



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

IMPLEMENTACIÓN DEL CENTRO DE FORMACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE AUTOMATIZACIÓN: ELECTRONEUMÁTICA

José Damián Villeda Rodríguez

Asesorado por el Ing. Armando Alonzo Rivera Carrillo

Guatemala, octubre de 2006

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Lic. Amahán Sánchez Álvarez
VOCAL III	Ing. Julio David Galicia Celada
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	Br. Elisa Yazminda Vides Leiva
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Mario Renato Escobedo
EXAMINADOR	Ing. Kenneth Issur Estrada Ruiz
EXAMINADOR	Ing. José Aníbal Silva de los Ángeles
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivonne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

IMPLEMENTACIÓN DEL CENTRO DE FORMACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE AUTOMATIZACIÓN: ELECTRONEUMÁTICA,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, con fecha febrero de 2006.

José Damián Villeda Rodríguez

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
RESUMEN	IX
OBJETIVOS.....	XIII
INTRODUCCIÓN	XV
1. PRINCIPIOS DE AUTOMATIZACIÓN.....	1
1.1 Perfil ocupacional	2
1.2 Automatización de procesos en la industria	2
2. NEUMÁTICA Y ELECTRONEUMÁTICA	3
2.1 La evolución en la técnica del aire comprimido	3
2.2 Ventajas de la Neumática.....	5
2.3 Desventajas de la Neumática.....	5
2.4 Propiedades del aire comprimido	6
2.5 Rentabilidad de los equipos neumáticos	8
2.6 Fundamentos físicos	9
2.6.1 El aire es compresible	12
3. PRODUCCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO	13
3.1 Generadores	13
3.2 Tipos de compresores.....	14
3.3 Elección del compresor	15
3.3.1 Caudal	15
3.3.2 Presión	16

3.3.3	Accionamiento.....	17
4.	DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO	19
4.1	Tendido de la red.....	19
5.	PREPARACIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO.....	23
5.1	Impurezas	23
5.2	Filtro de aire comprimido con regulador de presión	24
6.	ELEMENTOS NEUMÁTICOS DE TRABAJO	25
6.1	Elementos neumáticos de movimiento rectilíneo	25
6.1.1	Cilindros de simple efecto	25
6.1.2	Cilindros de doble efecto.....	26
6.1.3	Cilindros sin vástago	26
6.1.4	Partes de un cilindro.....	27
6.2	Elementos neumáticos con movimiento giratorio	27
6.2.1	Cilindro de giro	27
6.2.2	Motor de aire comprimido.....	28
7.	VÁLVULAS	29
7.1	Generalidades.....	29
7.2	Accionamiento de válvulas.....	31
7.2.1	Tipos de accionamiento.....	31
7.3	Características constructivas de las válvulas.....	33
7.4	Válvulas de bloqueo.....	34
7.5	Válvulas de presión.....	36
8.	FUNDAMENTOS DE ELECTRONEUMÁTICA	39
8.1	Estructura de Sistemas Neumáticos	39

8.2	Interruptores de contacto.....	41
8.3	Electroválvulas	43
8.3.1	Electroválvulas de doble solenoide.....	44
8.4	Sensores	45
8.4.1	Interruptor eléctrico de aproximación.....	45
8.4.2	Convertidor de señal neumático-eléctrico.....	46
8.4.3	Sensor final de carrera	46
8.4.4	Detectores de proximidad inductivos	48
8.4.5	Detectores de proximidad capacitivos	51
8.4.6	Sensor óptico.....	52
8.5	El relé	53
9.	DESARROLLO DEL PROYECTO.....	55
9.1	Metas	55
9.2	Información sobre el proyecto	55
9.2.1	Localización física.....	55
9.3	Actividades	57
9.4	Beneficiarios.....	58
9.5	Recursos humanos involucrados	58
9.6	Recursos materiales y financieros.....	59
9.7	Análisis del proyecto cómo autofinanciable.....	61
9.8	Evaluación de resultados	62
10.	GUÍA DEL LABORATORIO DE ELECTRONEUMÁTICA.....	65
10.1	Curso Fundamentos de Neumática.....	65
10.2	Curso Fundamentos de Electroneumática	67
10.3	Prácticas de laboratorio.....	69
10.3.1	Sujeción de piezas.....	69

10.3.2	Distribución de cajas	69
10.3.3	Accionamiento de una válvula dosificadora.....	70
10.3.4	Accionamiento de una cuchara de colada.....	71
10.3.5	Remachado de placas.....	71
10.3.6	Distribución de bolas de un cargador por gravedad ...	72
10.3.7	Dispositivo para pegar piezas de plástico	73
10.3.8	Estampado de reglas de cálculo	75
10.4	Materiales y equipo necesarios para la implementación.....	79
CONCLUSIONES		81
RECOMENDACIONES.....		83
BIBLIOGRAFÍA		85
ANEXOS		87

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Campo de aplicación de actuadores.....	9
2	Gráfico de presión.....	11
3	Ley de Boyle-Mariotte.....	12
4	Clasificación de los compresores	14
5	Compresores según su funcionamiento.....	15
6	Tendidos de red.....	20
7	Red cerrada con interconexiones	21
8	Cilindro de simple efecto.....	25
9	Cilindro de doble efecto	26
10	Cilindros sin vástago.....	26
11	Partes de un cilindro	27
12	Cilindro de giro.....	28
13	Tipos de accionamiento de válvulas	32
14	Válvulas de asiento.....	33
15	Válvula de antirretorno.....	34
16	Válvulas selectora y de simultaneidad.....	35
17	Válvula de estrangulación.....	36
18	Regulador de presión.....	36
19	Válvula de secuencia	37
20	Temporizador neumático	37
21	Estructura de un sistema neumático.....	39
22	Flujo de señales.....	40

23	Tipos de interruptores.....	41
24	Interruptores	42
25	Válvula distribuidora 3/2	43
26	Electroválvula	44
27	Reed Switch	45
28	Convertidor neumático-eléctrico.....	46
29	Interruptor de final de carrera	47
30	Sensor inductivo.....	48
31	Variación de resistencia en función de la posición	49
32	Modulo de conmutación	50
33	Sensor capacitivo	51
34	Sensores ópticos.....	52
35	Partes de un relé.....	53
36	Interior del Laboratorio de Electroneumática.....	56
37	Equipo para prácticas.....	57
38	Número de estudiantes atendidos durante el primer semestre	63
39	Estudiantes que llevaron el laboratorio de forma opcional	64
40	Número de estudiantes por carrera	64
41	Ejercicio 1	69
42	Ejercicio 2.....	69
43	Ejercicio 3.....	70
44	Ejercicio 4.....	71
45	Ejercicio 5.....	72
46	Ejercicio 6.....	72
47	Ejercicio 7.....	73
48	Ejercicio 7, solución a.....	74
49	Ejercicio 8.....	75
50	Ejercicio 8, solución a.....	75
51	Ejercicio 8, solución b.....	76

TABLAS

I	Unidades básicas de medición	10
II	Programación diaria curso de Neumática Básica	77

RESUMEN

Gestión de los fondos

El estudiante de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica (EIME) en los últimos años, no ha tenido una capacitación en el área de automatización acorde a las necesidades actuales y avances de la tecnología. A partir de esta necesidad surgió la idea de crear un laboratorio de automatización y se pensó especialmente uno donde se pudiera aprender las técnicas de Neumática aplicada a la automatización de procesos industriales. De acuerdo con esto, el presente trabajo de graduación pretende realizar una iniciación a la especialización en este campo con aplicaciones de Neumática y electro neumática.

Para gestionar los fondos económicos necesarios para montar el laboratorio se elaboró un anteproyecto en el que se hacía ver la necesidad de contar con dicho laboratorio y se presentaba una opción de equipo didáctico, este anteproyecto se presentó al entonces Rector de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Dr. Luis Leal, de quien obtuvimos una respuesta favorable mostrándose muy interesado en el proyecto por el hecho de que fue presentado por un grupo de estudiantes. Esta gestión del dinero en Rectoría se hizo con el apoyo de la Junta Directiva de la Asociación de Estudiantes de Ingeniería AEI.

Afortunadamente, el señor Rector dio su aprobación y apoyo económico para realizar la inversión inicial necesaria para comprar el equipo didáctico que se utiliza en el laboratorio.

La compra del equipo fue hecha a través de Decanatura de la Facultad, adquiriéndose con el proveedor que presentó la mejor opción. Se compró el módulo didáctico para la enseñanza de técnicas de Neumática y Electroneumática de la marca FESTO, el cual es equipo de la más alta tecnología, de fabricación alemana, compuesto por elementos de uso industrial adaptados a la enseñanza.

Creación del Laboratorio:

Una vez teniendo el equipo hacia falta un espacio físico para montarlo e impartirlas capacitaciones a los estudiantes.

Debido a la falta de espacios físicos disponibles en la Escuela de Mecánica Eléctrica, se tuvo que solicitar el salón donde se montó el laboratorio al departamento de Física. Dicho salón estaba para el servicio de la Licenciatura en Física Aplicada, formando parte del Laboratorio No. 2. La adecuación del salón estuvo a cargo de la Decanatura de la Facultad.

Además, era necesario equipar el salón con mesas de trabajo, pizarra, conexiones eléctricas, mesas para montar el equipo, todo esto fue suministrado por parte del decano de la Facultad.

Una vez listo el salón se procedió a montar el equipo de laboratorio para poder impartir las capacitaciones.

Capacitación a los Estudiantes:

El Centro de Formación en Tecnologías de Automatización fue creado para el uso de todos los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, pero especialmente para los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica y Escuela de Ingeniería Mecánica.

Con el apoyo del Director de Escuela de Mecánica Eléctrica y el encargado de Laboratorios de Electrónica, se hizo un análisis para determinar hacia qué estudiantes deberían ir dirigidas las capacitaciones que se imparten.

Se determinó que en los pensum de estudio de las carreras de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Mecánica Eléctrica el contenido del laboratorio se adapta a los cursos de Automatización Industrial y a Sistemas de Control.

En la carrera de Ingeniería Electrónica se adapta al contenido de los cursos de Sistemas de Control y a Robótica.

Basándose en esto se estableció que las capacitaciones de Neumática y Electroneumática se impartirían a los estudiantes del curso de Sistemas de Control, ya que pertenece a los pensum de estudio de las tres carreras de la Escuela.

Pero los cursos de capacitación que se imparten no son exclusivos para los estudiantes que cursen dicho curso, sino que es para todos aquellos que estén interesados en capacitarse en el área de las técnicas de automatización industrial, específicamente en Neumática y Electroneumática.

OBJETIVOS

GENERAL

- Iniciar con un proyecto para crear un Centro de Formación en Tecnologías de Automatización Industrial dentro de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el que los estudiantes puedan ser capacitados en área de sistemas de automatización utilizando el aire como fuerza de trabajo.

ESPECÍFICOS

1. Capacitar a los estudiantes en el desarrollo de sistemas de automatización industrial por medio del uso de equipo electroneumático.
2. Preparar a los futuros ingenieros en tecnologías de automatización, para que tengan un alto valor en el mercado laboral.
3. Estimular la industria nacional con la aplicación de técnicas de automatización de procesos, lo que significa mayor productividad, calidad y competitividad.
4. Capacitar a los estudiantes sobre el uso del equipo neumático y electroneumático, para automatización de procesos industriales.
5. Dar a los estudiantes de la Facultad de Ingeniería un valor extra, al obtener cierto tipo de experiencia en el uso de herramientas de software para simulación y diseño de sistemas Neumáticos y Electroneumáticos.

INTRODUCCIÓN

La industria de manufactura moderna ha cambiado considerablemente a lo largo de las últimas décadas. Quizás el cambio más radical es la presencia de electrónica en máquinas, sistemas y dispositivos que solían ser puramente mecánicos en el pasado. Además, la ciencia de la computación se ha vuelto más compleja, de manera que, ahora es posible implementar, gracias a electrónica digital altamente integrada, software de control para algoritmos de control, interfaces y procesamiento de señales usando tan sólo algunos pocos circuitos integrados. Como resultado, las habilidades y conocimientos de los trabajadores de la industria moderna deben abarcar mucho más que los conocimientos que necesitaría un simple usuario. La maquinaria tiene que ser diseñada, fabricada, instalada, puesta a punto, tiene que recibir mantenimiento, tiene que ser configurada y reparada. Dentro del proceso de producción, hay dos tendencias que pueden ser observadas:

- Interacción cada vez mayor entre sistemas mecánicos, tecnología de control, sistemas eléctricos, ingeniería en comunicaciones y tecnología de información.
- La tecnología de manufactura moderna se vuelve cada vez más compleja y sofisticada.

Una de las tendencias actuales es utilizar medios alternativos de energía para realizar tareas en la industria. En la actualidad hay pocas fábricas en las que no se utilice aire comprimido como fuerza de trabajo. Los componentes neumáticos se emplean para ejecutar movimientos y son

indispensables para la automatización industrial. Una de las aplicaciones muy difundidas del aire comprimido es su utilización para el accionamiento de herramientas manuales, tales como martillos, clavadoras, pistolas o destornilladores múltiples. La Neumática constituye una herramienta muy importante dentro del control automático.

Con el desarrollo de los sistemas electrónicos, la tendencia de la tecnología en automatización es utilizar componentes eléctricos y electrónicos para reemplazar las tareas realizadas por operarios. Así pues surge la Electroneumática como una interacción entre el uso de aire comprimido y el control por medio de componentes eléctricos.

1. PRINCIPIOS DE AUTOMATIZACIÓN

La Automatización Industrial es un conjunto de técnicas que involucran la aplicación e integración de sistemas industriales de forma autónoma. Es un área en la que confluyen diferentes disciplinas para la solución de problemas industriales. Los problemas de eficiencia, productividad, calidad, decisiones estratégicas y diseño de procesos, tanto a nivel de producción y planta como a nivel gerencial, son también problemas de Automatización Industrial. La Automatización tiene por objeto fomentar la investigación y el desarrollo en ciencia y tecnología, enfocados hacia la satisfacción de necesidades en el país en el sector industrial.

El estudio de Automatización Industrial es de carácter interdisciplinario y está dirigido a profesionales en distintas ramas de la Ingeniería, incluyendo Eléctrica, Electrónica, Mecánica, Química, de Sistemas e Industrial, así como a profesionales en Física, Matemáticas y afines. Los interesados han de manejar las nociones básicas del comportamiento y el control de sistemas dinámicos e interesarse en temas de automatización y control de sistemas y/o plantas industriales.

La Formación en el área de Automatización aplica las siguientes áreas:

- Sólida fundamentación en matemáticas y análisis de sistemas lineales y no lineales.
- Experiencia en formulación y desarrollos en trabajos de investigación enfocados en las siguientes áreas:
 - Supervisión: hardware y software para monitoreo y control jerarquizado de la actividad industrial a través de redes de comunicación.

- Control: aspectos teóricos y prácticos del control de sistemas dinámicos continuos y discretos.
- Manufactura y Robótica: solución de problemas de producción industrial y de investigación en robots y en sistemas de manufactura discreta, mediante el empleo de diferentes técnicas de automatización.

1.1 Perfil ocupacional

Los profesionales que realizan estudios en el área de Automatización tienen dos grandes campos laborales: el desarrollo de proyectos de automatización industrial y la docencia e investigación en instituciones educativas. El desarrollo de proyectos de automatización industrial incluye el diseño en hardware y software de controladores, la selección de sistemas de instrumentación, supervisión y control, el diseño y planificación de celdas de manufactura flexible, y la gestión de proyectos de automatización. Por otra parte, la actividad docente usualmente se centra en el análisis de sistemas dinámicos y la teoría de control.

1.2 Automatización de procesos en la industria

A nivel industrial la automatización está muy marcada casi todos los procesos de producción dentro de una industria tanto pequeña como grande, se ven forzados a utilizar diversas tecnologías como lo es la eléctrica, electrónica, mecánica, neumática, hidráulica y otros que ayudan a que el sistema sea automático y más óptimo.

2. NEUMÁTICA Y ELECTRONEUMÁTICA

La Neumática constituye una herramienta muy importante dentro del control automático en la industria.

La Neumática es una fuente de energía de fácil obtención y tratamiento para el control de máquinas y otros elementos sometidos a movimiento. La generación, almacenaje y utilización del aire comprimido resultan relativamente baratos y además ofrece un índice de peligrosidad bajo en relación a otras energías como la electricidad y los combustibles gaseosos o líquidos. Ofrece una alternativa altamente segura en lugares de riesgo de explosión por deflagración, donde otras energías suponen un riesgo importante por la producción de calor, chispas, etc.

Por estas ventajas las instalaciones de aire comprimido son ampliamente usadas en todo tipo de industrias, incluso en todo tipo de transporte, aéreo, terrestre y marítimo.

2.1 La evolución en la técnica del aire comprimido

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre y aprovecha para reforzar sus recursos físicos.

El descubrimiento consciente del aire como medio - materia terrestre - se remonta a muchos siglos, lo mismo que un trabajo más o menos consciente con dicho medio. El primero del que sabemos con seguridad es que se ocupó de la neumática, es decir, de la utilización del aire comprimido como elemento de trabajo, fue el griego *KTESIBIOS*. Hace más de dos mil años, construyó una catapulta de aire comprimido. Uno de los primeros libros acerca del empleo del

aire comprimido como energía procede del siglo I de nuestra era, y describe mecanismos accionados por medio de aire caliente.

De los antiguos griegos procede la expresión "*Pneuma*", que designa la respiración, el viento y, en filosofía, también el alma.

Como derivación de la palabra "*Pneuma*" se obtuvo, entre otras cosas el concepto **Neumática** que trata los movimientos y procesos del aire.

Aunque los rasgos básicos de la Neumática se cuentan entre los más antiguos conocimientos de la humanidad, no fue sino hasta el siglo pasado cuando empezaron a investigarse sistemáticamente su comportamiento y sus reglas. Sólo desde aprox. 1950 podemos hablar de una verdadera aplicación industrial de la Neumática en los procesos de fabricación.

Es cierto que con anterioridad ya existían algunas aplicaciones y ramos de explotación como por ejemplo en la minería, en la industria de la construcción y en los ferrocarriles (frenos de aire comprimido).

La irrupción verdadera y generalizada de la Neumática en la industria no se inició, sin embargo, hasta que llegó a hacerse más acuciante la exigencia de una automatización y racionalización en los procesos de trabajo.

A pesar de que esta técnica fue rechazada en un inicio, debido en la mayoría de los casos a falta de conocimiento y de formación, fueron ampliándose los diversos sectores de aplicación.

En la actualidad, ya no se concibe una moderna explotación industrial sin el aire comprimido. Este es el motivo de que en los ramos industriales más variados se utilicen aparatos neumáticos.

2.2 Ventajas de la Neumática

- El aire es de fácil captación y abunda en la tierra
- El aire no posee propiedades explosivas, por lo que no existen riesgos de chispas.
- Los actuadores pueden trabajar a velocidades razonablemente altas y fácilmente regulables.
- El trabajo con aire no daña los componentes de un circuito por efecto de golpes de ariete.
- Las sobrecargas no constituyen situaciones peligrosas o que dañen los equipos en forma permanente.
- Los cambios de temperatura no afectan en forma significativa.
- Energía limpia
- Cambios instantáneos de sentido

2.3 Desventajas de la Neumática

- En circuitos muy extensos se producen pérdidas de cargas considerables
- Requiere de instalaciones especiales para recuperar el aire previamente empleado
- Las presiones a las que trabajan normalmente, no permiten aplicar grandes fuerzas
- Altos niveles de ruido generados por la descarga del aire hacia la atmósfera

2.4 Propiedades del aire comprimido

Causará asombro el hecho de que la Neumática se haya podido expandir en tan corto tiempo y con tanta rapidez. Esto se debe, entre otras cosas, a que en la solución de algunos problemas de automatización no puede disponerse de otro medio que sea más simple y más económico.

Las propiedades del aire comprimido que han contribuido a su popularidad son:

- Abundante: Está disponible para su compresión prácticamente en todo el mundo, en cantidades ilimitadas.

- Transporte: El aire comprimido puede ser fácilmente transportado por tuberías, incluso a grandes distancias. No es necesario disponer tuberías de retorno.

- Almacenable: No es preciso que un compresor permanezca continuamente en servicio. El aire comprimido puede almacenarse en depósitos y tomarse de éstos. Además, se puede transportar en recipientes (botellas).

- Temperatura: El aire comprimido es insensible a las variaciones de temperatura, garantiza un trabajo seguro incluso a temperaturas extremas.

