

# ANEXOS TRABAJO FIN DE MASTER



# CONTENIDOS DISCIPLINARES DE TECNOLOGÍA

*Unidad didáctica*

*Experimentos*

*Crítica de capítulo de libro según enfoque CTSA*

**Carlos Molina Hernández**

Máster de profesorado de Secundaria, Bachillerato,  
Formación Profesional y Enseñanzas de Idiomas,  
Artísticas y Deportivas.

## Índice

1. Unidad didáctica: Neumática e hidráulica .....	3
1.1. Justificación.....	3
1.2. Objetivos .....	3
1.3. Contenidos .....	3
1.4. Proyectos o experiencias de taller/laboratorio sencillos .....	4
1.4.1. PRÁCTICAS CON FLUIDSIM.....	4
1.4.2. PROYECTO COCHE SIGUE LÍNEAS.....	5
1.5. Proponer un caso CTSA para introducir la unidad temática.....	6
1.6. Medios multimedia/audiovisuales/vídeos a utilizar en clase para cubrir la unidad temática.....	7
1.7. Bibliografía .....	7
1.8. Evaluación/Actividades .....	8
1.9. Secuenciación/Programación de clases y horas.....	8
2. Análisis de un libro de texto con el enfoque CTSA .....	9
2.1. Libro a analizar.....	9
2.2. Estudio .....	9
3. Anexo : Libro de texto .....	11

# 1. Unidad didáctica: Neumática e hidráulica

## **Bloque al que pertenece**

Pertenece al bloque 5: Neumática e hidráulica.

## **Asignatura/Curso**

Tecnología de 4º de E.S.O

### 1.1. Justificación

Distintos usos de la neumática. Importancia de la neumática en todos los sectores, especialmente en la industria. Nuevas utilidades de la neumática. Citar el uso importante en la industria. Ejemplos del uso de la neumática: suspensión neumática en automóviles, estampadoras, recogida de basuras neumática...

