lógica electrónica, aunque estos no muestran claramente los pasos de un ciclo. Por esa razón, para programar los ciclos de un PLC se tuvo que complementar el diagrama lógico con los correspondientes pasos de un orden cronológico.

En la figura 5.2 encontramos un ejemplo de un programa elaborado por medio de diagrama de funciones:

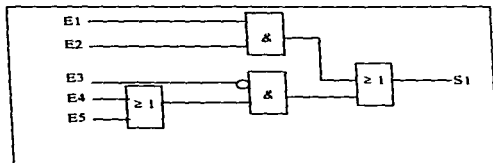


Fig. 5.2 Diagrama de funciones.

**Texto estructurado.** Este tipo de programación utiliza instrucciones tomadas del inglés, se fundamenta en el estándar IEC-1131-3 y ayuda a resolver expresiones demasiado complejas para poderse resolver con lógica escalera.

Para escribir un programa en texto estructurado se usan comandos del tipo: IF-ELSE, CASE, FOR, WHILE, REPEAT, etc. a su vez estos se complementan con operadores del tipo + (suma), - (resta), \* (multiplicación), SQR (raíz cuadrada), NOT (no lógico), etc.

**Lenguaje natural.** Este tipo de programación es también llamada lógica de estados, el lenguaje de programación se maneja como una conversación coloquial en la que se introducen palabras clave, que pueden definirse en cualquier idioma. De esta manera se le facilita al programador las tareas que debe de llevar a cabo el PLC.

**Lenguaje de escalera.** El nombre del lenguaje se debe a que cada operación se representa por una línea o peldaño, y el conjunto de operaciones programadas produce múltiples peldaños, que se dibujan de arriba a abajo.

El lenguaje ha evolucionado desde su surgimiento (1969) gracias a la adición de nuevos símbolos y a la utilización de metodologías de programación novedosas. En la actualidad todos

los fabricantes de PLC's ofrecen la modalidad de programación bajo el esquema de la lógica escalera.

La lógica escalera es una representación simbólica de un circuito eléctrico. Los símbolos que se usan en este tipo de programación fueron seleccionados de tal forma que se asemejaran a los símbolos de los elementos eléctricos. Con lo cual los electricistas y técnicos asimilan y entienden mejor esta programación.

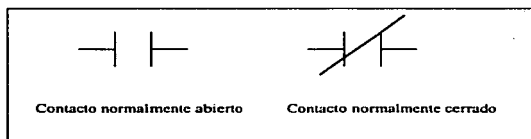
La función principal de un programa para PLC es la de controlar salidas en base a condiciones de entrada.

Los símbolos que usa la programación en lógica escalera los podemos dividir en dos grandes categorías:

- contactos (entradas)
- bobinas (salidas)

**Contactos.** La mayoría de las entradas a un PLC se dan por dispositivos que trabajan como interruptores, es decir que funcionan bajo dos estados, prendido - apagado.

Los contactos son en realidad interruptores (switchs). Existen dos tipos básicos de interruptores:

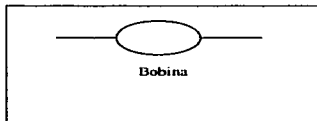


**Normalmente abiertos.** Este tipo de interruptor no permite el paso de corriente hasta que este no sea activado o presionado.

**Normalmente cerrado.** Permitirá el paso de corriente hasta que este sea desactivado.

Los sensores son utilizados para enviar información al PLC, se utilizan generalmente para detectar presencia o cantidades de determinados objetos, así como un interruptor un sensor puede ser comprado bajo la modalidad de normalmente abierto o de normalmente cerrado.

**Bobinas.** Así como los contactos se utilizan como símbolos para representar las entradas, las bobinas se usan como símbolos para representar las salidas. Las salidas de los PLC pueden ser de varios tipos: motores, luces, bombas, contadores, temporizadores, etc.



Para activar una salida, el PLC revisa el estado de las entradas, conforme al diagrama de escalera, una vez realizado esto procede a activar el estado de on (prendido) u off (apagado) de las salidas, dependiendo del programa.

#### **Diagrama Escalera.**

Como se había mencionado anteriormente el diagrama escalera se asemeja a la forma de una escalera. El diagrama escalera se construye en base a dos líneas verticales y paralelas y "escalones" o "peldaños" los que juntos crean el diagrama. Las líneas verticales (izquierda y

derecha) representan la potencia eléctrica. La línea vertical izquierda representa la corriente y la derecha la tierra, así, si nosotros unimos o conectamos la línea izquierda con la derecha, la corriente podrá “fluir” a través del escalón de izquierda a derecha.

En la figura 5.3 se muestra un ejemplo de un diagrama de escalera básico.



Fig. 5.3 La forma conceptual más simple de representar un diagrama de escalera.

En la figura anterior contamos con una entrada y una salida. el diagrama escalera para el PLC en este caso solo tiene un “escalón”. Tanto a las entradas como a las salidas se les designa generalmente con un número, con lo cual se puede distinguir entre las diferentes entradas y salidas. Por ejemplo: entrada 0, entrada 1, etc., salida 200, salida 201....

Si trasladamos este diagrama a algo real, al momento en el cual nosotros presionáramos el contacto la corriente circularía a través del escalón y activaría la salida.

De esta forma el PLC ejecuta el diagrama escalera. El PLC monitorea la entrada continuamente y controla la salida. A esto se le llama “scanning” o exploración. Al tiempo que le toma al PLC recorrer el diagrama escalera totalmente se le llama “scan time” o tiempo de exploración.

El tiempo de exploración varía de PLC a PLC. Generalmente la mayoría de las aplicaciones no requiere altas velocidades de exploración, por lo que cualquier PLC es lo suficientemente rápido, aún para el PLC más lento el tiempo de exploración es del orden de milisegundos. Entre más largo o mayor cantidad de escalones tenga el diagrama, mayor será también el tiempo de exploración.

En la tabla 5.3 se muestran los símbolos más comúnmente usados en los diagramas escalera.








Instrucción	Símbolo	Descripción
Contacto normalmente abierto		Verifica que en el domicilio especificado exista una condición de conectado (on). El contacto se cierra si la condición es cierta y permanece abierto si la condición es falsa.
Contacto normalmente cerrado		Verifica que en el domicilio especificado exista una condición de desconectado (off). Permanece conectado si la condición es cierta y se abre si la condición es falsa.
Inicio de rama		Con este símbolo se inicia el esquema cuando se encuentran involucradas ramas paralelas en cualquier escalón del diagrama de escalera.
Fin de rama		Con este símbolo terminan las ramas paralelas de los diagramas escalera.
Bobina energizada		Controla la salida para energizar un dispositivo externo. Se mantiene energizada siempre que la señal de referencia se encuentra conectada (on).
Bobina enclavada		Controla la salida para energizar un dispositivo externo. Se mantiene energizada aunque la señal de referencia cambie de estado. Solo se desenergiza con la siguiente instrucción.
Bobina desenclavada		Esta instrucción se utiliza en la rama del diagrama en que se utilizó la instrucción de bobina enclavada. Restablece las condiciones previas de enclavamiento.

Tabla 5.3 Símbolos de uso común en los diagramas escalera.

### Sensores

Los sensores son dispositivos con los cuales podemos dar señales de entrada al PLC. El PLC utiliza los sensores que se encuentran en la instalación o en los equipos que controla. El PLC trabaja con electricidad; razón por la cual las señales no eléctricas tienen que ser convertidas (por los sensores) en señales eléctricas. De esta forma el PLC puede interpretar señales no eléctricas.

Algunos ejemplos de los sensores que se usan son:

- Detectores de proximidad
- Sensores fotoeléctricos

**Actuadores.**

Los actuadores son los elementos que ejecutan las acciones deseadas en el dispositivo. Los actuadores toman las señales binarias provenientes de los módulos de salida del PLC y las amplifican para señales de conmutación o las convierten en señales para otras formas de energía.

Recordemos que los tipos de actuadores que existen son por ejemplo :

- Dispositivos de indicación  
⇒ lámparas piloto, zumbadores, timbres, etc.
- Cilindros neumáticos  
⇒ cilindros de simple o doble efecto, cilindros con vástago doble, cilindros tandem, etc.
- Motores eléctricos  
⇒ motores de corriente continua, motores de corriente alterna, etc
- Actuadores hidráulicas  
⇒ cilindros de doble y simple efecto, válvulas reguladoras de caudal, etc.
- Motores electrohidráulicos.  
⇒ motores lentos, servoaccionamientos, etc.

**Equipo programador**

El equipo programador incluye todos los dispositivos o equipos que se utilizan para introducir o editar programas, para traducirlos al código del PLC, para implementarlos en el PLC y para comprobarlos.

Los equipos de programación que se utilizan con mayor frecuencia son:

*Teclados.* Los teclados son generalmente de membrana y algunas veces incluyen una pequeña pantalla; no cuentan con ningún microprocesador, únicamente con las teclas de funciones con



las cuales es posible editar y enviar el programa al PLC. La información se envía en código ASCII y regresa de la misma manera, de parte del controlador. Su conexión se realiza por medio de un puerto serial y su principal ventaja es su bajo costo.

*Terminales industriales.* Este tipo de programadores, se usan casi siempre por cada marca de PLC's y en algunos casos solo para algunos modelos en particular. Algunas de estas terminales deben de ser conectadas al PLC para poder realizar la programación, a esto se le llama programación en línea (on-line), mientras que en otras se permite la programación sin ser conectadas, para posteriormente transferir el programa al PLC (programación off-line). Estos dispositivos facilitan la detección y corrección de errores tanto en la programación como en el hardware del PLC, además de que permiten "el forzado de las variables" de entrada y salida, es decir, activarlas internamente aunque físicamente no se realice la operación, con lo cual se agiliza la revisión del programa.

*Programadores "Hand-Held" (manuales).* Son programadores manuales, utilizados a menudo para programar pequeños PLC's, son de bajo costo y fáciles de usar; de forma muy similar a los teclados, descritos anteriormente. Para programar al PLC deben de conectarse a él, así como para detectar problemas de programación y verificar el estado del mismo. Sus ventajas son su facilidad para transportarse, ofrecen la posibilidad de monitorear las entradas y salidas, las variables de los contadores, timers, etc., y sobre todo eliminan la necesidad de transportar las terminales o microcomputadoras hasta las áreas de trabajo.

Los programadores Hand-Held están diseñados para trabajar en ambientes industriales, por lo que la mayoría de ellos posee una cubierta plástica para su protección. Una desventaja de estos programadores es que solo se puede observar un renglón o una pequeña parte del programa a la vez.

**Microcomputadoras.** Estos dispositivos vertiginosamente se han convertido en el programador más utilizado para programar al PLC, su versatilidad para programar cualquier tipo de controlador simplemente contando con su software, han incrementado en gran medida su uso. Las microcomputadoras pueden ser programadas en el modo off-line, on-line, almacenar el programa, cargarlo a múltiples PLC's, y dependiendo del tipo de software, simular el funcionamiento del programa, con todas estas características se logra reducir en gran medida los tiempos de paro de línea de producción. El poder cargar y descargar el programa del PLC es de vital importancia para la industria, ya que esto forma parte de la flexibilidad del PLC.

Es recomendable revisar el programa que se está usando en el PLC periódicamente, esto con el propósito de verificar que este no haya sido modificado y de esta forma asegurar su correcto funcionamiento.

#### ***V.5 Funciones que se pueden realizar en un PLC.***

**Funciones de control de relevadores** electromagnéticos. La generación de una señal de salida basada de reglas lógicas aplicada a una o más señales de entrada.

**Funciones de temporización.** Por ejemplo. La generación de una señal de salida durante un intervalo de tiempo especificado.

**Funciones de conteo.** Un contador interno en el PLC se utiliza para sumar el número de cierres de contacto y generar una señal de salida cuando la suma alcanza cierto nivel.

**Funciones aritméticas.** Algunos PLC's pueden realizar operaciones aritméticas básicas tales como: suma, resta, multiplicación y división.

*Funciones de control analógicas.* Otra característica que esta disponible en algunos PLC's es la capacidad de simular funciones analógicas. Estas funciones permiten al PLC funcionar como un potente controlador de las células de automatización.

*Funciones de mantenimiento y diagnóstico.* El dispositivos usado para programar el PLC se puede usar también en algunas ocasiones para supervisar la operación de la célula de trabajo, algunos PLC's tienen la capacidad de diagnósticos sofisticados para determinar rápidamente el origen del problema cuando este ocurre.

*Interfaz con el operario.* El uso del PLC como controlador de una célula de trabajo en un sistema automatizado, permite una mayor capacidad y flexibilidad para realizar la interfaz o comunicación con el operario. En células de producción más complejas se pueden incluir terminales para proporcionar información del funcionamiento operativo respecto de las tasas de producción, en la utilización de herramientas, la ruptura de equipos y otros datos.

*Supervisión de seguridad.* Se pueden realizar también sistemas más sofisticados de supervisiones de riesgo con PLC's. un número mayor de condiciones de seguridad se pueden observar mientras la célula está operando.

#### ***V.6 Aplicaciones, comunicaciones y tendencias de los PLC'S.***

Actualmente las aplicaciones de los PLC's son extensas y variadas.

Originalmente los PLC's fueron usados para sustituir el alambrado y los antiguos relevadores, con lo que se redujeron apreciablemente los tiempos muertos, la velocidad de los procesos y la capacidad de los equipos aumentó.

Hoy en día los PLC's están siendo usados en variedad de procesos, por ejemplo: en procesos químicos, producción de papel, acero, procesos de la industria alimenticia, solo por mencionar

algunas. Se usan con éxito en procesos donde se desea controlar variables como presión, temperatura, concentraciones, etc. son también usados para controlar posición y velocidad. Son ideales para controlar procesos en donde se involucren equipos como robots y máquinas de control numérico.

En conclusión el uso de los PLC's es limitado solo por la imaginación de los ingenieros y del personal que opera estos dispositivos.

Un proceso de comunicación, que permite la transferencia de información entre diferentes dispositivos, se divide en tres componentes: el transmisor, el medio y el receptor. Teniendo cada uno de ellos características muy especiales. Por ejemplo ; el medio esta constituido por cable duplex, cable coaxial o bien por fibra óptica. El último medio es el más caro, pero también el más eficiente, ya que tiene inmunidad al ruido que producen las señales eléctricas.

Los protocolos de comunicación, desarrollados recientemente por algunos fabricantes de PLC's, han facilitado la liberación de productos de comunicación avanzados. Entre los que cabe destacar las "pistas de comunicación", las cuales permiten conectar los PLC's a los equipos de la planta (sensores, pulsadores, arrancadores de motores, etc.) sin la necesidad de un circuito de entradas / salidas. Estas pistas posibilitan la conducción de múltiples señales en un cable sencillo.

La evolución de sistemas operativos como el Windows 95, ofrecen ventajas gráficas muy interesantes, las cuales se están explotando al máximo para ofrecer al usuario facilidades de programación y operación del sistema.

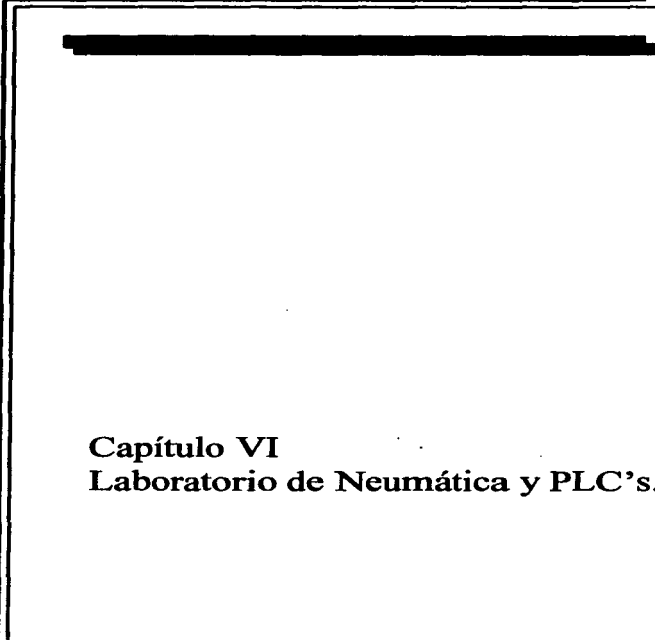
Como resultado de la reducción de costos en los componentes electrónicos y las necesidades que han expresado los usuarios de los PLC's, un nuevo sector de la industria de los PLC ha surgido: el sector de los microPLC's. Sus características principales son: menor tamaño, menor capacidad de procesamiento y menor costo. Estas características han llevado a este tipo de PLC's a ser los de mayor crecimiento de la industria.

**Algunos de los campos de aplicación de los PLC's son:**

- Procesos continuos.
- Procesos discontinuos.
- Industria automotriz.
- Edificios inteligentes.
- Almacenamiento en naves industriales.
- Máquinas y robots con control numérico.
- Sector eléctrico.
- Servicios auxiliares en refinarias.
- Sector de plásticos y vulcanizado.
- Producción y control de energía.
- Sector metalúrgico.
- Sector vidrio.
- Sector papelero.

**Los principales fabricantes de PLC's son:**

- Telemecanique
  - ⇒ TSX 17, 20, 47, 67 y 87
- Siemens
  - ⇒ SIMATIC S5 90U, 95U, 100U, 115U, 135U y 155U
- Allen Braedley
  - ⇒ SLC 100, SLC 150, SLC 500, PLC-2, PLC-3 y PLC-5
- Mitsubishi
  - ⇒ Modelos FX's
- Omron Electronics
  - ⇒ Serie C120, C350 y C500
- ABB
  - ⇒ Masterpiece 40, 51, 90, 100, y 200
- Klockner - Moeller
  - ⇒ familia Sucus Ps
- AEG
  - ⇒ MODICOM A020, A030, A120, A130, A330, A500 y A800
- General Electric
  - ⇒ FANUC Serie 90-20, 90-30, y 90-70
- Square D
- FESTO



**Capítulo VI**  
**Laboratorio de Neumática y PLC's.**

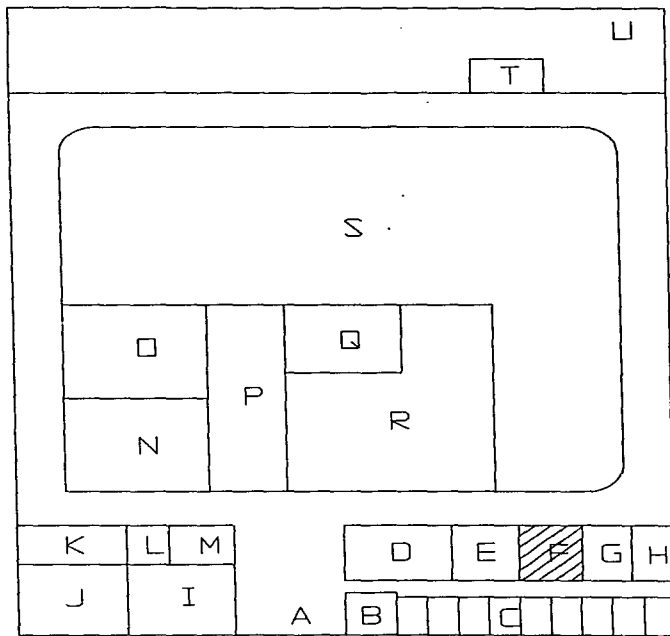
## **VI LABORATORIO DE NEUMÁTICA Y PLC'S**

### ***VI.1 Generalidades.***

La importancia de relacionar los conceptos adquiridos teóricamente con la simulación práctica, ha fomentado el diseño e instalación de laboratorios dotados con el equipo necesario para que se lleven a cabo prácticas que acerquen a los estudiantes a situaciones de tipo real, proporcionando a estos una mejor y más amplia preparación de acuerdo al perfil deseado de los futuros profesionistas.

Para la Universidad Nacional Autónoma de México ha significado una prioridad la implementación de espacios en los cuales se pueda dar el acercamiento teórico - práctico de los distintos conocimientos que en ella se imparten. En el caso particular del Laboratorio de Neumática y Controles Lógicos Programables a cargo del Departamento de Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, ha sido creado con la intención de respaldar la enseñanza de asignaturas claves en la formación de Ingenieros Mecánicos e Industriales.

Las características más importantes sobre las instalaciones y equipo de dicho laboratorio se presentan a lo largo de este último capítulo, con la finalidad de que exista un documento, que sirva como referencia para futuras modificaciones o ampliaciones, y en el cuál se refleje el trabajo desarrollado para lograr su operación.



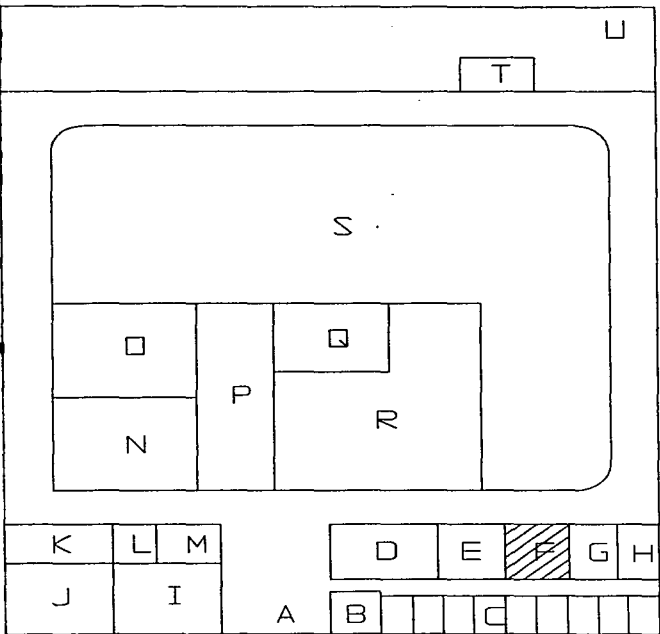
Letra	Descripcion
A	Entrada principal
B	Subestacion electrica
C	Cubiculos 1-9
D	Lab. de pruebas mecor
E	Lab. de metrologia
F	Lab. de Neumatica y
G	Lab. de Mecanismos
H	Lab. de electronica
I	Lab. de sistemas de
J	Lab. de metalografia
K	Aula
L	Baños
M	Lab. de microscopia
N	Lab. de CNC
O	Lab. recubrimientos
P	Lab. de ingenieria r
Q	Laminadora
R	Lab. de manufactura
S	Talleres de procesos
T	Jaula de compresores
U	Entrada de almacén

Elaborado por:  
**Manuel A. Gómez Llano Cano**  
 Ingeniero Arquitecto

Revista  
 No.  
 Co.