- Antideflagrante: No existe ningún riesgo de explosión ni incendio; por lo tanto, no es necesario disponer instalaciones antideflagrantes, que son caras.

- Limpio: El aire comprimido es limpio y, en caso de faltas de estanqueidad en elementos, no produce ningún ensuciamiento. Esto es muy importante por ejemplo, en las industrias alimenticias, de la madera, textiles y del cuero.

- Constitución de los elementos: La concepción de los elementos de trabajo es simple, por tanto, el precio es económico.

- Velocidad: Es un medio de trabajo muy rápido y, por eso, permite obtener velocidades de trabajo muy elevadas (La velocidad de trabajo de cilindros neumáticos pueden regularse sin escalones.)

- A prueba de sobrecargas: Las herramientas y elementos de trabajo neumáticos pueden hasta su parada completa sin riesgo alguno de sobrecargas.

Para delimitar el campo de utilización de la Neumática es preciso conocer también las propiedades adversas:

- Preparación: El aire comprimido debe ser preparado, antes de su utilización. Es preciso eliminar impurezas y humedad (al objeto de evitar un desgaste prematuro de los componentes).

- Compresible: Con aire comprimido no es posible obtener para los émbolos velocidades uniformes y constantes.

- Fuerza: El aire comprimido es económico sólo hasta cierta fuerza. Condicionado por la presión de servicio normalmente usual de 700 kPa (7 bar), el límite, también en función de la carrera y la velocidad, es de 20,000 a 30,000 N (2000 a 3000 kp).

- Escape: El escape de aire produce ruido. No obstante, este problema ya se ha resuelto en gran parte, gracias al desarrollo de materiales insonorizantes (silenciadores).

- Costos: El aire comprimido es una fuente de energía relativamente cara; este elevado costo se compensa en su mayor parte por los elementos de precio económico y el buen rendimiento (cadencias elevadas).

2.5 Rentabilidad de los equipos neumáticos

Como consecuencia de la automatización y racionalización, la fuerza de trabajo manual ha sido reemplazada por otras formas de energía; una de éstas es muchas veces el aire comprimido

El aire comprimido es una fuente cara de energía, pero, sin duda, ofrece indudables ventajas. La producción y acumulación del aire comprimido, así como su distribución a las máquinas y dispositivos suponen gastos elevados. Pudiera pensarse que el uso de aparatos neumáticos está relacionado con costos especialmente elevados. Esto no es exacto, pues en el cálculo de la rentabilidad es necesario tener en cuenta, no sólo el costo de energía, sino también los costos que se producen en total. En un análisis detallado, resulta que el costo energético es despreciable junto a los salarios, costos de adquisición y costos de mantenimiento.

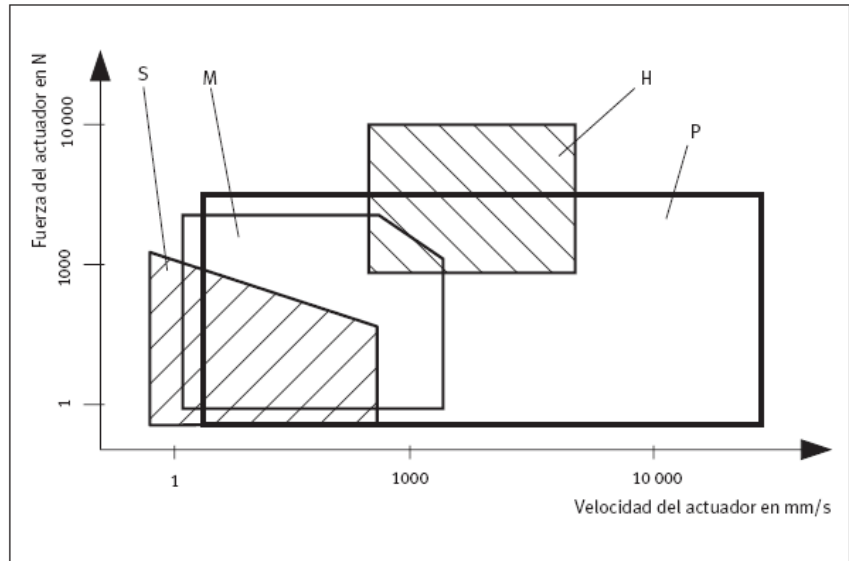
Al comparar actuadores neumáticos con otro tipo de actuadores, podemos constatar que la Neumática cubre una gama muy amplia de aplicaciones. La hidráulica ofrece ventajas si son necesarias grandes fuerzas para ejecutar las maniobras; los actuadores eléctricos son más económicos si los movimientos son lentos.

Estas diferencias se aprecian en la figura:

Figura 1. **Campo de aplicación de actuadores**

Campo de aplicaciones de actuadores neumáticos

- H Hidráulica
(100 hasta 10 000 N,
100 hasta 10 000 mm/s)
- M Combinación de husillo
y motor (0,5 hasta 2000 N)
- P Pneumática
(0,1 hasta 5000 N,
10 hasta 15 000 mm/s)
- S motor paso a paso



2.6 Fundamentos físicos

La superficie del globo terrestre está rodeada de una envoltura aérea. Esta es una mezcla indispensable para la vida y tiene la siguiente composición:

Nitrógeno aprox. 78% en volumen

Oxígeno aprox. 21% en volumen

Además contiene trazas, de bióxido de carbono, argón, hidrógeno, neón, helio, criptón y xenón.

Para una mejor comprensión de las leyes y comportamiento del aire se indican en primer lugar las magnitudes físicas y su correspondencia dentro del sistema de medidas.

Tabla I. Unidades básicas de medición

Unidades básicas

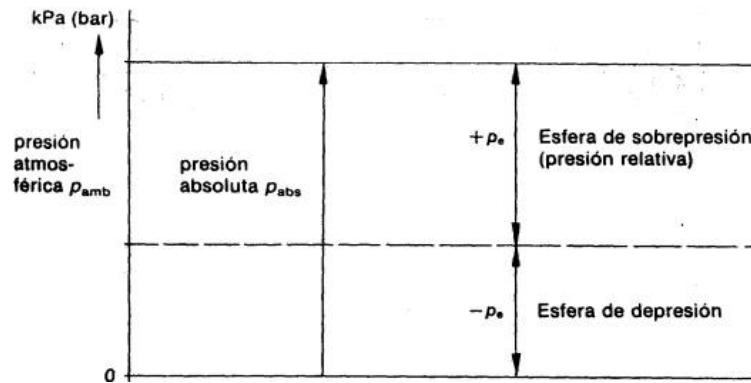
Magnitud	Abreviatura	Unidades y símbolos	
		Sistema técnico	Sistema de unidades «SI»
Longitud	<i>l</i>	metro (m)	el metro (m)
Masa	<i>m</i>	$\frac{\text{kp} \cdot \text{s}^2}{\text{m}}$	el kilogramo (kg)
Tiempo	<i>t</i>	segundo (s)	el segundo (s)
Temperatura	<i>T</i>	grado centígrado (°C) (grado Celsio)	el kelvin (K)
Intensidad de corriente	<i>I</i>	amperio (A)	el amperio (A)
Intensidad luminosa	<i>I</i>		la candela (cd)
Volumen molecular	<i>n</i>		el mol (mol)

Unidades derivadas

Magnitud	Abreviatura	Unidades y símbolos derivados	
		«Sistema técnico»	«Sistema de unidades SI»
Fuerza	<i>F</i>	kilopondio (kp) o kilogramo fuerza (kgf)	newton (N) $1 \text{ N} = \frac{1 \text{ kg} \cdot \text{m}}{\text{s}^2}$
Superficie	<i>A</i>	metro cuadrado (m ²)	metro cuadrado (m ²)
Volumen	<i>V</i>	metro cúbico (m ³)	metro cúbico (m ³)
Caudal	\dot{V} (<i>Q</i>)	(m ³ /s)	(m ³ /s) :
Presión	<i>P</i>	atmósfera (at) (kp/cm ²)	Pascal (Pa) $1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{\text{m}^2}$ Bar (bar) 1 bar = 10 ⁵ Pa = 100 kPa (10 ² kPa)

Como sobre la tierra todo está sometido a la presión atmosférica no notamos ésta. Se toma la correspondiente presión atmosférica P_{amb} como presión de referencia y cualquier divergencia de ésta se designa de sobrepresión P_e . En la siguiente figura se puede visualizar este concepto:

Figura 2. Gráfico de presión



La presión de aire no siempre es la misma. Cambia según la situación geográfica y el tiempo. La zona desde la línea del cero absoluto hasta la línea de referencia variable se llama esfera de depresión ($-P_e$) la superior se llama esfera de sobrepresión ($+P_e$).

La presión absoluta P_{abs} consiste en la suma de las presiones $-P_e$ y $+P_e$. En la práctica se utilizan manómetros que solamente indican la sobrepresión $+P_e$. Si se indica la presión P_{abs} el valor es unos 100 kPa (1 bar) más alto.

Con la ayuda de las magnitudes básicas definidas pueden explicarse las leyes físicas fundamentales de la aerodinámica.

2.6.1 El aire es comprimible

Como todos los gases, el aire no tiene una forma determinada. Toma la del recipiente que lo contiene o la de su ambiente. Permite ser comprimido (compresión) y tiene la tendencia a dilatarse (expansión).

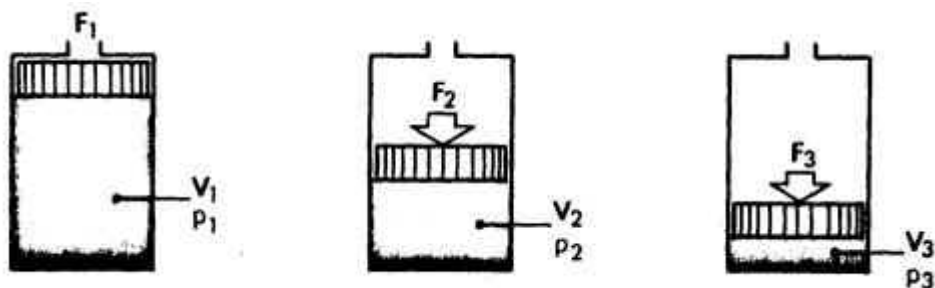
La ley que rige estos fenómenos es la **Ley de Boyle-Mariotte**:

A temperatura constante, el volumen de un gas encerrado en un recipiente es inversamente proporcional a la presión absoluta, o sea, el producto de la presión absoluta y el volumen es constante para una cantidad determinada de gas.

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = p_3 \cdot V_3 = \text{constante}$$

Este ley es demuestra mediante el siguiente ejemplo:

Figura 3. **Ley de Boyle-Mariotte**



3. PRODUCCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

3.1 Generadores

Para producir aire comprimido se utilizan compresores que elevan la presión del aire al valor de trabajo deseado. Los mecanismos y mandos neumáticos se alimentan desde una estación central. Entonces no es necesario calcular ni proyectar la transformación de la energía para cada uno de los consumidores. El aire comprimido viene de la estación compresora y llega a las instalaciones a través de tuberías.

Los compresores móviles se utilizan en el ramo de la construcción o en máquinas que se desplazan frecuentemente.

En el momento de la planificación es necesario prever un tamaño superior de la red, con el fin de poder alimentar aparatos neumáticos nuevos que se adquieran en el futuro. Por ello, es necesario sobredimensionar la instalación, al objeto de que el compresor no resulte más tarde insuficiente, puesto que toda ampliación ulterior en el equipo generador supone gastos muy considerables.

Por norma general se dice que el compresor debe estarse ocupando a un 75% de su capacidad, es decir que debemos tener un 25% de respaldo.

Es muy importante que el aire sea puro. Si es puro el generador de aire comprimido tendrá una larga duración. También debería tenerse en cuenta la aplicación correcta de los diversos tipos de compresores.

3.2 Tipos de compresores

Según las exigencias referentes a la presión de trabajo y al caudal de suministro, se pueden emplear diversos tipos de construcción. Se distinguen dos tipos básicos de compresores:

El primero trabaja según el principio de desplazamiento. La compresión se obtiene por la admisión del aire en un recinto hermético, donde se reduce luego el volumen. Se utiliza en el compresor de émbolo (oscilante o rotativo).

El otro trabaja según el principio de la dinámica de los fluidos. El aire es aspirado por un lado y comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa (turbina).

Figura 4. Clasificación de los compresores

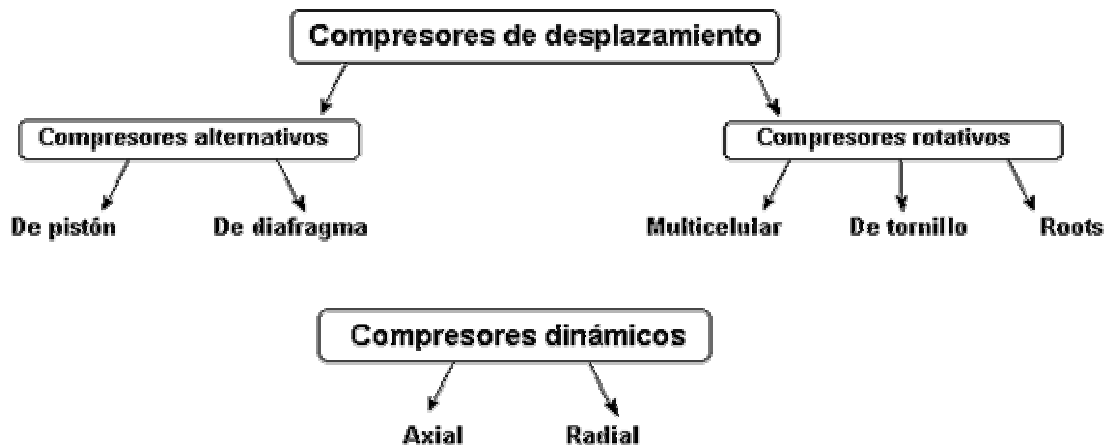
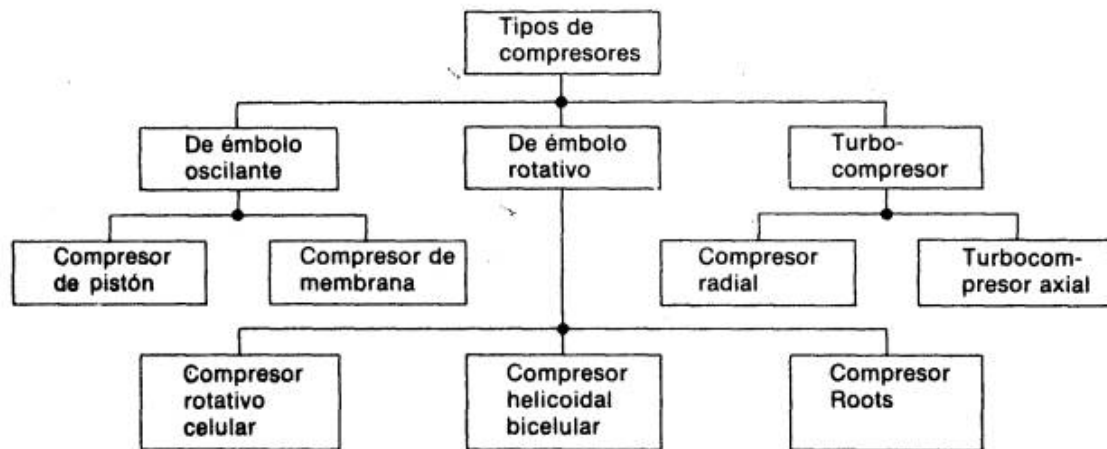


Figura 5. **Compresores según su funcionamiento**



3.3 Elección del compresor

3.3.1 Caudal

Por caudal se entiende la cantidad o volumen de aire por unidad de tiempo que el compresor puede suministrar. Existen dos conceptos.

1. El caudal teórico
2. El caudal efectivo o real

En el compresor de émbolo oscilante, el caudal teórico es igual al producto de cilindrada por la velocidad de rotación. El caudal efectivo depende de la construcción del compresor y de la presión. En este caso, el rendimiento volumétrico es muy importante.

Es interesante conocer el caudal efectivo del compresor. Sólo éste es el que acciona y regula los equipos neumáticos. Los valores indicados según las normas representan valores efectivos,

El caudal se expresa en m^3/min ó m^3/hora . No obstante, son numerosos los fabricantes que solamente indican el caudal teórico.

3.3.2 Presión

También se distinguen dos conceptos:

1. La presión de servicio es la suministrada por el compresor o acumulador y existe en las tuberías que alimentan a los consumidores.
2. La presión de trabajo es la necesaria en el puesto de trabajo considerado.

En la mayoría de los casos, es de 600 kPa (6 bar). Por eso, los datos de servicio de los elementos se refieren a esta presión.

Para garantizar un funcionamiento fiable y preciso es necesario que la presión tenga un valor constante. De ésta dependen:

- La velocidad
- Las fuerzas
- El desarrollo secuencial de las fases de los elementos de trabajo.

3.3.3 Accionamiento

Los compresores se accionan, según las exigencias, por medio de un motor eléctrico o de combustión interna. En la industria, en la mayoría de los casos los compresores se arrastran por medio de un motor eléctrico. Generalmente el motor gira un número de rpm fijo por lo cual se hace necesario regular el movimiento a través de un sistema de transmisión compuesto en la mayoría de los casos por un sistema de poleas y correas.

4. DISTRIBUCIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

Como resultado de la racionalización y automatización de los dispositivos de fabricación, las empresas precisan continuamente una mayor cantidad de aire. Cada máquina y mecanismo necesita una determinada cantidad de aire, siendo abastecido por un compresor, a través de una red de tuberías.

El diámetro de las tuberías debe elegirse de manera que si el consumo aumenta, la pérdida de presión entre el depósito y el consumidor no sobrepase 10 kPa (0,1 bar). Si la caída de presión excede de este valor, la rentabilidad del sistema estará amenazada y el rendimiento disminuirá considerablemente. En la planificación de instalaciones nuevas debe preverse una futura ampliación de la demanda de aire, por cuyo motivo deberán dimensionarse generosamente las tuberías. El montaje posterior de una red más importante supone costos dignos de mención.

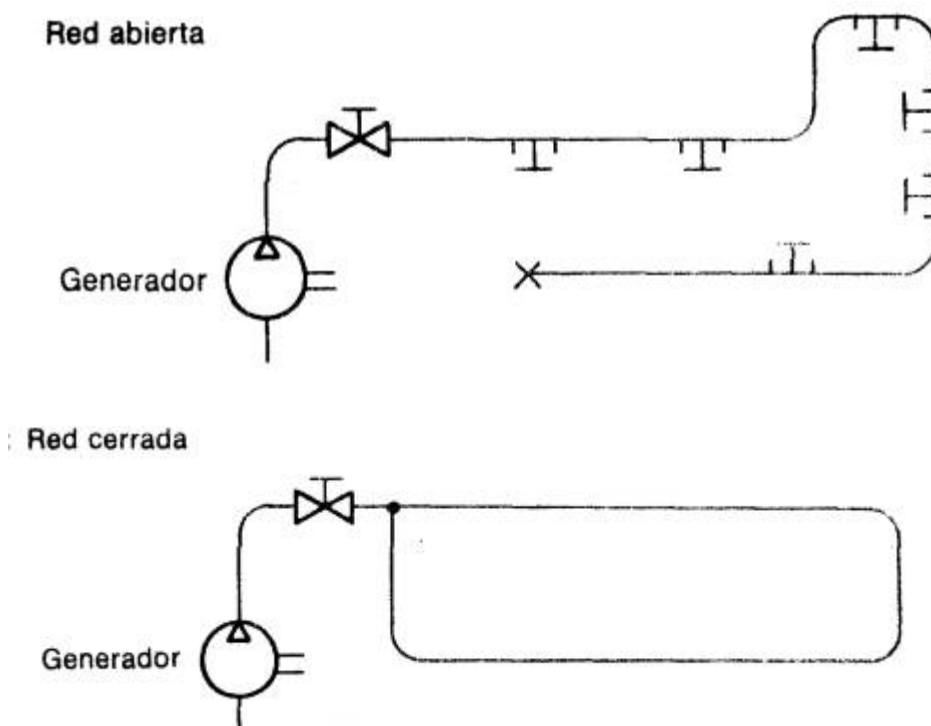
4.1 Tendido de la red

No solamente importa el dimensionado correcto de las tuberías, sino también el tendido de las mismas. Las tuberías requieren un mantenimiento y vigilancia regulares, por cuyo motivo no deben instalarse dentro de obras ni en emplazamientos demasiado estrechos. En estos casos, la detección de posibles fugas se hace difícil. Pequeñas faltas de estanqueidad ocasionan considerables pérdidas de presión. En el tendido de las tuberías debe cuidarse, sobre todo, de que la tubería tenga un descenso en el sentido de la corriente, del 1 al 2%.