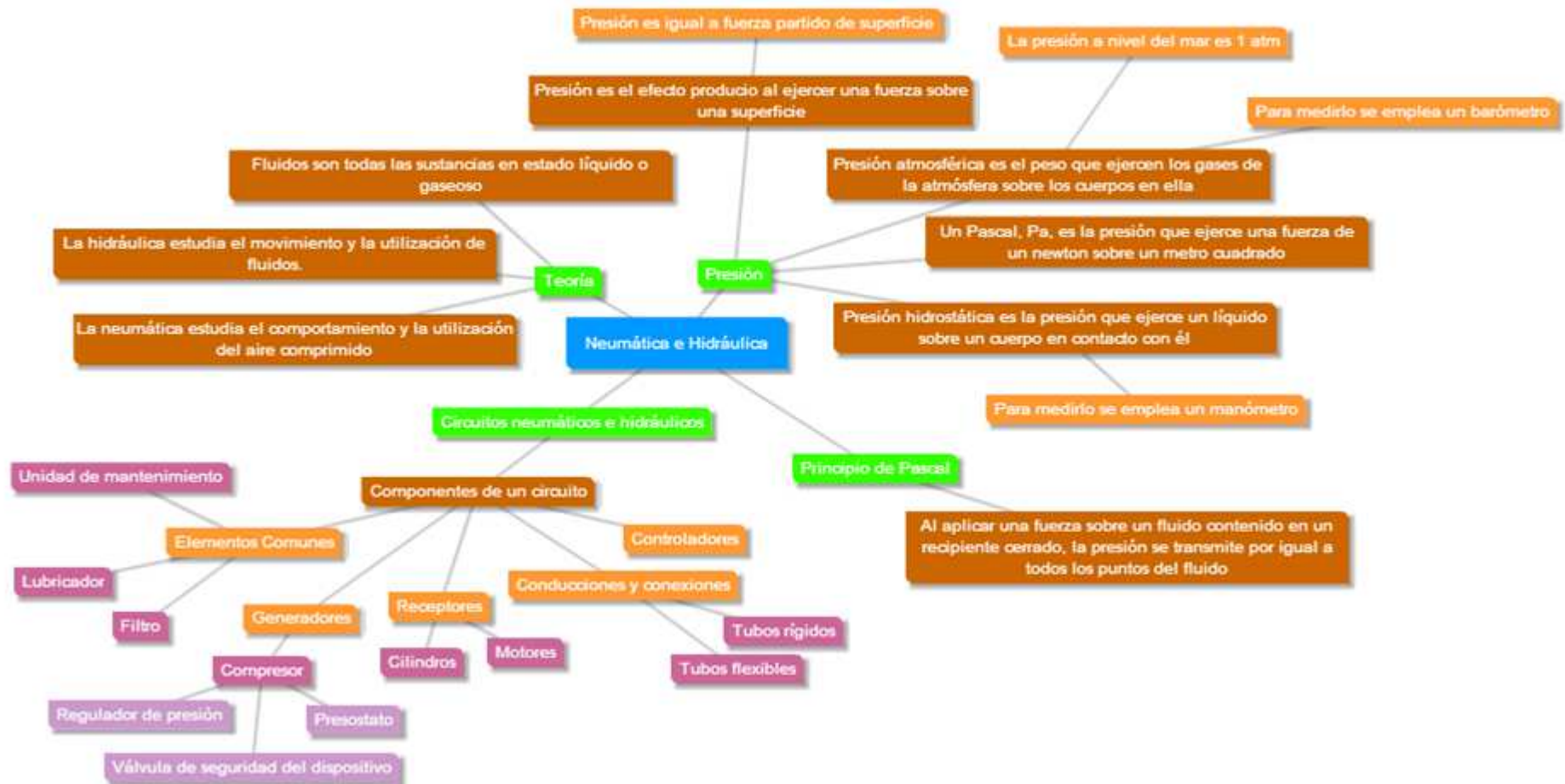
### 1.2. Objetivos

El alumno acabará sabiendo sobre la historia de la neumática y sus principios básicos, el aire comprimido, simbología y elementos básicos de un circuito neumático. También sabrá hacer y plantear de forma ordenada el diseño de circuitos neumáticos así como aplicaciones básicas y simulación de circuitos neumáticos, y sabrá actuar y comportarse tanto en clase a la hora de atender y trabajar las actividades que se le pidan como en el aula taller trabajando en las prácticas de forma individual o en grupo de forma ordenada, práctica y segura.

- Descripción y análisis de los sistemas neumáticos e hidráulicos, de sus componentes y principios físicos de funcionamiento.
- Diseño mediante simuladores de circuitos básicos empleando simbología específica.
- Ejemplos de aplicación en sistemas industriales.
- Desarrollo de proyectos técnicos en grupo.
- Neumática: principios básicos. Producción del aire comprimido y distribución. Componentes neumáticos: cilindros, válvulas distribuidoras, electroválvulas. Circuitos neumáticos básicos.
- Identificación y función de los operadores neumáticos en un circuito.

### 1.3. Contenidos

- Sistemas neumáticos e hidráulicos: Teoría.
- Neumática, principios básicos: Concepto de presión.
- Hidráulica, principios básicos: Principio de Pascal.
- Circuitos neumáticos e hidráulicos: Componentes de un circuito.



## 1.4. Proyectos o experiencias de taller/laboratorio sencillos

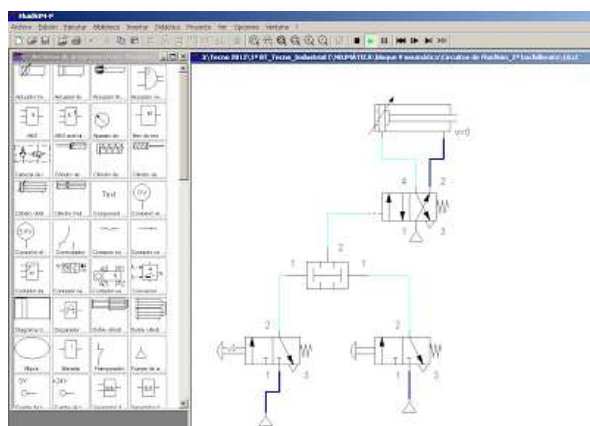
Voy a proponer y describir dos actividades: unas prácticas en ordenador con FluidSim y un proyecto de taller.