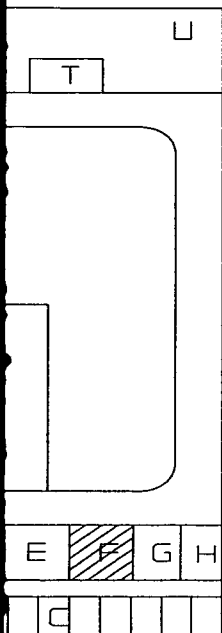
UNIVERSIDAD NACIONAL  
 AUTÓNOMA DE MÉXICO





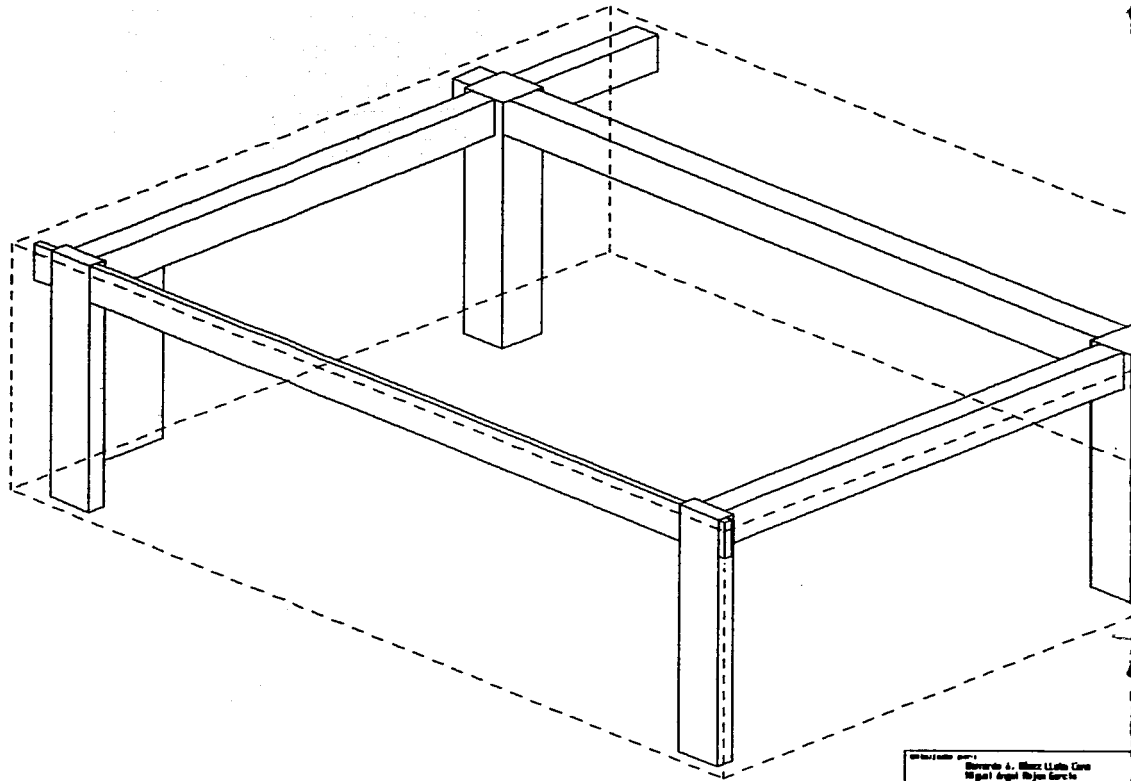
Letra	Descripcion
A	Entrada principal
B	Subestacion electrica.
C	Cubiculos 1-9
D	Lab. de pruebas mecanicas
E	Lab. de metrologia
F	Lab. de Neumatica y PLC's
G	Lab. de Mecanismos
H	Lab. de electronica
I	Lab. de sistemas de manufactura flexible
J	Lab. de metalografia
K	Aula
L	Baños
M	Lab. de microscopia electronica
N	Lab. de CNC
O	Lab. recubrimientos electroliticos
P	Lab. de ingenieria mecanica asistida por comp.
Q	Laminadora
R	Lab. de manufactura avanzada
S	Talleres de procesos de manufactura
T	Jaula de compresores
U	Entrada de almacen

Elaborado por: Ingeniero A. Gomez Llano Cue Ingal Angel Rojas Garcia	Revisado por: M.E. Victor Gonzalez Villota	Escala: 1:750	Fecha: Diciembre 1998	Acad. SIP
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		Titulo: Planteo de ubicacion dentro de los talleres de Ingenieria Mecanica. Departamento de Mecatronica		
				1

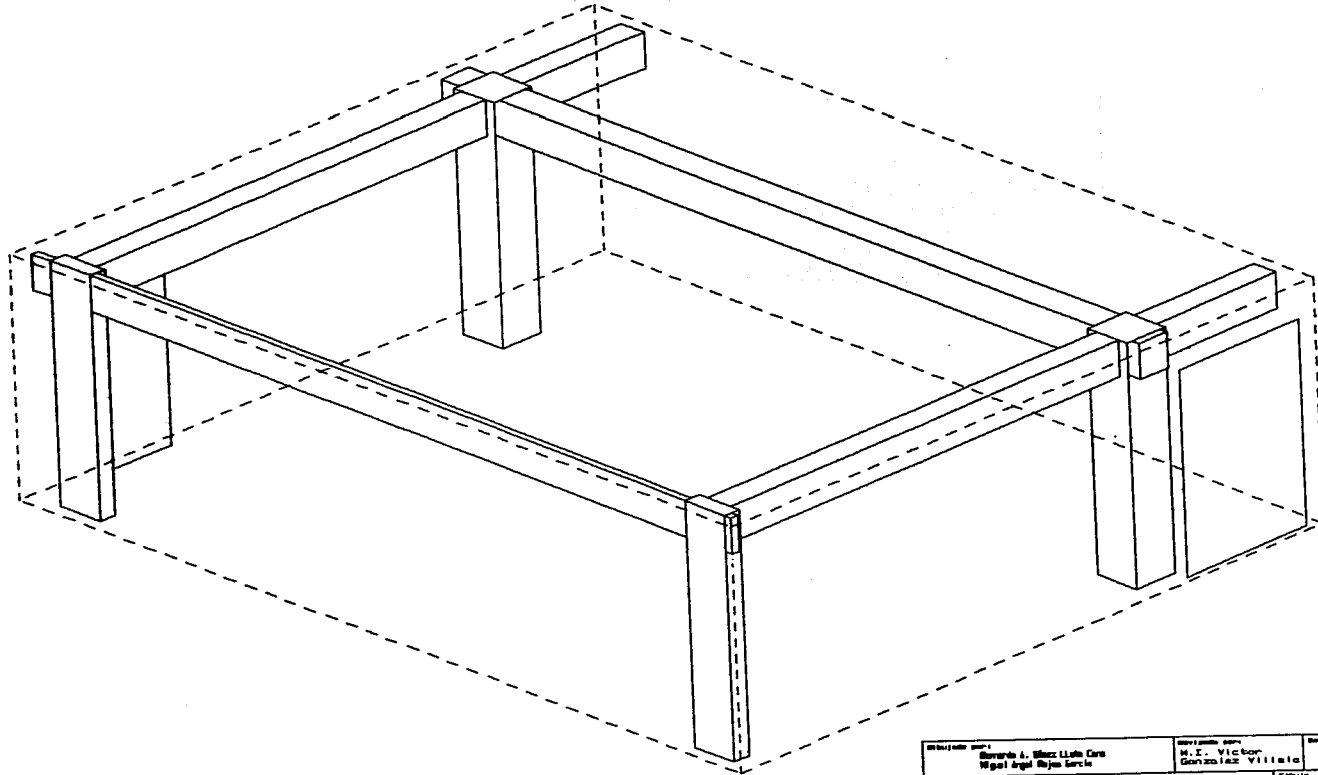


Letra	Descripcion
A	Entrada principal
B	Subestacion electrica.
C	Cubiculos 1-9
D	Lab. de pruebas mecanicas
E	Lab. de metrologia
F	Lab. de Neumatica y PLC's
G	Lab. de Mecanismos
H	Lab. de electronica
I	Lab. de sistemas de manufactura flexible
J	Lab. de metalografia
K	Aula
L	Baños
M	Lab. de microscopia electronica
N	Lab. de CNC
O	Lab. recubrimientos electroliticos
P	Lab. de ingenieria mecanica asistida por comp.
Q	Laminadora
R	Lab. de manufactura avanzada
S	Talleres de procesos de manufactura
T	Jaula de compresores
U	Entrada de almacén

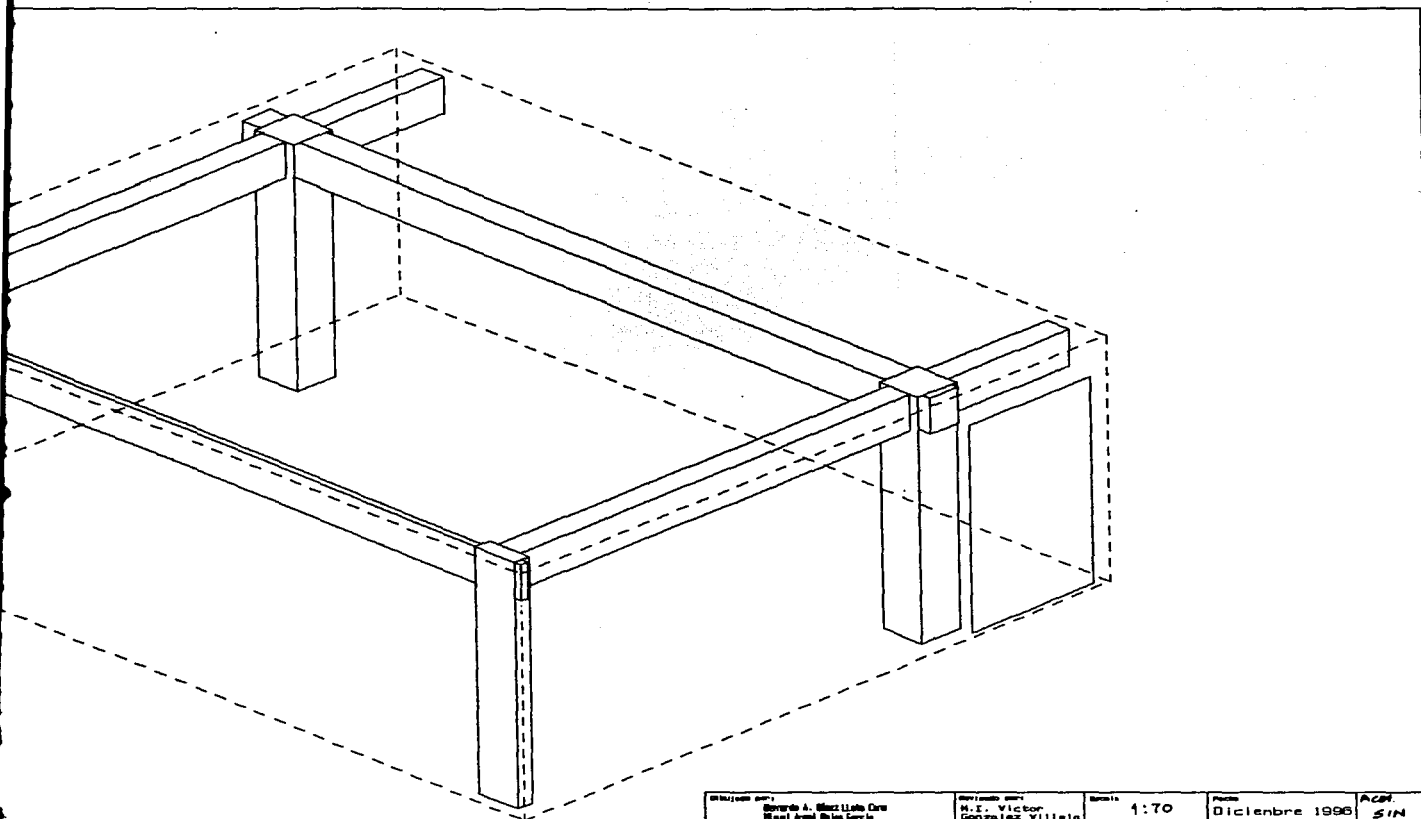
Dibujado por: Gonzalo A. Gomez Llano Cano Walter Angel Reyes Garcia	Revisado por: M.E. Victor Gonzalez Villasea	Escala: 1:750	Fecha: Diciembre 1998	Acad. G-194
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		Titulo: Plano de ubicacion dentro de los talleres de Ingenieria Mecanica.		
		Departamento de Mecatronica	Hoja 1	



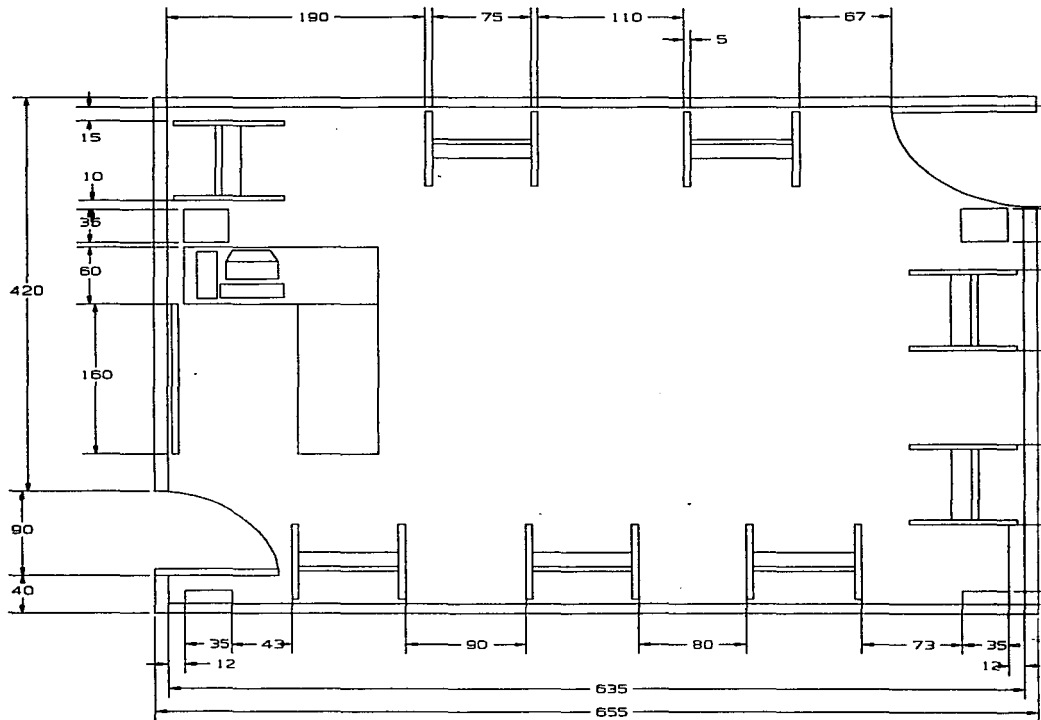
Escuela de Ingeniería Civil  
Departamento de Ingeniería de Estructuras  
Alumno: **Diego Ángel Rojas García**  
**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE**



PROFESOR Bernardo A. Maza Lledo Caro Miguel Angel Rojas Garcia	PROFESOR M.E. Victor Gonzalez Villalobos	ESCALA 1:70	FECHA Diciembre 1998	ACR SIN
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		FRASE Construccion y espacio disponible		NO. DE 2
		Departamento de Mecatronica		

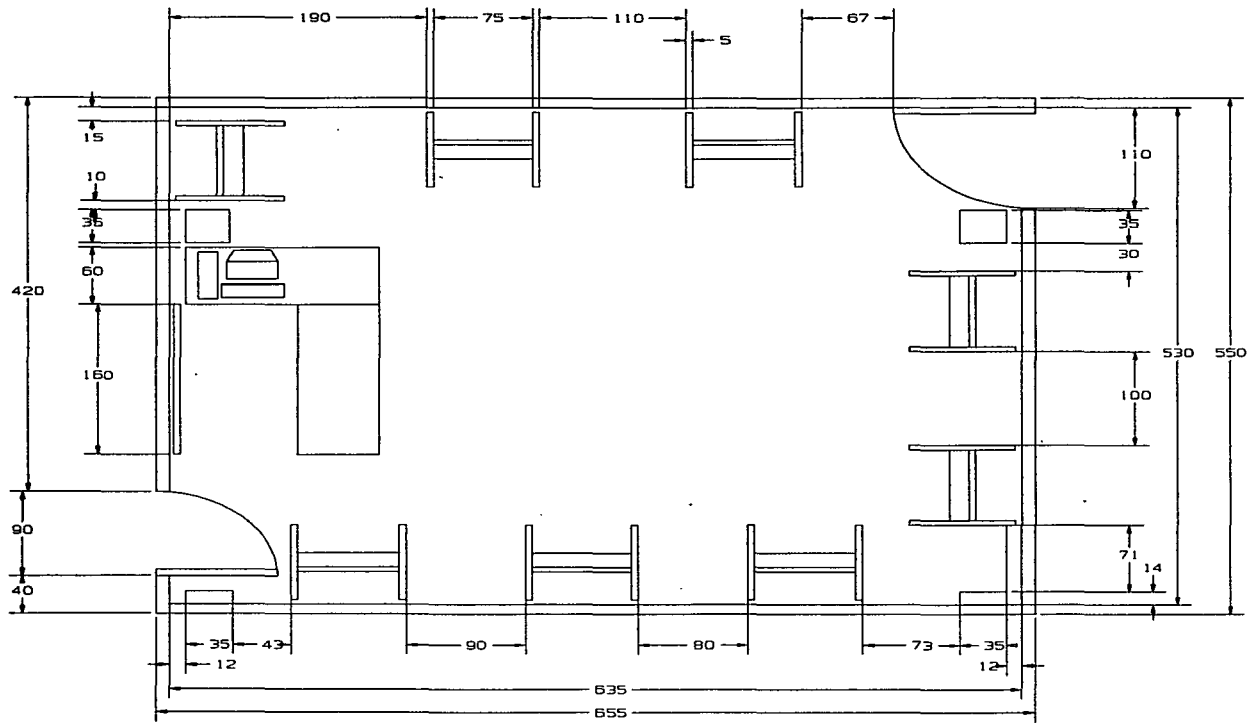


Diseñado por: Roberto A. MacZullo Oro Regal Angel Rojas Garcia	Verificado por: H. E. Victor Gonzalez Villala	Escala: 1:70	Fecha: Diciembre 1996	ACOP: SIN
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		TITULO Construcción y espacio disponible		
		Departamento de Mecatronica		Hoja 2

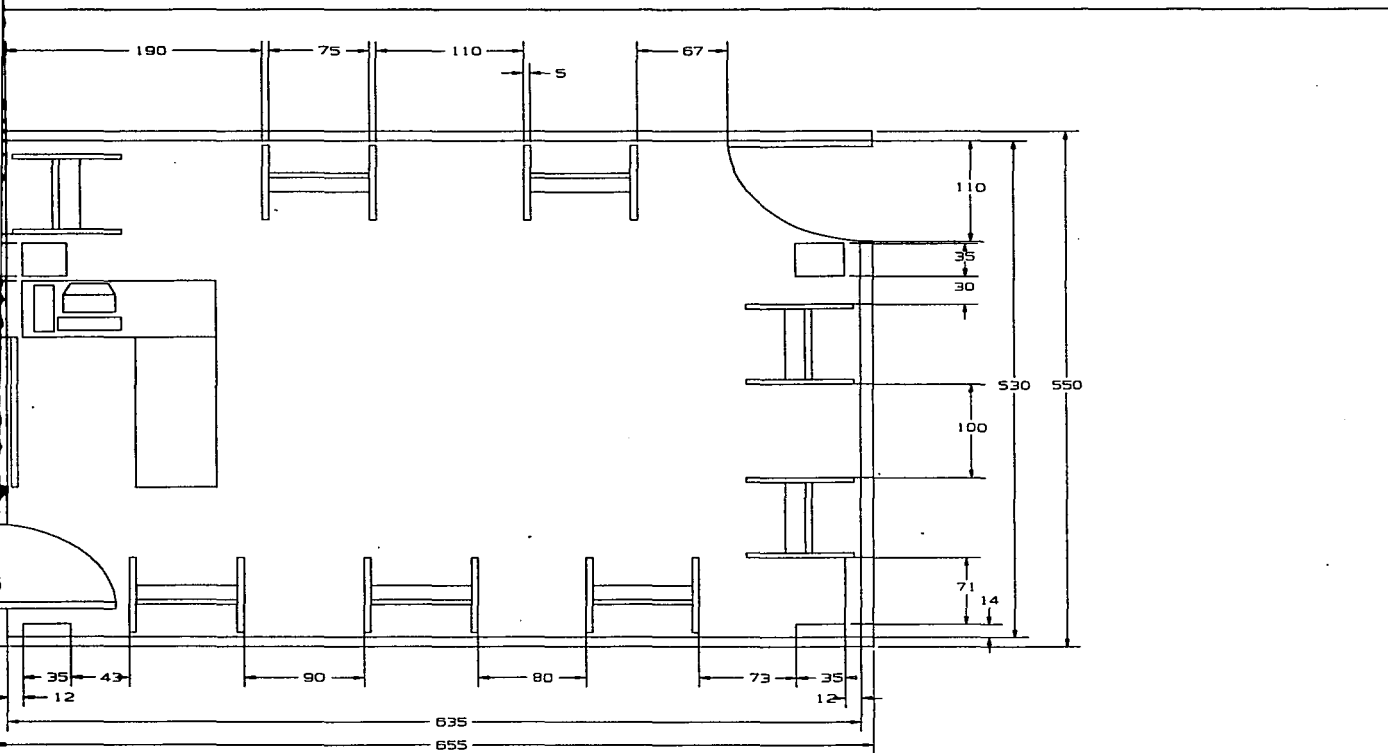


Diseño por:  
 Bernardo A. Sáenz Lledo Cano  
 Rafael Ángel Reyes García

UNIVERSIDAD  
 AUTÓNOMA D



Diseñado por: Bernardo A. Gómez Llato Cecilia Argüel Rojas Barcia	Elaborado por: M. E. Víctor González Villalta	Escala: 1:50	Fecha: Diciembre 1998	Hoja: 01
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		Título: Plano de distribución. Vista de planta.		
		Departamento de: Mecatrónica		Página: 3



Diseñado por: Sergio A. Gómez Llata Cruz Rafael Ángel Rojas García	Revisado por: H. E. Víctor González Villalobos	Escala: 1:50	Fecha: Diciembre 1996	Hoja: 3
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		Título: Plano de distribución. Vista de planta.		
		Departamento de Mecatrónica		Hoja: 3



## **VL2 Estaciones De Trabajo Del Laboratorio De Neumática Y PLC's.**

El laboratorio esta conformado por ocho estaciones de trabajo, cada una de ellas con capacidad hasta de tres alumnos, por lo que el laboratorio puede brindar atención hasta a 24 alumnos por clase.

Cada estación de trabajo esta constituida por las siguientes partes :

- |                    |                                    |
|--------------------|------------------------------------|
| 1) Mesa de trabajo | 3) Toma de aire comprimido         |
| 2) Panel de PLC    | 4) Unidad de alimentación a 24 [V] |

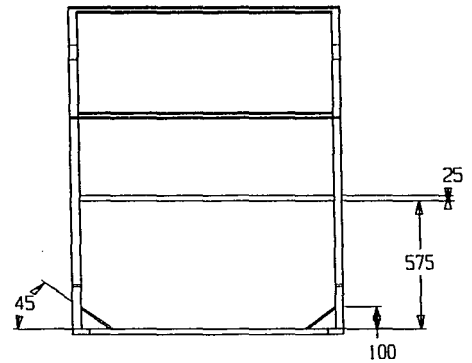
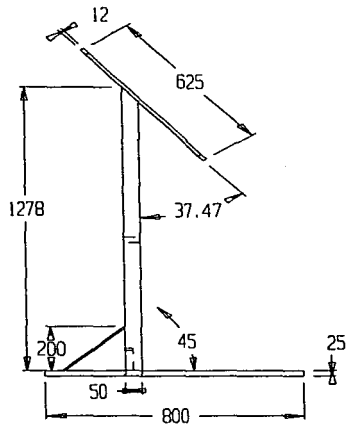
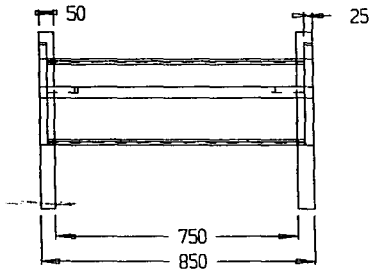
### **1) Mesa de trabajo.**

La mesa de trabajo consta de dos partes, la estructura que esta fabricada de perfil rectangular de lámina cal. 18 (acero 1018) de 2'' x 1'' y el marco del panel del mismo material pero de 1'' x ½''.

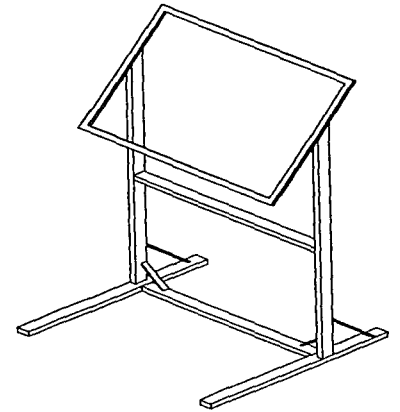
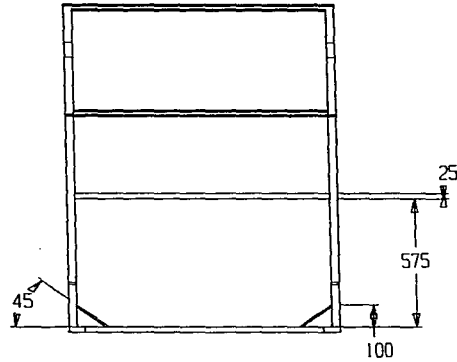
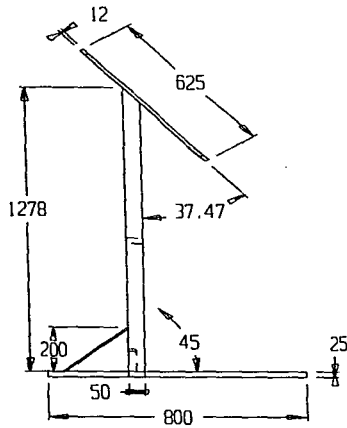
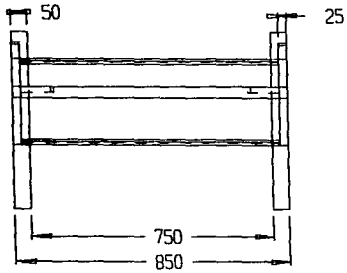
El diseño final de la mesa de trabajo es el resultado de varias propuestas (ver plano anexo), dentro de las que se buscó que cumpliera con los siguientes parámetros :

- Una mesa donde hasta 3 alumnos pudieran trabajar cómodamente.
- Que los alumnos deban estar de pie, esto con el objeto de tener mayor dinamismo en las prácticas.
- El marco de la mesa debería de contar con un ángulo de inclinación (en el caso de esta mesa el ángulo es fijo) para que los alumnos puedan apreciar y manipular sin ningún problema los equipos.
- El tamaño de la mesa deberá estar acorde a la estatura promedio de los estudiantes.
- La estructura tiene que ser ligera y de fácil manejo.
- 

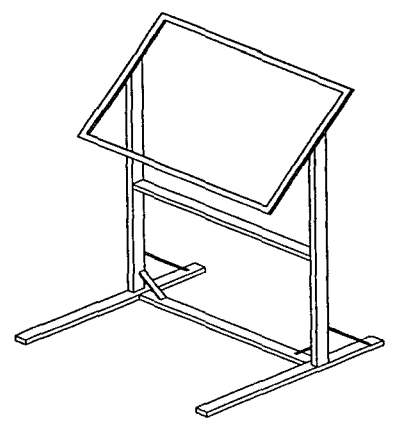
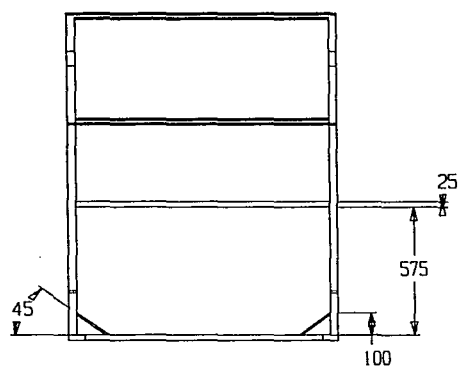
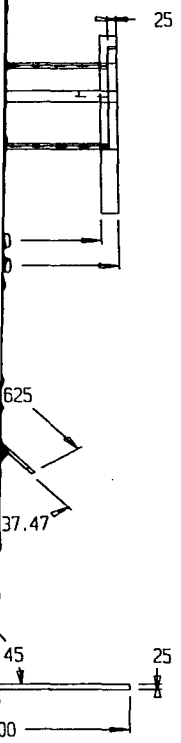
Las ocho mesas fueron fabricadas y terminadas en su totalidad en los talleres de mecánica de la Facultad de Ingeniería de la UNAM.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE  
 GUAYMAS  
 FACULTAD DE INGENIERÍA  
 DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA EN SISTEMAS  
 DE COMPUTACIÓN



Diseñado por: Bernardo A. Gómez Llata Gera Miguel Ángel Rojas García	Profesorado por: M. E. Víctor González Villalón	Escala: 1:22	Fecha: Diciembre 1
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		Trabajo	
		Estructura de la mesa de trabajo. Departamento de Mecatrónica	



Diseño a cargo de: Bergando A. Gómez Lillo con Reginald Rojas Ordoñez	Dirección general: M. E. Víctor González Villalón	Escala: 1:22	Fecha: Diciembre 1998	Año: 1998
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		Título: Estructura de la mesa de trabajo.		
Departamento de Mecatrónica			Hoja: 4	

## 2) Tablero para PLC

Este otro componente de cada estación de trabajo está diseñado para soportar a un PLC junto con su expansión así también dos áreas para colocar bornes de conexión (clemas). (ver plano anexo)

El tablero se diseñó y elaboró para ser empotrado en los muros, por medio de un soporte compuesto de dos partes: base y tapa, ambos de aluminio. Estos nos permiten montar y desmontar los PLC's.