En consideración a la presencia de condensado, las derivaciones para las tomas de aire en el caso de que las tuberías estén tendidas horizontalmente, se dispondrán siempre en la parte superior del tubo.

Así se evita que el agua condensada que posiblemente encuentre en la tubería principal llegue a través de las tomas. Para recoger y vaciar el agua condensada se disponen tuberías especiales en la parte inferior de la principal.

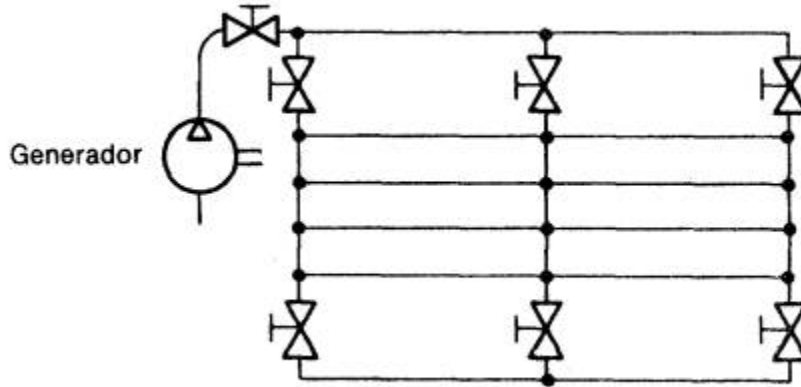
Figura 6. **Tendidos de red**



En la mayoría de los casos, la red principal se monta en circuito cerrado. Desde la tubería principal se instalan las uniones de derivación. Con este tipo de montaje de la red de aire comprimido se obtiene una alimentación uniforme cuando el consumo de aire es alto. El aire puede pasar en dos direcciones.

Figura 7. Red cerrada con interconexiones

: Red cerrada con interconexiones



En la red cerrada con interconexiones hay un circuito cerrado, que permite trabajar en cualquier sitio con aire, mediante las conexiones longitudinales y transversales de la tubería de aire comprimido.

5. PREPARACIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO

5.1 Impurezas

En la práctica se presentan muy a menudo los casos en que la calidad del aire comprimido desempeña un papel primordial. Las impurezas en forma de partículas de suciedad u óxido, residuos de aceite lubricante y humedad dan origen muchas veces a averías en las instalaciones neumáticas y a la destrucción de los elementos neumáticos. Deben eliminarse todas las impurezas del aire, ya sea antes de su introducción en la red distribuidora o antes de su utilización. Las impurezas que contiene el aire pueden ser:

- Sólidas. Polvo atmosférico y partículas del interior de las instalaciones.
- Líquidas. Agua y niebla de aceite.
- Gaseosas. Vapor de agua y aceite.

Los inconvenientes que estas partículas pueden generar son:

- Sólidas. Desgaste y abrasiones, obstrucciones en los conductos pequeños.
- Líquidas y gaseosas. El aceite que proviene de la lubricación de los compresores provoca: formación de partículas carbonosas y depósitos gomosos por oxidación y contaminación del ambiente al descargar las válvulas. Por otro lado el agua en forma de vapor provoca: oxidación de tuberías y elementos, disminución de los pasos efectivos de las tuberías y elementos al acumularse las condensaciones, mal acabado en operaciones de pintura.

5.2 Filtro de aire comprimido con regulador de presión

El filtro tiene la misión de extraer del aire comprimido circulante todas las impurezas y el agua condensada. En los procesos de automatización neumática se tiende cada vez a miniaturizar los elementos (problemas de espacio), fabricarlos con materiales y procedimientos con los que se pretende el empleo cada vez menor de los lubricadores. Consecuencia de esto es que cada vez tenga mas importancia el conseguir un mayor grado de pureza en el aire comprimido, para lo cual se crea la necesidad de realizar un filtraje que garantice su utilización. El filtro tiene por misión:

- Detener las partículas sólidas
- Eliminar el agua condensada en el aire

6. ELEMENTOS NEUMÁTICOS DE TRABAJO

La energía del aire comprimido se transforma por medio de cilindros en un movimiento lineal de vaivén, y mediante motores neumáticos, en movimiento de giro.

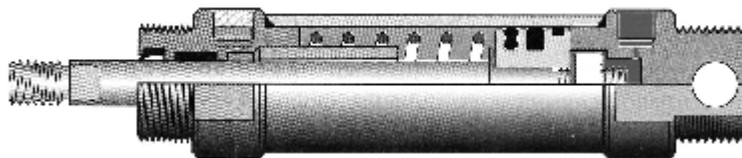
6.1 Elementos neumáticos de movimiento rectilíneo

A menudo, la generación de un movimiento rectilíneo con elementos mecánicos combinados con accionamientos eléctricos supone un gasto considerable.

6.1.1 Cilindros de simple efecto

Estos cilindros tienen una sola conexión de aire comprimido. No pueden realizar trabajos más que en un sentido. Se necesita aire sólo para un movimiento de traslación. El vástago retorna por el efecto de un muelle incorporado o de una fuerza externa.

Figura 8. **Cilindro de simple efecto**

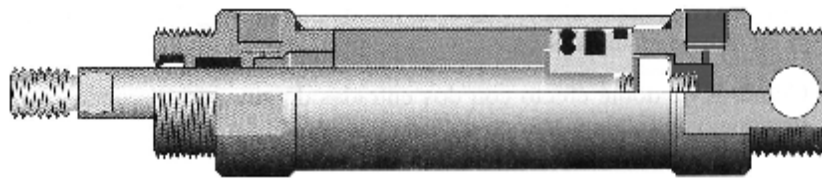


6.1.2. Cilindros de doble efecto

La fuerza ejercida por el aire comprimido anima al émbolo, en cilindros de doble efecto, a realizar un movimiento de traslación en los dos sentidos. Se dispone de una fuerza útil tanto en la ida como en el retorno

Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial.

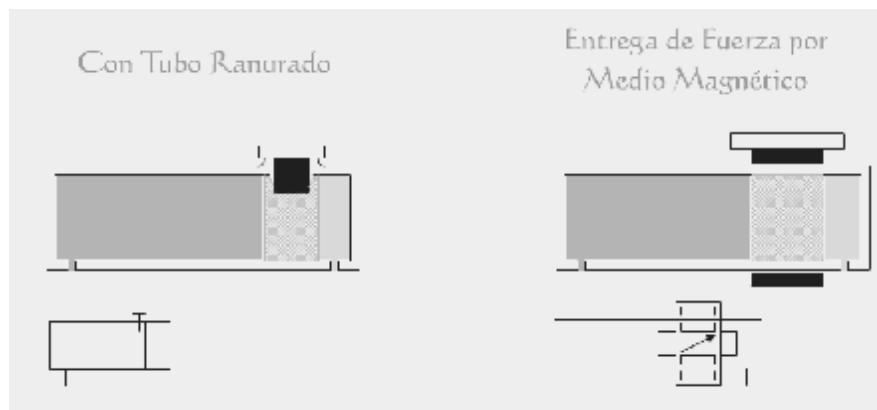
Figura 9. **Cilindro de doble efecto**



6.1.3 Cilindros sin vástago

Está compuesto de un camisa, un émbolo y un carro externo montado sobre el cilindro. El émbolo puede moverse libremente de acuerdo a las señales neumáticas recibidas.

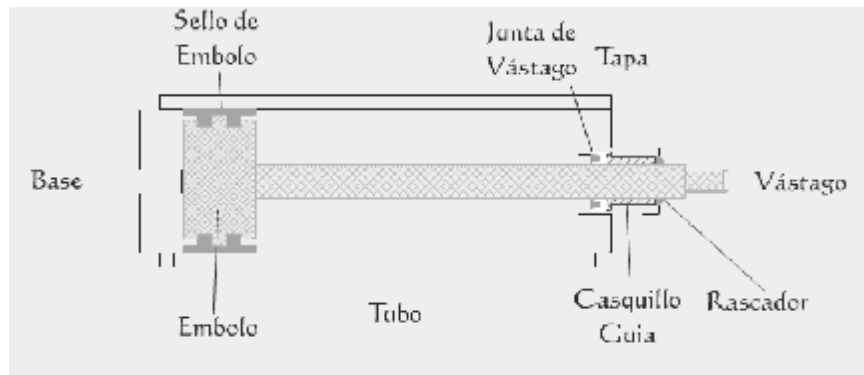
Figura 10. **Cilindros sin vástago**



6.1.4 Partes de un cilindro

Un cilindro de émbolo se compone básicamente de: tubo, tapa delantera y trasera, vástago, casquillo guía y aro rascador.

Figura 11. Partes de un cilindro



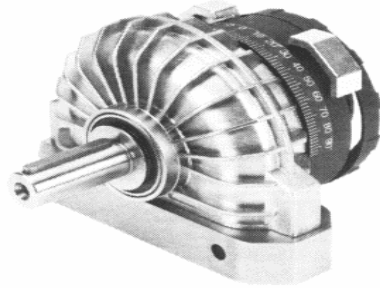
6.2 Elementos neumáticos con movimiento giratorio

Estos elementos transforman la energía neumática en un movimiento de giro mecánico. Son motores de aire comprimido.

6.2.1 Cilindro de giro

En esta ejecución de cilindro de doble efecto, el vástago es una cremallera que acciona un piñón y transforma el movimiento lineal en un movimiento giratorio hacia la izquierda o hacia la derecha, según el sentido del émbolo. Los ángulos de giro corrientes pueden ser de 45°, 90°, 180°, 290° hasta 720°. Es posible determinar el margen de giro dentro del margen total por medio de un tornillo de ajuste.

Figura 12. **Cilindro de giro**



6.2.2 Motor de aire comprimido

Su ángulo de giro no está limitado y hoy es uno de los elementos de trabajo más empleados que trabajan con aire comprimido. Según su concepción, se distinguen:

- Motores de émbolo
- Motores de aletas
- Motores de engranajes
- Turbomotores

7. VÁLVULAS

7.1 Generalidades

Los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, elementos de mando y una parte de trabajo, Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo de los elementos de trabajo y se denominan válvulas. Los sistemas neumáticos e hidráulicos lo constituyen:

- Elementos de información
- Órganos de mando
- Elementos de trabajo

Para el tratamiento de la información y órganos de mando es preciso emplear aparatos que controlen y dirijan el flujo de forma preestablecida, lo que obliga a disponer de una serie de elementos que efectúen las funciones deseadas relativas al control y dirección del flujo del aire comprimido o aceite.

En los principios del automatismo, los elementos reseñados se mandan manual o mecánicamente. Cuando por necesidades de trabajo se precisaba efectuar el mando a distancia, se utilizaban elementos de comando por émbolo neumático (servo).

Actualmente, además de los mandos manuales para la actuación de estos elementos, se emplean para el comando procedimientos servo-neumáticos y electro-neumáticos que efectúan en casi su totalidad el tratamiento de la información y de la amplificación de señales.

La gran evolución de la Neumática y la hidráulica han hecho, a su vez, evolucionar los procesos para el tratamiento y amplificación de señales, y por tanto, hoy en día se dispone de una gama muy extensa de válvulas y distribuidores que nos permiten elegir el sistema que mejor se adapte a las necesidades.

Hay veces que el comando se realiza neumáticamente o hidráulicamente y otras nos obliga a recurrir a la electricidad por razones diversas, sobre todo cuando las distancias son importantes y no existen circunstancias adversas.

Las válvulas en términos generales, tienen las siguientes misiones:

- Distribuir el fluido
- Regular caudal
- Regular presión

Las válvulas son elementos que mandan o regulan la puesta en marcha, el paro y la dirección, así como la presión o el caudal del fluido enviado por una bomba hidráulica o almacenado en un depósito. En lenguaje internacional, el término "válvula" o "distribuidor" es el término general de todos los tipos tales como válvulas de corredera, de bola, de asiento, grifos, etc.

Esta es la definición de la norma DIN/ISO 1219 conforme a una recomendación del CETOP (*Comité Européen des Transmissions Oiéohydrauliques et Pneumatiques*).

Según su función las válvulas se subdividen en 5 grupos:

1. Válvulas de vías distribuidoras
2. Válvulas de caudal
3. Válvulas de bloqueo
4. Válvulas de cierre
5. Válvulas de presión

7.2 Accionamiento de válvulas

Según el tiempo de accionamiento se distingue entre:

1. Accionamiento permanente, señal continua

La válvula es accionada manualmente o por medios mecánicos, neumáticos o eléctricos durante todo el tiempo hasta que tiene lugar el reposicionamiento. Este es manual o mecánico por medio de un muelle.

2. Accionamiento momentáneo, impulso

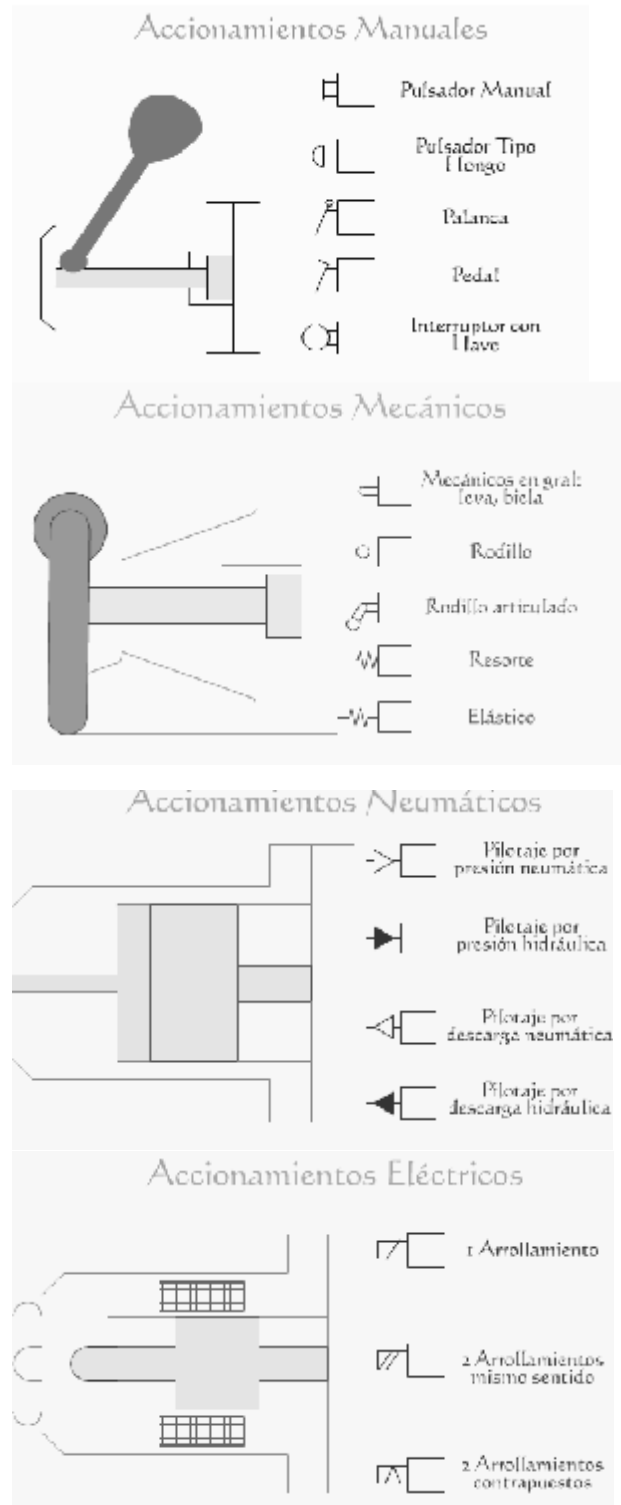
La válvula es invertida por una señal breve (impulso) y permanece indefinidamente en esa posición, hasta que otra señal la coloca en su posición anterior.

7.2.1 Tipos de accionamiento

Para llevar las válvulas de una posición a la otra es necesario contar con un accionamiento. Los símbolos utilizados para representar los tipos de accionamientos están contenidos en la norma DIN ISO 1219. Estos accionamientos pueden ser de los siguientes tipos:

- Manual
- Mecánico
- Neumático
- Eléctrico

Figura 13. Tipos de accionamiento de válvulas

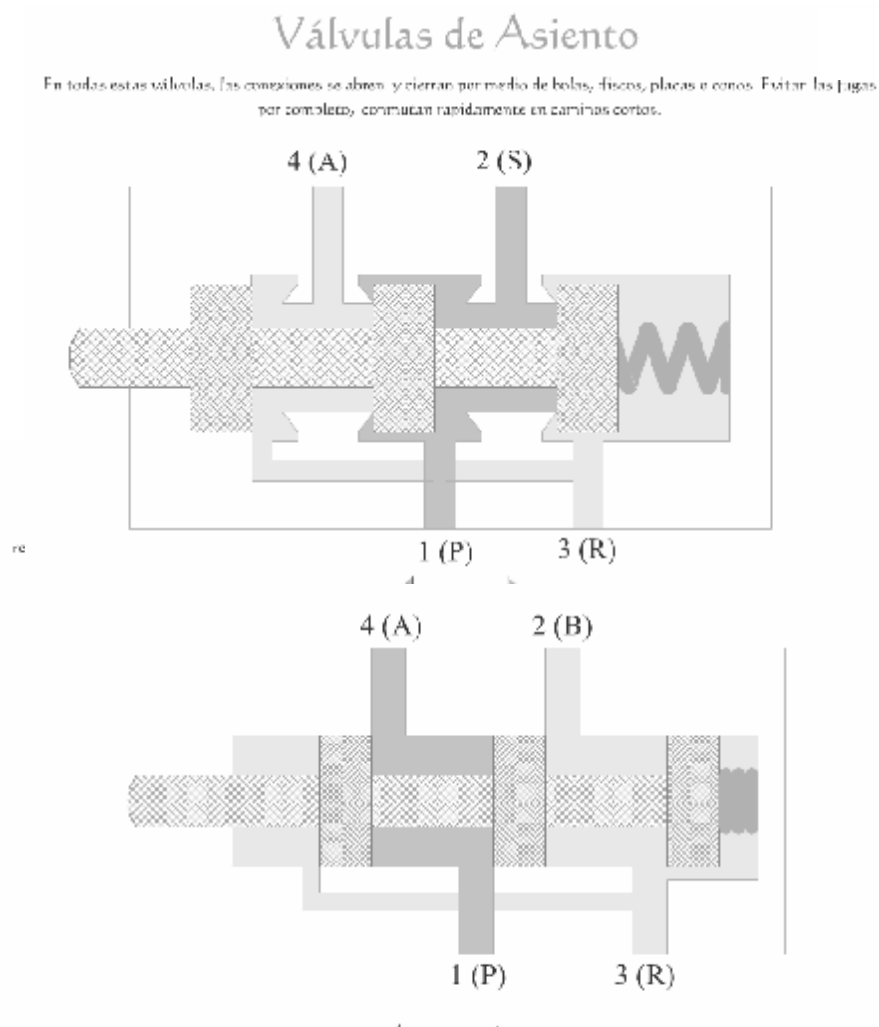


7.3 Características constructivas de las válvulas

Las características de construcción de las válvulas determinan su duración, fuerza y tipo de accionamiento; como también el tiempo de conmutación, el sistema de conexión y el tamaño. De acuerdo al tipo constructivo las válvulas pueden ser:

- Válvulas de Asiento
- Válvulas de corredera

Figura 14. Válvulas de asiento



7.4 Válvulas de bloqueo

También se les llama válvulas de cierre. Bloquean el flujo de aire en un sentido y lo liberan en sentido contrario. La salida actúa sobre la pieza obturadora y apoya el efecto de cierre hermético de la válvula. Se consideran como válvulas de cierre las siguientes:

- Válvula de antirretorno
- Válvula selectora “OR”
- Válvula de simultaneidad “AND”
- Válvula de escape rápido

Figura 15. **Válvula de antirretorno**

Válvulas Antirretorno

Este tipo de válvula deja pasar el caudal de fluido en un sentido, con una mínima pérdida de presión, mientras que impide totalmente el paso en el otro sentido. El bloqueo del sentido de flujo puede obtenerse mediante un disco, una membrana o por una bola o cono.