### 1.4.1. PRÁCTICAS CON FLUIDSIM

A lo largo de la tercera evaluación se realizarán 6 sesiones de prácticas con el simulador de neumática FluidSim, con el fin de que los alumnos aprendan y comprendan la simbología neumática así como poder diseñar y realizar circuitos sencillos.

Durante las 6 sesiones los alumnos deberán realizar 10 prácticas:

- Practica nº 1: mando directo de un cilindro de simple efecto.
- Practica nº 2: accionamiento directo de un cilindro de doble efecto.
- Practica nº 3: accionamiento indirecto de un cilindro d/e.
- Practica nº 4: regulación de velocidad. Válvula estranguladora unidireccional.
- Practica nº 5: doble regulación de velocidad.
- Practica nº 6: detección del avance del cilindro. Fin de carrera.
- Practica nº 7: válvula de simultaneidad.
- Practica nº 8: válvula de simultaneidad y fin de carrera.
- Practica nº 9: válvula selectora de circuito.
- Práctica nº 10: válvula temporizadora.



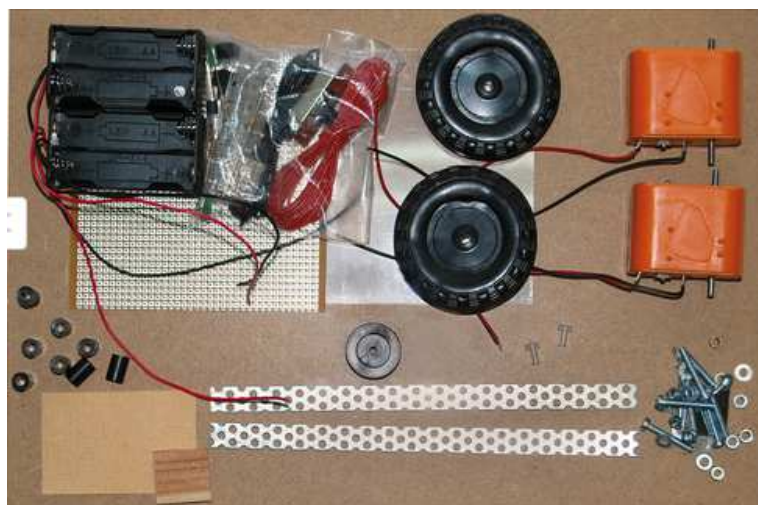
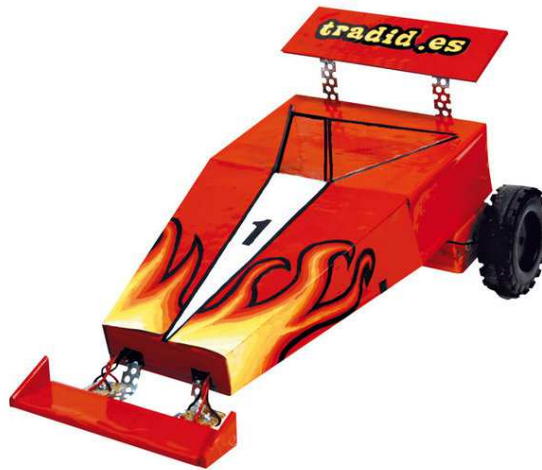
### 1.4.2. PROYECTO COCHE SIGUE LÍNEAS

Los alumnos y alumnas montarán un coche sigue líneas comprado de antemano en Tradid. La duración del proyecto será de 12 semanas.

Construirán el vehículo, combinando marquetería y circuitos electrónicos, propulsado por dos moto reductores y cuya dirección de marcha la dirigen dos sensores de infrarrojos (opto acopladores), según la línea que le marquemos.