El material del tablero es acrílico, el cual tiene las siguientes características:

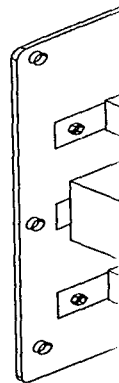
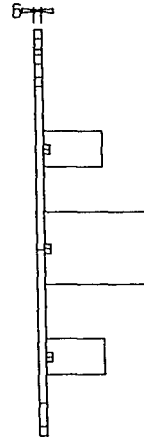
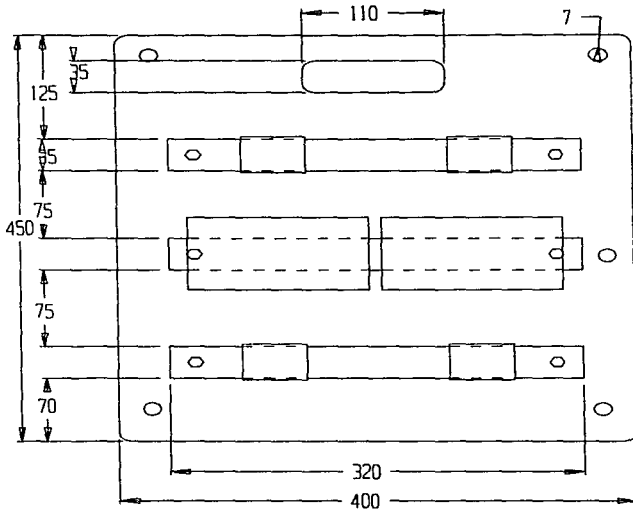
- Es un material resistente
- Fácil de trabajar.
- Ligero y agradable a la vista.

## 3) Toma de aire.

La toma de aire comprimido o tubería de servicio, tiene la finalidad de alimentar a cada estación de trabajo de aire a presión.

## 4) Unidad de alimentación a 24 [V].

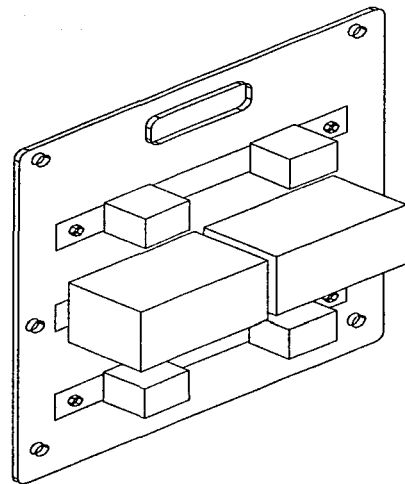
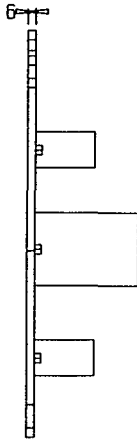
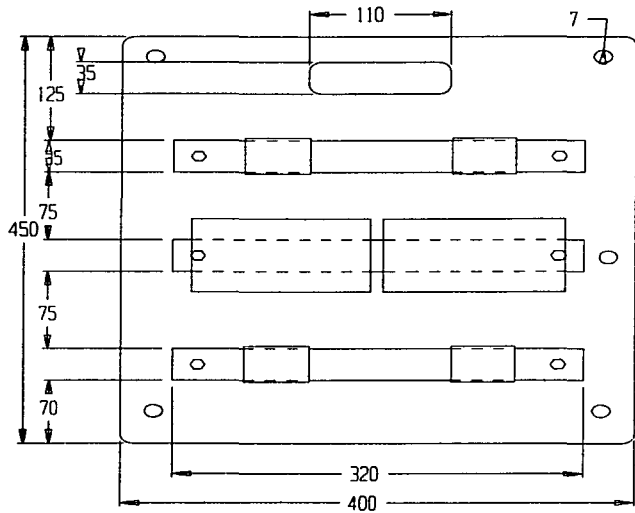
Esta unidad nos provee del voltaje necesario para alimentar todo aquel equipo que forma parte de la estación de trabajo y que trabaja con 24 [V] de c.a..



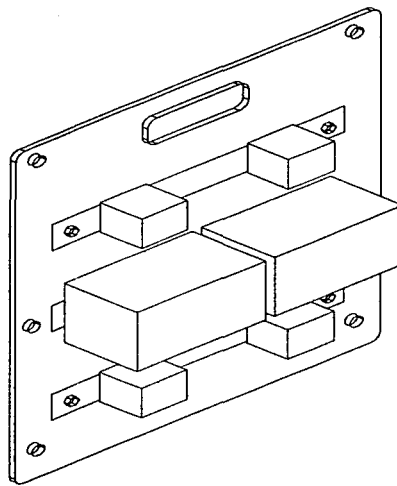
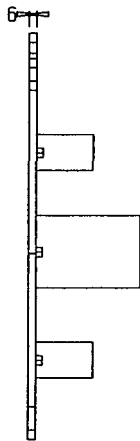
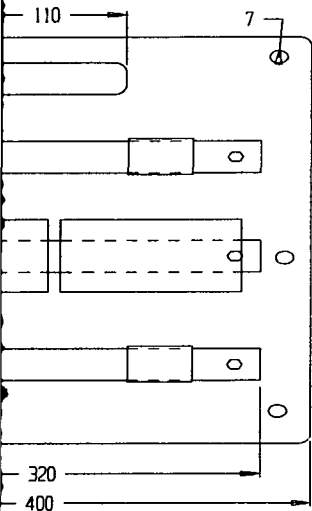
Elaborado por:  
 Fernando A. Gómez Llata Cruz  
 Miguel Ángel Muñoz Martínez

UNIVERSIDAD NACI  
 AUTÓNOMA DE MEX

Escala:  
 1:1



Elaborado por: Bernardo A. Méndez Llano Rogelio Ángel Rojas García	Diseñado por: M. E. Víctor González Villalón	Escala: 1:5	Fecha: Diciembre 1986	Ref.: 77307
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		Título: Tablero de Control Lógica Programable		
		Departamento de Mecatrónica		5



Elaborado por: Bernardo A. Gómez Llano Cruz Miguel Ángel Rojas García	Diseñado por: M.I. Víctor González Villalobos	Escala: 1:5	Fecha: Diciembre 1988	Acéf. 17/87
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		Título: Tablero del Control Lógico Programable		
		Departamento de Mecatrónica		Hoja: 5

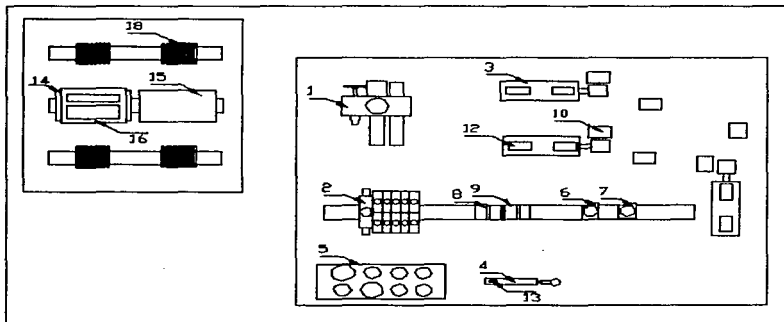


### ***VI.3 Equipos Que Constituyen Una Estación De Trabajo Del Laboratorio.***

El laboratorio de Neumática y PLC's esta formado básicamente por 8 estaciones o paneles de trabajo. Todas las estaciones son iguales y tienen el mismo equipo.

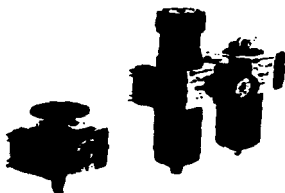
La selección del equipo que integra cada estación de trabajo se realizó buscando los elementos más significativos y de uso más común en la industria.

Básicamente cada panel de trabajo esta distribuido como se muestra en la siguiente figura :



Número	Cantidad	Nombre
1	1	Unidad de mantenimiento FRL
2	1	Bloque de válvulas distribuidoras
3	3	Cilindros de doble efecto
4	1	Minicilindro de simple efecto
5	1	Panel de control
6	1	Temporizador salida positiva
7	1	Temporizador salida negativa
8	2	Célula lógica AND
9	2	Célula lógica OR
10	6	Detector de posición neumático
11	7	Detector de posición eléctrico
12	6	Regulador de velocidad de ¼"
13	1	Regulador de velocidad de 1/8"
14	1	Control lógico programable (procesador) MICRO1
15	1	Unidad de expansión del MICRO1
16	1	Programador manual del MICRO1
17	1	Monitor del MICRO1
18	38	Clemas de interconexión
19	28	Accesorios de conexión.
20		Manguera de 6 mm y 4 mm
21	1	Sensor de proximidad inductivo (c.c.)
22	1	Sensor proximidad capacitivo
23	1	Detector fotoeléctrico tipo reflex
24	1	Reflector
25	1	Sensor de proximidad inductivo (c.c. ó c.a.)

## 1. Unidad de mantenimiento FLR



Esta unidad de mantenimiento consta de 3 módulos :

- a) Válvula 3/2, manual con enclavamiento, con silenciador.
- b) Filtro regulador de presión con manómetro y filtro de aire de 40 micras, con purga semiautomática por depresión.
- c) Lubricador.

Características de la válvula 3/2 :

Presión primaria máxima	: 15 [bar] a 20 [°C] 20 [bar] a 60 [°C]
Temperatura de trabajo	: -15 [°C] a +60 [°C]

Características del filtro regulador :

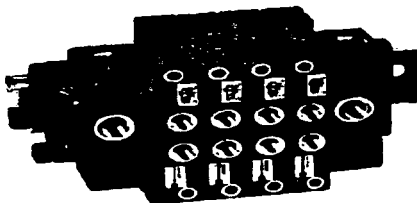
Presión primaria máxima	: 15 [bar] a 20 [°C] 10 [bar] a 60 [°C]
Presión secundaria ajustable	: 0.5 a 10 [bar] 0.1 a [bar] 0 a [bar]

Temperatura de trabajo	: -15 [°C] a +60 [°C]
Capacidad útil de la cuba	: 17 [cm <sup>3</sup> ]
Sistemas de descompresión automática	: equipado de origen
Dispositivo de purga de condensados	: semi - automática equipado de origen.
Filtración	: 50 [µm]

Características del lubricador :

Presión primaria máxima	15 [bar] a 20 [°C] 10 [bar] a 60 [°C]
Temperatura de trabajo	: -15 [°C] a +60 [°C]
Capacidad útil de la cuba	: 17 [cm <sup>3</sup> ]
Tipo de lubricación	: niebla
Viscosidad recomendada del aceite	: 2 a 5 Engler a 50 [°C]
Llenado del aceite	semi - automático por aspiración.

## 2. Bloque de válvulas distribuidoras.



El bloque de válvulas está formado de los siguientes elementos :

- a) Cabezal de distribución. Rosca de 1/4" y dos escapes con silenciador roscado de 1/4".
- b) Racor orientable. Rosca de 1/4" y conexión de 6 [mm]

- c) Dos válvulas monoestables, 5/2, con pilotaje neumático y eléctrico.  
 d) Tres válvulas biestables, 5/2, con pilotaje neumático y eléctrico.  
 e) Tapa y tornillos de sujeción.

*Válvula monoestable 5/2.* Válvula distribuidora 5/2 sin zócalo, versión apilable, de pilotaje neumático o eléctrico. Función monoestable con retorno por resorte. Conexionado : por bloque de desconexión instantáneo de  $\varnothing 6$  [mm] y roscado de 1/8".

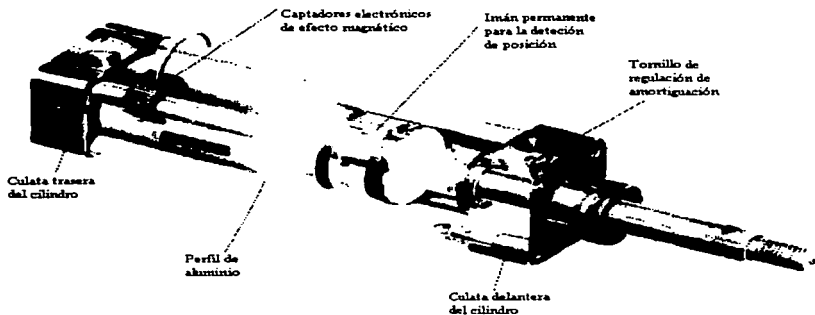
**Características :**

Presión de trabajo	: 3 a 10 [bar]
Temperatura de trabajo	: -15 [°C] a +60 [°C]
Materiales	: -cuerpo : poliamida 6-6 cargado de fibra de vidrio -juntas : poliuretano
Conexiones	: Conexiones instantáneas : $\varnothing 6$ [mm] - conexionado roscado 1/8"
Modo de fijación	: sobre perfil $\Omega$
Posición de montaje	: todas las posiciones.

*Válvula biestable 5/2.* Válvula distribuidora 5/2 sin zócalo, versión apilable, de pilotaje neumático o eléctrico. Función biestable. Conexionado : por bloque de desconexión instantáneo de  $\varnothing 6$  [mm] y roscado de 1/8". Las características son iguales a las de la válvula monoestable.

**3. Cilindro de doble efecto.**

Cilindro de doble efecto de  $\varnothing 32$  [mm] con amortiguación neumática y pistón magnético. Tipo de montaje fijo por escuadra. Longitud de la carrera 125 y 100 [mm]



## Características :

Presión de trabajo	: de 1 a 10 [bar]
Temperatura de trabajo	: -20 [°C] a +70 [°C]
Normalización	Conforme a las normas ISO 6431
Material	: -Tubo : aleación de aluminio -Vástago : XC cromado duro -pistón : equipado de imán permanente -juntas : elastómero -culatas : aleación de aluminio. -amortiguación : juntas de elastómero
Diámetro del cilindro	: Ø 32 [mm]
Longitud de amortiguación	: 32 [mm]
Consumo en la salida del vástago	: 0.056 [l/min]
Fuerza teórica en la entrada del vástago	: 48 daN
Fuerza teórica en la entrada del vástago	: 41 daN

#### 4. Minicilindro de simple efecto.

Cilindro de simple efecto de  $\varnothing$  10 [mm] con amortiguación neumática y pistón magnético. Tipo de montaje fijo por escuadra. Longitud de la carrera 25 [mm].



Características :

Presión de trabajo	: de 3 a 10 [bar]
Temperatura de trabajo	: : -20 [°C] a +70 [°C]
Normalización	: Conforme a las normas ISO 6432
Diámetro del cilindro	: $\varnothing$ 10 [mm]
Consumo a la salida del vástago	: 0.005 [l/min]
Fuerza teórica en la salida del vástago	: 4 [daN]
Fuerza teórica en la entrada del vástago	: 0.25 [daN]

5. *Panel de control.* Esta formado por los siguientes elementos :

- a) El panel de control Piloto neumático. Con indicador de señal neumática rojo y diámetro de 22 [mm]
- b) Cuatro pulsadores a impulso. Diámetro de 22 [mm], con cuerpos de válvula de composición modular. Tipo de conexión instantáneas fijas de  $\varnothing$  4 [mm], con tipo de conmutación de establecimiento de circuito (normalmente abiertas) o con corte de circuito (normalmente cerradas) Eléctricos o neumáticos.
- c) Dos pulsadores de seta con enganche.  $\varnothing$  22 [mm]. Los cuerpos de válvula son iguales que los de los pulsadores a impulso.
- d) Pulsador giratorio. Con dos posiciones fijas y  $\varnothing$  de 22 [mm] Los cuerpos de válvula son iguales que los de los pulsadores a impulso.
- e) Soporte para pulsadores. Capacidad hasta 6 pulsadores con cubierta orientable.

**6. Temporizador salida positiva.**

Módulo independiente de temporizador, para montarse sobre base asociable de tres orificios, de conexión instantáneas orientables  $\varnothing 4$  [mm], con testigo de presión. Con función de salida positiva.. Su dominio del tiempo es de 0.1 a 30 [s].

Características :

Presión de trabajo	: 3 a 8 [bars]
Temperatura de funcionamiento	: -15 [°C] a +60 [°C]
Materiales	: -envoltura : poliamida 6-6 con fibra de vidrio. -válvulas : poliuretano. -juntas : nitrilo
Conexionado	: Por conexiones instantáneas integradas por tubos de plástico semi-rígido $\varnothing$ exterior 4 [mm] (poliamida y poliuretano).
Modo de fijación	: sobre perfil $\Omega$ de 35 [mm] según la norma EN 50022
Posiciones de montaje	: todas las posiciones

**7. Temporizador salida negativa.**

Módulo independiente de temporizador, para montarse sobre base asociable de tres orificios, de conexión instantáneas orientables  $\varnothing 4$  [mm], con testigo de presión. Con función de salida negativas. Su dominio del tiempo es de 0.1 a 30 [s].

Sus características son las mismas que las del temporizador de salida positiva.



### 8. Célula lógica AND.

Célula lógica autónoma AND ("Y") con función lógica Y. De conexiones instantáneas laterales de  $\varnothing 4$  [mm]. Sus características son las mismas que las de los temporizadores.

### 9. Célula lógica OR

Célula lógica autónoma OR ("O") con función lógica O. De conexiones instantáneas laterales de  $\varnothing 4$  [mm]. Sus características son las mismas que las de los temporizadores.

### 10. Detector de posición neumático

Interruptor de posición miniatura con válvula 3/2 y de conexiones instantáneas de  $\varnothing 4$  [mm]. Su dispositivo de ataque es una roldana termoplástica y su tipo de conmutación es de establecimiento de circuito (normalmente abierto).

Características :

Presión de trabajo	: 3 a 8 [bars]
Temperatura de funcionamiento	: -15 [°C] a +60 [°C]
Frecuencia máxima de funcionamiento	: 5 [Hz]
Materiales	: -cuerpos : aleación de zinc -válvulas : poliuretano. -juntas : nitrilo
Conexionado	: Por conexiones instantáneas integradas por tubos de plástico semi-rígido $\varnothing$ exterior 4 [mm] (poliamida y poliuretano).
Posición de funcionamiento	: Cualquier posición.
Modo de fijación	: sobre perfil $\Omega$ de 35 [mm] según la norma EN 50022

11. *Detector de posición eléctrico.*

Captadores eléctricos de posición de detección magnética con visualización por diodo electroluminiscente, con tipo de contacto normalmente abierto y modo de conexionado de dos hilos de salida con longitud de 2 [m].

Características :

Tensión de utilización	: de 5 250 [V] de c.c. ó c.a.
Caida de tensión	: 3 [V]
Intensidad máxima admisible	: 1 [A]
Intensidad mínima	: 10 [mA]
Potencia máxima admisible	: 30 [W]
Temperatura de funcionamiento	: -20 [°C] a +70 [°C]

12. *Regulador de velocidad de 1/4"*

Regulador de velocidad para montarse sobre cilindro y de conexión instantánea, regulación por medio de llave Allen (con la que se regula el paso del aire) y bloqueo por tuerca. La rosca para el orificio del cilindro es de 1/4".

Características :

Presión de trabajo	: 1 a 10 [bars]
Temperatura de funcionamiento	: -15 [°C] a +60 [°C]
Materiales	-cuerpos : aleación de zinc y latón. -válvulas : poliuretano -juntas : nitrilo

Conexionado	: Por conexiones instantáneas integradas por tubos de plástico semi - rígido $\varnothing$ exterior 6 [mm] (poliamida y poliuretano).
Posición de funcionamiento	: Cualquier posición
Modo de regulación	: llave Allen
Enclavamiento de regulación	: por tuerca hexagonal.

### 13. Regulador de velocidad de 1/8"

Regulador de velocidad para montarse sobre cilindro y de conexión instantánea, regulación por medio de llave Allen (con la que se regula el paso del aire) y bloqueo por tuerca. La rosca para el orificio del cilindro es de 1/8". Las características son las mismas que las del regulador de velocidad de 1/4" excepto que en el conexionado el  $\varnothing$  de las conexiones instantáneas es de 4 [mm].

### 14. Control lógico programable (procesador) MICRO1<sup>3</sup>

El MICRO1 es capaz de manejar 8 puntos de entrada a 24 [V] c.c. y 6 de salida, adicionalmente cuenta con la opción de utilizar un módulos de expansión (8 puntos de entrada a 24 [V] c.c. y 6 de salida). El almacenaje de memoria es no volátil (EEPROM), cuenta con 80 temporizadores y 47 contadores. La capacidad de memoria es de 600 palabras. La programación es por software o por programador/cargador.

### 15. Unidad de expansión del MICRO1.<sup>3</sup>

### 16. Programador manual del MICRO1.<sup>3</sup>

### 17. Monitor del MICRO1<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Al final del capítulo se anexa una tabla donde se muestran todas las especificaciones del MICRO1

**18. Clemas de interconexión.**

Clema de conexión, configuración brida - tornillo para montaje sobre riel DIN

**19. Accesorios de conexión y montaje.**

- a) Racor recto macho. Con conexión instantánea de 6 [mm] y rosca ¼".
- b) Multite de derivación. Con entrada y salida de 6[mm] y tres derivaciones de 4[mm].
- c) Y de derivación : Con entrada y salidas de 6 [mm].
- d) Y de derivación : Con entrada y salida de 4 [mm].
- e) T : Con entrada y salidas de 4 [mm]
- f) T : Con entrada y salida de 6 [mm]
- g) Reductores : De 6 [mm] a 4 [mm]
- h) Riel DIN : Con perfil  $\Omega$ , 32 [mm] de ancho y labios de enganche de 5 [mm] y grosor 1 [mm]. Calibre 26.
- i) Conjunto clip - tornillo. Para montaje de las células lógicas sobre el perfil  $\Omega$ .

**20. Mangueras de 6 [mm] y 4 [mm].**

Tubo de poliamida :  $\varnothing$  exterior de 4 [mm], incoloro.

Tubo de poliamida :  $\varnothing$  exterior de 6 [mm], incoloro.

21. *Sensor de proximidad inductivo. (c.c.)*

22. *Sensor de proximidad capacitivo*

23. *Detector fotoeléctrico tipo reflex*

24. *Reflector.*

25. *Sensor de proximidad inductivo (c.c. ó e.a.)*

## ***VI.4 Red de aire comprimido.***

### **VI.4.1 Cálculo de la red**

Una parte importante del laboratorio de neumática y PLC's es la instalación de la tubería que se encarga de suministrar de aire comprimido a las estaciones de trabajo. Como mencionamos en el capítulo II existe una serie de puntos que son importantes y que se deben de tratar de seguir para que la instalación funcione de manera óptima.

Para el suministro de aire comprimido al laboratorio de neumática se cuenta con dos compresores, los cuales están conectados en paralelo. La red de distribución de aire comprimido es de tubería de acero galvanizado de ½" y contamos con una presión a la salida de los tanques de almacenamiento de 8 [bar]. Sabiendo que la tubería de ½" es un diámetro recomendable para instalaciones de aire comprimido y que los equipos neumáticos trabajan a una presión de 6 [bar], se empezó el diseño de la instalación suponiendo que se utilizaría tubo galvanizado del mismo diámetro. Si con dicha tubería es posible que todas las estaciones de trabajo puedan trabajar a su máxima capacidad y, asumiendo la posibilidad de futuras ampliaciones, se logra un a caída de presión que nos permita tener en la estación de trabajo mas alejada más de 6 [bar] de presión manométrica, se podrá afirmar que la tubería usada es la correcta.

1. En principio se calcula el consumo de aire comprimido que se tiene por estación de trabajo.

Los consumos de los equipos son proporcionados por el fabricante y son los siguientes:

Cilindro de simple efecto de 25 [mm] de carrera: 0.0125 [l/min]

Cilindro de doble efecto de 125 [mm] de carrera: 0.7 [l/min] × 3 cilindros = 2.1 [l/min]

Temporizador: 3 [l/min] × 2 temporizadores = 6 [l/min].