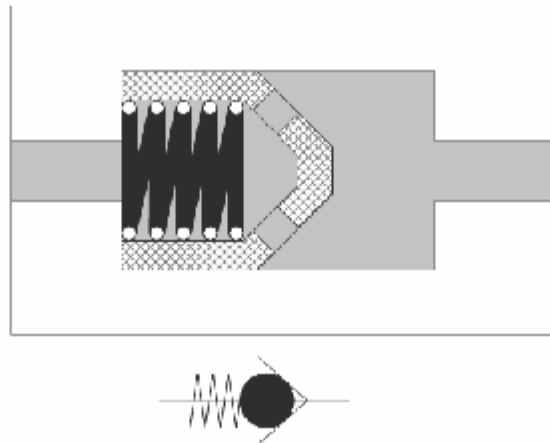
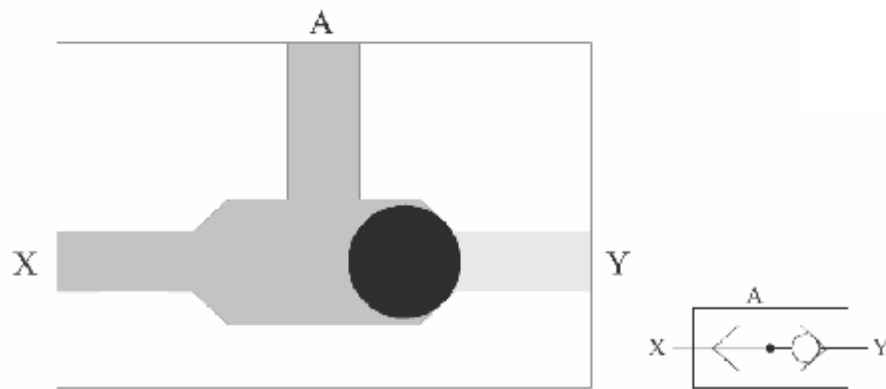


Figura 16. **Válvulas selectora y de simultaneidad**

Válvula Selector: Función "O"

Tiene 2 entradas X e Y, y una salida A. Esta válvula se denomina "O" (OR), porque permite el paso de las entradas X e Y hacia la salida A.



Válvula de Simultaneidad: Función "Y"

Se conoce también como válvula de dos presiones. Tiene 2 entradas X e Y, y una salida A.. Se denomina "Y" pues solamente si hay presión en X e Y, puede haber una señal de salida en A..

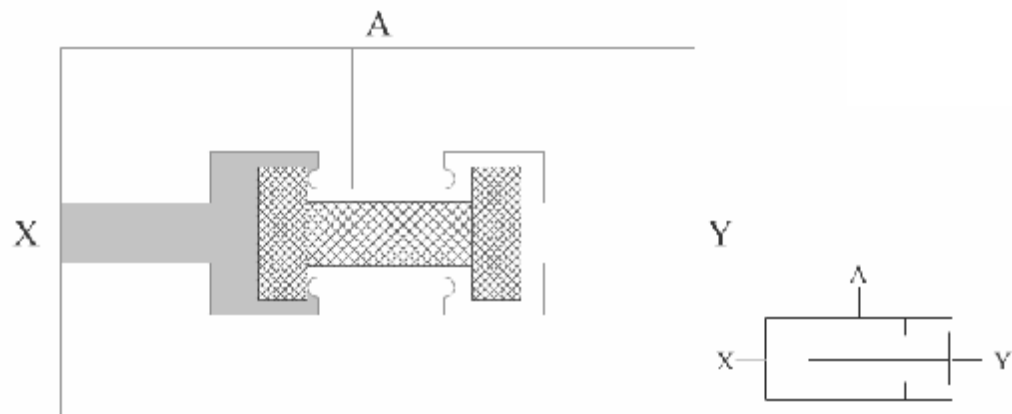
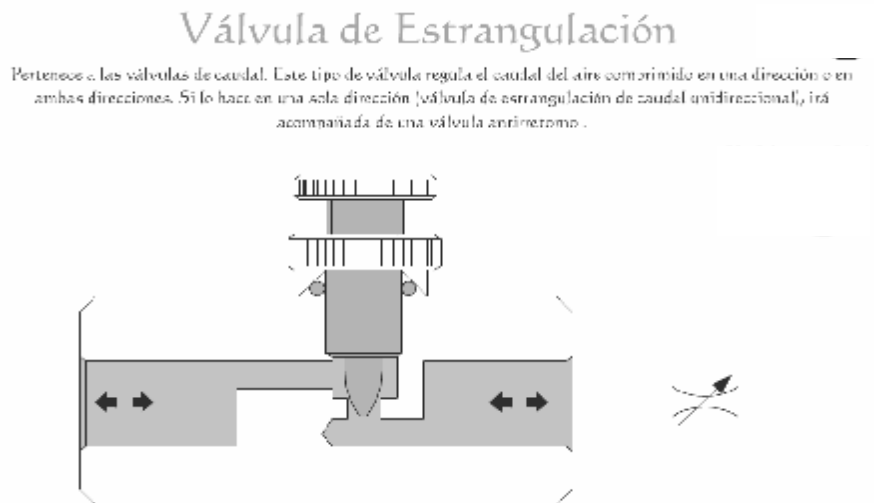


Figura 17. **Válvula de estrangulación**



7.5 Válvulas de presión

Este tipo de válvulas ejerce influencia sobre la presión del aire comprimido, o bien reacciona frente a valores de presión determinados.

Figura 18. **Regulador de presión**

Válvula Reguladora de Presión

Una válvula reguladora de presión tiene por objeto mantener constante la presión, aún si la red de alimentación tiene presiones de valor oscilante y consumos variables.

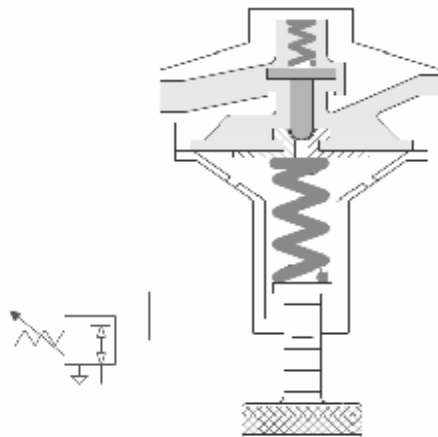


Figura 19. **Válvula de secuencia**

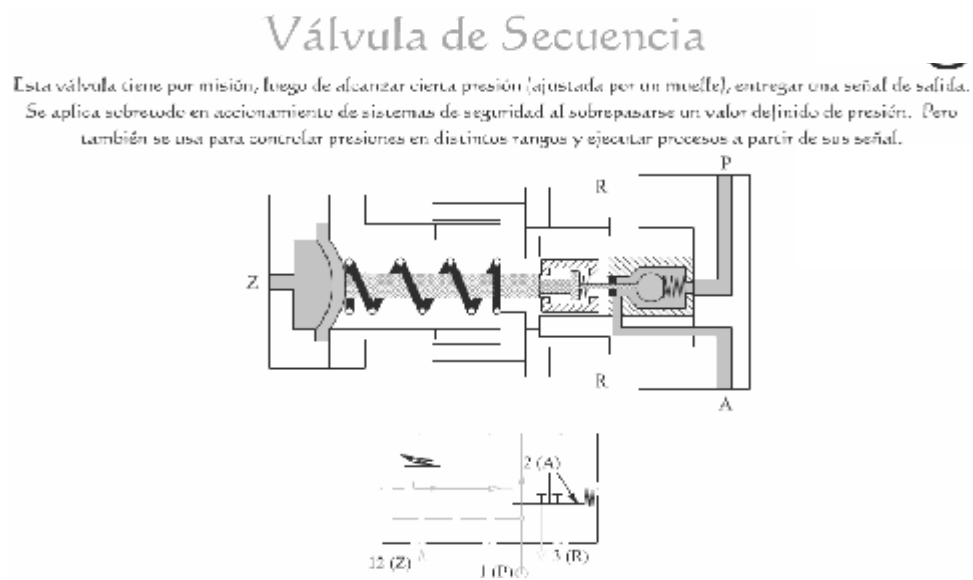


Figura 20. **Temporizador neumático**

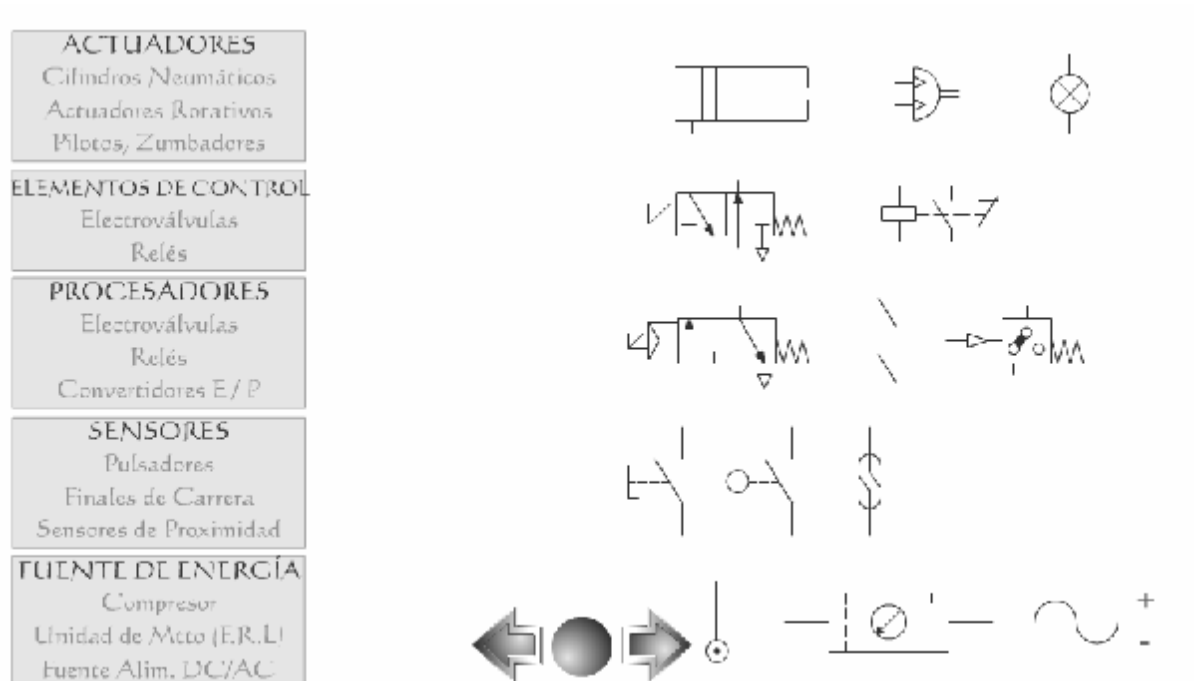


8. FUNDAMENTOS DE ELECTRONEUMÁTICA

8.1 Estructura de Sistemas Neumáticos

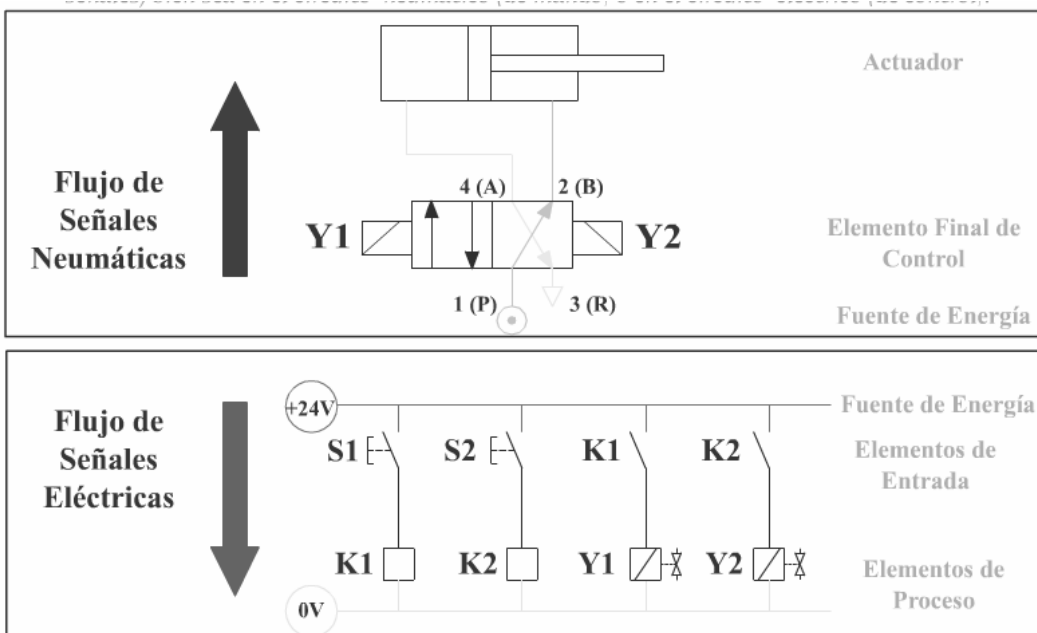
En un sistema de control pueden diferenciarse los componentes como pertenecientes a cinco grupos primarios. Estos son:

Figura 21. Estructura de un Sistema Neumático



Los componentes se representan por medio de símbolos que indican su funcionamiento en el sistema. Los símbolos de los componentes se organizan de acuerdo a los niveles del sistema. Estos niveles están dispuestos según el flujo de señales, bien sea en el circuito neumático (de mando) o en el circuito eléctrico (de control).

Figura 22. **Flujo de señales**



8.2 Interruptores de contacto

El accionamiento mecánico de un interruptor consiste en unir dos contactos entre si, que permiten cerrar el circuito eléctrico. Se diferencian tres tipo de contacto:

Figura 23. Tipos de interruptores

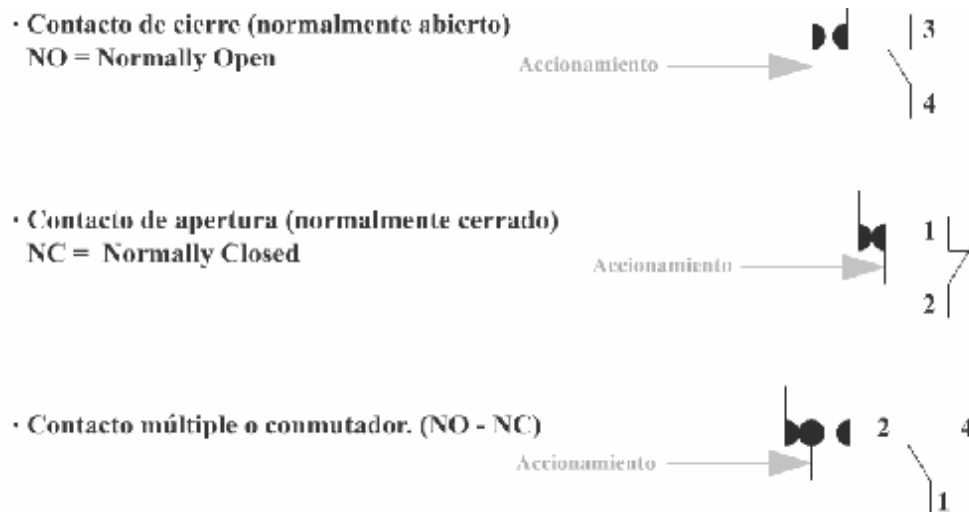
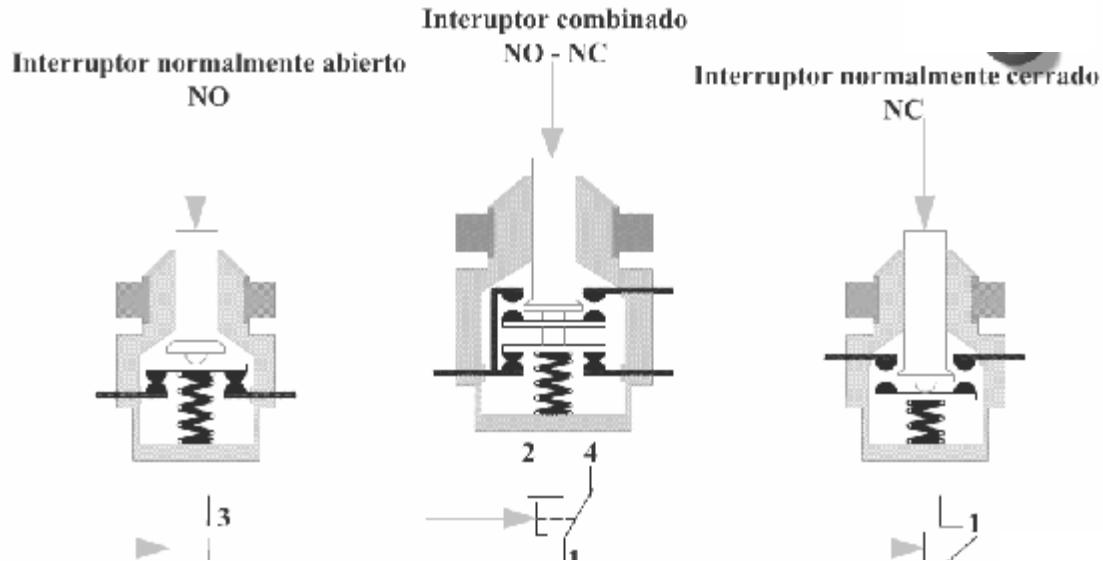


Figura 24. Interruptores

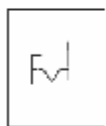
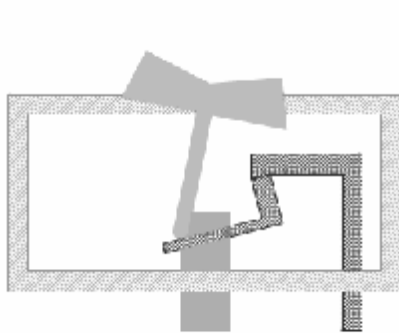
Interruptores sin Retención

Si se quiere hacer que un equipo o una máquina se ponga en marcha, es necesario contar con un elemento que permita el paso de una señal emitida. Tal elemento puede ser un pulsador que ocupa una posición de conmutación determinada mientras que es activado.



Interruptores con Retención

Un ejemplo de interruptor con retención es el de botón, el cuál mantiene su posición por efecto mecánico cuando es accionado. Solo accionándolo nuevamente desbloquea su posición y regresa a su estado inicial.



Símbolos de interruptores manuales según DIN 40713

Interruptor normalmente abierto
Generalmente de accionamiento manual

Interruptor normalmente abierto
Accionamiento manual por presión

Interruptor normalmente cerrado
Accionamiento manual, huyendo

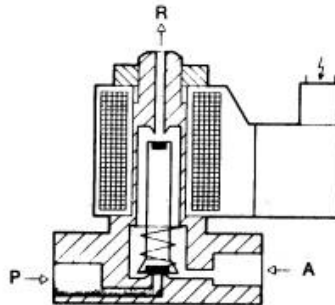
Interruptor normalmente abierto
Accionamiento manual, girando

8.3 Electroválvulas (válvulas electromagnéticas)

Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrico, presostatos o mandos electrónicos. En general, se elige el accionamiento eléctrico para mandos con distancias extremadamente largas y cortos tiempos de conexión.

Las electroválvulas o válvulas electromagnéticas se dividen en válvulas de mando directo o indirecto. Las de mando directo solamente se utilizan para un diámetro luz pequeño, puesto que para diámetros mayores los electroimanes necesarios resultarían demasiado grandes.

Figura 25. **Válvula distribuidora 3/2 (de mando electromagnético)**



Las válvulas de control neumático son sistemas que bloquean, liberan o desvían el flujo de aire de un sistema neumático por medio de una señal que generalmente es de tipo eléctrico, razón por la cual también son denominadas electroválvulas. Las válvulas eléctricas se clasifican según la cantidad de puertos (entradas o salidas de aire) y la cantidad de posiciones de control que poseen.

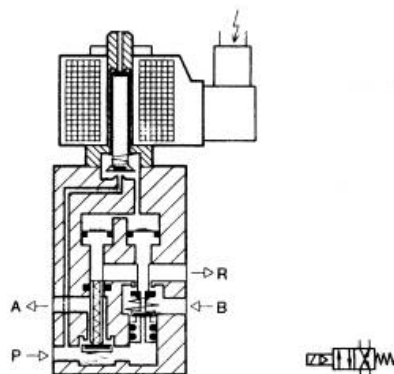
8.3.1 Electroválvulas de doble solenoide.

Existen válvulas que poseen dos bobinas y cuyo funcionamiento es similar a los flip-flops electrónicos. Con este sistema, para que la válvula vaya de una posición a la otra basta con aplicar un pequeño pulso eléctrico a la bobina que está en la posición opuesta. Allí permanecerá sin importar que dicha bobina siga energizada y hasta que se aplique un pulso en la bobina contraria. La principal función en estos sistemas es la de "memorizar" una señal sin que el controlador esté obligado a tener permanentemente energizada la bobina.