Aprenderán a utilizar y manejar calibres de medida, sierra de marquetería, soldador de estaño y componentes electrónicos, deberán conocer los distintos componentes del circuito electrónico así como analizar y comprender los mismos.

Antes de empezar con el proyecto se les dará una pequeña explicación del mismo así como una breve charla sobre prevención de riesgos en el aula taller.





## 1.5. Proponer un caso CTSA para introducir la unidad temática

diariovasco.com versión para móvil

Hemeroteca | Buscar | diariovasco | ed. impresa | Regístrate | Miércoles, 22 octubre 201

Portada Gipuzkoa Deportes Más Actualidad Multimedia Ocio Participación Servicios Clasificados Coches Empleo

Pisos Estas en: diariovasco.com > Local

### DONOSTIA-SAN SEBASTIÁN BASURAS

## Recogida neumática

22.04.08 - AINGERU MUNGUÍA

Vota ☆☆☆☆☆ 0 votos ☆☆☆☆☆ [Opina](#) [Ver comentarios \(0\)](#) [Imprimir](#) [Enviar](#) [Reclamar](#)

- El nuevo barrio de Riberas de Loiola estrena un sistema que permitirá eliminar los contenedores de las calles a favor de unos buzones para las bolsas

san Sebastián. DV. Ahora que se habla de instalar en las calles el quinto contenedor de residuos, la basura y su sistema de recogida va a desaparecer de la vista en Riberas de Loiola, primer barrio de la ciudad donde se ha puesto en marcha la retirada neumática. Las pruebas finalizaron el viernes y los vecinos del barrio ya pueden depositar sus restos en los 25 buzones instalados en la calle. Dentro de dos semanas los contenedores general y de envases -verde y amarillo- serán retirados, aunque se mantendrán el de vidrio y papel.

La recogida neumática consiste en sustituir el actual sistema de grandes contenedores de basura en la calle, vaciados casi a diario por camiones, por otro según el cual las bolsas se depositan en pequeños buzones que, bajo la superficie, se prolongan mediante unas conducciones subterráneas hasta una central donde los residuos se prensan y se trasladan, ya separados, a los centros de tratamiento (hoy todavía, el vertedero de San Marcos). ¿Cómo se logra que la bolsa depositada en el buzón que hay junto a mi portal llegue hasta al central que está a más de un kilómetro de distancia? Mediante un sistema de ventiladores que crea un vacío en las conducciones que succiona los residuos.

Los nuevos vecinos ya habitan en 22 portales del nuevo barrio. Tras una fase de pruebas que finalizó el pasado viernes, ayer se desprecintaron los 25 primeros buzones, 17 para los restos orgánicos y 8 para envases y plásticos, según explicó el concejal de Mantenimiento Urbano, Alberto Rodríguez. Hay un tercer buzón de basura general, de mayor tamaño y con llave, que se abrirá en breve para servicio exclusivo de los comercios.

El concejal explicó que ni el vidrio, «porque es un material muy agresivo, ni el papel, porque si se empapa de agua puede generar problemas», se recogerán mediante este sistema, por lo que en las calles del barrio se mantendrán los contenedores específicos -verde intenso y azul- para estos residuos.

Sin embargo, en 15 ó 20 días, cuando los vecinos ya se hayan habituado al nuevo sistema, se retirarán de la vía pública los contenedores amarillo y verde porque los envases y la bolsa general de la basura se recogerá de forma subterránea. Rodríguez apeló al civismo para que la separación y el depósito de los residuos se haga de forma correcta. Un comportamiento diferente podría llegar a «estropear la instalación». La central de recogida está ubicada bajo los tableros de la variante -a la altura del colegio La Salle- y tiene una capacidad de tratamiento de 60 toneladas diarias de residuos, casi un tercio de los que se recogen en toda la ciudad. Su coste ha sido de unos 4,5 millones de euros.