Detectores neumáticos de 300 conmutaciones por minuto:  $1.88 \text{ [l/min]} \times 3 \text{ detectores} = 5.64 \text{ [l/min]}$ .

Por lo tanto el consumo total por mesa es de:  $13.75 \text{ [l/min]}$ ; este valor debe de ser multiplicado por un factor de seguridad que va de 1.5 a 3 (según la bibliografía consultada), escogiendo el primer valor nos da un consumo final de  $20 \text{ [l/min]}$ , por lo que el consumo total del laboratorio al trabajar simultáneamente las ocho estaciones es de:  $160 \text{ [l/min]}$ .

## 2. Se procede al cálculo de la caída de presión.

El cálculo de la caída de presión lo realizamos en base a la ecuación de la conservación de la energía hidrodinámica, la cual a su vez se deriva de la primera ley de la termodinámica (principio de conservación de la energía). La ecuación de la conservación de la energía hidrodinámica con pérdidas es:

$$\frac{P_1}{\rho} + z_1 g + \frac{v_1^2}{2} - H_r = \frac{P_2}{\rho} + z_2 g + \frac{v_2^2}{2} \dots (6.1)$$

donde:

1 y 2: son dos diferentes estados dentro de una línea de corriente de una partícula.

P: presión.

g: gravedad

$\rho$ : densidad

H<sub>r</sub>: pérdidas

z: altura

v: velocidad

Sin embargo el aire como todo fluido en movimiento dentro de un tubo, sufre ciertas pérdidas, debidas a la fricción con las paredes del tubo por lo tanto la ecuación que usaremos para contemplar dichas pérdidas es la ecuación de Darcy - Weisbach:

$$H = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \dots (6.2)$$

donde:

H: pérdidas de carga primaria

$\lambda$ : coeficiente de pérdida del diagrama de Moody

D: diámetro de la tubería

L longitud de la tubería

v: velocidad media del fluido

Otra causa de pérdidas de carga importantes son los accesorios, las cuales se consideran como longitudes equivalentes de tramos de tubería, por lo que la ecuación anterior la podemos expresar como:

$$H_r = \lambda \frac{(L + \Sigma L_e)}{D} \frac{v^2}{2g} \dots (6.4)$$

donde:

$H_r$ : pérdida de carga total

$\Sigma L_e$ : suma de todas las longitudes equivalentes a los accesorios diversos.

El coeficiente de pérdida de carga  $\lambda$  se obtiene de la siguiente forma:

- según el material de la tubería se lee de tablas la rugosidad absoluta ( $\epsilon$ )
- Se calcula la rugosidad relativa.
- Se calcula el número de Reynolds  $R_r = \frac{vD}{\nu}$  donde  $\nu$  es la viscosidad cinemática.
- Se lee  $\lambda$  del diagrama de Moody.

Debido a que estamos trabajando con un aire a presión. el cual se comporta como gas perfecto se pueden hacer varias simplificaciones a la ecuación 6.1:

Las variaciones de altura pueden ser despreciadas en la mayoría de los casos.

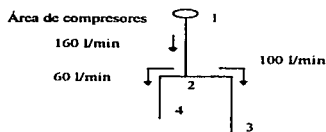
Por lo que el cambio de presión entre el punto 1 y el punto 2 lo podremos obtener con la siguiente ecuación:

$$\Delta P_{1-2} = \rho g H_r \dots (6.5)$$

donde:  $\Delta P_{1-2}$ : Caída o cambio de presión entre 1 y 2

A continuación se procede al cálculo de la caída de presión desde área de compresores hasta la estación de trabajo que se encuentra más alejada de esta.

De forma muy general podemos ver la instalación con sus respectivos flujos de la siguiente manera:



a) Caída de presión del punto 1 al punto 2 (área de compresores al laboratorio)

$$\text{Caudal } Q = 160 \frac{l}{min} = 0.16 \frac{m^3}{min} = 2.667 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

Velocidad (v):

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{2.667 \times 10^{-3}}{\pi(78.74 \times 10^{-4})^2} = 13.69 \frac{m}{s} \quad \text{donde } A \text{ es el área de la sección del tubo, para tubo de}$$

$\frac{1}{2}$ " el diámetro interior es de 15.75 [mm].

Longitud de tramo recto de tubería: 82.3 [m].

Accesorios: 13 codos de 90°, 1 válvula de globo y una tuerca unión.

La longitud equivalente de los accesorios la obtenemos de tablas:<sup>6</sup>

Codo de 90° = 1.55 [ft] = 0.47244 [m], de 13 codos: 6.142 [m]

Válvula de globo = 17.6 [ft] = 5.36 [m]

Tuerca unión = 0.93 [ft] = 0.2834 [m]

<sup>6</sup> Fuente : Compressed Air and Gass Data. Charles W. Gibbs. pp 34-78



Longitud total,  $L_T = 82.3 + 6.142 + 5.36 + 0.2834 = 94.08$  [m]

Cálculo de  $\lambda$ :

Cálculo del número de Reynolds.

$v = 15.10 \times 10^{-6} \left[ \frac{m}{s} \right]$  (cabe destacar que la viscosidad depende prácticamente de la temperatura)

Rugosidad absoluta para tubería de acero galvanizado ( $k$ ) = 0.175 [mm]

Rugosidad relativa:  $\varepsilon = \frac{0.175}{15.75} = 0.011$  donde  $D = 15.75$  [mm]

$$\therefore R_v = \frac{vD}{\nu} = \frac{(13.69)(0.01575)}{15.10 \times 10^{-6}} = 14279.3$$

del diagrama de Moody con  $\varepsilon$  y  $R_v$  obtenemos que  $\lambda = 0.042$

Aplicando la fórmula 6.4 tenemos:

$$\Delta P_{1-2} = H_f = 0.042 \frac{(94.08[m]) \left( 13.69 \left[ \frac{m}{s} \right] \right)^2}{(0.01575[m])(2) \left( 9.81 \left[ \frac{m}{s^2} \right] \right)} = 2396.48[m]$$

Aplicamos la fórmula 6.5 para determinar la caída de presión entre 1 y 2. La densidad está en función de la presión, por lo que de la fórmula de los gases perfectos :

$$Pv = R_a T \dots (6.6)$$

donde :

$v$  : volumen específico, el volumen específico es el inverso de la densidad.

$R_a$  : constante particular del aire.  $R_a = 286.9 \left[ \frac{J}{kg \cdot K} \right]$

$T$  : temperatura absoluta [K]

$P$  : presión absoluta

Por lo tanto la densidad la podemos determinar con la ecuación :

$$\rho = \frac{P}{R_a T} \dots (6.7)$$

Si tenemos una presión de 8[bar] y una temperatura de 20 [°C] = 293.15 [K].

$$\rho = \frac{8 \times 10^5 [Pa] + 101325 [Pa]}{286.9 \left[ \frac{J}{kg \cdot K} \right] 293.15 [K]} = 10.72 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

$$\therefore \Delta P_{1-2} = 10.72 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] 9.81 \left[ \frac{m}{s^2} \right] 2396.48 [m] = 252021.5 [Pa] = \boxed{2.52 \text{ [bar]}}$$

b) Caída de presión del punto 2 al punto 3.

$$\text{Caudal } Q = 100 \frac{l}{min} = 0.1 \frac{m^3}{min} = 1.666875 \times 10^{-3} \frac{m^3}{s}$$

Velocidad (v):

$$v = \frac{Q}{A} = \frac{1.666875 \times 10^{-3}}{\pi (78.74 \times 10^{-3})^2} = 8.56 \frac{m}{s} \quad \text{donde } A \text{ es el área de la sección del tubo, para tubo de}$$

½" el diámetro interior es de 15.75 [mm].

Longitud de tramo recto de tubería: 33.5 [m].

Accesorios: 6 codos de 90°, 6 T, 1 codos de 180°.

Las longitudes equivalentes para los accesorios son (de tablas):

Codo de 90° = 1.55 [ft] = 0.47244 [m], de 6 codos: 2.8345 [m]

T = 3.11 [ft] = 0.948 [m], de 6 Ts: 5.69 [m].

Codo de 180° = 3.1 [ft] = 0.94484 [m]

Longitud total,  $L_T = 33.5 + 2.8345 + 5.69 + 0.94484 = 42.97$  [m]

Cálculo de  $\lambda$ :

Cálculo del número de Reynolds.

$\nu = 15.10 \times 10^{-6} \left[ \frac{m}{s^2} \right]$  (cabe destacar que la viscosidad depende casi exclusivamente de la temperatura)

Rugosidad absoluta para tubería de acero galvanizado ( $k$ ) = 0.175 [mm]

Rugosidad relativa:  $\epsilon = \frac{0.175}{15.75} = 0.011$  donde  $D = 15.75$  [mm]

$$\therefore R_e = \frac{vD}{\nu} = \frac{(8.56)(0.01575)}{15.10 \times 10^{-6}} = 8928.48$$

del diagrama de Moody con  $\epsilon$  y  $R_e$  obtenemos que  $\lambda = 0.044$

Aplicando la fórmula 6.4 tenemos:

$$\Delta P_{1-2} = H_f = 0.044 \frac{(42.97[m]) \left( 8.56 \left[ \frac{m}{s} \right] \right)^2}{(0.01575[m])(2) \left( 9.81 \left[ \frac{m}{s^2} \right] \right)} = 448.32 [Pa]$$

Si tenemos una presión de 5.48[bar] ( $8 - \Delta P_{1-2}$ ) y una temperatura de 20 [°C] = 293.15 [K].

$$\rho = \frac{5.48 \times 10^5 [Pa] + 101325 [Pa]}{2869 \left[ \frac{J}{kg \cdot K} \right] 293.15 [K]} = 7.72 \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

$$\therefore \Delta P_{2-3} = 7.72 \left[ \frac{kg}{m^3} \right] 9.81 \left[ \frac{m}{s^2} \right] 448.32 [m] = 33952.71 [Pa] = \boxed{0.34 [bar]}$$

Finalmente la caída de presión desde el área de compresores hasta el punto 3 (estación de trabajo mas lejana) para una tubería de ½" de acero galvanizado es:

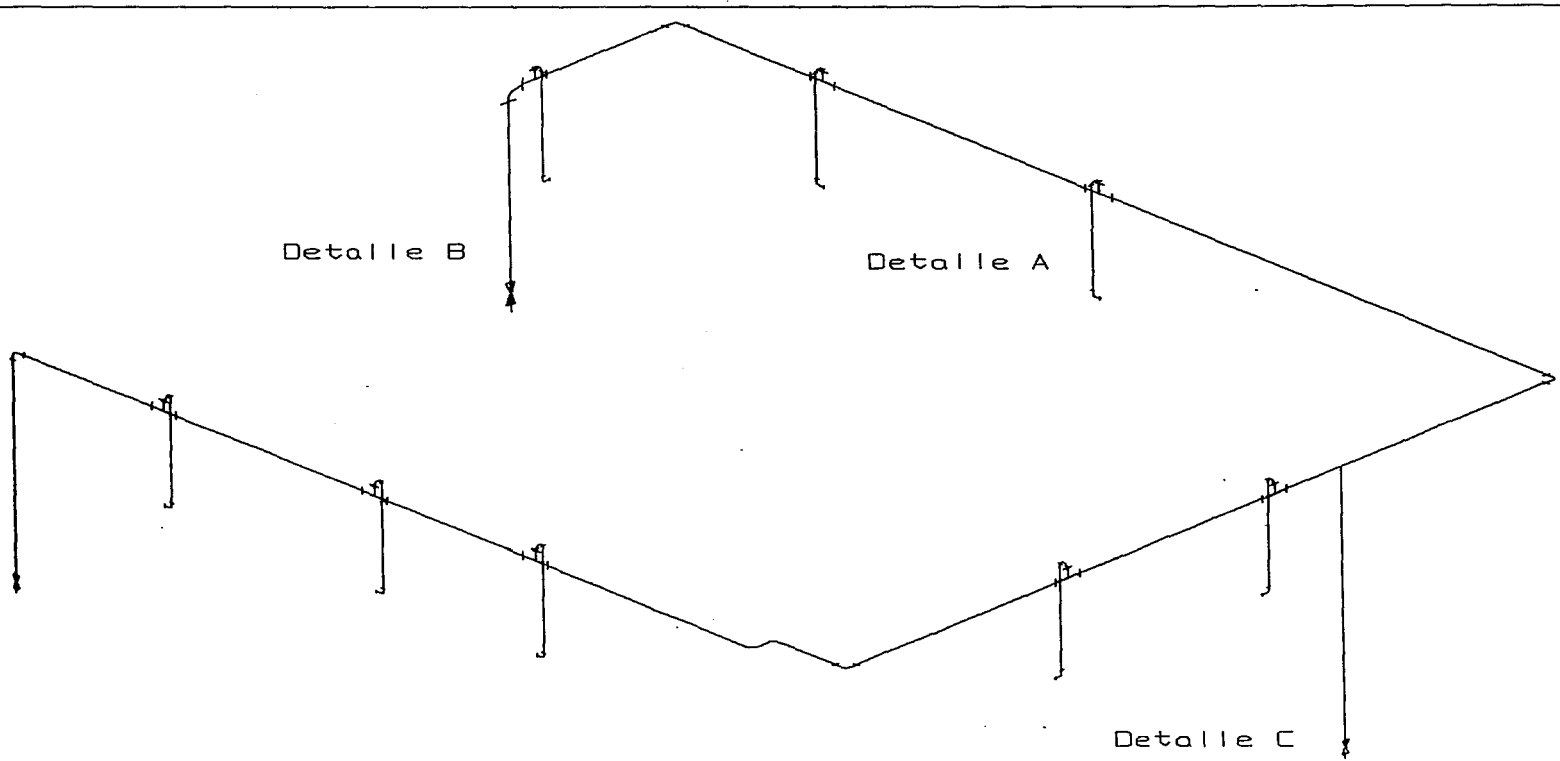
$$\boxed{\Delta P_{1-3} = 2.86 [bar]}$$

Detalle B

Detalle A

Detalla

<small>Elaborado por:</small> Gerardo A. Maza Lloja Caro Miguel Ángel Rojas García
<b>UNIVERSIDAD N AUTÓNOMA DE</b>



Detalle B

Detalle A

Detalle C

Elaborado por: Bernardo A. Meza Lledo Dora Miguel Angel Rojas Garcia	Diseñado por: H. E. Victor Gonzalez Villalta	Escala: 1 : 43	Fecha: Diciembre 1998	Ases. JMW
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		Red de distribución de aire acondicionado.		
		Departamento de Mecatronica	Hoja	6

alle B

Detalle A

Detalle C

Diseñado por: Bernardo A. Macz Llata Cruz Miguel Ángel Rojas García	Revisado por: M. E. Víctor González Villalón	Escala: 1 : 43	Fecha: Diciembre 1996	A lof: SIN
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO		Proyecto: Red de distribución de aire comprimido.		
		Departamento de Mecatronica	Hoja:	6

Detalle "A"

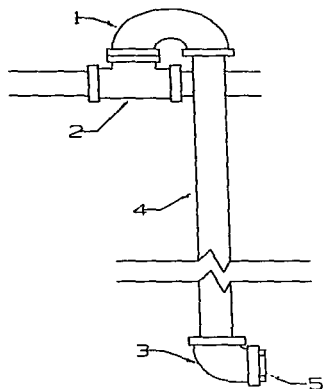


Figura 1  
Vista frontal

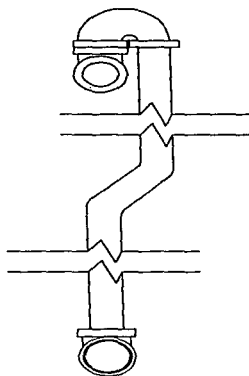


Figura 1  
Vista lateral

Detalle "B"

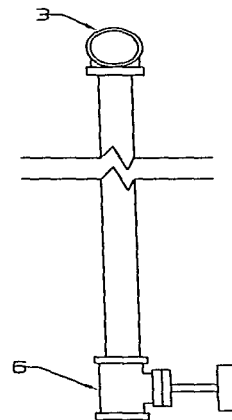


Figura 2  
Vista lateral

Numero

Descripcion

1	Codo retorno (180) 1/2''
2	Derivacion en T 1/2''
3	Codo 90 1/2''
4	Tubo de 1/2''
5	Reduccion bushing
6	Valvula de compuerta de 1/2''
7	Valvula de globo de 1/2''
8	Tuerca union 1/2''

Elaborado por:

Diego A. Gómez Llido Caro  
Rogel Angel Rojas Garcia

UNIVERSIDAD NA  
AUTONOMA DE MI

Detalle "A"

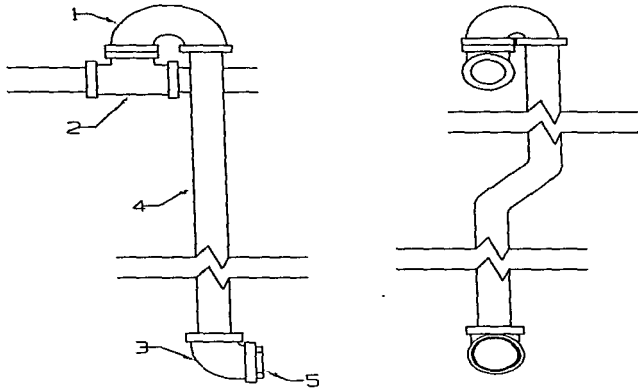


Figura 1  
Vista frontal

Figura 1  
Vista lateral

Detalle "B"

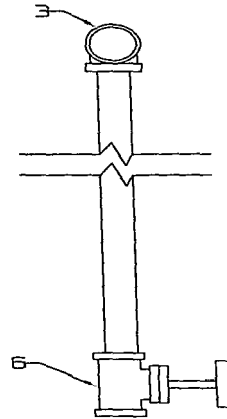


Figura 2  
Vista lateral

Detalle "C"

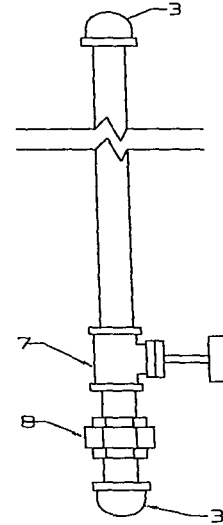


Figura 3  
Vista lateral

Numero	Descripcion
1	Codo retorno (180) 1/2"
2	Derivacion en T 1/2"
3	Codo 90 1/2"
4	Tubo de 1/2"
5	Reduccion bushing
6	Valvula de compuerta de 1/2"
7	Valvula de globo de 1/2"
8	Tuerca union 1/2"

Desarrollado por: Bernardo A. Gómez López Cruz Miguel Ángel Rojas García	Revisado por: M. E. Víctor González Villalón	Fecha: 1 : 66	Fecha: Diciembre 1995	Año/ Sem 5/14
Título: UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		Plano de detalle de la instalación de aire comprimido.		
Departamento de Meatronics		Hoja 7		



"A"

Detalle "B"

Detalle "C"

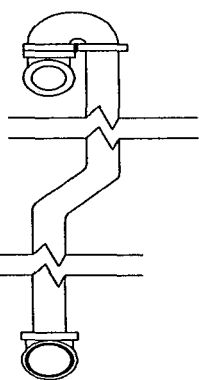


Figura 1  
Vista lateral

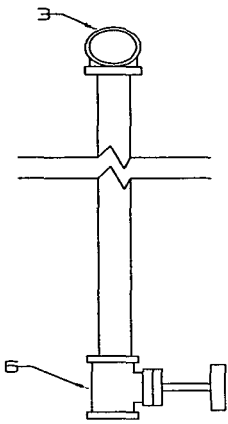


Figura 2  
Vista lateral

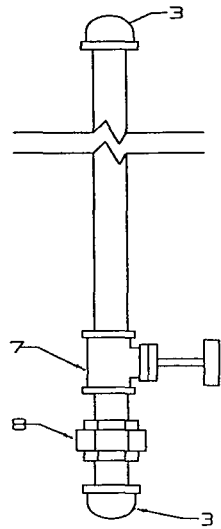


Figura 3  
Vista lateral

de 1/2''  
1/2''

Diseño por: Eduardo A. Gómez Llata Cruz Rigoberto Rojas García	Revisado por: M. I. Víctor González Villate	Fecha: 1 : 44	Fecha: Diciembre 1996	Acal/ SIN
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		Título: Plano de detalle de la instalación de aire comprimido.		
		Departamento de Mecatrónica		Página: 7

**VI.5 Línea Eléctrica De 24 Volts de c.a.****VI.5.1 Cálculo.**

1. En base a las características de operación de las electroválvulas utilizadas para las aplicaciones de electroneumáticas. Resultó ser necesario la instalación de una línea de 24 volts de corriente alterna.

Los datos técnicos de las bobinas de pilotaje son :

Fabricante : Telemecanique

Nº de catálogo : PBAH2491B

Voltaje : 24 volts c.a.

Potencia : 1.2 VA

Corriente 50 mA  $\Rightarrow$  1.2 [VA] / 24 [V] = 50  $\times$  10<sup>-3</sup> [A]

2. La instalación está diseñada para que en la primera etapa del laboratorio sea capaz de soportar las 8 mesas de trabajo con 6 electroválvulas por cada una, además de la combinación de sensores de proximidad inductivos con número de catálogo XS4-P18MA230, utilizando un sensor por mesa.

Datos técnicos de los sensores de proximidad inductivos. :

Fabricante : Telemecanique

Voltaje	Corriente
min. : 24 [V] c.a. ó c.c.	200 mA c.c.
max. : 240 [V] c.a. ó c.c.	300 mA c.a.

### 3. Determinación de la corriente.

**Bobinas :**

$$8 \text{ mesas} \times 6 \text{ bobinas/mesa} = 48 \text{ bobinas}$$

$$48 \text{ bobinas} \times 50 \text{ [mA]/bobina} = 2.4 \text{ [A]}$$

**Sensores :**

$$8 \text{ mesas} \times 1 \text{ sensor/mesa} = 8 \text{ sensores}$$

$$8 \text{ sensores} \times 300 \text{ [mA]/sensor} = 2.4 \text{ [A]}$$

∴ en total la corriente máxima de la línea es de : 4.8 [A] a 24 [V]

### 4. Selección del conductor.

Para las características de la instalación seleccionamos un cordón flexible con aislamiento tipo STP (duplex de uso doméstico). Este tipo de cable contiene conductores de cobre suave, con aislamiento de cloruro de polivinilo (PVC) especialmente flexible, de acuerdo con las iniciales STP, se tiene un par simple termoplástico y no propaga las flamas.

Los conductores se mantienen en posición paralela, posee un estrechamiento entre los dos, para facilitar su separación. Estos cordones tienen el aislamiento con bastante espesor, por tanto, buena protección mecánica.

**Características del cordón flexible con aislamiento STP :<sup>7</sup>**

Tensión nominal : 300 [V]

Temperatura máx. : 60 [°C]

Capacidad de conducción sin necesidad de usar factores de corrección por temperatura a 30 [°C]

Calibre : A .W.G. 14 capaz de soportar como máximo 15 [A]

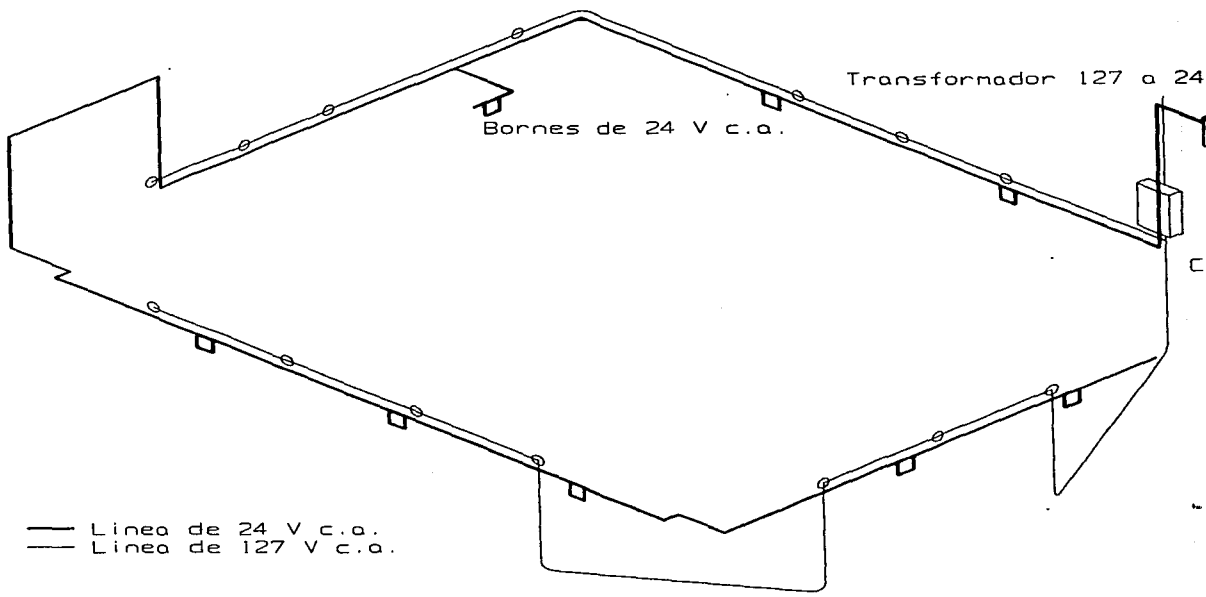
<sup>7</sup> Fuente : Manual de Instalaciones Prácticas Eléctricas

### 5. Área recomendada para el canal o conducto del cable.

De la tabla 6.1, para dos cables cal. 14 con todo y aislamiento el área es de : 19.24 [mm<sup>2</sup>], se recomienda que el área de los cables sea el 40% del área del conducto, por lo tanto el área recomendada para la sección transversal del canal es de : 48.1 [mm<sup>2</sup>].