Al conectar el imán, el núcleo (inducido) es atraído hacia arriba venciendo la resistencia del muelle. Se unen los empalmes P y A. El núcleo obtura, con su parte trasera, la salida R. Al desconectar el electroimán, el muelle empuja al núcleo hasta su asiento inferior y cierra el paso de P hacia A. El aire de la tubería de trabajo A puede escapar entonces hacia R. Esta válvula tiene solapo; el tiempo de conexión es muy corto.

Para reducir al mínimo el tamaño de los electroimanes, se utilizan válvulas de mando indirecto, que se componen de dos válvulas: Una válvula electromagnética de servopilotaje (312, de diámetro nominal pequeño) y una válvula principal, de mando neumático.

Figura 26. **Electroválvula**



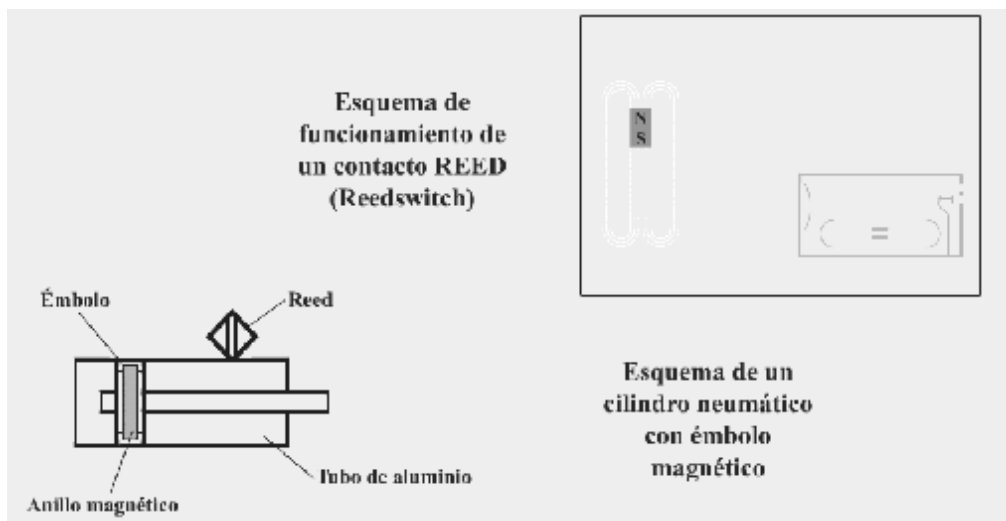
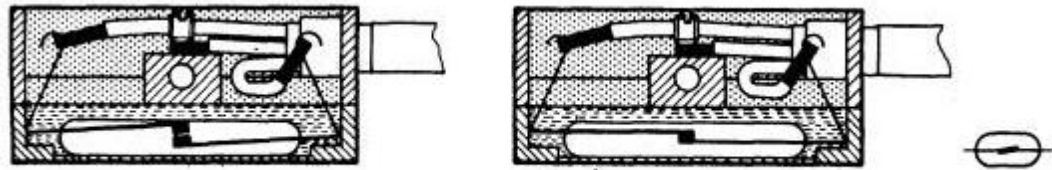
8.4 Sensores

8.4.1 Interruptor eléctrico de aproximación

Un contacto Reed está cableado y empotrado en una caja fundida a presión y en un zócalo de poliamida. Dicho contacto se compone de dos lengüetas, que se encuentran encerradas en un tubito de vidrio lleno de gas protector.

Cuando el émbolo con el imán permanente se acerca a las lengüetas de contacto, éstas son atraídas y se tocan repentinamente. Este contacto proporciona una señal eléctrica. Al retirar el émbolo, las lengüetas se desmagnetizan y vuelven a su posición final. La velocidad de sobrepaso de ambos interruptores de aproximación depende de los elementos postconectados.

Figura 27. Reed Switch



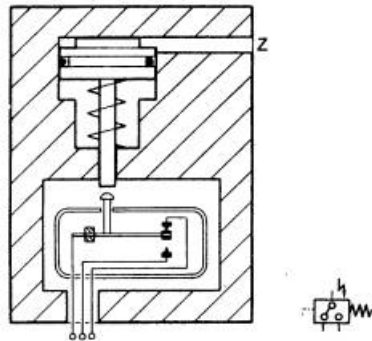
8.4.2 Convertidor de señal neumático-eléctrico

La automatización progresiva en los diferentes ramos de la industria exige una combinación de la Neumática y la electricidad. Como elemento de unión entre el mando neumático y el elemento de mando eléctrico se necesita el convertidor neumático-eléctrico.

8.4.2.1 Convertidor de señal

La combinación más simple es un interruptor final de carrera eléctrico, accionado por medio de un cilindro neumático de simple efecto.

Figura 28. **Convertidor neumático-eléctrico**



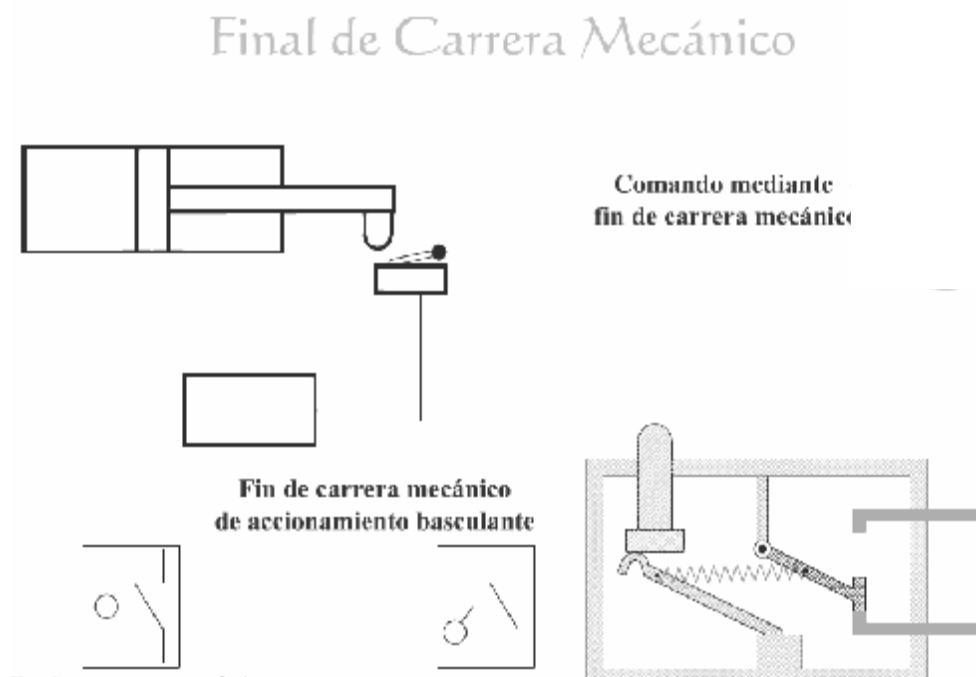
8.4.3 Sensor final de carrera

Dentro de los componentes electrónicos, el final de carrera o sensor de contacto son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido de un elemento móvil, como por ejemplo una cinta transportadora, con el objetivo de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA o NO en inglés), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en mercado.

Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Su uso es muy diverso, empleándose, en general, en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija, es decir, aquellas que realicen una carrera o recorrido fijo, como por ejemplo ascensores, montacargas, robots, etc.

Los finales de carrera están fabricados en diferentes materiales tales como metal, plástico o fibra de vidrio.

Figura 29. **Interruptor de final de carrera**



8.4.4 Detectores de proximidad inductivos

8.4.4.1 Generalidades

Los detectores de proximidad inductiva (DPI) son detectores de posición electrónicos, que dan una señal de salida sin contacto mecánico directo.

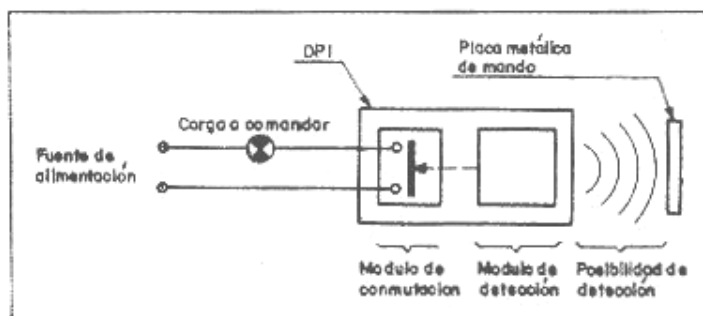
8.4.4.2 Formas de construcción más normales

- Forma cilíndrica - DIN-EN 50008
- corriente continua o bien DIN-EN 50036
- corriente alterna
- Diámetros - 10, 12,18 mm
- Grado protección normal IP - 67 (**NTP-34**)
- Forma cuadrada -según DIN-EN 50025
- corriente continua o bien DIN-EN 50036
- corriente alterna
- Grado de protección normal IP-65
- Los interiores encapsulados aseguran la condición de doble aislamiento (**NTP-71**)

8.4.4.3 Constitución

Se distinguen tres partes fundamentales en los sensores inductivos:

Figura 30. **Sensor inductivo**

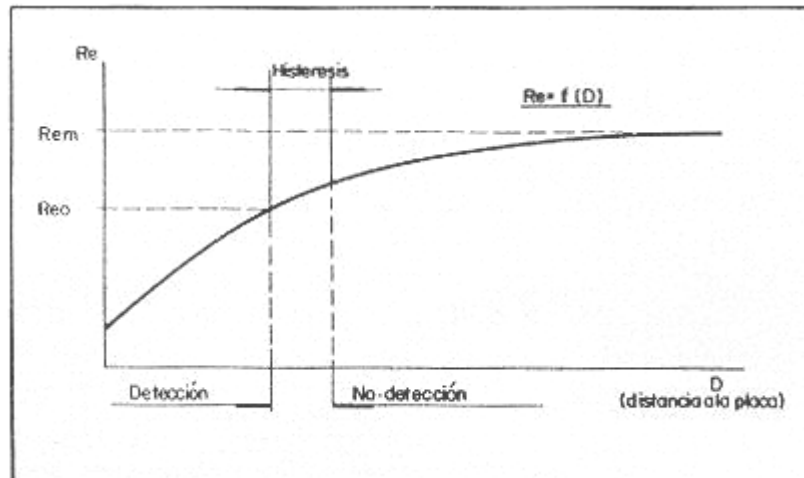


- a. Módulo de detección:
- b. la detección se fundamenta en el fenómeno de inducción electromagnética. El módulo de detección cumple tres funciones:
 - o Producir el campo magnético alterno de excitación.
 - o Detectar la energía degradada en la placa.
 - o Accionar el módulo de conmutación.

El propio detector lleva incorporado un circuito oscilante L, R, C que produce el campo oscilante. Al acercar la placa varía la reluctancia magnética del conjunto, hasta que llega un momento en que la oscilación desaparece, detectándose la placa. La resistencia equivalente del circuito:

$$R_e = \frac{L}{RC}$$

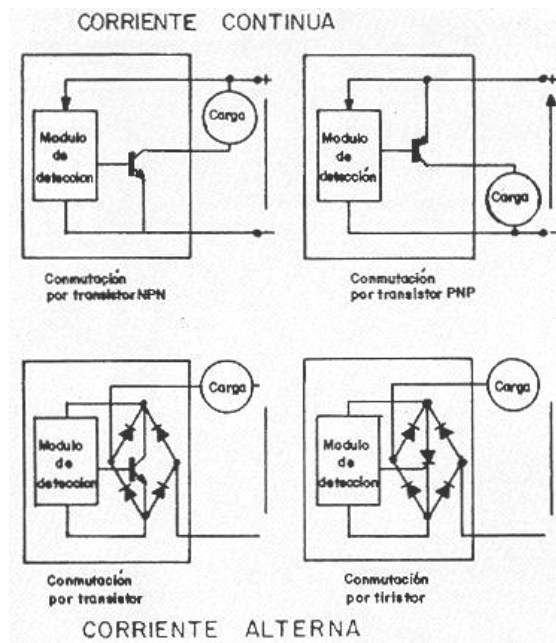
Figura 31. Variación de resistencia en función de la posición de la placa



c. Módulo de conmutación:

El módulo de conmutación puede tomar diversas formas, según está destinado a corriente continua o alterna. Las más comúnmente utilizadas son:

Figura 32. **Modulo de conmutación**



8.4.5 Detectores de proximidad capacitivos

Los detectores capacitivos se pueden utilizar para detectar nivel de sustancias, como ser fluidos, materiales pulverizados o granulados. También pueden ser aplicados para control de posicionamiento, conteo de piezas metálicas y no metálicas.

Existen dos tipos básicos de detectores capacitivos:

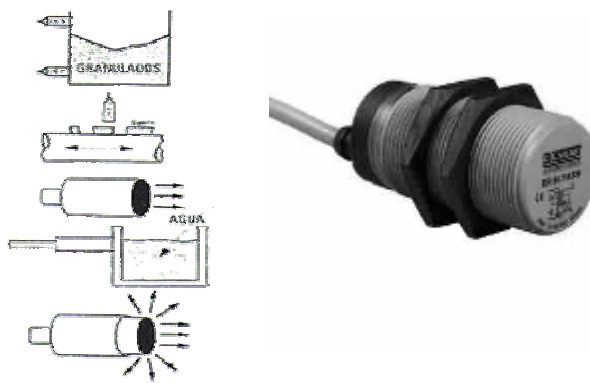
a) Los de campo eléctrico con variación lineal; que detectan sólidos a distancia, o líquidos a través de una pared de cristal o plástico con un máximo de 4mm de espesor.

b) Los de campo eléctrico esférico; que pueden estar en contacto con el producto, ya sea sólido o líquido

8.4.5.1 Aplicaciones típicas

Detección de nivel de aceite, agua PVC, colorantes, harina, azúcar, leche en polvo; posicionamiento de cintas transportadoras; detección de bobinas de papel; conteo de piezas metálicas y no metálicas; etc.

Figura 33. **Sensor capacitivo**

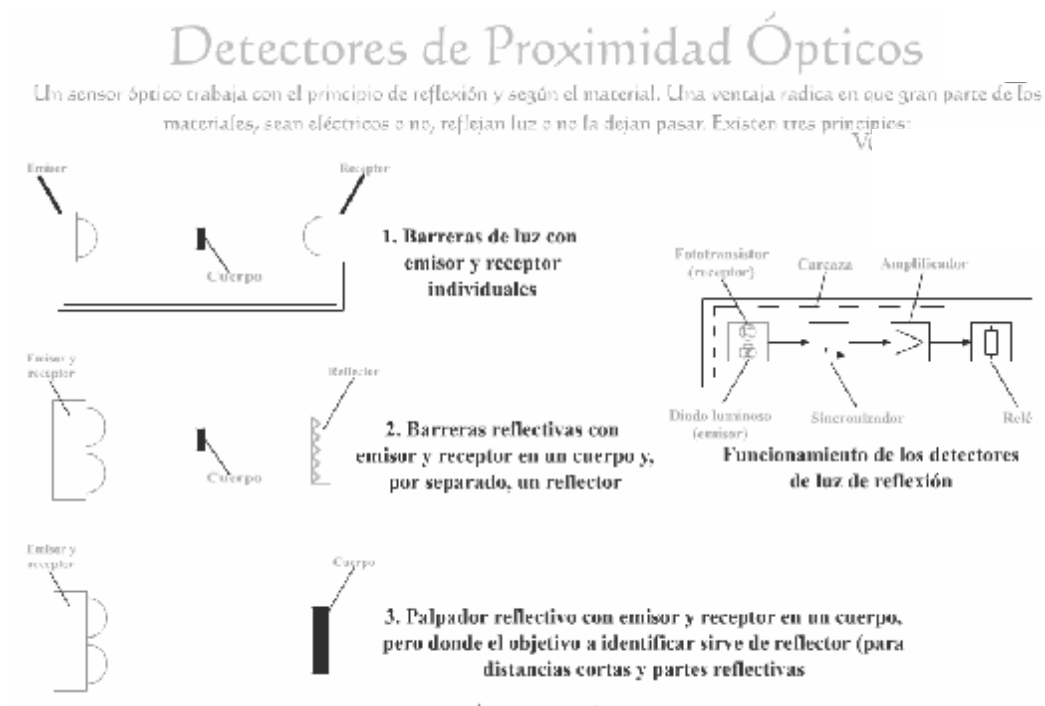


8.4.6 Sensor óptico

Un sensor óptico trabaja con el principio de reflexión y según el material. Una ventaja radica en que gran parte de los materiales, sean eléctricos o no, reflejan la luz o no la dejan pasar. Existen tres tipos:

- Barrera de luz con emisor y receptor individuales
- Barreras reflectivas con emisor-receptor y un reflector
- Palpador reflectivo con emisor-receptor

Figura 34. **Sensores ópticos**

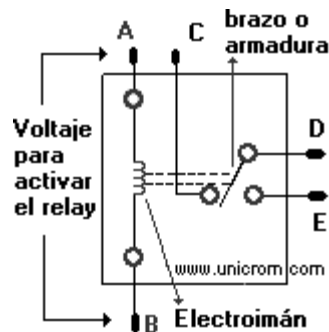


8.5 El relé

El relé es un interruptor operado magnéticamente. Este se activa o desactiva, dependiendo de la conexión, cuando el electroimán, que forma parte del relé, es energizado (le damos tensión para que funcione). Esta operación causa que exista conexión o no, entre dos o más terminales del dispositivo.

Esta conexión se logra con la atracción o repulsión de un pequeño brazo, llamado armadura, por el electroimán. Este pequeño brazo conecta o desconecta los terminales antes mencionados.

Figura 35. Partes de un relé



Ejemplo: Si el electroimán está activo jala el brazo (armadura) y conecta los puntos **C** y **D**. Si el electroimán se desactiva, conecta los puntos **D** y **E**.

De esta manera se puede tener algo conectado, cuando el electroimán está activo, y otra cosa conectada, cuando está inactivo.

Es importante saber cual es la resistencia del bobinado del electroimán (lo que esta entre los terminales **A** y **B**) que activa el relé y con cuanto voltaje este se activa. Este voltaje y esta resistencia nos informan que magnitud debe de tener la señal que activará el relé y cuanta corriente se debe suministrar a éste.

Ventajas del relé:

- Permite el control de un dispositivo a distancia. No se necesita estar junto al dispositivo para hacerlo funcionar.
- El relé es activado con poca corriente, sin embargo puede activar grandes máquinas que consumen gran cantidad de corriente.
- Con una sola señal de control, puedo controlar varios relés a la vez.

9. DESARROLLO DEL PROYECTO

9.1 Metas

Crear un laboratorio donde todos los estudiantes interesados puedan formarse en tecnologías de Automatización Industrial, principalmente en el área de Neumática y Electroneumática. Que este laboratorio cuente con la mejor tecnología, recursos humanos y materiales para que los estudiantes que reciban las capacitaciones aprendan de la mejor manera a diseñar proyectos de automatización, puedan utilizar equipo electroneumático para resolver problemas de aplicación industrial, y además aprendan los fundamentos físicos de las técnicas de Neumática.

9.2 Información sobre el proyecto

El laboratorio de Electroneumática se encuentra funcionando desde el primer semestre de 2006.

9.2.1 Localización física

El laboratorio de Electroneumática se encuentra ubicado en el segundo nivel del Edificio T-1. El espacio físico que ocupa pertenece al departamento de Física de la Facultad de Ingeniería. Debido a la falta de espacios físicos disponibles en la Escuela de Mecánica Eléctrica se tuvo que solicitar el salón donde se montó el laboratorio al departamento de Física. Dicho salón estaba para el servicio de la Licenciatura en Física Aplicada, formando parte del Laboratorio No. 2, pero hasta la fecha permanecía ocioso, por lo que se consideró apropiado solicitar al encargado de Laboratorios y al Jefe de

Departamento que cedieran el espacio para montar el Laboratorio de Electroneumática. Afortunadamente se obtuvo el total apoyo de Física.

Dado que el salón estaba destinado para otros fines, fue necesario acondicionarlo para poder montar el laboratorio de Electroneumática. Dado que el salón era parte del laboratorio 2 únicamente se podía acceder a él desde el interior de dicho laboratorio, por lo que fue necesario abrir una puerta para tener acceso desde el pasillo central del edificio, además se pintó el salón y se hicieron las conexiones eléctricas necesarias. Todas estas modificaciones se hicieron con el apoyo de Decanatura.