En la siguiente tabla se muestra los elementos que conforman la instalación :

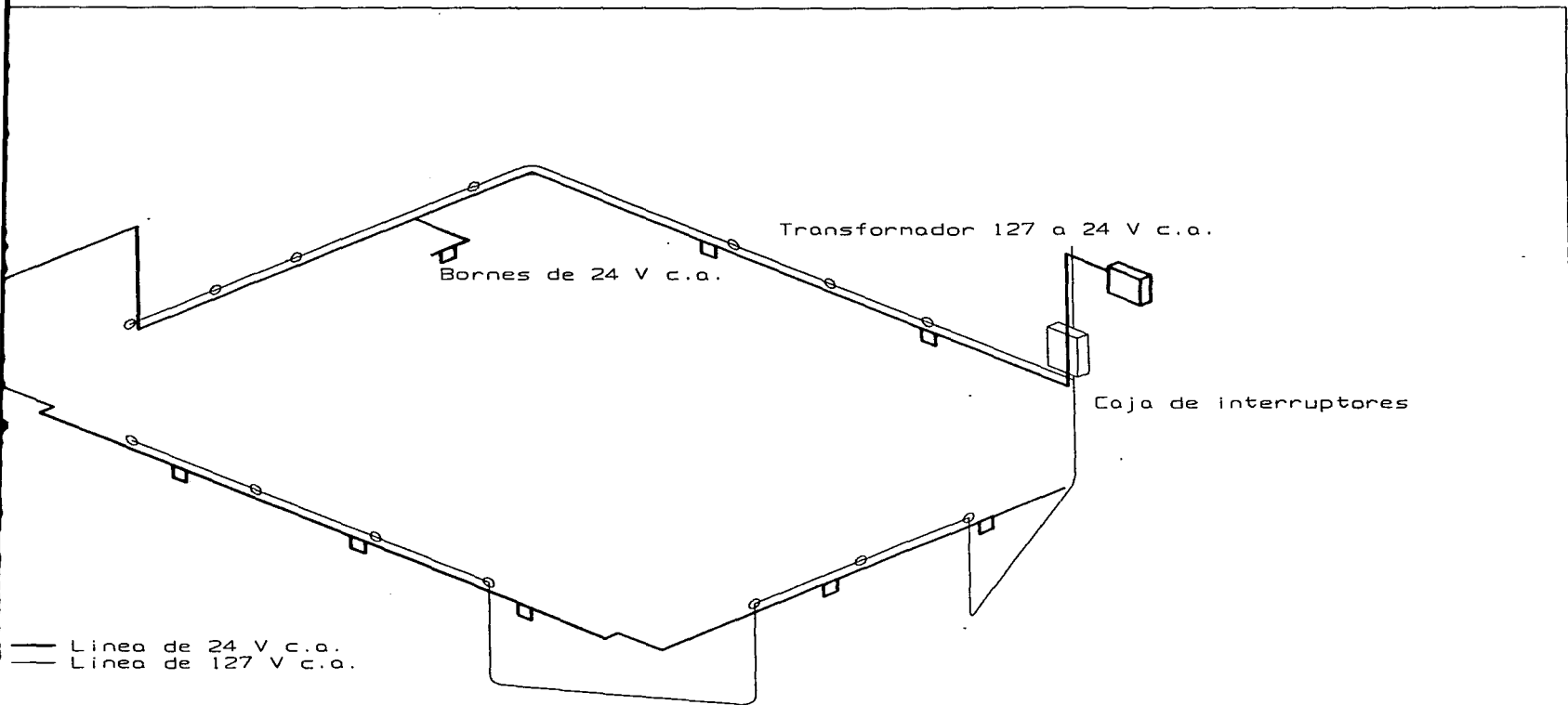
Cable conductor (fabricante : Tepeyac)	26 [m]	Cordón flexible con aislamiento STP, duplex de uso doméstico.
Canaleta (fabricante : bticino)	25 [m]	Medidas : 2 [cm] × 1 [cm], 2 secciones : base y tapa, mas accesorios.
Transformador	1	Voltaje primario : 127 [V] Voltaje secundario : 24 [V] Frecuencia : 60 [Hz] Conexión en el primario : tipo delta Conexión en el secundario : tipo estrella Núcleo : Hierro dulce Aislamiento : Derivaciones : Capacidad : 240 [VA]
Cajas de conexión (fabricante : bticino)	8	Capacidad de 6 conexiones por bornes 24 volts, con fusible de seguridad, interruptores y LED indicador.
Interruptor termomagnético (fabricante : bticino)	1	Termomagnético 120 - 240 [V] 10 [A]



— Linea de 24 V c.a.  
- - - Linea de 127 V c.a.

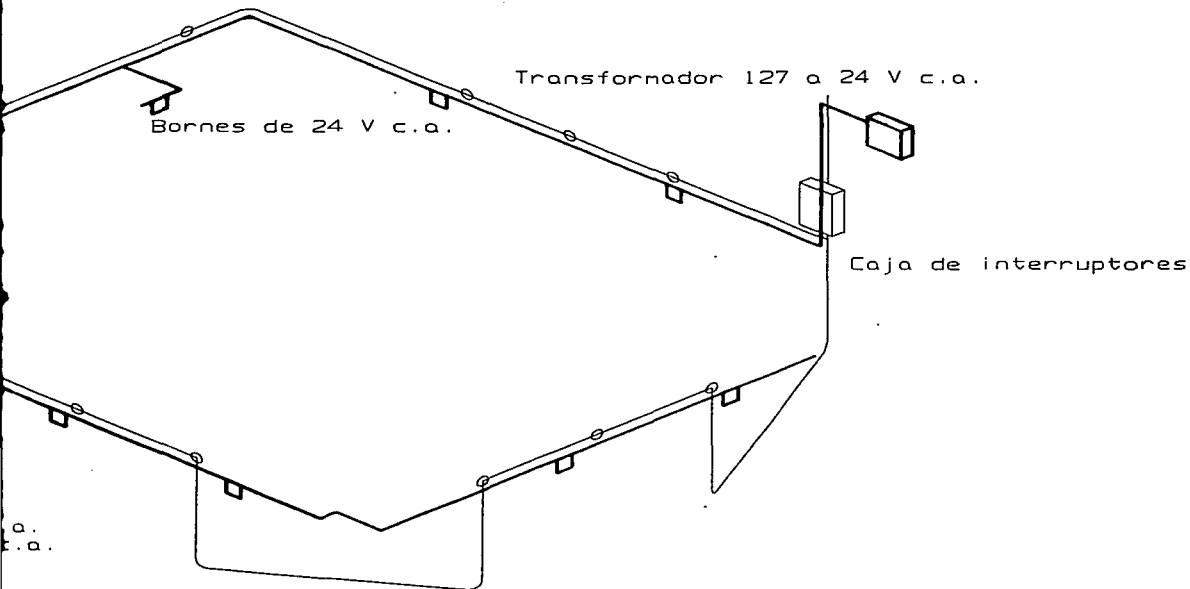
Dibujado por:  
Gerardo A. Gómez Llata Lara  
Miguel Ángel Rojas García

UNIVERSIDAD  
AUTÓNOMA DE



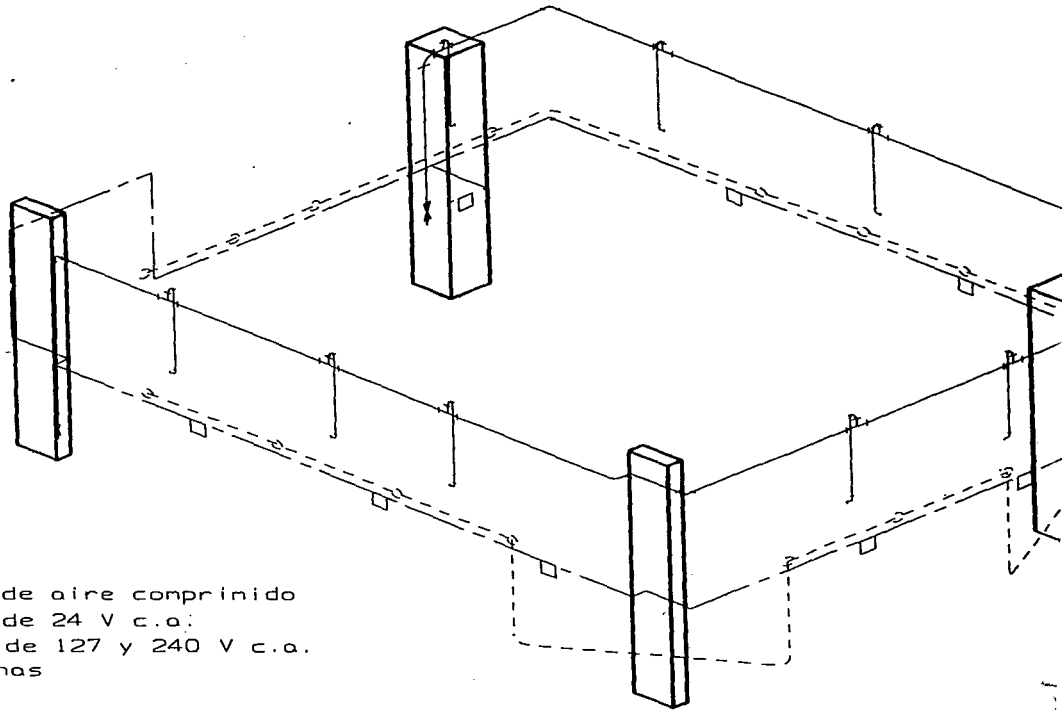
— Linea de 24 V c.a.  
 - - - Linea de 127 V c.a.

Diseñado por: Bernardo A. Gómez Llata Cano Rigoberto Rojas García	Supervisado por: M.I. Víctor González Villota	Escala: <b>1:44</b>	Fecha: Diciembre 1996	Acot. SIN
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		Título: Instalación eléctrica de 24 V y 127, 240 V		
		Departamento de Mecatrónica	Hoja 8	



d.  
c.a.

Diseñado por: Bernardo A. Gómez Uta Cano Riguel Ángel Rojas García	Revisado por: M.I. Víctor González Villero	Escala 1:44	Fecha Diciembre 1996	Autor SIN
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		Título Instalación eléctrica de 24 V y 127, 240 V		
Departamento de Mecatrónica			Hoja 8	

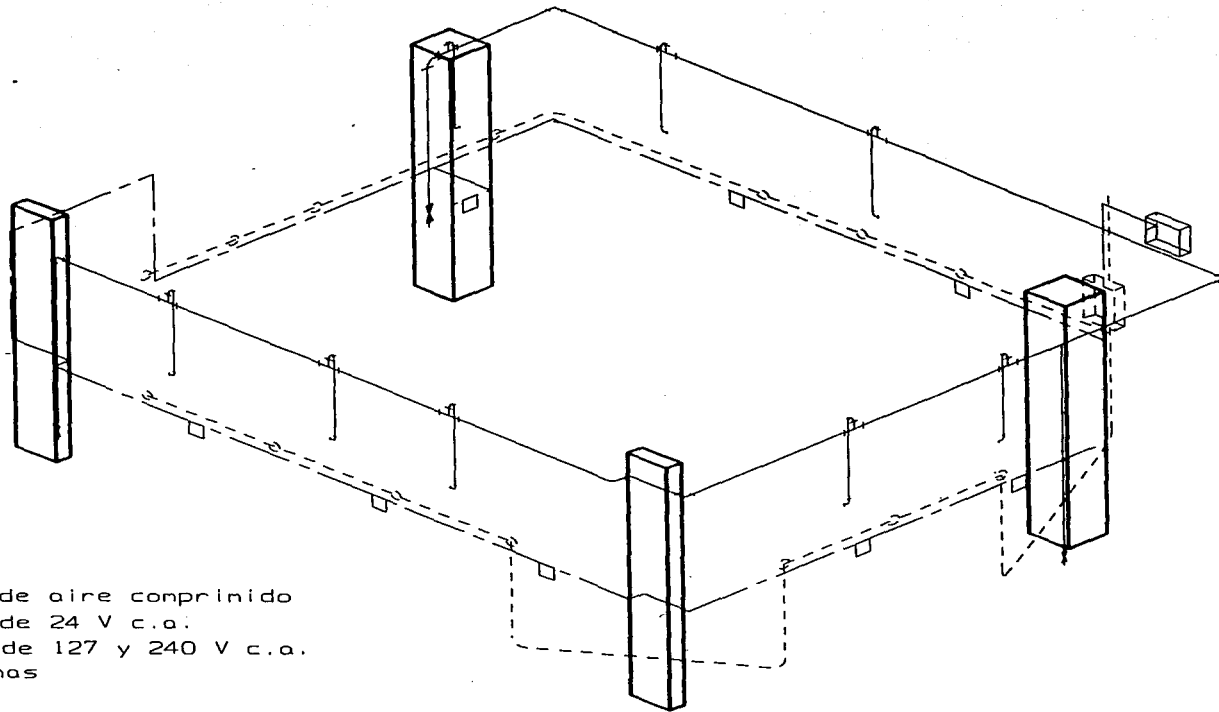


- Línea de aire comprimido
- Línea de 24 V c.a.
- · · Línea de 127 y 240 V c.a.
- Columnas

Diseñado por: Ricardo A. Gómez Lluch Cano Miguel Ángel Rojas García	Dimensiones: 84 x 1 64 cm x 6
---	-------------------------------------

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE MÉXICO

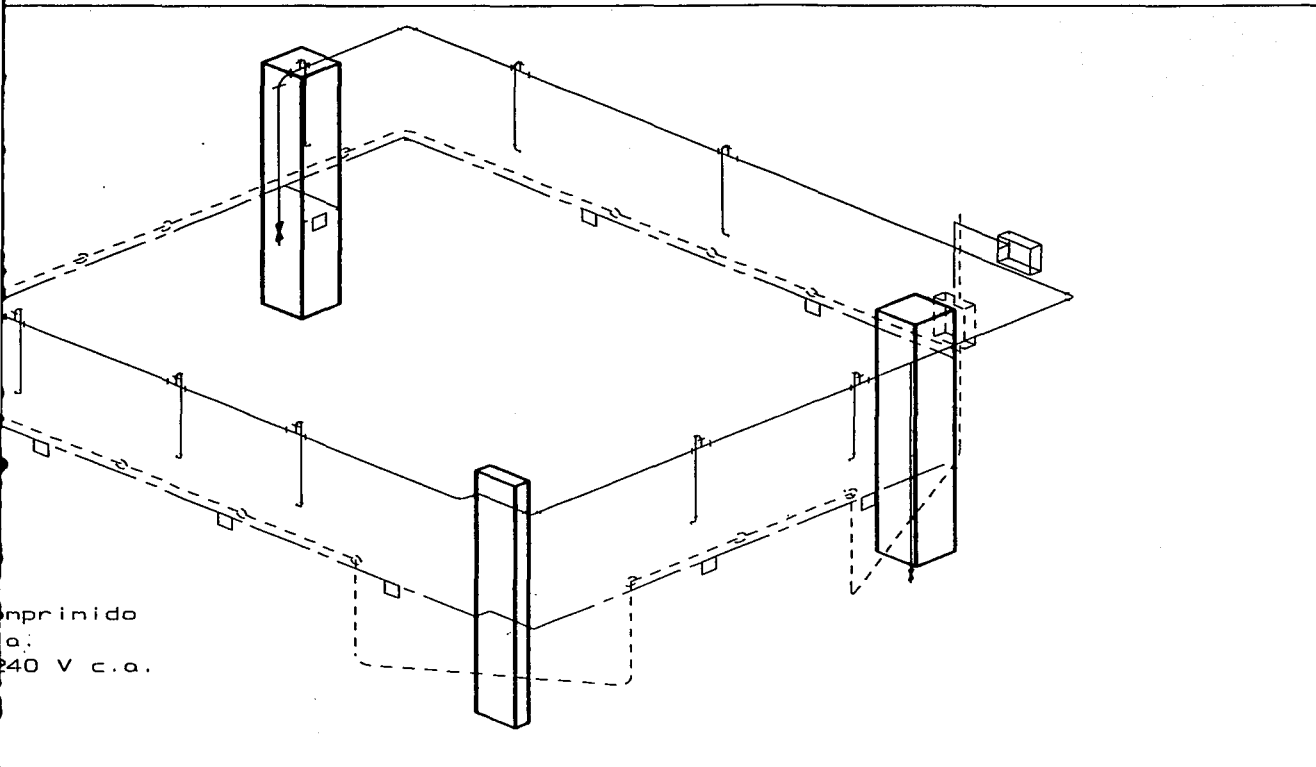




- Línea de aire comprimido
- Línea de 24 V c.a.
- - - Línea de 127 y 240 V c.a.
- Columnas

Elaborado por: Gerardo A. Sierra Lloas Lara Miguel Ángel Rojas García	Revisado por: M.E. Víctor González Villeda	Escala: 1:44	Fecha: Diciembre 1988	Acot. 5.00
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		Título: Bases de distribución de aire comprimido y eléctrica.		
		Departamento de Mecatrónica	Hoja 9	

Comprimido  
 a:  
 240 V c.a.



Diseñado por: Gerardo A. Guzmán Llanos Miguel Ángel Rojas García	Verificado por: H. E. Víctor González Villeda	Escala: 1 : 44	Fecha: Diciembre 1986	Hoja: 6 de 6
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO		Título: Bases de distribución de aire comprimido y eléctrica.		
		Departamento de Mecatrónica		Hoja: 9

## Especificaciones del MICRO-1

Voltaje de alimentación 60 Hz	100 a 240 VCA, 50 A 24 VCD	Conexión	Por cable I.CB 70
Rango de voltaje	85 a 264 VCA 19.2 a 28.8 VCD	Montaje	En la unidad del procesador
Consumo de energía	Procesador 8 W, Expansión 6 W Programador 1 W	<b>Especificaciones de entradas:</b> Señal de entrada:	
Permisible falla de energía	50 M seg. máx.	Tipo source	Transistor NPN colector abierto
Resistencia dieléctrica	Entre terminal tierra y de E/S: 1500 VCA, 1 min.	Tipo sink	Transistor PNP colector abierto
Resistencia de aislamiento	Entre terminal de tierra y E/S 100 MOhms	Rango de voltaje	24 VCD
Temperatura de operación	de 0 a 55° C	Método de aislamiento	Optocoplador
Temperatura de almacenamiento	- 20 a 70° C	Corriente de entrada	5 Milliamperes
Humedad de operación	45 a 85 % no condensable	Impedancia de entrada	4.3 Ohms
Resistencia de ruido	Entre terminal de tierra y E/S: tipo AC $\pm 1.3$ kV, 1 microsegundo, tipo DC $\pm 1$ kV 1 microsegundo.	Tiempo de encendido	7 milisegundos
Peso	Procesador 450 g., expansión 410 g. cargador 100 g.	Tiempo de apagado	11 milisegundos
Dimensiones	Procesador/expansión Unidad: 140 x 80 x 74	<b>Especificaciones de salidas:</b> Relevador:	
<b>Especificaciones de Funciones</b>		Dispositivo de salida	Relevador electromecánico
Método de programación	Símbolos lógicos escalera	Configuración de contactos	3 comunes, 3 aislados N.A.
Palabras de instrucciones	15 instrucciones básicas 2 funciones de comparación	Capacidad de corte	220 VCA, 2A 120 VCA, 2A 30 VCA, 2A
Capacidad de programa	600 pasos	Carga mínima aplicable	5 VCD, 1 miliamp
Tiempo de scan	8 milisegundos/K instrucciones básica	Resistencia de contacto	30 miliohms
Entradas	8 puntos (expansión 8 puntos)	Vida mecánica	20 millones de operaciones.
Salidas	6 puntos (expansión 6 puntos)	Vida eléctrica	100,000 operaciones
Temporizadores	80 (0 a 999.9 seg.)	<b>Transistor:</b>	
Contadores	45 (0 a 999.)	Dispositivo de salida	transistor (sink ó source)
<b>Especificaciones del programador</b>		Método de aislamiento	Optocoplador
Display	LCD, 16 caracteres	Voltaje de carga	12 a 24 VCD
Toclas de programación	24 toclas de membrana	Corriente máxima	0.4 Amp/Punto
Toclas de control	Interruptor de arranque-paso	Tiempo de encendido	1 milisegundo máx.
Alimentación	Suministrada por el procesador.	Tiempo de apagado	1 milisegundo máx



## **Conclusiones**

## CONCLUSIONES

A lo largo del tiempo que se llevo la creación de este proyecto, nos hemos dado cuenta de la importancia que representa el desarrollo de este tipo de instalaciones las cuales tienen como fin principal brindar un conjunto de conocimientos y habilidades que complementen la formación académica de acuerdo con los avances tecnológicos y los objetivos planteados dentro de los planes de estudio de las carreras que forman parte de la división de Ingeniería Mecánica e Industrial.

Por otra parte se destaca el esfuerzo que realiza la institución a fin de brindar este tipo de espacios en los cuales tanto alumnos como profesores pueden desarrollar su ingenio y experimentar posibles soluciones de problemas específicos

Además que durante el tiempo que lleva operando el laboratorio de Neumática y PLC's ha sido evidente el interés que presentan los estudiantes por conocer y operar los distintos equipos con los que se cuenta en dicho laboratorio y de esta manera poner en práctica los conocimientos adquiridos en diversas asignaturas.

Para los que hemos colaborado en este proyecto ha significado una gran satisfacción verlo terminado en su primera etapa ya que tuvimos la oportunidad tanto de adquirir nuevos conocimientos como de aplicar parte de los que hemos obtenido a lo largo de nuestra carrera.

Queremos resumir de manera general las actividades realizadas durante la primera etapa del proyecto que es lo que contempla lo expuesto en los seis anteriores capítulos de esta tesis, esto con la intención de tener un marco de referencia y que nuestro trabajo sea analizado en cuanto a la forma en que se documentó y se llevo a cabo dicho proyecto.

- a) Adquisición del equipo
- b) Adecuación del espacio de trabajo
- c) Documentación y realización de material de apoyo.

- a) Adquisición del equipo. La selección y compra del equipo del laboratorio se hizo teniendo especial cuidado, en adquirir aquel equipo que ilustrara adecuadamente y nos auxiliara a cumplir con los objetivos de la enseñanza de este laboratorio de la mejor manera posible. Sin embargo ya que la tecnología avanza a gran velocidad, se hace necesaria, la adquisición de nuevos equipos o si es posible en la actualización de los mismos. Este es un punto muy importante ya que de ello va a depender que los alumnos que tomen este laboratorio tengan la certeza de que el equipo que están manejando es utilizado en la industria
- b) Adecuación del espacio de trabajo. El lugar que fue seleccionado por el Departamento de Mecatrónica, para la instalación del laboratorio debió ser acondicionado conforme a los objetivos que debería de cumplir :
- ◆ dar cabida a ocho mesas de trabajo
  - ◆ que el equipo fuera de fácil manejo para los estudiantes
  - ◆ tener presente posibles ampliaciones al laboratorio
- respecto a este último punto existen dos limitantes

Hay un espacio limitado, sobre todo en la cantidad de alumnos que el laboratorio puede albergar.(máximo 24, el número adecuado es de 14).

La presión de aire comprimido suministrado llega a estar por debajo de los 6 [bar] recomendados, sin embargo el problema no radica en la generación de este (capacidad instalada de compresores) sino en la tubería usada para su conducción y distribución, por otro lado esto no afecta considerablemente el desarrollo de las prácticas.

- c) Documentación y realización de material de apoyo. Fue indispensable la elaboración de material que facilitara la impartición de las clases, como son un manual de prácticas, textos de apoyo de fácil acceso y material didáctico.

---

Finalmente proponemos las siguientes alternativas :

- Actualizar y adquirir equipo de forma constante y permanente.
- Modificar la red principal de tubería para distribución de aire comprimido de los talleres de Mecánica.
- Dado que la capacidad del laboratorio con respecto al número de alumnos es menor que el promedio de alumnos por grupo de teoría es recomendable distribuir adecuadamente los horarios para impartir el laboratorio.

[REDACTED]

## Apéndices



## APÉNDICE A

### SISTEMA INTERNACIONAL DE UNIDADES

En el capítulo II se mencionó el Sistema Internacional de unidades (SI), así como sus unidades básicas. Sin embargo existen unidades que se derivan del SI, las cuales se mostraran en este apéndice.

El *Sistema Internacional de unidades* es el sistema de unidades acordado internacionalmente para expresar los valores de las cantidades físicas.

*Unidades.* Una cantidad física puede medirse únicamente mediante la comparación con una cantidad semejante. A una porción bien diferenciada de una cantidad física se denomina *unidad*. Cualquier cantidad física de la misma clase puede compararse con ella y su valor puede establecerse en términos de una relación numérica y de la unidad que se utilice. (Véase la tabla A-1 y A-2)

*Unidades básicas y unidades derivadas.* La unidad general de una cantidad física se define como su dimensión, puede desarrollarse un sistema de unidades escogiendo para cada dimensión básica del sistema, una unidad específica (por ejemplo, el metro para la longitud, el kilogramo para la masa y el segundo para el tiempo). A una unidad como esas se le denomina *unidad básica*. Todas aquellas unidades que no son básicas se denominan *unidades derivadas*.

Cantidad	Unidad	Símbolo
Longitud	metro	m
Masa	kilogramo	kg
Tiempo	segundo	s
Corriente eléctrica	ampere	A
Temperatura	kelvin	K
Intensidad luminosa	candela	cd

Tabla A-1 Unidades básicas del SI

	Nombre	Simbolo	Dimensión
Aceleración	metros por segundo al cuadrado	m/s <sup>2</sup>	
Área	metro cuadrado	m <sup>2</sup>	
Densidad	kilogramo por metro cúbico	kg/m <sup>3</sup>	
Capacitancia eléctrica	farad	F	m <sup>2</sup> kg <sup>-1</sup> s <sup>4</sup> A <sup>-2</sup>
Carga eléctrica	coulomb	C	A s
Intensidad del campo eléctrico	volt por metro	V/m	m kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
Resistencia eléctrica	ohm	Ω	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-2</sup>
Fuerza	newton	N	m kg s <sup>-2</sup>
Frecuencia	hertz	Hz	s <sup>-1</sup>
Inductancia	henry	H	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-2</sup>
Intensidad del campo magnético	ampere por metro	A/m	
Flujo magnético	weber	Wb	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
Densidad del flujo magnético	tesla	T	kg s <sup>-2</sup> A <sup>-1</sup>
Potencia	watt	W	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup>
Presión	pascal	Pa	m <sup>-1</sup> kg s <sup>-2</sup>
Velocidad	metros por segundo	m/s	
Volumen	metro cúbico	m <sup>3</sup>	
Voltaje	volt	V	m <sup>2</sup> kg s <sup>-3</sup> A <sup>-1</sup>
Trabajo, energía cantidad de calor	joule	J	m <sup>2</sup> kg s <sup>-2</sup>

Tabla A-2 Unidades derivadas del SI

**TABLAS DE CONVERSIÓN**

Tabla A-3. Tabla de conversión de masa.

g	kg	lb	oz	slug
1	$10^{-3}$	$2.205 \times 10^{-3}$	$3.527 \times 10^{-2}$	$6.852 \times 10^{-5}$
$10^3$	1	2.205	35.27	$6.852 \times 10^{-2}$
453.6	0.4536	1	16	$3.108 \times 10^{-2}$
28.35	$2.835 \times 10^{-2}$	0.0625	1	$1.943 \times 10^{-3}$
$6.480 \times 10^{-2}$	$6.840 \times 10^{-5}$	$1.429 \times 10^{-1}$	$2.286 \times 10^{-3}$	$4.440 \times 10^{-6}$
$1.459 \times 10^4$	14.59	32.17	514.78	1

Tabla A-4. Tabla de conversión de longitud.

cm	m	in	ft	yd
1	0.01	0.3937	0.03281	0.01094
100	1	39.37	3.281	1.0936
2.54	0.0254	1	0.08333	0.02778
30.48	0.3048	12	1	0.3333
91.44	0.9144	36	3	1

Tabla A-4. Tabla de conversión de área.

cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	in <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>	yd <sup>2</sup>
1	$10^{-4}$	0.155	$1.0764 \times 10^{-3}$	$1.196 \times 10^{-4}$
$10^4$	1	1550	10.764	1.196
6.452	$6.452 \times 10^{-4}$	1	$6.944 \times 10^{-3}$	$7.716 \times 10^{-4}$
929.0	0.09290	144	1	0.1111
8361	0.8361	1296	9	1

Tabla A-4. Tablas de conversión de volúmen.

m <sup>3</sup>	ft <sup>3</sup>	yd <sup>3</sup>
1	$10^{-3}$	$6.102 \times 10^{-5}$
$10^3$	1	$6.102 \times 10^{-2}$
$1.639 \times 10^{-4}$	16.39	1

APÉNDICE A

1	35.315	1.308
$2.832 \times 10^{-2}$	1	$3.704 \times 10^{-2}$
0.7646	27	1

Tabla A-5. Tabla de conversión de potencia.

W	kg/cm <sup>2</sup>	lb/ft <sup>2</sup>	hp	kcal/s	Btu/s
1	101.97	737.6	1.341	0.2389	0.9480
$9.807 \times 10^{-3}$	1	7.233	$1.315 \times 10^{-2}$	$2.343 \times 10^{-3}$	$9.297 \times 10^{-3}$
$1.356 \times 10^{-3}$	0.1383	1	$1.818 \times 10^{-3}$	$3.239 \times 10^{-4}$	$1.285 \times 10^{-3}$
0.7457	76.04	550	1	0.1782	0.7069
4.186	426.9	3087	5.613	1	3.968
1.055	107.6	778	1.414	0.2520	1

Tabla A-6. Tabla de conversión de presión.

	atm (10 <sup>3</sup> mmHg)	kg/cm <sup>2</sup>	kg/m <sup>2</sup>	cm <sup>2</sup>	mm Hg	in Hg	m H <sub>2</sub> O
1	1×10 <sup>-5</sup>	1.0197×10 <sup>-3</sup>	1.450×10 <sup>-4</sup>	9.869×10 <sup>-6</sup>	7.501×10 <sup>-3</sup>	2.953×10 <sup>-4</sup>	1.0197×10 <sup>-4</sup>
1×10 <sup>3</sup>	1	1.0197	14.50	0.9869	750.1	29.53	10.197
9.807×10 <sup>4</sup>	0.9807	1	14.22	0.9678	735.6	28.96	10.0
6.895×10 <sup>3</sup>	0.06895	0.07031	1	0.06805	51.71	2.036	0.7031
1.0133×10 <sup>5</sup>	1.0133	1.0332	14.70	1	760	29.92	10.33
1.3332×10 <sup>2</sup>	1.3332×10 <sup>-3</sup>	1.3595×10 <sup>-3</sup>	19.34×10 <sup>3</sup>	1.3158×10 <sup>3</sup>	1	3.937×10 <sup>-2</sup>	1.360×10 <sup>-2</sup>
3.386×10 <sup>3</sup>	0.03386	0.03453	0.4912	0.03342	25.4	1	0.3453
9.807×10 <sup>3</sup>	0.09807	0.10000	1.422	0.09678	73.55	2.896	1

Tabla A-7. Tabla de conversión de energía.

	kg·m	ft·lb	kWh	kcal	Btu
1	0.10197	0.7376	2.778×10 <sup>-7</sup>	2.389×10 <sup>-4</sup>	9.480×10 <sup>-4</sup>
9.807	1	7.233	2.724×10 <sup>-6</sup>	2.343×10 <sup>-3</sup>	9.297×10 <sup>-3</sup>
1.356	0.1383	1	3.766×10 <sup>-7</sup>	3.239×10 <sup>-4</sup>	1.285×10 <sup>-3</sup>
3.600×10 <sup>4</sup>	3.671×10 <sup>5</sup>	2.655×10 <sup>6</sup>	1	860	3413
4186	426.9	3087	1.163×10 <sup>-3</sup>	1	3.968
1055	107.6	778	2.93×10 <sup>-4</sup>	0.2520	1

## APÉNDICE B

### APLICACIONES DE LA NEUMÁTICA

Gracias a su gran versatilidad, la neumática ha jugado un papel sobresaliente en lo que a técnicas de automatización se refiere, esta técnica como se ha mencionado anteriormente no es reciente y a través de los años ha evolucionado y mejorado, hasta llegar a la neumática que conocemos hoy en día.

Para comenzar a hablar sobre las aplicaciones de la neumática, primero mencionaremos algunas funciones que son realizadas mediante la técnica neumática :

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

y estas son solo algunas de las funciones más representativas.

Para poder llevar a cabo un control adecuado y eficiente de máquinas y sistemas que trabajen en base a tecnología neumática es de suma importancia un enlace lógico de estados y de conexiones. Esto lo vamos a conseguir mediante el funcionamiento conjunto de los elementos disponibles en un sistema neumático o parcialmente neumático.

Los elementos neumáticos de accionamiento (como los cilindros o motores neumáticos) permiten realizar los siguientes tipos de movimientos :

- Movimiento lineal
- Movimiento giratorio
- Movimiento rotativo

Las principales aplicaciones de la neumática son :

#### 1. Manipulación de piezas

- Sujeción
- Desplazamiento
- Posicionamiento
- Orientación
- Bifurcación del flujo de materiales

## 2. Técnicas especializadas

- Embalaje Orientación
- Bifurcación del flujo de materiales
- Llenar
- Dosificar
- Bloquear
- Accionar ejes
- Accionamiento de puertas
- Transporte de materiales
- Separar piezas
- Estampar y prensar.

## 3. Fabricación

- Perforar
- Tornear
- Fresar

Las aplicaciones anteriores son manejadas de manera muy general, sin embargo dada la importancia del papel que ha jugado la neumática en la automatización industrial, mencionaremos algunas aplicaciones más concretas en procesos industriales. No hay que olvidar que día a día la tecnología esta avanzando y que seguramente al estar escribiendo esta tesis se esta encontrando otra (u otras) aplicación más de la neumática en la automatización de procesos industriales.

La clasificación que usaremos será por sectores de la industria.

### a) Agricultura y explotación forestal

#### a.1) Agricultura

Maquinaria agrícola : dispositivos oscilantes, de elevación y giratorios, los cuales son usados para la protección de plantaciones, elevación de sacos y otras formas de carga y descarga.

#### a.2) Industria agropecuaria.

Instrumentos o aparatos de sacrificio, instalaciones de ventilación, dispositivos para la clasificación de huevos, extracción de estiércol, etc.

#### a.3) Industria forrajera.

Equipo para manejo de forrajes y material de embalaje, dispositivos de dosificación y mezcla, unidades para almacenaje en silos y dispositivos de control.

### b) Industria de producción de energía.

#### b.1) Centrales eléctricas

Dispositivos de ventilación para edificios de calderas, correderas automáticas, mandos de interruptores neumáticos.

**b.2) Centrales termonucleares.**

Dispositivos de manejo de entrada y salida de barras de combustible así como dispositivos de frenado, cierres de compuertas, instrumentos de medición y control.

**b.3) Abastecimiento de agua.**

Control de nivel, accionamiento de válvulas y de rejillas en instalaciones de tratamiento de agua y suministro.

**c) Explotación minera**

Dispositivos auxiliares para la explotación minera tanto de superficie como subterránea.

**d) Industria química**

Dispositivos para cierre de tapas, dosificadores, accionamiento de rodillos en mezcladores de laboratorio, equipo de ascenso y descenso para baños, accionamiento de compuertas, técnicas de embalaje, regulaciones de nivel, dispositivos de regulación de procesos.

**e) Industria del plástico.**

**e.1) Producción del plástico.**

Accionamiento de válvulas y control de silos, equipo de transporte y distribución del material fluido.

**e.2) Fabricación de piezas de plástico.**

Ajuste de rodillos de la calandra, control de dispositivos de cierre para embutición profunda, equipo de prensado, control de avance en cintas, accionamiento de dispositivos de seguridad como pueden ser ventanas y puertas en máquinas e instalaciones, moldeadoras, dispositivos de corte.

**f) Áridos y vidrio.**

**f.1) Áridas minerales.**

Accionamientos de avance para sierras-

**f.2) Materiales para la construcción.**

Accionamiento de moldes, cierres de silos., multivibradores para evitar el atascado en depósitos de arena, cemento y sustancias adicionales en silos, instalaciones de transporte, accionamiento de puertas en hornos para tejas y compuertas de distribución.

**f.3) Vidrio, cerámica y porcelana.**

Accionamiento de crisoles, cierres de silos, máquinas de decoración.

**g) Industria metalúrgica.**

**g.1) Siderurgia**

Dispositivos auxiliares en laminadoras, accionamiento para máquinas separadores, dispositivos para poner flejes.



**g.2) Metalúrgica (materia prima)**

Dispositivos auxiliares en hornos de fusión, dispositivos de sujeción y de accionamiento en cizallas y sierras, dispositivos para atar rollos de alambre, mandos de puertas en hornos.

**g.3) Fundición**

Moldeadoras, dispositivos de transporte y almacenamiento, máquinas de rebabeo, cierres de lingoteras, dispositivos de accionamiento de cuchara, mandos de puertas en hornos.

**g.4) Chatarras**

Compactador de chatarra, instalaciones de embalaje de virutas y desperdicios.

**h) Industria maderera**

Desplazamiento de rodillos en sierras alternativas, prensas de bastidor, dispositivos de alimentación.

**i) Industria de muebles.**

Accionamiento de alimentación y montaje de piezas de herraje, medios auxiliares de montaje, prensas de bastidores, dispositivos de avance de taladros, dispositivos para cortar chapas de madera, dosificación de pegamento, dispositivos de sujeción.

**j) Industria del papel-industria gráfica.**

**j.1) Fabricación de papel.**

Dispositivos para el desplazamiento de rodillos y tensores en máquinas productoras de papel, dispositivos para apilar.

**j.2) Manipulados de papel y cartón.**

Dispositivos de transporte, dispositivos de sujeción, de corte, de plegado y de prensado, dispositivos de empaquetado, accionamiento de dosificadores de grapas, control de cinta.

**j.3) Industria de artes gráficas.**

Accionamiento para máquinas estampadoras y de serigrafía, dispositivos de acuñación.

**k) Industria textil.**

**k.1) Hilandería y tejidos.**

Accionamiento de válvulas para instalaciones de limpieza, dispositivos de ventilación.

**k.2) Industria de la confección**

Dispositivos auxiliares en máquinas de coser, dispositivos de apilado y transporte, dispositivos de corte.

**l) Industria peletera.**

**l.1) Confección en piel.**

Dispositivos de corte, de acuñación y de prensado, dispositivos de alimentación.

**l.2) Industria del calzado.**

Dispositivos de moldeado, de acuñación, de prensado y de corte, accionamiento de máquinas para hacer ojales, fresadora-prehilada para tacones y suelas, prensas para pegar suelas, dispositivos para el cierre de moldeadoras en instalaciones de vulcanización para la fabricación de zapatos tenis y similares.

**m) Industria alimenticia**

**m.1) Molinos.**

Mandos para cierres de silos, máquinas para empaquetar.

**m.2) Industria panadera.**

Dosificación de pasta según peso o volumen, dispositivos de moldeado, unidades de empaquetar.

**m.3) Productos lácteos.**

Dispositivos para envasado, empaquetadoras múltiples, dispositivos de moldeadores de bolsas y de cierre.

**m.4) Carnes y pescados**

Aparatos para sacrificio, dispositivos de transporte, dispositivos de selección de conservas, e cierre y de control, empaquetador colectivo.

**m.5) Industria de bebidas.**

Dispositivos de transporte y selección de botellas, dispositivos de control de cierre, máquinas para etiquetar, dispositivos de transporte, empaquetadoras múltiples, dispositivos de llenado de botellas, equipos de dosificación.

**n) Construcción.**

Mandos para cierre de silos, mandos para mezcladores según peso, prensas moldeadoras para bloques de materiales sintéticos, dispositivos de transporte para hornos de ladrillos y la industria de materiales prefabricados, instalaciones de dosificación para material de construcción y asfalto, instalaciones para pintar con pistola.

**o) Transporte y tráfico.**

Dispositivos de frenado para vehículos, accionamiento de puertas correderas en vehículos de transporte, mandos de cierre para difusores, bloqueo, dispositivos en frenos de emergencia, aparatos de señalización y pintado de carreteras.

## El Método Neumático

Para resolver algún problema existen infinidad de caminos y soluciones, lo que nosotros tratamos de mostrar es un método sencillo, a partir del cuál podremos llegar a obtener un resultado satisfactorio, no olvidando que pueden existir otras alternativas.

El "método neumático" consta de los siguientes pasos:

1. Planteamiento del problema
2. Plano de situación
3. Diagrama de desarrollo
4. Esquema lógico
5. Diagrama de funcionamiento
6. Esquema de distribución
7. Listado de elementos

*1. Planteamiento del problema.* El primer paso del método es el planteamiento del problema, el cual consiste en describir textualmente las acciones que deberá realizar el sistema conforme a las características deseadas.

*2. Plano de situación.* El plano de situación muestra la posición de los elementos de trabajo en una máquina o dispositivo y al mismo tiempo da indicaciones acerca del tipo y la posición de montaje son muy útiles para la interpretación en el taller, únicamente es necesario cuando no exista un plano de construcción que indique la situación de los elementos de la máquina o dispositivo. Debe de ser claro y limitarse a lo esencial. Los elementos de accionamiento se representarán en forma esquemática pero en su situación real. No existe una norma para su elaboración.

*3. Diagrama de desarrollo.* En esta etapa del método están resumidos todos los pasos del sistema así como sus recorridos, se representan según la sucesión de estados de arriba a abajo.

El diagrama muestra la subdivisión del desarrollo completo en dos grupos, en primer lugar las condiciones preliminares y segundo el programa propiamente dicho. Es posible que el desarrollo de las condiciones preliminares se produzca solamente una vez al día, mientras que el programa de la máquina se repetirá continuamente. (colocar, sujetar, remachar, extraer, etc.)

*4. Esquema lógico.* Con el esquema lógico es posible hacer una representación con un solo sentido de los enlaces, dependencias y circulación de señales dentro de un mando de forma independiente a cualquier tecnología, este no indica la técnica de mando a utilizar. Lo importante en el esquema lógico es el enlace del mando lógico completo, el cual sirve como medio de comunicación entre especialistas en electricidad, electrónica y neumática, ya que cada tecnología tiene elementos lógicos para realizar distintas funciones, pero no todas pueden realizarse en forma económica.

En casos complejos y durante la fase de proyecto es más práctica la utilización de esquemas lógicos para el estudio de la automatización; los símbolos utilizados en este esquema se encuentran normalizados.

**5. Diagrama de funcionamiento.** Existen distintos tipos de diagramas de funcionamiento tales como el espacio-fase y el espacio-tiempo, los cuales incluyen la secuencia del mando y la tabla de los estados de conexión.

El primero se utiliza tratándose de un mando secuencial, para la representación de las formas de estado de los elementos más importantes (predominantemente actuadores) o bien de todos los elementos de un mando dependientes de la correspondiente fase de comunicación.

El otro diagrama se utiliza para un mando programado en función del tiempo, en el se representan las formas de estado que guardan los elementos más importantes (predominantemente actuadores) o bien todos los elementos de un mando dependientes del tiempo.

**6. Esquema de distribución.** También conocido como esquema neumático, este debe de diseñarse de acuerdo con las normas que especifican la simbología a ser usada. El desarrollo del mando debe de dibujarse de abajo hacia arriba siguiendo el sentido del flujo de energía, continuando la representación de los diferentes elementos de mando de izquierda a derecha, los elementos de trabajo, se indican con los números 1,2,3,...; los auxiliares de distribución colocados sobre los actuadores se indican con 1.01, 1.02, 2.01, 2.02, ... dependiendo del actuator al que estén asociados, los elementos de mando con 1.1,2,1.3,1, ... de acuerdo al actuator con que estén relacionados, los captadores de posición y elementos de tratamiento de señales, con 1.2, 1.3, 1.4, 2.2, 2.3, 2.4, etc. la numeración sigue el sentido contrario al flujo de energía, es decir los elementos que inciden en el movimiento de avance del cilindro serán los numerados con X.2, Y.4, etc. y los que inciden en el movimiento de retroceso del cilindro X.3, Y.5, etc., y por último a la unidad de mantenimiento se le asigna el número 0.1.

El sistema de distribución siempre tienen la misma estructura sin importar la configuración real de las conexiones.

**7. Listado de elementos.** Esta es una relación detallada del equipo necesario para realizar el montaje del circuito, generalmente contiene la nomenclatura, la cantidad y denominación respectivas de cada elemento.

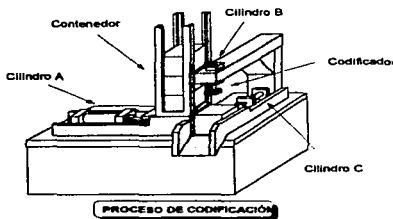
A continuación se muestra un ejemplo del método anterior :

### **Planteamiento del problema**

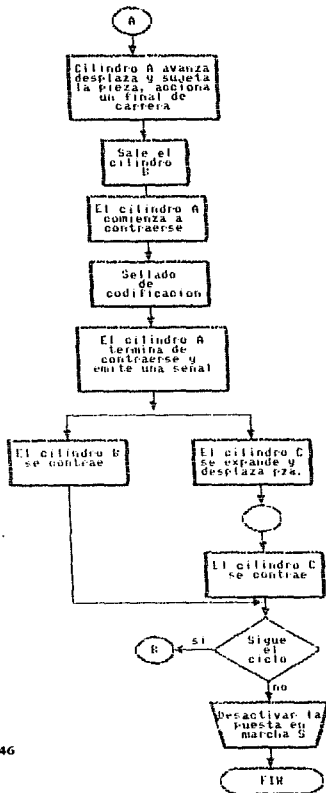
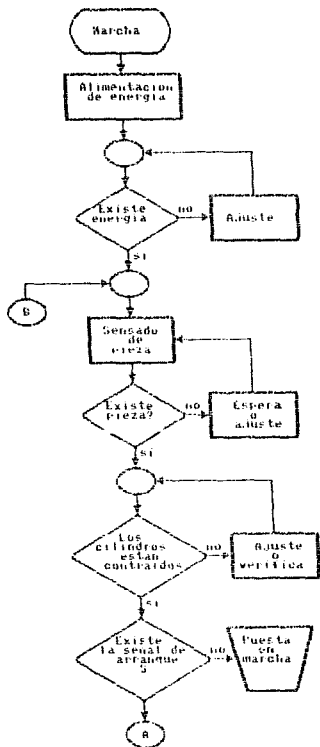
Se cuenta con una máquina codificadora, que realiza la siguiente secuencia de operación :

1. Cuando una caja se encuentra en posición de abastecimiento y los cilindros se encuentran en su posición extrema posterior, se pone en funcionamiento el sistema con un arrancador, entonces un primer cilindro (A) empuja la caja desde el contenedor hasta un tope.
2. Cuando la caja se encuentra sujeta por el cilindro A contra el tope (posición de fin de carrera) se produce una señal que acciona el cilindro B.
3. Un instante antes que el cilindro B haga contacto con la caja, el cilindro A recibe una señal para comenzar a contraerse.
4. El elemento terminal del cilindro B (codificador) realiza la codificación, y cuando el cilindro A se contrae por completo (posición de fin de carrera), se genera una señal que permite la contracción vástago del cilindro B y la salida del vástago del cilindro C.
5. La salida del vástago del cilindro C permite la evacuación de la caja codificada, cuando este cilindro alcanza su posición de fin de carrera se contrae y, una vez que el cilindro C regresa a su posición original el sistema puede comenzar el proceso de codificación de otra caja.