Figura 36. Interior del Laboratorio de Electroneumática

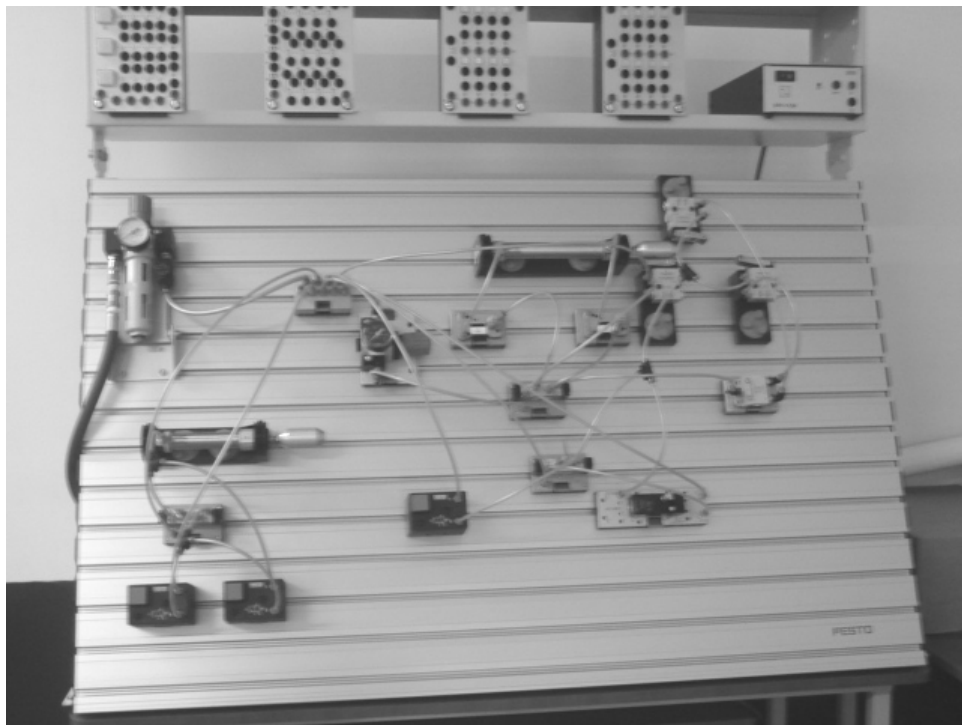


9.3 Actividades

Para la creación del laboratorio de Electroneumática se desarrollaron varias actividades con el fin de hacer de este una realidad, se empezó por hacer las gestiones necesarias para obtener el financiamiento, luego de conseguido este se compró el equipo y se montó en laboratorio. Una vez estando listo para funcionar se hizo el acto de Inauguración oficial, el cual fue precedido por el Decano de la Facultad de Ingeniería y representantes de la Dirección de Escuela de Mecánica Eléctrica. Como invitado especial asistió el entonces Rector de la Universidad, Dr. Luis Leal.

Una vez en funcionamiento el laboratorio se han impartido capacitaciones en Neumática y Electroneumática a estudiantes de distintas carreras que se imparten en la Facultad.

Figura 37. **Equipo para prácticas**



9.4 Beneficiarios

El Centro de Formación en Tecnologías de Automatización forma parte de los laboratorios de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, pero los cursos y capacitaciones que se imparten están dirigidos a todos los estudiantes de la Facultad de Ingeniería que estén interesados en ser capacitados en tecnologías para la automatización, especialmente en el área de Neumática y Electroneumática.

Los beneficiarios con el proyecto son por lo tanto todos los estudiantes de la Facultad, pero principalmente los estudiantes de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica y de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

9.5 Recursos humanos involucrados

El desarrollo de cualquier proyecto requiere el uso de cierto capital humano, esto se convierte en una inversión financiera. Debido al escaso presupuesto con que cuenta la Facultad de Ingeniería la inversión en recursos humanos para nuevos laboratorios se hace bastante difícil. Tomando en cuenta este aspecto se planteó la creación del laboratorio de Electroneumática como un proyecto autofinanciable. Es decir que la inversión que debe hacer la Facultad es mínima. Para evitar inversión económica en recursos humanos se plantea que el laboratorio sea atendido por estudiantes de cierre de la carrera de Ingeniería Electrónica, como parte de su práctica docente o como proyectos de EPS. El personal humano que se necesita para atender el Laboratorio es básicamente el instructor de Laboratorio, que será el responsable de impartir las capacitaciones a los estudiantes de la Facultad. Dependiendo de la afluencia de estudiantes se hace necesario por lo menos de instructores de Laboratorio para poder cubrir la demanda de capacitaciones.

Además de los instructores también es necesario que se cuente con el apoyo de un catedrático responsable del Laboratorio, es decir como supervisor de Laboratorio.

9.6 Recursos materiales y financieros

Para desarrollar cualquier proyecto es necesario realizar cierta inversión económica. La creación de un nuevo laboratorio no es la excepción, y debido a que se trata de un Centro de Formación en tecnología la inversión inicial para adquirir el equipo es relativamente alta.

Conociendo la falta de recursos económicos que sufre nuestra Facultad se optó por buscar fuentes externas de financiamiento. El apoyo económico se obtuvo por parte de la Rectoría de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de presentar el proyecto de creación del Centro de Formación en tecnologías de Automatización y hacer las gestiones necesarias para obtener el apoyo económico se obtuvo una respuesta favorable y un total apoyo del señor Rector. La inversión inicial para obtener el equipo neumático, especialmente diseñado para facilitar la didáctica, fue hecha por Rectoría. La inversión de la Facultad se limitó a los gastos de adecuación del salón para poder ser usado como Laboratorio.

Una de las principales deficiencias que sufre la Escuela de Mecánica Eléctrica es que los estudiantes tienen poco contacto con equipo de aplicación industrial en los laboratorios. A partir de allí es que surge la idea de crear un centro donde los estudiantes puedan formarse en tecnologías de automatización industrial. Pero para que el aprendizaje sea óptimo no basta con recibir únicamente la teoría de automatización, es necesario tener contacto con equipos y componentes utilizados en la industria para la automatización de procesos.

Una de las técnicas de gran aplicación es este campo es precisamente la Neumática, por lo tanto entre los recursos materiales necesarios era indispensable contar con equipo para aplicar las técnicas de Neumática. Luego de hacer un estudio de las ofertas de equipo disponible en el país se optó por comprar el equipo de la marca Festo Didactic. El cual esta compuesto por componentes neumáticos industriales de larga duración adecuados a la didáctica, lo cual facilita el aprender a utilizarlos en el laboratorio.

Actualmente la Facultad de Ingeniería está realizando cierta inversión económica para ampliar el equipo didáctico y mejorar así la calidad del Laboratorio, el cual es hoy por hoy uno de los más modernos de la Facultad.

A la fecha en el laboratorio se cuenta con los siguientes recursos materiales:

- 1 Equipo de Prácticas de Neumática, marca Festo. (Ver anexos)
- 1 Equipo de Prácticas de Electroneumática, marca Festo.
- 1 Compresor de Aire.
- 8 Mesas para estudiantes.
- 8 Sillas.
- 1 Computadora.
- 2 Display de Aplicaciones.
- 1 PLC Festo Compact
- 1 Teclado para programar PLC

Los equipos de prácticas de Neumática y Electroneumática fueron comprados con los fondos proporcionados por Rectoría. Los dos display de aplicaciones fueron donados por la empresa ACISA. El compresor y la computadora se compraron con los fondos que se obtuvieron durante los dos primeros meses de funcionamiento del laboratorio.

9.7 Análisis del proyecto cómo autofinanciable

El Proyecto de creación del Laboratorio de Electroneumática ha sido pensado de modo tal que la inversión económica por parte de la Facultad sea la mínima posible. La inversión inicial fue hecha por Rectoría y las posteriores inversiones para ampliaciones futuras del laboratorio deberían ser generadas por el laboratorio mismo.

Las capacitaciones que en el laboratorio se imparten son de alto nivel, cursos similares se pueden obtener en la industria privada a precios muy elevados. Por lo tanto se ha considerado cobrar a los estudiantes una cuota por recibir las capacitaciones que sea adecuada para el nivel económico de la población universitaria, la inversión que debe realizar un estudiante para recibir la capacitación en el laboratorio de Electroneumática es alrededor de un séptimo de la que tendría que hacer para recibir la misma capacitación en el sector privado.

La idea de cobrar a los estudiantes es obtener recursos para que el laboratorio sea autofinanciable, es decir que los recursos obtenidos serán reinvertidos en la compra de más equipo, y de este modo el laboratorio pueda crecer. Se ha estimado que aproximadamente en el lapso de un año se podrá recuperar la inversión inicial que se hizo para montar en laboratorio. Y de este modo se podrá duplicar la capacidad de atención a estudiantes en el laboratorio.

9.8 Evaluación de resultados

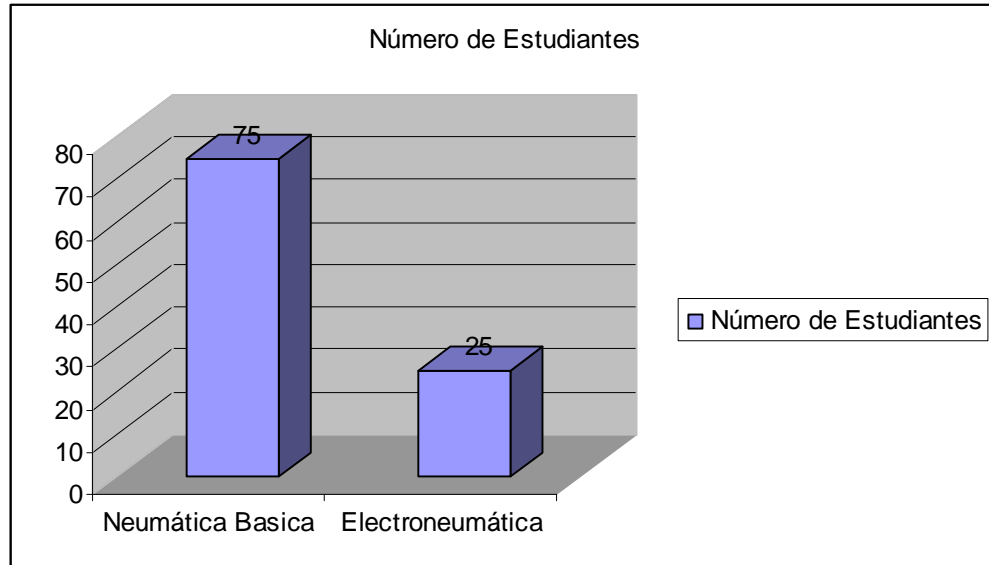
El laboratorio de Electroneumática está al servicio de todos los estudiantes de la Facultad de Ingeniería desde el primer semestre de 2006, durante este período de operación se ha atendido aproximadamente a 75 alumnos, quienes han sido capacitados en el área de Neumática Básica. Las capacitaciones impartidas tienen una duración de 20 horas, durante las cuales se enseñan los fundamentos de Neumática, diseño de circuitos neumáticos, los estudiantes aprenden a utilizar el equipo para practicas neumáticas. Paralelamente se enseña a utilizar el software de simulación de circuitos neumáticos.

Al finalizar la capacitación el estudiante debe tener la suficiente capacidad para resolver problemas de Automatización Industrial utilizando el aire comprimido como fuerza de trabajo.

En el curso de Electroneumática Básica se ha capacitado a 25 estudiantes, para poder recibir estas capacitaciones es requisito que ya se halla cursado Neumática Básica. La capacitación en Electroneumática tiene una duración de 20 horas, divididas en una parte de fundamentos físicos y teóricos de Neumática y electricidad, una parte práctica, en la que el estudiante aprende a diseñar sistemas electroneumáticos de aplicaciones industriales, además se aprende a diseñar circuitos electroneumáticos en el software de simulación.

Para lograr una enseñanza casi personalizada las capacitaciones se imparten a grupos de 7 estudiantes, logrando de esta forma un mejor aprendizaje ya que todos los estudiantes tienen la oportunidad de utilizar el equipo de prácticas.

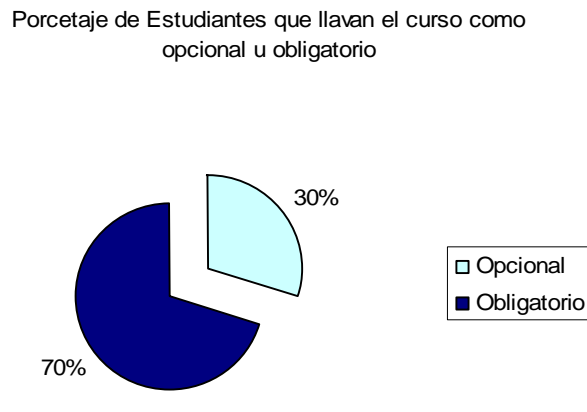
Figura 38. Número de estudiantes atendidos durante el primer semestre de 2006 en cada curso



Del total de estudiantes que cursaron Neumática Básica únicamente un tercio continuaron la capacitación en el área de Electroneumática.

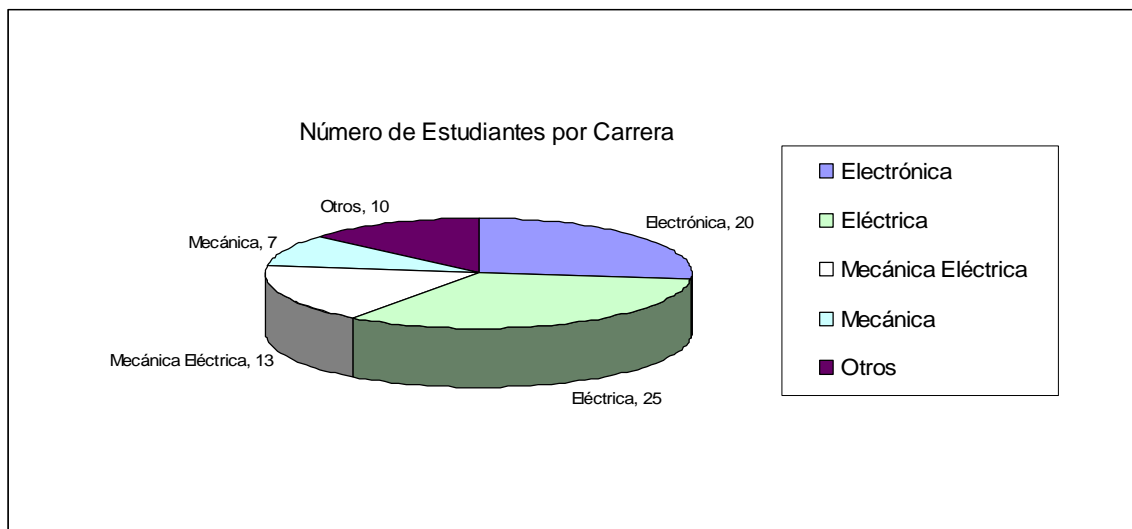
Durante el período de operación del Laboratorio una parte de los estudiantes que se capacitaron tomaron el curso de forma opcional, por interés propio, mientras que el resto lo cursaron como parte del Laboratorio de Sistemas de Control. La siguiente gráfica muestra estos porcentajes:

Figura 39. **Estudiantes que llevaron el laboratorio de forma opcional**



Durante el primer semestre de 2006 se capacitó a estudiantes de las siguientes carreras: Electrónica, Eléctrica, Mecánica Eléctrica y Mecánica. También recibió la capacitación un grupo de estudiantes de otra institución educativa.

Figura 40. **Número de estudiantes por carrera**



10. GUÍA DEL LABORATORIO DE ELECTRONEUMÁTICA

10.1 Curso Fundamentos de Neumática

Contenido:

- Principios físicos y propiedades del aire.
- Producción de aire comprimido.
- Preparación del aire comprimido para su utilización.
- Construcción, funcionamiento y simbología de los elementos neumáticos de trabajo: actuadores (simple efecto, doble efecto, giratorios, sin vástago), motores neumáticos, elementos especiales, etc.
- Construcción, funcionamiento y simbología de los elementos neumáticos de control: válvulas (de vías, de regulación y de bloqueo).
- Mandos: definición, características y tipos.
- Construcción e interpretación de circuitos neumáticos.
- Construcción de circuitos neumáticos que involucren un actuador, y varias válvulas de mando. (resolviendo, simulando, y automatizando problemas reales, que se presentan en la industria).
- Construcción de circuitos neumáticos que involucren varios actuadores y varias válvulas, utilizando el método secuencial de diseño (resolviendo, simulando, y automatizando problemas reales, que se presentan en la industria).
- Simulación de circuitos neumáticos en computadora.
- Localización de fallas en sistemas neumáticos.

El curso es 70% práctico utilizando equipo industrial adaptado a la enseñanza y basado en problemas industriales reales.

Duración:

La duración del curso está entre 16 y 20 horas.

Cupo del curso:

6 personas, lo que permite una enseñanza casi personalizada.

Material de apoyo:

Libro Neumática Nivel Básico, diseñado especialmente para uso con el equipo de laboratorio.

Software de simulación de circuitos neumáticos.

Videos de situaciones reales.

Prerrequisitos:

Física Básica.

10.2 Curso Fundamentos de Electroneumática

Contenido:

- Principios fundamentales de la electricidad.
- Simbología de los elementos eléctricos de control e interpretación de diagramas (ISO, DIN).
- Funcionamiento y características de los elementos eléctricos de control (sensores, relevadores y contactores).
- Análisis, y construcción de circuitos eléctricos, basados en funciones lógicas básicas.
- Convertidores de energía eléctrico-neumático y neumático-eléctrico.
- Relación entre los elementos eléctricos de control y los elementos de potencia neumáticos.
- Método secuencial eléctrico, alcances y limitaciones.
- Construcción de circuitos electroneumáticos que involucren varios actuadores y varias válvulas, utilizando el método secuencial de diseño (resolviendo, simulando, y automatizando problemas reales, que se presentan en la industria).
- Simulación de circuitos electroneumáticos en computadora.
- Localización de problemas en sistemas electroneumáticos.

El curso es 70% práctico utilizando equipo industrial adaptado a la enseñanza y basado en problemas industriales reales.

Duración:

La duración del curso está entre 16 y 20 horas.

Cupo del curso:

6 personas, lo que permite una enseñanza casi personalizada.

Material de apoyo:

Libro Electroneumática Nivel Básico, diseñado especialmente para uso con el equipo de laboratorio.

Software de simulación de circuitos electroneumáticos.

Videos de situaciones reales.

Prerrequisitos:

Fundamentos de Neumática.

Física 2.

10.3 Prácticas de Laboratorio

10.3.1 Sujeción de piezas

Por medio de un interruptor de pedal han de sujetarse a deseo piezas en un tornillo de banco, para trabajarlas. La pieza debe permanecer sujeta al soltar el interruptor.

Figura 41. **Ejercicio 1**



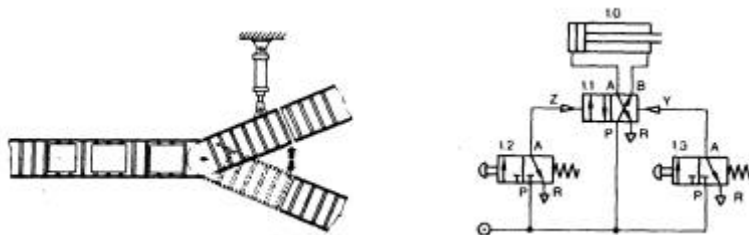
Solución:

Con la válvula distribuidora 3/2 se hace salir y entrar el vástago del cilindro de membrana 1.0. Al soltar el pedal, la válvula 1.1 permanece en su posición por el efecto de un enclavamiento.

10.3.2 Distribución de cajas

La cinta de rodillos debe poderse girar, a deseo, mediante un pulsador. Al soltar éste, la cinta debe permanecer en la posición adoptada.

Figura 42. **Ejercicio 2**



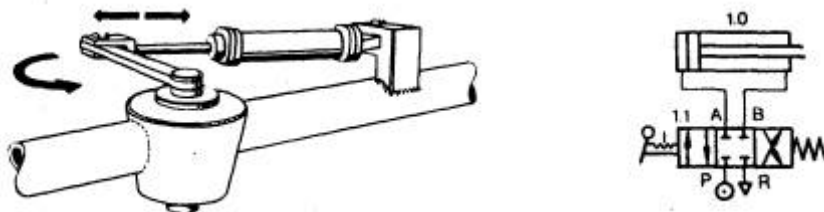
Solución:

Al accionar la válvula 1.2, la 1.1 se invierte por la entrada de pilotaje Z. El cilindro de doble efecto desplaza la bancada de la cinta de rodillos a la segunda posición. Esta se conserva hasta que se da la siguiente señal por medio de la válvula 1.3.