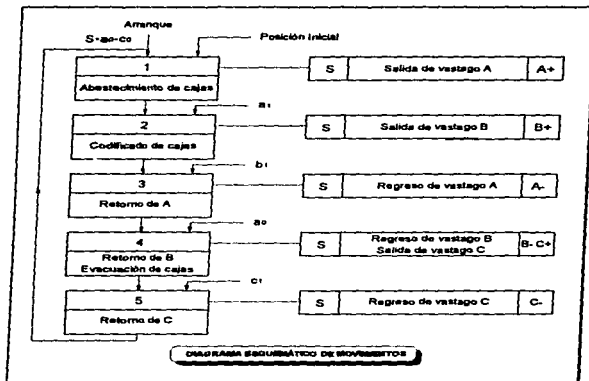
### **Plano de situación**



**Diagrama de Desarrollo**



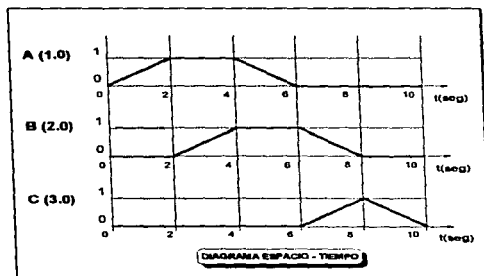
**Diagrama de funcionamiento**



**Diagrama Espacio - Fase**

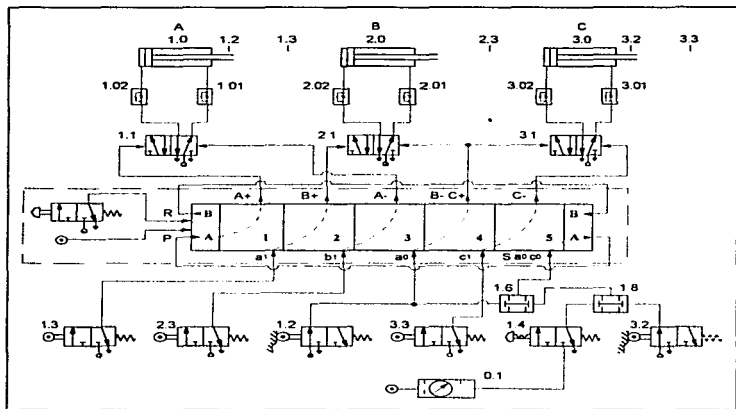


**Diagrama Espacio - Tiempo :**





**Esquema de distribución**



**Listado de elementos**

<b>Elemento</b>	<b>Descripción</b>
0.1	Unidad de mantenimiento
1.0	Cilindro de doble efecto DSN 12-100
1.01	Regulador de caudal unidireccional
1.02	Regulador de caudal unidireccional
1.1	Válvula neumática de 5/2 vías conexión a la derecha
1.2	Válvula de rodillo de 3/2 vías en posición abierta
1.3	Válvula de rodillo de 3/2 vías en posición de bloqueo
1.4	Válvula por pulsador con enclavamiento de 3/2 vías
1.6	Válvulas de simultaneidad
1.8	Válvulas de simultaneidad
2.0	Cilindro de doble efecto DSN 12-80
2.01	Regulador de caudal unidireccional
2.02	Regulador de caudal unidireccional
2.1	Válvula neumática de 5/2 vías conexión a la derecha
2.3	Válvula de rodillo de 3/2 vías en posición de bloqueo
3.0	Cilindro de doble efecto DSN 12-160
3.01	Regulador de caudal unidireccional
3.02	Regulador de caudal unidireccional
3.1	Válvula neumática de 5/2 vías conexión a la derecha
3.2	Válvula de rodillo de 3/2 vías en posición abierta
3.3	Válvula de rodillo de 3/2 vías en posición de bloqueo
- - -	Secuenciador de 5 Módulos (con reset y alimentación de presión)

## APÉNDICE C

### Letras de identificación del tipo de elemento operacional

Letra de identificación	Tipo de elemento operacional	Ejemplos
A	Grupos de elementos totales o parciales que conforman una unidad constructiva	Amplificadores con válvulas, amplificador electromagnético o unidades de mando locales.
B	Convertidores de magnitudes no eléctricas, magnitudes eléctricas o viceversa.	Sensores termoelectrónicos, termocélulas, dinamómetros, microfones, grabadoras, fotoresistencias, sensores de proximidad.
C	Condensadores	
D	Elementos binarios, sistemas de retardo	Unidades de memoria, elementos monoestables y biestables, equipos con técnica de control, mando y cálculo binario y digital, cintas magnéticas, enlaces Y u O.
E	Diversos	Sistemas de iluminación, de calefacción o ventilación, filtros eléctricos, recipientes de compensación.
F	Sistemas de protección	Fusibles (finos o roscados), sistemas de descarga de sobretensión, relés de protección, cortacircuitos y sistemas electrónicos de control.
G	Generadores, fuentes de alimentación de corriente	Generadores giratorios, convertidores de frecuencia, acumuladores eléctricos, sistemas de carga, etc.
H	Sistemas de aviso	Sistemas de aviso óptico, acústico, señales luminosas, sistemas de aviso de secuencias, de registro de maniobras, etc.
J	Sin uso	
K	Relés, contactores electromagnéticos	Contactores electromagnéticos de potencia, secundarios, relés temporizados, intermitentes, reed, etc.
L	Inductancias	Bobinas de estrangulamiento, bloqueadores de ondas, etc.
M	Motores	
N	Amplificadores, reguladores	Equipos de control y regulación analógicos, reguladores electrónicos y electromecánicos, amplificadores,

P	Equipos de medición y de control	adaptadores y convertidores de impedancias, transductores, etc. Sistemas de medición con indicación, emisores de impulsos, relojes, contadores, visualizadores de datos, tomas de medición, control y alimentación, etc.
Q	Elementos de conmutación para corrientes de alta densidad	Disyuntores, interruptores en circuito de corriente principal, interruptores rápidos, seccionadores, conmutadores, interruptores de seguridad para motores, etc.
R	Resistencias	Resistencias regulables, potenciómetros, reóstatos de regulación, resistencias en derivaciones, etc.
S	Interruptores, conmutadores y selectores.	Interruptores de mando, pulsadores, interruptores de final de carrera, selectores, contactos por conmutación numérica, teclas, pulsadores giratorios, luminosos, codificadores, etc.
T	Transformadores	Transformadores de tensión, de corriente, de la red, de separación y de mando.
U	Moduladores, convertidores de magnitudes eléctricas en otras magnitudes eléctricas.	Convertidores de frecuencia, inversores, demoduladores, convertidores de intensidad-tensión, optoacopladores, equipos de mando a distancia, etc.
V	Válvulas, semiconductores	Válvulas de electrones, válvulas de descarga de fluidos, diodos, transistores, tiristores, válvulas amplificadoras, diodos zener, diodos capacitivos, triacs, etc.
W	Vías de transmisión y antenas	Hilos de conexión, cables, dipolos, conductores de luz, líneas de alta tensión, de telecomunicaciones y antenas parabólicas.
X	Bornes y enchufes	Enchufes separadores, enchufes de control, regletas de bornes, terminales de medición, enchufes de cables, etc.
Y	Unidades mecánicas accionadas eléctricamente.	Unidades mecánicas accionadas eléctricamente, válvulas neumáticas, motores regulables, elevadores, electroimanes de bloqueo, bloqueos mecánicos, potenciómetros, imanes permanentes, impresoras y trazadores.

**Z**                   **Terminales, bobinas híbridas y filtros. Correctores, limitadores, compensadores, filtros de cristal, filtros R-C y L-C, sistemas antiparasitarios, anti-chispas, filtros activos, filtros de alta y baja frecuencia, sistemas de amortiguación.**

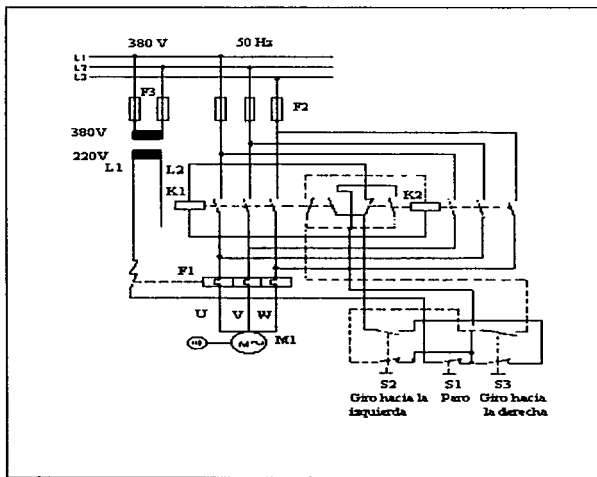
### Tipos de esquemas de distribución eléctricos.

Ya que los esquemas eléctricos representan instalaciones y equipos eléctricos en concordancia con los símbolos establecidos mediante normas, estos esquemas son documentos de trabajo importantes para el montaje de mandos eléctricos, además para el mantenimiento y reparación. Los esquemas presentan ciertas variaciones de acuerdo al país, aunque actualmente se hacen esfuerzos para obtener sistemas homogéneos a nivel internacional.

Con el fin de representar las funciones de los equipos y el flujo de la corriente de los sistemas completos se utilizan diversos tipos de esquemas, tales como :

### Esquema de conexiones efectivas.

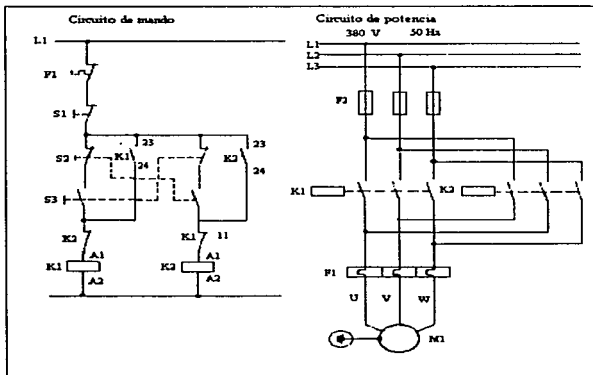
Este incluye todos los detalles (equipos y líneas ). Sin embargo no refleja la distribución espacial de cada una de las unidades. Son utilizados, por ejemplo en los sistemas eléctricos del automóvil, en los aparatos electrodomésticos y para cableados simples de equipos individuales instalados en fábricas. Si el equipo tiene un sistema de conexionado complicado, el esquema de conexiones efectivas se vuelve engorroso y no permite reconocer las secuencias funcionales.



**Esquema de circuitos eléctricos.**

En estos no se muestran los detalles técnicos, entre cada una de las unidades, tampoco se toma en cuenta la distribución espacial de cada una de las unidades, con lo que por lo general es posible que las líneas sean rectas y se produzcan pocos cruces. De este modo el esquema es fácil de leer y ofrece información clara sobre el funcionamiento del mando respectivo, además el trabajo de diseño es más sencillo y permite encontrar errores más fácilmente.

Los esquemas de circuitos eléctricos ubican las diversas unidades (n.a. o n.c., relés), necesarias dentro del circuito para el funcionamiento del mando. Dichas unidades pueden estar repartidas en todo el esquema. Para mayor claridad todas las unidades están provistas de un número o de una letra. Además el esquema es dividido en un circuito de mando y un circuito de potencia.



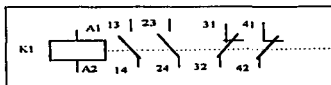
Para identificar los emisores de señales se utiliza la letra S o los números correlativos 1, 2, 3. Los relés o contactores electromagnéticos son identificados con una letra K acompañada con los números 1, 2, 3, ....(ejemplo : K1 y K2), siendo accionados varios interruptores n.a. y n.c., por dichos relés también se utilizan números para diferenciar los contactos

El contacto normalmente abierto se identifica con :

11 21 31  
12 22 32

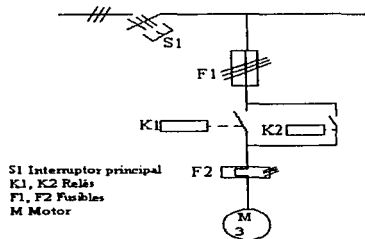
y el normalmente abierto con :

13 23 33  
14 24 34



### Esquemas generales.

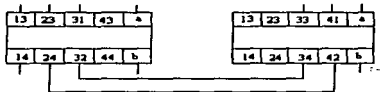
Estos exigen ciertos conocimientos técnicos puesto que incluyen símbolos abreviados, los cuales son muy diferentes de los utilizados en los esquemas anteriores. Los esquemas generales solo incluyen el circuito principal o de potencia.



### Esquema de conexionado.

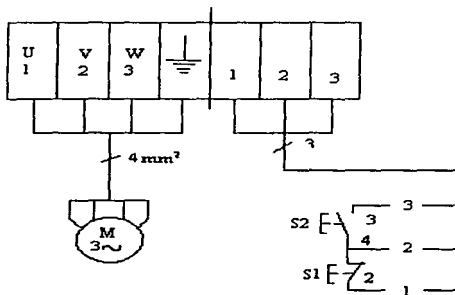
En este esquema se muestra los conductos dentro de un elemento o las conexiones entre grupos de elementos de un sistema.





**Esquema de conexión entre elementos.**

Este es utilizado como plano de conexiones externas. Los conductos se juntan y se vuelven a ramificar delante del elemento exterior. En este esquema los elementos se ubican en concordancia a su distribución real.



**Colores para indicar condiciones operativas.**

Color	Estado operativo	Ejemplos de aplicación
Rojo	Anormal. Indica que la máquina ha sido detenida por la acción de algún elemento de seguridad	Casos de sobrecarga
Amarillo	Atención o precaución. Indica que un parámetro se acerca al límite admisible	Corriente, temperatura, presión y señal para cambiar modo manual a automático.
Verde	Puesta a punto. Indica que la máquina y todos los equipos auxiliares están listos para funcionar.	Equipos hidráulicos en presión normal o la tensión de un transformador ha alcanzado los valores necesarios
Blanco	Tensión eléctrica en los circuitos. Indica un funcionamiento normal y que el interruptor principal está en la posición de activación.	Selección de la velocidad o de la dirección de giro de un motor. La máquina está funcionando.
Azul	Cualquier otro que no se contemple en los colores anteriores.	





**Colores de pulsadores**

Color	Orden	Estado operativo previsto
Rojo	Disparo, desactivación Paro de emergencia	Interrupción de la marcha de uno o varios motores, desactivación de sistemas de sujeción y desactivación en caso de peligro.
Verde o Negro	Arranque, activación, pulsar.	Tensión puesta en los circuitos de mando, arranque de uno varios motores. <u>Accionamiento simple, pulsación manual.</u>
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 la unidad de la máquina al punto de partida del ciclo.
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.





## APÉNDICE D

### Sensores fotoeléctricos.

#### Gama miniatura













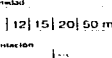

			
Q18 x 60 Participaciones cáblitas	10 x 22 x 32 micro	20 x 23 x 64 metálico	15 x 37 x 55
Alcance barrera	4 m	7 m	4 m
reflex	2 m	3 m	2 m
reflex polarizado	—	2 m	—
proximidad	0,08 m	0,7 m 0,1 m	0,2 m
proximidad con barrido del plano posterior	—	—	—
Alimentación	—	—	—
Entrada	—	—	—
Salida	—	—	—
• Estática	• Estática	• Estática	• Estática • Reto 1 O F
Conexión	—	—	—
Entrada	—	—	—
Salida	—	—	—

#### Gama compacta

			
18 x 45 x 70 Participaciones mini	20 x 55 x 78	27 x 83 x 86 Caja PEI alta prestaciones	36 x 89 x 100 enchufable
Alcance barrera	8 m	8 m	10 m
reflex	4 m	4 m	6 m
reflex polarizado	6 m	4 m	10 m
proximidad	4 m	—	6 m
proximidad con barrido del plano posterior	0,7 m	0,3 m	—
—	—	—	—
Alimentación	—	—	—
Entrada	—	—	—
Salida	—	—	—
• Estática • Reto 1 NA, NC	• Estática • Reto 1 NA NC	• Estática • Reto 1 NA NC • temporización	• Estática • Reto 1 NA, NC • temporización
Conexión	—	—	—
Entrada	—	—	—
Salida	—	—	—

Gama de fibras ópticas

Productos específicos

								
<p>18 x 56 x 32 Particularidades: Ampliaciones para fibras ópticas de índice Alcance</p>	<p>20 x 71 x 78</p>	<p>20 x 23 x 64</p>	<p>20 x 71 x 78</p>	<p>30 x 89 x 134</p>	<p>30 x 71 x 78 Particularidades: Luz Alcance Estrera</p>	<p>10 x 22 x 32 Inclusión de senales</p>	<p>36 x 89 x 134 Inclusión de senales</p>	<p>36 x 89 x 100 Inclusión de senales</p>
								
<p>luzera</p>								
<p>35   100   120 mm &gt;</p>			<p>80   250 mm &gt;</p>			<p>0,02 - 0,4 m &gt;</p>	<p>- 15 mm &gt;</p>	<p>- 18 mm &gt;</p>
					<p>El valor de la distancia de instalación de cable será regulado en el estado</p>	<p>El valor de la distancia de instalación de cable será regulado en el estado (1 ó 2 mm)</p>	<p>El valor de la distancia de instalación de cable será regulado en el estado (1 ó 2 mm)</p>	<p>Protección de una zona alrededor de una instalación de cable (1 ó 2 mm)</p>
<p>protección</p>								
<p>4   12   15   20   50 mm &gt;</p>			<p>20 mm &gt;</p>					
<p>Alimentación</p>					<p>Alimentación</p>			
<p>Senala - Estática</p>	<p>- Estática</p>	<p>- Estática</p>	<p>- Estática - Fieles I NA NC</p>	<p>- Fieles I NA NC - temporización</p>	<p>Senala - Estática</p>	<p>- Estática</p>	<p>- Estática</p>	<p>- Fieles I NA + NC</p>
<p>Comerón 6 8 =</p>	<p>6 8 =</p>	<p>6 8 =</p>	<p>6 8 =</p>	<p>6 8 =</p>	<p>6 8 =</p>	<p>6 8 =</p>	<p>6 8 =</p>	<p>6 8 =</p>

## Detectores de proximidad inductivos y capacitivos.

### Inductivos

Forma cilíndrica cuerpo metálico

Forma cilíndrica cuerpo de plástico

- Cajas ultracortas**
- modelos CC 3 y 4 hilos
  - aplicaciones para CC
  - grado de protección IP 67

- Cajas normalizadas A**
- modelos CC 2 y 3 hilos, CA/CC 2 hilos
  - aplicaciones universales
  - grado de protección IP68

- Cajas ultracortas**
- modelos CC 3 y 4 hilos
  - aplicaciones para CC
  - grado de protección IP 68

- Cajas normalizadas A**
- modelos CC 3 hilos CA/CC 2 hilos
  - aplicaciones universales
  - grado de protección IP68

Aplicaciones típicas:  
máquinas ensamblajes, robótica

Aplicaciones típicas:  
máquinas sometidas a un esfuerzo agresivo, máquinas herramienta

Aplicaciones típicas:  
máquinas sometidas a un entorno agresivo, embotellado, embalaje, industria agroalimentaria, industria química

	GT4	DK-5	AC-1	M8	M12	M18	M30	M8	M12	ES18	ES30	GT4	DK-5	AC-1	M8	M12	M18	M30	
<b>S11</b> (norm)	1	1,5	1	1,5	2	5	10	1,5	2	5	10								
<b>Alim.</b>		2,5		2,5	4	8	15	2,5	4	8	15	2,5	4	8	15	2,5	4	8	15
<b>AC</b>																			
<b>AC/DC</b>																			
<b>Conex.</b>																			

**Inductivos**

Forma rectangular caja de plástico

Forma rectangular caja de plástico o metal

**Capacitivos**

Forma cilíndrica  
caja metálica plástico

Cajas normalizadas C y otras  
• modelos CC 2 y 3 hilos  
CA y CA/CC 2 hilos  
• grado de protección IP 67

Aplicaciones típicas  
cofibración, integración (XSG)  
más para soldar, más herramientas (XSI)  
manipulación (XSC)

Cajas enchufables normalizadas D y otras  
• modelos CC 2 y 3 hilos  
CA y CA/CC 2 hilos  
• grado de protección IP 67

Aplicaciones típicas  
mantenimiento, transportes,  
industrias diversas.

Cajas resacasas o lisas  
• modelos CC 3 hilos  
CA 2 hilos  
• grado de protección IP 65

Aplicaciones típicas  
detección vidrio, papel,  
plástico, carton

Caja lisa  
• modelos  
CA 2 hilos  
• IP 65

Aplicaciones  
típicas  
detección  
orientación  
orientación

	12 x 26 x 60	26 x 26 x 60	26 x 26 x 67	60 x 60 x 127	13 x 26 x 60	41 x 26 x 76	13 x 60 x 127	60 x 60 x 127	M 1	M 2	D 12
• Sin estándar											
• Sin certificado											
• Sin (norm)	2	10	10	15	—	—	15	—	15	20	—
Alim	4	—	—	20	13	25	20	30 60	—	—	20
DC	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
AC	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
AC/DC	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Conex	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•

## APÉNDICE E

### Fundamentos De Programación

Un programa es una sucesión o lista en un determinado arreglo de distintas ordenes o instrucciones de trabajo, las cuales con capaces de hacer ejecutar al PLC una secuencia de trabajo pretendida.

Una instrucción u orden de trabajo es la parte más pequeña del programa y consta de dos partes principales: operación y operando; a su vez el operando esta dividido en simbolo y parámetro.

La operación es el código de la instrucción y puede venir dado como código numérico o cifrado (ejemplo: 08) o código mnemónico (ejemplo: AND).

El operando es el complemento del código u operación, mediante el operando indicamos la dirección del elemento que se trate (contador, temporizador, entrada, salida, marcas, etc.).

En los PLC's más sencillos el símbolo no aparece, ya que se asignan números específicos a cada entrada y a cada salida, con lo que el PLC puede identificar cada entrada y cada salida.

La operación le indica al CPU lo que tiene que hacer, o lo que es lo mismo la clase de instrucción a ejecutar, por ejemplo:

AND (Y): forma una concatenación en serie.

OR (O): forma una concatenación en paralelo

OUT (salida): asigna una salida a lo precedente.

La programación de los PLC's como se mencionó en el capítulo V se basa en la lógica escalera, por lo que es indispensable conocer los principios básicos de programación que se basan en esta lógica.

A continuación se describirán las principales instrucciones usadas para programar a un PLC, las instrucciones restantes son una combinación de estas o bien son instrucciones especiales que están fuera de los alcances que persigue esta tesis.

### Contactos En Serie O Instrucción “And”

Se dice que una instrucción cumple con la función AND cuando todas las señales de entrada son 1 y la señal de salida es 1, lo que significa que cuando al menos una de las señales de entrada es cero, la señal de salida es también cero.

Esta instrucción se representa en diagrama escalera colocando los contactos normalmente abiertos en serie como se muestra en la figura E1.

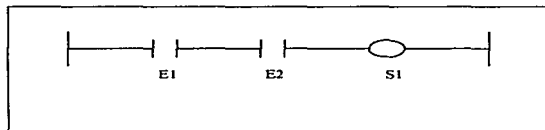


Fig. E1 Función “Y” (AND)

En la figura anterior se tiene una función “Y”, ya que es necesario cerrar o pulsar las dos salidas E1 y E2 para poder activar la bobina S1, si cualquiera de los dos contactos permanece abierto nunca se activará la salida.

### Contactos En Paralelo O Instrucción “Or”

Una instrucción cumple con la función OR cuando al menos una de las señales de entrada es 1, la señal de salida es también 1. Es decir, que solamente si todas las señales de entrada son 0 la señal de salida será también 0.



Esta instrucción se representa en diagrama escalera colocando los contactos normalmente abiertos en paralelo como se muestra en la figura E2.

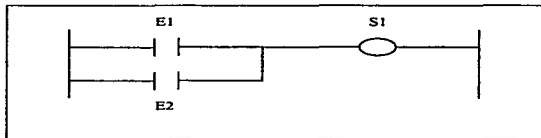


Fig. E2 Función "O" (OR)

En la figura A2 se representa la función "O" (OR) en diagrama escalera, ya que si se cierra cualquiera de los contactos E1 y E2 se activara la bobina S1, ya que la corriente podrá "fluir" por cualquiera de los dos contactos (a través del que este cerrado) hacia la bobina S1.

### CIRCUITOS DE ARRANQUE - PARO

Los circuitos de arranque - paro son de uso muy común en la industria. Las máquinas generalmente cuentan con un botón de arranque para comenzar un proceso y un botón de paro para detener o suspender este. En la figura E3 se muestra un diagrama escalera de un circuito arranque - paro.

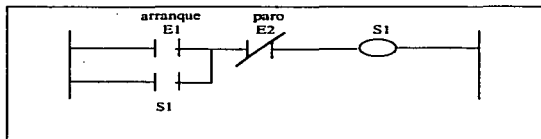


Fig. E3 Circuito arranque - paro

De la figura E3 podemos notar que el estado del botón de arranque es normalmente abierto, cuando este se presiona se cierra el circuito y la corriente fluye a través de él, ocurriendo de manera contraria con el botón de paro, el cual se encuentra en estado normalmente cerrado y se desconecta cuando es presionado.

En el diagrama escalera, cuando el botón de arranque está momentáneamente oprimido la corriente fluye a través de él, además de pasar por E2, debido a que este botón se encuentra físicamente cerrado, dando como resultado la activación de la bobina S1. En la segunda rama del diagrama colocamos también a S1, la cual representa ahora una entrada y la unimos en paralelo con la rama 1. De esta manera al activar la salida S1 se activa al mismo tiempo una entrada, logrando con ello que permanezca activada la salida de manera permanente, hasta que no sea desactivada con el botón de paro. A este tipo de programación se le llama *enclavamiento*.

La salida se enclava así misma aunque el botón de arranque se encuentre abierto; cuando el botón de paro (normalmente cerrado) sea presionado el circuito se abrirá. La entrada S1 es una entrada ficticia, que se encuentra almacenada en algún lugar de la memoria, a este tipo de variables se les llama *banderas o registros*.

### **Exploración (Scaneo) Y Tiempo De Exploración.**

Es importante saber como ejecuta el PLC el diagrama escalera, con la finalidad de entender y programar mejor al PLC además de conocer que el programa no se ejecuta de manera secuencial.

El tiempo de exploración se puede dividir en: el tiempo de exploración de las entradas y salidas y el tiempo de exploración del programa. Cuando el PLC se coloca en estado de "run" (ejecución) lo primero que realiza el PLC es la exploración de las entradas y salidas, este tiempo lo divide en dos partes: el tiempo que le toma al PLC revisar el estado de las entradas,

verificando cuales de ellas se encuentran activadas y cuales desactivadas y posteriormente utiliza la segunda parte del tiempo para verificar el estado de las salidas.

El siguiente paso es la evaluación lógica usando los valores obtenidos de las entradas y de las salidas. Si el valor de la rama es verdadero escribirá un 1 en la tabla de imagen de la salida y si el valor es falso escribirá un 0, indicando con ello que se active o desactive la correspondiente salida. es importante mencionar que no sucede nada físicamente mientras el PLC realiza esta evaluación.

El CPU basa sus decisiones para activar o desactivar una salida, de acuerdo a los valores que obtuvo en un principio de los estados de las mismas, si el estado de una entrada o una salida cambia mientras se esta evaluando el programa, este no se modificará hasta que no sean nuevamente revisados los estados de las entradas.

Una vez que el CPU ha terminado de evaluar por completo el diagrama escalera, se vuelve a realizar una exploración de las entradas y salidas. Durante la exploración de estas, los valores de los estados de la salidas son cambiados dependiendo de su tabla de imagen. Los valores de los estados de las entradas son ahora transferidas nuevamente a la tabla de imagen de las entradas. Iniciándose otra vez el ciclo.

Este ciclo toma tan solo pocos milisegundos, el tiempo de exploración dependerá de la longitud del programa y del número de entradas y salidas que tenga que revisar. Las operaciones aritméticas tomarán un poco más de tiempo, pero aún un programa extenso será ejecutado en menos de 50 milisegundos. Existen considerables diferencias de tiempo de exploración, dependiendo de las marcas y modelos de los diferentes PLC's.

### **Temporizadores (Timers)**

Un temporizador o "timer" se puede definir simplemente como un retardador. Un temporizador puede ser usado para mantener la salida de un PLC activada durante un tiempo determinado, después de que una entrada se haya desactivado; o bien para mantener la salida desactivada tiempo después de que la entrada se haya activado.