10.3.3 Accionamiento de una válvula dosificadora

La dosificación de un líquido debe realizarse mediante una válvula de accionamiento manual. Debe existir la posibilidad de parar la válvula dosificadora en cualquier posición.

Figura 43. Ejercicio 3



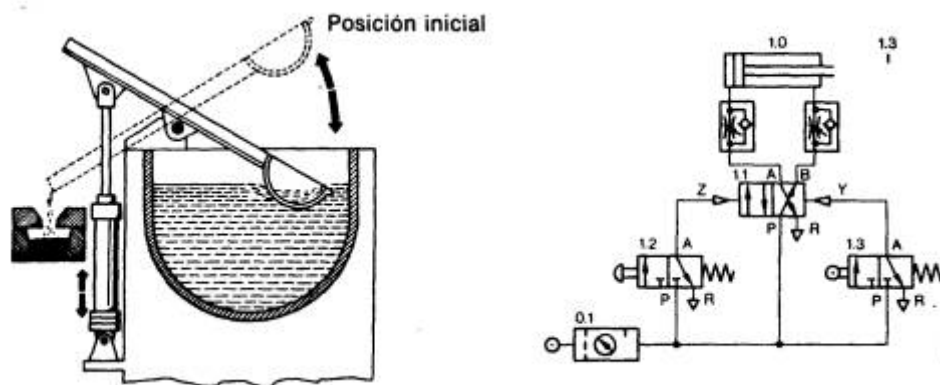
Solución:

Por medio de la válvula distribuidora 4/3 se hace salir y entrar el vástago del cilindro. Con la posición central de la válvula (posición de cierre), la válvula dosificadora puede fijarse en cualquier posición.

10.3.4 Accionamiento de una cuchara de colada

Mediante un pulsador ha de hacerse bajar lentamente la cuchara de colada. Esta ha de levantarse por inversión automática de la marcha (levantamiento lento).

Figura 44. Ejercicio 4



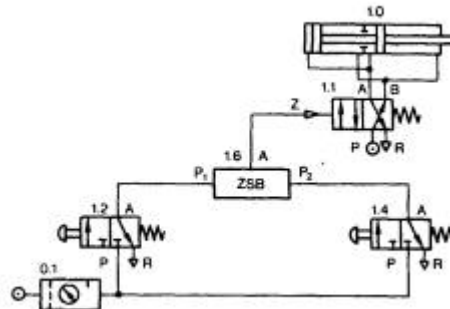
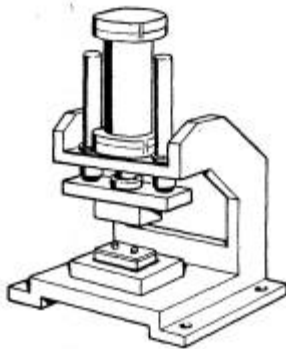
Solución:

Todas las válvulas se alimentan desde la unidad de mantenimiento 0.1. Al accionar el pulsador 1.2, la cuchara de colada baja lentamente. Al alcanzar la posición inferior, el final de carrera 1.3 invierte la válvula 1.1. La cuchara se levanta lentamente.

10.3.5 Remachado de placas

Al accionar dos pulsadores manuales, un cilindro tándem ha de remachar dos placas a través de un bloque de seguridad.

Figura 45. Ejercicio 5



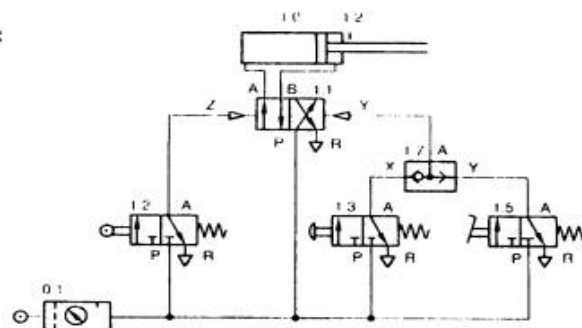
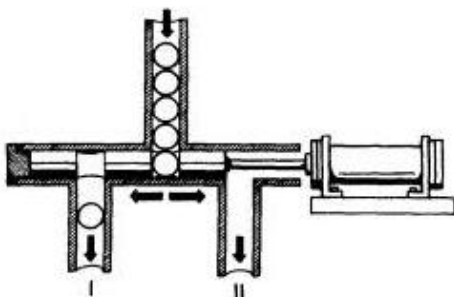
Solución:

Se accionan los pulsadores 1.2 y 1.4. Si ambas señales están presentes en un tiempo inferior a 0,5 s, el bloque de seguridad bimanual deja pasar la señal. La válvula 1.1 se invierte, y el vástago del cilindro tándem sale remachando las dos piezas.

10.3.6 Distribución de bolas de un cargador por gravedad

Hay que distribuir alternativamente las bolas de un cargador por gravedad entre los conductos I y II. La señal para la carrera de retroceso del cilindro 1.0 debe ser dada mediante un pulsador manual o por una válvula de pedal. El vástago del cilindro avanza accionado por una válvula de rodillo.

Figura 46. Ejercicio 6



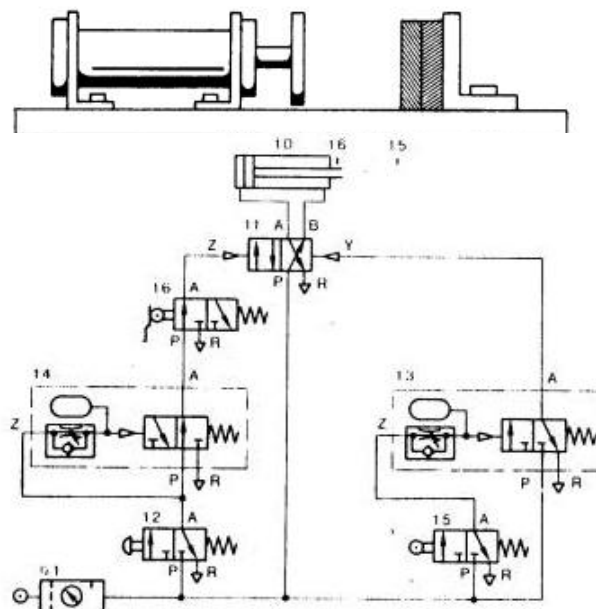
Solución:

La válvula 1.1 se invierte por medio de la 1.3 (pulsador) o de la 1.5 (pedal), a través de un selector de circuito 1.7. El vástago del cilindro 1.0 entra y lleva la bola al conducto H. Estando el émbolo entrado en la posición final de carrera, la válvula 1.2 conmuta la 1.1 a su posición inicial, y el vástago del cilindro solo. La bola siguiente entra en el conducto 1.

10.3.7 Dispositivo para pegar piezas de plástico

Un pulsador manual da la señal de marcha. Al llegar a la posición final de carrera, el vástago del émbolo tiene que juntar las piezas, apretándolas durante 20 segundos, y volver luego a su posición inicial. Este retroceso tiene que realizarse en todo caso, aunque el pulsador manual todavía esté accionado. La nueva señal de salida puede darse únicamente después de soltar el pulsador manual y cuando el vástago del cilindro haya vuelto a su posición inicial.

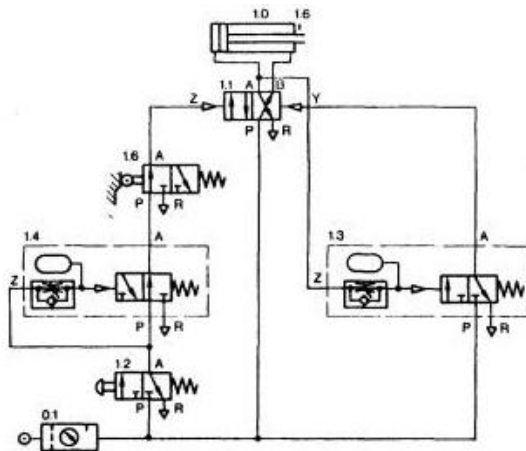
Figura 47. Ejercicio 7



Solución a:

Al accionar la válvula 1.2, el aire comprimido circula a través de las válvulas 1.4 y 1.6, pilotando la 1.1 por Z. El vástago del cilindro 1.0 sale. Cuando llega a su posición final de salida, acciona el final de carrera 1.5. Este elemento transmite la señal al temporizador 1.3. Una vez transcurrido el tiempo ajustado, el temporizador Invierte por Y la válvula 1.1 y el vástago del cilindro vuelve a su posición Inicial. Cuando se mantiene el pulsador apretado durante demasiado tiempo, el temporizador 1.4 se hace cargo de anular la señal en la entrada Z de la válvula 1.1. Cuando el vástago del cilindro 1.0 entra y llega a su posición de carrera, acciona la válvula 1.6, para dejar libre el paso hacia la válvula 1.1.

Figura 48. Ejercicio 7, solución a



Solución b: Sin control en la posición final de carrera.

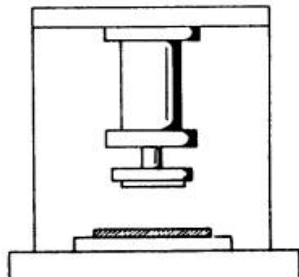
En este mando, el proceso se desarrolla de la misma forma que en la solución a, pero el circuito no comprende un control de final de carrera.

- Ventaja: Se ahorra una válvula
- Desventaja: Menos seguridad (se realiza la inversión sin la seguridad de que el cilindro haya recorrido toda su carrera).

10.3.8 Estampado de reglas de cálculo

Con un troquel se deben estampar diferentes escalas en el cuerpo de la regla de cálculo. La salida del troquel para estampar ha de tener lugar el accionar un pulsador. El retroceso debe realizarse cuando exista la presión ajustada.

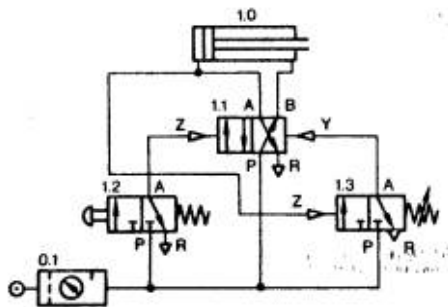
Figura 49. **Ejercicio 8**



Solución a:

Todas las válvulas se alimentan de aire comprimido desde la unidad de mantenimiento 0.1. El pulsador 1,2 invierte la válvula distribuidora 1.1 por Z. El cilindro stampa la regla de cálculo. En el conducto de trabajo A aumenta la presión necesaria para estampar. Una vez alcanzada la presión ajustada en la válvula de secuencia 1.3, se invierte la válvula distribuidora 3/2. La 1.1 se invierte por Y, y el cilindro de estampación vuelve a su posición inicial.

Figura 50. **Ejercicio 8, solución a**



Solución b:

En caso de que se exija más seguridad en el sistema, se asegura la inversión del cilindro 1.0 en su posición final de carrera delantera, solicitando respuesta. Esto puede realizarse incorporando adicionalmente la válvula 1.5. El cilindro de estampación sólo puede volver a su posición inicial cuando se ha formado la presión en el conducto de trabajo A, la válvula 1.3 se ha Invertido y la válvula 1.5 ha sido accionada.

Figura 51. Ejercicio 8, solución b

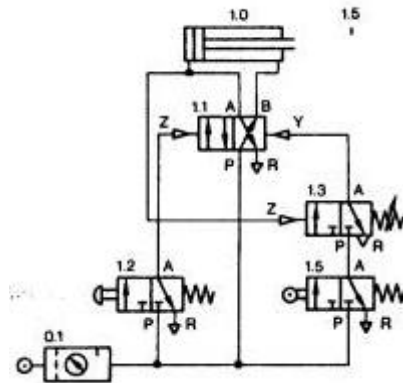


Tabla II. Programación diaria curso de Neumática Básica

DÍA	CONTENIDO A CUBRIR
1	<p>-Automatización de procesos</p> <p>-NEUMÁTICA: ventajas y desventajas</p> <p>-Fundamentos Físicos</p> <p>-Elementos de Un Sistema Neumático</p> <p>-Generación, preparación y distribución del aire comprimido:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Generación: Tipos de compresores, acumuladores.
2	<ul style="list-style-type: none"> • Instalación Neumática • Preparación del aire: secado, filtrado, lubricado del aire comprimido. <p>-Actuadores Neumáticos: tipos, uso, simbología.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Actuadores lineales: cilindros neumáticos. <ul style="list-style-type: none"> • Dimensionamiento de los cilindros. • Actuadores giratorios • Motores neumáticos <p>-Válvulas Neumáticas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Válvulas de vías: representación simbólica, conexiones-posiciones. • Tipos de accionamiento: manual, mecánico, neumático y eléctrico. • Características constructivas: válvulas de asiento y de corredera.
3	<ul style="list-style-type: none"> • Clasificación de las válvulas de vías: 2/2, 3/2, 4/4, 5/2, • Válvulas pilotadas • Métodos de recuperación de las válvulas • Válvulas monoestables y biestables

4	<ul style="list-style-type: none"> • Válvulas de bloqueo: • Válvula antirretorno, regulador de caudal. • Válvula selectora “O” • Válvula de simultaneidad “Y” • Válvula de escape rápido
5	<ul style="list-style-type: none"> • Válvula de estrangulación unidireccional (con antirretorno): • Regulación de aire escape y aire a presión
6	<ul style="list-style-type: none"> • Válvulas de rodillo: detección de la posición de final de carrera • Detección de la posición de final de carrera sin usar válvulas de rodillo.
7	<ul style="list-style-type: none"> • Válvulas de presión: • Válvula Reguladora de Presión • Válvula de Secuencia
8	<ul style="list-style-type: none"> • Temporizador Neumático <p>-Denominación de los Componentes</p>
9	<p>-Circuitos con dos o mas actuadores</p> <p>-Mando Secuencial</p> <ul style="list-style-type: none"> • Croquis de situación • Diagrama de movimientos • Diagrama de procesos • Diagrama de secuencia • Esquema de distribución
10	Examen final escrito y de montaje.

10.4 Materiales y equipo necesarios para la implementación

1. Un equipo para prácticas de Neumática y Electroneumática, adquirido con la donación hecha por rectoría.
2. Un compresor, se compró con los fondos recaudados en el laboratorio por concepto de capacitaciones.
3. Una mesa para montar el equipo de prácticas, proporcionado por Decanatura.
4. Un pizarrón para marcador, proporcionado por Decanatura.
5. Mobiliario para acomodar al menos a 6 estudiantes, de preferencia sillas y mesas, proporcionado por Decanatura.
6. Una computadora con sus respectivas mesas y sillas, se compró con los fondos recaudados en el laboratorio por concepto de capacitaciones.

CONCLUSIONES

1. Actualmente, la industria ha crecido considerablemente y requiere cada vez de profesionales capaces de ofrecer soluciones de automatización de proceso de producción. Por este motivo, es indispensable que los egresados de la Facultad sean capaces de automatizar procesos industriales.
2. La Neumática como fuerza de trabajo juega un papel importante en el campo de automatización. Debido a sus claras ventajas con respecto a otras fuentes de energía, como lo son: limpieza, disponibilidad, seguridad, fuerza, velocidad, entre otras.
3. En la Electroneumática se aprovecha las ventajas de los sistemas de mando neumáticos, como lo son la fuerza, velocidad y disponibilidad, con la sencillez y versatilidad del control eléctrico y electrónico.
4. Es importante que los egresados de la Escuela de Mecánica Eléctrica cuenten con los conocimientos teórico-prácticos en lo referente a la utilización de Neumática en Automatización de procesos Industriales. Por tanto, es de vital importancia contar con un centro donde poder capacitarse en dichas técnicas.

RECOMENDACIONES

1. Para que los estudiantes egresados de la EIME tengan un mejor nivel académico, es necesario que además de los conocimientos teóricos cuenten también con los conocimientos prácticos, para poder desarrollar proyectos de aplicación.
2. Para que los estudiantes puedan tener estos conocimientos prácticos es necesario contar con laboratorios donde puedan adquirir estas habilidades y de esta forma poner en práctica toda la teoría que han recibido en los cursos de la carrera.
3. Al desarrollar un proyecto de automatización debe tomarse en cuenta todos los factores que influyen en el desarrollo de la aplicación deseada, y de esta forma escoger la mejor técnica de automatización de procesos, como podría ser neumática, electricidad o electrónica. Por tanto, es de vital importancia contar con un centro donde puedan capacitarse sobre dichas técnicas.

BIBLIOGRAFÍA

1. de las Heras, S. **Instalaciones Neumáticas**. México: Editorial UOC, 2003.
2. Meixner, Kobler. **Introducción a la Neumática**. Segunda Edición. Alemania: Festo Didactic, Esslingen.
3. Meixner, Sauer. **Introducción a la Electroneumática, Manual de Estudio**. Segunda Edición. Alemania: Festo Didactic, Esslingen.
4. Santana Rodríguez, J. F. **Introducción a la oleohidráulica y la neumática**. Primera edición. México: Editorial Paraninfo.
5. Serrano Nicolás, A. **Neumática**. Quinta edición. México: Thomson-Paraninfo, 2003.

ANEXOS

DATOS TÉCNICOS DEL EQUIPO

A continuación se presenta la información técnica del equipo que se adquirió en el laboratorio de Electroneumática.

Equipos de Prácticas de Neumática Equipos

Neumática, Nivel Básico TP 101



Objetivos didácticos:

- Fundamentos físicos
- Elementos lógicos y esquemas
- Fundamentos y terminología de la técnica de mando: Secuencia de mando, flujo de señales, planificación y diseño de circuitos
- Mandos sencillos
- Componentes neumáticos de potencia para movimientos lineales
- Requerimientos de seguridad
- Válvulas distribuidoras y de control
- Válvulas de manual, presión y bloqueo

Medios de estudio recomendados:

- Programa de autoestudio:
 - Fluid Studio® Neumática
 - Programa de diseño y simulación Fluid SIM® Neumática
- Libro de texto Neumática, Nivel básico
- Libro de trabajo Neumática, Nivel Básico
- Juego de transparencias Neumática, Nivel Básico
- Video Neumática, Nivel Básico (Ver leer, ver el capítulo: Software y Courseware)

Accesorios recomendados:

- Placa de aluminio perfilada (1100 x 700 mm) (Nº de artículo 159 411)
- Compresor (Nº de artículo 091 030) (Datos técnicos y descripción: Capítulo de accesorios)

Componentes	Cantidad	Nº de artículo
Tubo de plástico 10 m, PUN 4 x 0,75	2	151 496
Válvula de 3/2 vías, con pulsador, normalmente cerrada	3	152 860
Válvula de 3/2 vías, con pulsador, normalmente abierta	1	152 861
Válvula de 5/2 vías, con selector	1	152 862
Manómetro	2	152 865
Válvula de 3/2 vías, accionamiento por rodillo, normalmente cerrada	3	152 866
Válvula de 3/2 vías, con rodillo abatible, normalmente cerrada	1	152 867
Válvula de 5/2 vías, accionamiento neumático unilateral	1	152 872
Válvula de 5/2 vías, doble pilotaje, accionamiento neumático bilateral	3	152 873
Selector de circuito (2/3)	1	152 875
Válvula de simultaneidad (AND)	1	152 876
Temporizador, normalmente cerrado	1	152 879
Válvula de escape rápido	1	152 880
Regulador de flujo unidireccional	2	152 881
Válvula de secuencia	1	152 884
Cilindro de simple efecto	1	152 887
Cilindro de doble efecto	2	152 888
Válvula de on-off con filtro y regulador, 40 psi	1	152 894
Regulador de presión con manómetro	1	152 895
Distribuidor	1	152 896
Conectores	1	152 898
Distribuidor rápido	10	153 128
Bandeja para componentes*	1	119 397
Equipo completo		080 240

(Datos técnicos y descripción: Capítulo de neumática – Componentes)

* La placa del equipo se suministra en una bandeja que puede utilizarse como caja en el sistema de puestos de trabajo.

Equipo suplementario de Neumática Nivel Básico TP 101 e Electroneumática Nivel Básico TP 201

Suplemento el equipo de Neumática Nivel Básico TP 101 para formar un equipo completo de Electroneumática Nivel Básico TP 201.

Para ayudas a la formación y accesorios recomendados: véase TP 205.

Componentes	Cantidad	Nº de artículo
Rotó, triple**	1	162 241
Unidad de señales eléctricas**	1	162 242
Unidad de indicación y distribución eléctrica**	2	162 244
Interrupción de proximidad electrónica con fijación a cilindro	2	167 060
ElectroVálvula de 3/2 vías con IED, normalmente cerrada	1	167 073
ElectroVálvula de 5/2 vías con IED	2	167 074
ElectroVálvula de impulsos de 5/2 vías con IED	1	167 076
Convertidor neumático-eléctrico	1	177 459
Final de carrera, eléctrico, accionado por la izquierda	1	183 322
Final de carrera, eléctrico, accionado por la derecha	1	183 345
Candéja para componentes*	1	120 792
Equipo suplementario completo		167 099

(Datos técnicos y descripción: Catálogo de neumática - Componentes)

* Las piezas del equipo se suministran en una bandeja que puede utilizarse como caja en el sistema de puestos de trabajo.

** Se necesitan cuatro clavijas enroscables para fijar los componentes a la placa perforada, (Nº de artículo 329 573) véase Accesorios.

Tubo de plástico, PUN 4 x 0.75



TP 101, TP 102, BIBB-P, TP 201, TP 111, PneuPos, FP 1130, TP 301

Diámetro exterior _____ 4 mm

Diámetro interior _____ 2,8 mm

Metalizado plata _____ 10 m Nº de artículo 151 496

Azul _____ 1 m Nº de artículo 159 662

Negro _____ 1 m Nº de artículo 159 663

Amarillo _____ 1 m Nº de artículo 178 417

Verde _____ 1 m Nº de artículo 178 424

Rojo _____ 1 m Nº de artículo 178 410

PUN 6 x 1

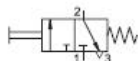
PneuPos, SoftStop

Diámetro exterior _____ 6 mm

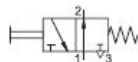
Diámetro interior _____ 4 mm

Metalizado plata _____ 5 m Nº de artículo 152 963

Válvula de 3/2 vías accionada por pulsador, normalmente cerrada



normalmente abierta



TP 101, TP 102, BIBB-P, TP 111, FP 1130

Nº de artículo 152 860

Construcción _____ Válvula de asiento, accto. directo, unilateral, retorno por muelle

Margen de presión _____ 0 – 800 kPa (0 – 8 bar)

Caudal nominal 1...2 _____ 60 l/min

TP 101, BIBB-P

Nº de artículo 152 861

Válvula de 5/2 vías con interruptor selector manual



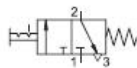
TP 101, BIBB-P

Nº de artículo 152 862

Esta válvula combinada se comporta como una válvula de 5/2 vías. La válvula se acciona girando el selector. Al soltar el selector, se mantiene el estado del circuito.

Construcción _____ Válvula de asiento, accto. directo
 unilateral, retorno por muelle
 Margen de presión _____ 0 – 800 kPa (0 – 8 bar)
 Caudal nominal 1...2 _____ 60 l/min

Válvula de 3/2 vías con interruptor selector, normalmente cerrada



TP 102

Nº de artículo 152 863

La válvula se acciona girando el selector. Al soltar el selector, se mantiene el estado del circuito. Cuando se gira de nuevo el selector a su posición normal, la válvula regresa a su posición inicial por medio de un muelle de retorno.

Construcción _____ Válvula de asiento, accto. directo,
 unilateral, retorno por muelle
 Margen de presión _____ 0 – 800 kPa (0 – 8 bar)
 Caudal nominal 1...2 _____ 60 l/min

Manómetro



TP 101, BIBB-P, TP 111

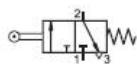
Nº de artículo 152 865

El manómetro muestra la presión en los circuitos de control neumáticos.

Construcción _____ Manómetro con tubo de Bourdon
 Margen de indicación _____ 0 – 1000 kPa (0 – 10 bar)
 Clase de calidad _____ 1,6

Sugerencia:
 Para medir bajas presiones usar el manómetro (Nº de artículo 013 777).

Válvula de 3/2 vías, accionada por rodillo, cerrada en reposo



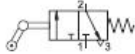
TP 101, TP 102, BIBB-P

Nº de artículo 152 866

La válvula de rodillo es accionada cuando se presiona el rodillo, por ejemplo, por la leva de un cilindro. Al soltar el rodillo, la válvula regresa a su posición inicial por medio de un muelle de retorno.

Construcción _____ Válvula de asiento, accto. directo,
 unilateral, retorno por muelle
 Margen de presión _____ 0 – 800 kPa (0 – 8 bar)
 Caudal nominal 1...2 _____ 80 l/min

Válvula de 3/2 vías, accionada por rodillo en un sentido, cerrada



TP 101, BIBB-P

Nº de artículo 152 867

La válvula con rodillo en un sólo sentido se activa cuando la leva de un cilindro la atraviesa en un determinado sentido. Al soltar el rodillo, la válvula regresa a su posición inicial por medio de un muelle de retorno. Si se acciona en sentido inverso, el rodillo bascula y la válvula no es accionada.

Construcción _____ Válvula de asiento, accto. directo unilateral, retorno por muelle
 Margen de presión _____ 0 – 800 kPa (0 – 8 bar)
 Caudal nominal 1...2 _____ 80 l/min

Válvula neumática de 5/2 vías, doble pilotaje



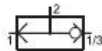
TP 101, TP 102, BIBB-P

Nº de artículo 152 873

La válvula neumática de doble pilotaje invierte su estado con señales alternativas por ambos pilotajes. El estado del circuito se mantiene al retirar la señal, hasta que aparece un señal en el pilotaje opuesto.

Construcción _____ Válvula de corredera, accionamiento directo bilateral
 Margen de presión _____ 250 – 1000 kPa (2,5 – 10 bar)
 Caudal nominal 1...2 _____ 500 l/min
 Caudal nominal 1...4 _____ 500 l/min
 Tiempo de respuesta a 600 kPa (6 bar) _____ 5 ms

Selector de circuito (OR)



TP 101, BIBB-P

Nº de artículo 152 875

Con el selector de circuito se obtiene presión en la salida aplicando presión a una cualquiera de las entradas (función OR).

Construcción _____ puerta OR (válvula selectora)
 Margen de presión _____ 100 – 1000 kPa (1 – 10 bar)
 Caudal nominal 1, 1/3...2 _____ 500 l/min

Válvula de simultaneidad (AND)



TP 101, BIBB-P

Nº de artículo 152 876

Con la válvula de simultaneidad se obtiene presión en la salida aplicando presión a ambas entradas (función AND).

Construcción _____ puerta AND (válvula de simultaneidad)
 Margen de presión _____ 100 – 1000 kPa (1 – 10 bar)
 Caudal nominal 1, 1/3...2 _____ 550 l/min

Temporizador, normalmente cerrado

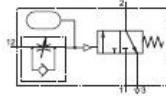
TP 101, BIBB-P

Nº de artículo 152 879



El retardo de tiempo puede regularse sin saltos por medio de un tornillo de ajuste.

Construcción _____ Válvula de asiento con muelle de retorno
 Margen de presión _____ 0 – 800 kPa (0 – 8 bar)
 Presión de mando a 600 kPa (6 bar) _____ 300 kPa (3 bar)
 Caudal nominal 1...2 _____ 90 l/min
 Retardo _____ 0,25 – 5 s (ajustable)

**Escape rápido**

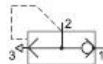
TP 101, BIBB-P

Nº de artículo 152 880



Válvula de escape rápido con silenciador incorporado.

Construcción _____ Válvula de asiento
 Margen de presión _____ 50 – 1000 kPa (0,5 – 10 bar)
 Caudal nominal 1...2 _____ 300 l/min
 Caudal nominal 2...3 _____ 390 l/min

**Regulador de flujo unidireccional**

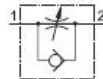
TP 101, TP 102, BIBB-P, TP 111, FP 1130

Nº de artículo 152 881



El regulador de flujo unidireccional es una combinación de un regulador de flujo y un antirretorno. La sección de paso restringida puede ajustarse por medio de un tornillo moleteado.

Construcción _____ Regulador de flujo combinado
 Margen de presión _____ 30 – 1000 kPa (0,3 – 10 bar)
 Caudal nominal
 en sentido restringido _____ 0 – 180 l/min
 en sentido libre _____ 180/110 l/min
 (Válvula estranguladora abierta/cerrada)

**Válvula de secuencia**

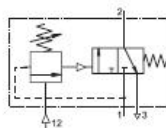
TP 101, BIBB-P

Nº de artículo 152 884



La presión de la señal de pilotaje puede establecerse indefinidamente por medio de un tornillo de ajuste.

Construcción _____ Válvula de asiento, con muelle de retorno
 Margen de presión de funcionamiento _____ 180 – 800 kPa (1,8 – 8 bar)
 Margen de presión de pilotaje _____ 100 – 800 kPa (1 – 8 bar)
 Caudal nominal 1...2 _____ 100 l/min



Cilindro de simple efecto

TP 101, BIBB-P, TP 201, TP 301

Nº de artículo 152 887



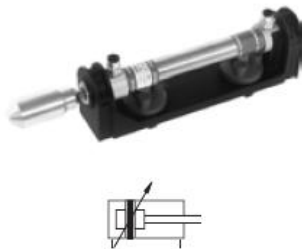
Cilindro de simple efecto con leva de control.

Construcción _____ Cilindro de émbolo
 Presión de funcionamiento _____ Máximo 1000 kPa (10 bar)
 Carrera _____ Máximo 50 mm
 Fuerza a 600 kPa (6 bar) _____ 150 N
 Fuerza mínima del muelle de retorno _____ 13,5 N

Cilindro de doble efecto

TP 101, BIBB-P, TP 201, BIBB-EP, TP 301

Nº de artículo 152 888



Cilindro de doble efecto con leva de control. Amortiguaciones de final de recorrido regulables. En el émbolo hay dispuesto un imán permanente. Su campo magnético puede accionar un interruptor de proximidad.

Construcción _____ Cilindro de émbolo
 Presión de funcionamiento _____ Máximo 1000 kPa (10 bar)
 Carrera _____ Máximo 100 mm
 Fuerza a 600 kPa (6 bar) _____ 165 N
 Fuerza de retroceso a 600 kPa (6 bar) _____ 140 N

Válvula de interrupción con filtro y regulador, 40 µm

TP 101, BIBB-P, TP 201, FP 1130, TP 301

Nº de artículo 152 894



Filtro y regulador con manómetro, válvula de interrupción, racores rápidos, montado en un soporte basculante.

El filtro con separador de agua elimina la suciedad, restos de óxido de los tubos y agua condensada. El regulador de presión regula la presión de entrada a la presión de funcionamiento establecida y compensa fluctuaciones de presión. El vaso del filtro tiene una válvula de drenaje del condensado.

La válvula de interrupción cierra y descarga el aire de todo el sistema. La válvula de 3/2 vías se acciona por un manguito deslizante.

Construcción _____ Filtro sinterizado con depósito de recogida de agua y regulador
 Caudal nominal* _____ 750 l/min
 Presión de entrada _____ Máximo 1600 kPa (16 bar)
 Presión de trabajo _____ Máximo 1200 kPa (12 bar)
 Grado de filtración _____ 40 µm
 Capacidad del vaso _____ 14 cm³
 Conexión _____ G 1/8, QS-6,
 para tubo de plástico PUN 6 x 1

* Presión de entrada: 1000 kPa (10 bar), Presión de funcionamiento: 600 kPa (6 bar),
 Presión diferencial: 100 kPa (1 bar)

Regulador de presión con manómetro

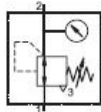
TP 101, BIBB-P

Nº de artículo 152 895



El regulador de presión con manómetro, regula la alimentación del aire a la presión de funcionamiento y compensa las variaciones de la presión.

Construcción _____ Válvula reguladora de émbolo
Caudal nominal* _____ 800 l/min
Presión de entrada _____ Máximo 1600 kPa (16 bar)
Presión de trabajo _____ Máximo 1200 kPa (12 bar)



* Presión de entrada: 1000 kPa (10 bar), Presión de funcionamiento: 600 kPa (6 bar),
Presión diferencial: 100 kPa (1 bar)

Distribuidor de aire

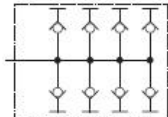
TP 101, BIBB-P, TP 201, TP 111, TP 301

Nº de artículo 152 896



Distribuidor de aire con ocho válvulas de antirretorno autocerrantes. Un distribuidor común (QS-6 para tubo de plástico PUN 6 x 1) permite alimentar aire comprimido al control a través de ocho conexiones individuales (QS-4 para tubo de plástico PUN 4 x 0.75).

Conexión _____ G 1/8



Relé, triple

TP 201, TP 202, BIBB-EP, TP 601, TP 602, TP 701, TP 702

Nº de artículo 162 241



La unidad posee tres relés con terminales y dos barras para la alimentación.

Juego de contactos _____ 4 contactos conmutadores
Carga de los contactos _____ Máximo 5 A
Carga interrumpible _____ Máximo 90 W
Tiempo de llamada _____ 10 ms
Tiempo de caída _____ 8 ms



Entrada de señales eléctricas

TP 201, TP 202, BIBB-EP, TP 111, TP 601, TP 701, TP 301

Nº de artículo 162 242



La unidad contiene un interruptor pulsador iluminado (interruptor con retención) y dos interruptores pulsadores iluminados (interruptores de acción momentánea), con terminales y dos barras para alimentación.

Juego de contactos _____ 2 abiertos, 2 cerrados
Carga de los contactos _____ Máximo 1 A
Consumo (Piloto miniatura) _____ 0,48 W



Unidad de indicación y distribución eléctrica

TP 201, BIBB-EP, TP 601, TP 602, TP 702, TP 552, TP 301

Nº de artículo 162 244



La unidad contiene un indicador acústico, cuatro pilotos con terminales y tres barras para alimentación. A través de los pares de contactor por piloto, la unidad también puede utilizarse como distribuidor.

Consumo del zumbador _____ 0,04 W
Consumo de los pilotos _____ 1,2 W
Frecuencia acústica del zumbador _____ 420 Hz



**Sensor de proximidad electrónico
con fijación para cilindro**

TP 201, BIBB-EP, TP 301

Nº de artículo 167 060



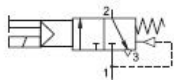
El sensor de proximidad consiste en un interruptor, un kit de montaje y el cable.
Este sensor de proximidad emite una señal cuando detecta un campo magnético. El estado se indica por medio de un LED.

Tensión de conmutación _____ 10 – 30 V DC
Intensidad de conmutación _____ Máximo 200 mA
Potencia de conmutación _____ 6 W
Precisión de conmutación _____ ±0,1 mm

**Electroválvula de 3/2 vías con LED,
normalmente cerrada**

TP 201, BIBB-EP, TP 111, PneuPos, SoftStop

Nº de artículo 167 073

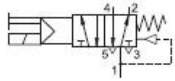


El estado se indica por un LED en el cuerpo. La válvula está equipada con accionamiento manual. Las conexiones eléctricas están protegidas ante polaridad incorrecta para el LED y poseen circuito supresor.

Neumática:
Construcción _____ Válvula de corredera, pilotada,
con muelle de retorno
Margen de presión _____ 250 – 800 kPa (2,5 – 8 bar)
Tiempo de respuesta a 600 kPa (6 bar) ___ Con.: 20 ms, Des.: 30 ms
Caudal nominal 1...2 _____ 500 l/min

Eléctrico:
Consumo _____ 1,5 W
Ciclo de trabajo _____ 100 %

**Electroválvula de 5/2 vías con LED,
de simple bobina**



TP 201, BIBB-EP, TP 301

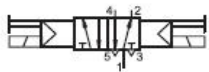
Nº de artículo 167 074

El estado de conmutación se indica por un LED en el cuerpo. La válvula está provista de accionamiento manual. La conexión eléctrica está protegida contra polaridad inversa para el LED y posee circuito supresor.

Neumática:
 Construcción _____ Válvula de corredera pilotada,
 con muelle de retorno
 Margen de presión _____ 250 – 800 kPa (2,5 – 8 bar)
 Tiempo de respuesta a 600 kPa (6 bar) ___ Con: 20 ms, Des: 30 ms
 Caudal nominal 1...2 y 1...4 _____ 500 l/min

Eléctrico:
 Consumo _____ 1,5 W
 Ciclo de trabajo _____ 100 %

**Electroválvula de 5/2 vías con LED,
de doble bobina**



TP 201, TP 202, BIBB-EP, TP 301

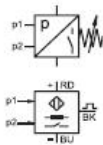
Nº de artículo 167 076

Las señales de conmutación están indicadas por LEDs en el cuerpo. La válvula está dotada de dos accionamiento manuales. Las conexiones eléctricas están protegidas ante polaridad incorrecta para el LED y poseen circuito supresor.

Neumática:
 Construcción _____ Válvula de corredera, pilotada
 Margen de presión _____ 150 – 800 kPa (1,5 – 8 bar)
 Tiempo de respuesta a 600 kPa (6 bar) ___ 10 ms
 Caudal nominal 1...2 y 1...4 _____ 500 l/min

Eléctrico:
 Consumo _____ 1,5 W
 Ciclo de trabajo _____ 100 %

Convertidor neumático-eléctrico



TP 201, BIBB-EP, FP 1130

Nº de artículo 177 459

El convertidor neumático-eléctrico puede realizar tres funciones:
 Presostato, vacuostato y presostato diferencial.

Neumática:
 Construcción _____ Fuelle metálico pretensado e iniciador
 Margen de presiones:
 Presostato, conector P1 _____ 25 – 800 kPa (0,25 – 8 bar)
 Vacuostato, conector P2 _____ -20 – -80 kPa (-0,2 – -0,8 bar)
 Presostato diferencial:
 conectores P1...P2 _____ -95 – 800 kPa (-0,95 – 8 bar)
 Histéresis _____ Máximo 25 kPa (0,25 bar)

Eléctrico:
 Intensidad de conmutación _____ 400 mA

**Final de carrera eléctrico,
accionado por la izquierda**



TP 201, BIBB-EP, TP 601, TP 702

Nº de artículo 183 322

El final de carrera eléctrico tiene un microinterruptor accionado mecánicamente. Cuando se presiona el rodillo, por ejemplo con la leva de un cilindro, se acciona el microinterruptor. El circuito se cierra o se abre a través de los contactos. El microinterruptor puede cablearse como normalmente abierto, normalmente cerrado o como conmutador.

Carga de los contactos _____ Máximo 5 A
 Frecuencia de conmutación _____ Máximo 200 Hz
 Precisión repetitiva _____ 0,2 mm
 Recorrido del interruptor _____ 2,7 mm
 Fuerza de accionamiento _____ 5 N

Accionado por la derecha

Cables de medición



TP 201

Nº de artículo 183 345

PneuPos, SoftStop

Cables flexibles de medición con clavijas de seguridad de 4 mm.

Azul _____ 1500 mm
 Rojo _____ 1500 mm

Nº de artículo 376 940

Nº de artículo 376 941

Kit de iniciación FEC[®] FST/MWT con interface Ethernet



Los kits de iniciación FEC[®] de Festo Didactic son ideales para introducción en la formación de PLC y para aquellos que desean trabajar con el software de programación FST (STD) o que están especialmente interesados en programar según IEC 1131-3 y para ello quieren utilizar MULTIPROG. El interface Ethernet integrado, permite conectar varios controles a un PC.

El kit de iniciación incluye el nuevo FEC[®] FC3a mini PLC de Festo y el software de programación MULTIPROG. La única cosa que se necesita además es una fuente de alimentación de 24 V y un PC. Según el kit de iniciación pedido, el CD-ROM que lo acompaña o bien contiene el software FST en Inglés, o Alemán, o el MULTIPROG en Inglés, Francés o Alemán; todos los manuales –incluyendo el manual de programación– se entregan como archivos PDF en Inglés y Alemán, y varias presentaciones Microsoft Power Point.

Accesorios necesarios:

– Fuente de alimentación de sobremesa o de bastidor
 (Datos técnicos y descripción: capítulo de Accesorios)

Para las posibilidades de conexión con caja de simulación, VE FP[®] o Componentes del equipo TP 301, véase Electrónica/PLC – Sumario.

Componentes	Cantidad	Nº de artículo
FEC [®] FC3a	1	
Cable de programación con convertidor TTL-RS232	1	
Simulador de entradas con 8 pulsadores e interruptores enclavables	1	
Software de programación en CD-ROM	1	
Kits de iniciación, completos:		
Kit de iniciación FEC[®] FST con interface Ethernet		536 624
Kit de iniciación FEC[®] MWT con Interface Ethernet		192 778

Fuente: Catalogo Festo, versión electrónica. Festo Didactic.