Existen dos tipos de temporizadores:

- Temporizadores con retardo a la desconexión y
- Temporizadores con retardo a la conexión.

*Temporizadores con retardo a la desconexión.* En este tipo de temporizadores al haber una entrada que active el temporizador, comienza el conteo en este, activándose simultáneamente una salida, una vez transcurrido el conteo se desactivará la salida.

*Temporizadores con retardo a la conexión.* En este tipo de temporizadores al haber una entrada que active el temporizador, comienza el conteo en este, pero en este caso la salida se activa una vez que haya finalizado el conteo en el temporizador.

Sin importar la marca del PLC, existen muchas similitudes en la forma de programación de un temporizador (timer). Cada temporizador tiene un número de identificación, por ejemplo: T1, TIM1, TMR1, etc. el cual representa un identificación del lugar donde serán almacenados los valores del temporizador, así como el valor de sus bases, variables y constantes.

Para poder programar un temporizador es necesario introducir al programa algunos valores que permitan el correcto funcionamiento del temporizador, algunos de estos valores son:

*Base.* Es un "multiplicador" que modifica el intervalo en el que el temporizador estará activado, mejorando o disminuyendo su precisión.

Cada temporizador tendrá un tiempo base. Los temporizadores son usualmente programados con diferentes bases de tiempo: 1 segundo, 0.1 segundo y 0.01 segundos son las bases más usadas.

*Constante o valor de fijación.* Es un múltiplo para la base que determina el periodo de tiempo en el temporizador.

La constante es el número de incrementos que el temporizador debe de registrar antes de modificar el estado de sus salidas. El tiempo real del retardo se obtiene al multiplicar la constante por la base. En algunos casos el valor de fijación no necesariamente tiene que ser una constante, si no que puede tomar valores de una variable. Esto permite que el tiempo de retardo del temporizador cambie, dependiendo de las condiciones de operación.

*Set / Reset.* Son contactos NA o NC que activarán el funcionamiento del temporizador, borrarán el valor que tenga en un determinado momento o desactivarán su funcionamiento.

Los temporizadores se pueden clasificar también como :

- Temporizadores retentivos.
- Temporizadores no retentivos.

*Temporizadores retentivos.* Son aquellos temporizadores que no pierden el valor acumulado aún cuando el contacto de SET halla sido desactivado, añadiendo el próximo valor a su cuenta.

*Temporizadores no retentivos.* Estos temporizadores pierden el valor acumulado cada vez que cambia de estado el contacto SET, iniciando nuevamente el temporizador desde cero.

Si se requieren grandes periodos de retardo, los cuales generalmente no pueden ser logrados con un solo temporizador, se usa múltiples temporizadores los cuales se colocan en forma de

“cascada”, de esta forma la salida de un timer funciona como un contacto que activa un subsecuente.

En la figura E4 se ilustra un ejemplo de un diagrama escalera con temporizador.

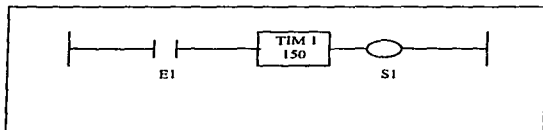


Fig. E4. Ejemplo de un diagrama escalera con temporizador

En la figura A4 designamos al temporizador como TIM 1 y le damos un valor a la constante de 150.

### Contadores

Las aplicaciones de un contador, son de gran importancia en la industria actual. A menudo los productos deben de ser contados, de manera que una segunda acción pueda tener lugar.

Los diversos tipos de PLC's ofrecen una gran variedad de contadores, cada uno de ellos con diferentes funciones o para aplicaciones muy particulares. Los contadores más comunes son los siguientes: contadores ascendentes, contadores descendentes y contadores ascendentes / descendentes. La selección de cada uno de ellos dependerá de la tarea que vayamos a realizar. Por ejemplo, si vamos a contar piezas, utilizaremos un contador ascendente, y si queremos llevar un registro de material que entra y sale de un almacén utilizaremos un contador ascendente / descendente.

Un contador normalmente utiliza valores de transición, de conexión (1) a desconexión (0) y viceversa, cuenta con una entrada que funciona como línea set / reset para borrar el valor acumulado e indica que el contador esta listo para funcionar. Debe de tener además otra entrada que permita registrar el conteo de sucesos, para que finalmente al comparar el valor prefijado del contador con el de los sucesos se pueda activar una salida.

Para seleccionar el contador que necesitamos para nuestras aplicaciones, primeramente debemos de elegir el tipo de contador que deseamos utilizar, ello depende del fabricante y de los códigos o numeraciones que utilice para clasificarlos. El número de contador que se utilice deberá aparecer en el diagrama escalera así como el valor prefijado en el cual quiere activar la salida y deberá de contar con una entrada que registre el conteo de piezas u operaciones que se vayan realizando (este tipo de entrada generalmente es un sensor).

En la figura E5 se muestra un ejemplo de un diagrama escalera con un contador ascendente.

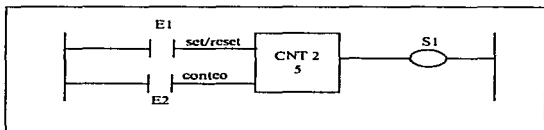


Fig. E5 Diagrama escalera con contador ascendente

En la figura A5 designamos al contador como CNT 2 donde el 2 es el número del contador para este PLC, el valor 5 representa el valor de conteo que nosotros preestablecemos para que al llegar a dicho valor active la bobina o salida S1. Se tienen dos entradas al contador una de set / reset y la segunda salida registra el conteo.

Si deseamos diseñar un programa para un PLC, con el objeto de controlar algún proceso, lo primero que debemos hacer es realizar el diagrama escalera. El diagrama escalera nos va a ilustrar de una manera muy clara lo que deseamos que realice el PLC, sin embargo el PLC no

acepta ser programado en base al diagrama escalera, por lo que tenemos que "convertir" el diagrama escalera en instrucciones que puedan ser interpretadas por el PLC.

Actualmente la mayoría de los fabricantes de PLC's ofrecen software para los equipos que proveen, este software nos da la facilidad de poder realizar el diagrama escalera, sin la necesidad de elaborar el programa en base a instrucciones, simplemente diseñamos nuestro diagrama y la computadora con ayuda del software transfiere las instrucciones al PLC.

Sin embargo si deseamos programar con los programadores manuales, tenemos que teclear el programa en base a instrucciones. A continuación se muestra una tabla donde aparecen las equivalencias de los símbolos con las instrucciones. Estas instrucciones son usadas para programar el PLC MICRO I.



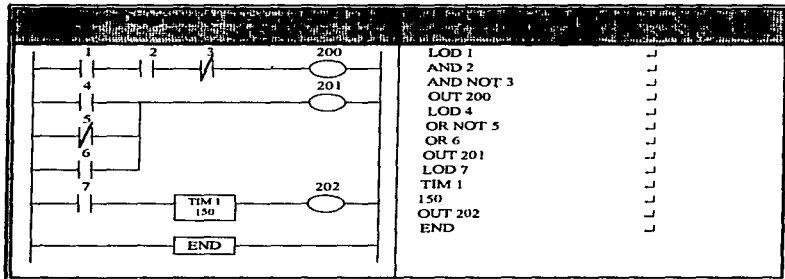
INSTRUCCIÓN	OPERACION	ESQUEMA DE LA RAMA	FUNCIÓN
LOD	LOAD (carga)		Almacena el nuevo renglón (o rama con el contacto N.A.
NOT	NOT		Almacena el nuevo renglón (o rama con el contacto N.C.
OUT	OUTPUT (salida)		Salida o relevador
AND	AND (Y)		Contactos N.A. en serie
OR	OR (O)		Contactos N.A. en paralelo
TIM	TIMER (temporizador)		Temporizador
CNT	COUNTER (contador)		Contador
SFR	SHIFT REGISTER		Registro de corrimiento adelante.
SOT	SINGLEOUT		Salida transitoria de apagado a encendido
SET	SET		Programación de una salida, relevadores internos o cambio de registro.
RST	RESET		Reprogramación de una salida o cambio de registro.
MCS	MASTER CONTROL SET		Inicio del control maestro.
MCR	MASTER CONTROL RESET		Fin del control maestro
JMP	JUMP (salto)		Puente de una area del programador designado.
END	END (fin)		Termina un programa.

Tabla E1 Cuadro de instrucciones para el PLC MICRO-1

Los PLC's con los que se cuenta en el laboratorio de Neumática y PLC's son: el MICRO 1 del fabricante Square D y el FX del fabricante MITSUBISHI.

Debido a que el laboratorio cuenta con mayor número de equipos MICRO 1, la programación de la que principalmente se habla en este apéndice es para poder programar dicho PLC. En este apéndice se habla de la programación básica, en caso de necesitar más información referente a la programación de este PLC, el departamento de Mecatrónica de la Facultad de Ingeniería, cuenta con el manual de programación de este PLC.

Un ejemplo de programación del MICRO 1 es el siguiente:










## APÉNDICE F





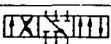
### Simbología Neumática y Eléctrica.

#### Transformación de energía.

Cilindro de simple efecto y recuperación por fuerza externa	
Cilindro de simple efecto y recuperación por muelle	
Cilindro de doble efecto y un vástago	
Cilindro de doble efecto y doble vástago pasante	
Cilindro diferencial de un vástago	
Cilindro de doble efecto con amortiguador regulable en los dos lados	
Cilindro telescópico de simple efecto; recuperación por fuerza externa	
Cilindro telescópico de doble efecto	
Multiplicador de presión de una clase de fluido	
Multiplicador de presión para aire y líquido	
Convertidor de presión p. ej. neumática-hidráulica	

Compresor	
Bomba a vacío	
Motor neumático de accionamiento constante con un solo sentido de flujo	
Motor neumático de accionamiento constante con dos sentidos de flujo	
Motor neumático con regulación del volumen de expulsión y una dirección de flujo	
Motor neumático con regulación del volumen de expulsión y 2 direcciones de flujo	
Motor neumático con limitación del campo de giro	

Válvulas de vías






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 bloqueada	
Válvula de 4/3 vías	En posición intermedia salida de aire en A y B. posición de ajuste	
Válvula de 5/2 vías		
Válvula de 6/3 vías		

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	
Válvula de 5/3 vías Posición intermedia cerrada		
Válvula de vías con posiciones intermedias y dos posiciones finales		
Válvula de vías, símbolo simplificado, por ejemplo con 4 conexiones		




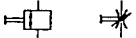

Válvulas de cierre

Válvula de antirretorno sin muelle	
Válvula de antirretorno con muelle	
Válvula de antirretorno pilotada	
Válvula selectora	
Válvula de descarga rápida de aire	
Válvula de simultaneidad (sin normalizar)	


Válvulas reguladoras de presión

Válvula limitadora de presión regulable	
Válvula de secuencia, regulable	
Válvula de secuencia con escape de aire (función de 3 vías), regulable (sin normalizar)	
Válvula reguladora de presión sin orificio para escape de aire, regulable	
Válvula reguladora de presión con orificio para escape de aire, regulable	

Válvulas reguladoras de caudal

Válvula de estrangulamiento no regulable	
Válvula de diafragma	
Válvula de estrangulamiento regulable; accionamiento arbitrario	
Válvula de estrangulamiento regulable; accionamiento manual	
Válvula de estrangulamiento regulable; accionamiento mecánico con muelle de recuperación	

Llaves de paso
















Llave de paso, símbolo simplificado	
-------------------------------------	---

Válvulas reguladoras de caudal con válvula antirretorno en paralelo

Válvula de estrangulamiento y antirretorno, regulable	
Válvula de diafragma y antirretorno, regulable	









Transmisión de energía

Fuente de energía	
Conducto de trabajo	
Conducto de mando	
Conducto de escape	
Conducto flexible	
Conducto eléctrico	
Unión fija de conductos	
Cruce de conductos	
Purga de aire	
Escape sin conexión a tubo	
Escape con conexión a tubo	
Toma de presión tapada	
Toma de presión con conducto	





Acoplamiento rápido acoplado; sin válvulas de cierre mecánico	
Acoplamiento rápido acoplado; con válvulas de cierre mecánico	
Acoplamiento rápido desacoplado; conducto abierto	
Acoplamiento rápido desacoplado; conducto cerrado por válvula de cierre	
Unión giratoria de un solo paso	
Unión giratoria de dos pasos	
Silenciador	
Acumulador neumático	
Filtro	
Purga de accionamiento manual	
Purga automática	
Filtro con purga automática	
Secador	
Lubricador	
Unidad de mantenimiento (filtro, válvula reguladora de presión, lubricador y manómetro); símbolo simplificado	







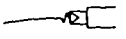
**Accionamiento de elementos mecánicos**

Eje con giro en una dirección	
Eje con giro en dos direcciones	
Retención con flador y muesca	
Enclavamiento (símbolo de mando del desenclavamiento)	
Basculador	
Mecanismo de articulación sencillo	
Mecanismo de articulación con palanca transversal	
Mecanismo de articulación con punto fijo	



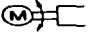
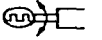
**Tipos de accionamiento  
Accionamiento físico**

Símbolo básico	
Pulsador	
Palanca	
Pedal	



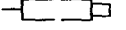
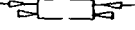
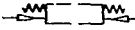
**Accionamiento mecánico**

Empujador o palpador	
Muelle	
Rodillo	
Rodillo escamoteable con efecto en una sola dirección	
Antena (sin normalizar)	

**Accionamiento eléctrico**

Sistema electromagnético con un arrollamiento activo	
Sistema electromagnético con 2 arrollamientos que actúan en sentidos opuestos	
Motor eléctrico de giro continuo	
Motor posicionador eléctrico	

**Accionamiento por presión**

Accionamiento directo por aumento de la presión	
Accionamiento directo por disminución de la presión	
Accionamiento por secciones diferentes	
Centrado por presión	
Centrado por muelle	

Accionamiento indirecto por aumento de la presión (servopilotaje)	
Accionamiento indirecto por disminución de la presión	
Accionamiento por aumento de la presión mediante amplificador (sin normalizar)	
Accionamiento indirecto por aumento de la presión y mediante amplificador (sin normalizar)	
Accionamiento por aumento de la presión; efecto alternativo (sin normalizar)	

Accionamiento combinado

Electroimán y válvula auxiliar de servopilotaje	
Electroimán o válvula auxiliar de servopilotaje	
Electroimán o accionamiento manual con muelle de recuperación	

Elementos complementarios

Manómetro	
Manómetro diferencial	

Amplificador

Amplificador (por ejemplo de 0,5 mbar a 100 mbar)	
Amplificador de caudal	
Válvula de 3/2 vías con amplificador (por ejemplo de 0,1 bar a 6 bar)	

Contadores

Contador de sustracción	
Contador diferencial	
Contador de adición	
Termómetro	
Caudalímetro (caudal)	
Contador totalizador (volumen)	
Contacto eléctrico por presión	

Sensores e indicadores

Sensor de presión	
Sensor de temperatura	
Sensor de caudal	
Indicador	

Interruptores de contacto/  
símbolos especiales.  
Elementos de conmutación

Detector nMax	
Tobera en general; en especial: tobera para barras de aire	
Tobera receptora de barras de aire	
Detector por obturación de fuga	
Barras de aire en horquilla	







**Simbolos eléctricos**

**Accionamientos electromecánicos para relés y contactores electromagnéticos**





Accionamiento electromecánico con retardo a la conexión	
Accionamiento electromecánico con retardo a la desconexión	
Accionamiento electromecánico con retardo a la conexión y desconexión	
Relé de apoyo	
Relé de adherencia por magnetismo residual	
Relé de c.a.	
Accionamiento electromecánico con dos posiciones activas	
Accionamiento electromecánico con dos posiciones activas; símbolo alternativo	
Accionamiento electromecánico excitado	

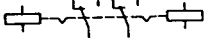

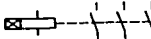
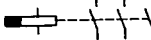
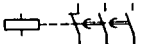
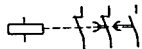




Interruptor normalmente abierto con recuperación automática, en estado de excitación	
Contactador electromagnético o relé con cuatro contactos normalmente abiertos y uno normalmente cerrado	
Contactador electromagnético	
Relé de impulsos de corriente	

**Transformadores**





	Alternativas <sup>TM</sup>
Bobina de inductancia	
Transformador con 2 devanados separados	
Transformador con 3 devanados separados	
Transformador económico	
Bobina de inductancia de regulación continua	
Transformador de regulación escalonada	

**Téstigos, indicadores y alarmas**



Símbolo general, en especial bombilla	
Idem, intermitente	
Idem con control de intensidad	
Idem con lámpara de neón	

<p>Relé biestable</p>	
<p>Relé intermitente</p>	
<p>Relé con accionamiento retardado relé temporizador</p>	
<p>Relé con desconexión retardada relé temporizador</p>	
<p>Relé temporizador: el contacto normalmente cerrado abre y cierra sin retardo; los contactos normalmente abiertos cierran con retardo</p>	
<p>Relé temporizador: un contacto normalmente cerrado abre y cierra sin retardo; un contacto normalmente cerrado abre con retardo, el contacto normalmente abierto cierra con retardo</p>	
<p>Válvula de accionamiento electromagnético Electroválvula abierta</p>	
<p>Acoplamiento de accionamiento electromagnético, acoplado</p>	
<p>Imán de elevación</p>	
<p>Imán giratorio</p>	





Indicadores con reposición automática

Indicador de aguja, ventanita	
Contador	
Bocina	
Símbolo general	
Idem con indicación del tipo de corriente	




Corriente continua

Símbolo general	
Idem, símbolo alternativo	




Corriente alterna

Símbolo general	
Con indicación de la frecuencia	
Corriente continua o alterna	
Corriente mixta	

Impulsos eléctricos

Impulsos de corriente	
Impulso triangular	
Impulso inductivo	



Tipos generales de conexión

Conexión en serie	
Conexión en paralelo	
Conexión en puente	






APÉNDICE F


Sistemas de corriente trifásica

Conexión en triángulo	
Conexión en estrella	




Lineas  
(incluyendo cables y segmentos)

Lineas en general Relación de la longitud de la línea 3:1	
Idem; este símbolo se utiliza si es necesario hacer una diferenciación	
Lineas móviles (a pulso)	

Línea con identificación de la aplicación

Lineas para conexión a tierra, a neutro y conexión de protección	
--	---

Conexiones de líneas.

Conexión conductora de líneas	
Conexión fija	
Conexión retirable (p. ej. borne)	





Instrumentos de medición

Instrumento de medición, símbolo general sin indicación de la magnitud medida	
Instrumento de medición, símbolo general sin indicación de la magnitud medida, desviación hacia ambos lados	
Medidor de intensidad de corriente con indicación en amperios	
Medidor de tensión de corriente con indicación en milvoltios	
Medidor de tensión para tensión de corriente continua y alterna	
Medidor múltiple con unidades para tensión, intensidad y resistencia	








Máquinas

Generador de corriente continua, símbolo general	
Generador de corriente trífásica, símbolo general	
Motor de corriente continua, símbolo general	
Motor de corriente trífásica, símbolo general	

**Elementos de  
interrupción/conmutación**

Activador; interruptor normalmente abierto	
Desactivador; interruptor normalmente cerrado	
Conmutador; conexión alternativa	
Activador; interruptor normalmente abierto con tres posiciones	

**Interruptores / conmutadores  
especiales**

Interruptor normalmente abierto (sin recuperación automática)	
Interruptor normalmente cerrado (sin recuperación automática)	
Interruptor normalmente abierto 1 cierra antes que 2	
Interruptor normalmente cerrado 1 abre antes que 2	
Conmutador sin interrupción conmutador secuencial	
Conmutador sin interrupción conmutador secuencial símbolo de alternativa	
Interruptor gemelo normalmente cerrado	

Interruptor gemelo normalmente abierto	
Contacto pasajero contacto en ambas direcciones	
Contacto pasajero contacto solo en dirección de la flecha	

**Interruptores con retardo  
contacto o de interrupción  
contacto**

Interruptor normalmente cerrado; abre con retardo	
Interruptor normalmente abierto, cierra con retardo	
Interruptor normalmente cerrado, cierra con retardo	
Interruptor normalmente abierto, abre con retardo	











**Interruptores con accionamiento**

Pulsador con interruptor normalmente abierto, accionamiento manual; símbolo general	
Pulsador con interruptor normalmente abierto; accionamiento manual presionando	
Interruptor normalmente cerrado, accionamiento manual tirando	
Interruptor normalmente abierto; accionamiento manual girando	

Accionamiento por balanceo	
Otros accionamientos, p.ej. pedal	
Accionamiento manual, p.ej. llave tubular	
Sensor, símbolo general; accionamiento manual, p.ej. leva	
Muesca de rotación	
Bloqueo en una dirección	
Bloqueo en dos direcciones	
Accionamiento motriz, símbolo general	
Accionamiento motriz por cilindro	
Accionamiento por elevación manual	

Accionamientos electromecánicos y electromagnéticos

Accionamiento, símbolo general, p.ej. relé, contactor electromagnético	
Accionamiento de características especiales; símbolo general	
Cerrojo de cambio con desencadenamiento electromecánico	
Accionamiento electromecánico, p.ej. con indicación de un arrollamiento activo	

Accionamiento electromecánico con indicación de un arrollamiento activo; símbolo alternativo	
Accionamiento electromecánico con dos arrollamientos de efecto sincronizado	
Accionamiento electromecánico con dos arrollamientos de efecto sincronizado; símbolo alternativo	
Accionamiento electromecánico con dos arrollamientos de efecto sincronizado; símbolo alternativo	A  A 
Accionamiento electromecánico con dos arrollamientos de efecto opuesto	
Accionamiento electromecánico con dos arrollamientos de efecto opuesto; símbolo alternativo	
Accionamiento electromecánico con indicación de la resistencia de c.c., p. ej. 500 ohmios	
Accionamiento electromecánico con indicación de un parámetro eléctrico, p. ej. intensidad máxima de corriente.	
Relé térmico	

**Enrique Carnicer**  
"AIRE COMPRIMIDO. Teoría y cálculo de las instalaciones."  
Ed. Paraninfo  
España 1991

**Salvador Millán**  
"AUTOMATIZACIÓN, NEUMÁTICA Y ELECTRONEUMÁTICA"  
Ed. Alfaomega/Marcombo  
México 1996

**Charles W. Gibbs**  
"COMPRESSED AIR AND GAS DATA"  
2ª Ed.  
Ed. Ingersoll Rand Company  
USA

"CONTROLES LÓGICOS PROGRAMABLES"  
Nivel Básico TP 301. Manual de estudio.  
FESTO-Didactic.

"DETECTORES DE PROXIMIDAD INDUCTIVOS Y CAPACITIVOS"  
Catálogo 1991  
Telemecanique

"DETECTORES FOTOELÉCTRICOS"  
Catálogo 1991  
Telemecanique

**Katsuhiko Ogata**  
"DINÁMICA DE SISTEMAS"  
Ed. Prentice Hall  
México 1987

**W. Deepert**  
"DISPOSITIVOS NEUMÁTICOS"  
Ed. Marcombo  
España

**Howard F. Rase**  
"DISEÑO DE TUBERIAS PARA PLANTAS DE PROCESO"  
Ed. Blume  
España

**BIBLIOGRAFÍA**

---

**Stenerson Jon**  
**"FUNDAMENTALS OF PROGRAMABLE LOGIC CONTROLLERS, SENSORS & COMMUNICATIONS"**  
Ed. Regents Prentice Hall  
USA 1993

**Antonio Creus**  
**"INSTRUMENTACIÓN INDUSTRIAL"**  
Ed. Alfaomega, Marcombo  
España 1989.

**"INTRODUCCIÓN A LA ELECTRONEUMÁTICA, MANUAL DE ESTUDIO"**  
FESTO DIDACTIC

Varios autores  
**"LOS AUTOMATISMOS PROGRAMABLES"**  
Ediciones CITEF  
1994

**"MANUAL DE FORMACIÓN CONTROLADOR MICRO1"**  
Grupo Schnider

**"MANUAL DE NEUMÁTICA"**  
Ed. Blume  
España

**Frank M. White**  
**"MECÁNICA DE FLUIDOS"**  
Ed. Mc. Graw Hill  
México 1988

**Claudio Mataix**  
**"MECÁNICA DE FLUIDOS Y MÁQUINAS HIDRÁULICAS"**  
2ª edición  
Ed. Harla

**Bradley, Dawson**  
**"MECHATRONICS, ELECTRONICS IN PRODUCTS AND PROCESSES."**  
Ed. Chapman and Hall.  
USA, 1991

**Corona Leonel**  
**"MÉXICO ANTE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS"**  
Ed. CIIH y Grupo edit. Porrúa  
9ª edición. México 1991



**"REVISTA MANUFACTURA"**

Volumen 2, número 10

Ed. Expansión.

**"ROBÓTICA INDUSTRIAL, TECNOLOGÍA, PROGRAMACIÓN Y APLICACIONES"**

Ed. Mc Graw Hill

Mc. Cloy

**"ROBÓTICA, UNA INTRODUCCIÓN"**

Ed. Limusa

9ª Edición

1993

**"SENSORES DE PROXIMIDAD"**

FESTO DIDACTIC 1992

Varios autores.

**"SISTEMAS CAD / CAM / CAE DISEÑO Y FABRICACIÓN POR COMPUTADORA"**

Serie Mundo Electrónico

Publicaciones Marcombo S.A.

México 1988

**"SPA I SENSORES, PROCESADORES, ACTUADORES"**

FESTO DIDACTIC