El interior de la central a la que llegarán las basuras a través de canalizaciones especiales. [MICHELENA]

- ✓ Recogida de residuos de forma neumática.
- ✓ San Sebastián. Barrio de Riberas de Loiola: estrena un sistema que permitirá eliminar los contenedores de las calles a favor de unos buzones para las bolsas.
- ✓ La recogida neumática mejora el impacto visual y no genera olores, además de reducir el tráfico de vehículos y por lo tanto disminuir el ruido y la contaminación.
- ✓ Conciencia a la población de la necesidad de reciclar.
- ✓ Informe: Como funciona una instalación de recogida neumática (documento en red).
- ✓ Grupos de trabajo y de búsqueda de información. Ponerse en contacto con empresa y pedir información: cuánto costaría implantarlo en Zaragoza, qué se necesita...



## 1.6. Medios multimedia/audiovisuales/vídeos a utilizar en clase para cubrir la unidad temática

- 1) <http://mecatronicaentumano.blogspot.com.es/2012/04/software-festo-fluidsim-36-en-espanol.html>  
Simulador de circuitos neumáticos FluidSim
- 2) Videos de YouTube con ejemplos de coches sigue líneas y explicaciones:  
[https://www.youtube.com/watch?v=W9Uy-wgD5Vc&feature=iv&src\\_vid=05vdHuPkl1l&annotation\\_id=annotation\\_2683483943](https://www.youtube.com/watch?v=W9Uy-wgD5Vc&feature=iv&src_vid=05vdHuPkl1l&annotation_id=annotation_2683483943)  
[https://www.youtube.com/watch?v=2KurUjW8-nY&feature=iv&src\\_vid=W9Uy-wgD5Vc&annotation\\_id=annotation\\_4161821405](https://www.youtube.com/watch?v=2KurUjW8-nY&feature=iv&src_vid=W9Uy-wgD5Vc&annotation_id=annotation_4161821405)  
<https://www.youtube.com/watch?v=5XDXyJTNFu4>  
<https://www.youtube.com/watch?v=05vdHuPkl1l>
- 3) Conoce como funciona un sistema de recogida neumática  
[http://w110.bcn.cat/portal/site/MediAmbient/menuitem.7120b3cf16112e13e9c5e9c5a2ef8a0c/?vgnnextoid=eceed982a444c310VgnVCM10000072fea8c0RCRD&vgnnextchannel=a4fe939d0c55d210VgnVCM10000074fea8c0RCRD&vgnnextfmt=formatDetall&lang=es\\_ES](http://w110.bcn.cat/portal/site/MediAmbient/menuitem.7120b3cf16112e13e9c5e9c5a2ef8a0c/?vgnnextoid=eceed982a444c310VgnVCM10000072fea8c0RCRD&vgnnextchannel=a4fe939d0c55d210VgnVCM10000074fea8c0RCRD&vgnnextfmt=formatDetall&lang=es_ES)

## 1.7. Bibliografía

<http://tecno4merced1213.blogspot.com.es/2013/03/mapa-conceptual-de-neumatica-e.html>

<http://pelandintecno.blogspot.com.es/2012/05/practicas-fluidsim-neumatica-4-eso.html>

<https://dl.dropboxusercontent.com/u/10210487/4eso/Pr%C3%A1cticas/Practicas%20neum%C3%A1tica.pdf>

<http://www.diariovasco.com/20080422/gipuzkoa/recogida-neumatica-20080422.html>

<http://www.tradid.es/Vehiculo-sigue-lineas>

## 1.8. Evaluación/Actividades

Para evaluar y enseñar a los alumnos se disponen de 2 tipos de habilidades: actividades para realizar en clase (ya sea en papel o en ordenador) y actividades a realizar online.

ACTIVIDADES PARA IMPRIMIR O EN ORDENADOR	ACTIVIDADES ONLINE
<ul style="list-style-type: none"><li>- Ejemplos prácticos.</li><li>- 8 prácticas de Neumática para FluidSim</li><li>- Ejercicios de Neumática</li><li>- Ejercicios intuitivos de Neumática</li><li>- Ejercicios escritos.</li><li>- Ejemplos de Neumática y Electrónica digital</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Autoevaluación: Símbolos</li><li>- Autoevaluación: Circuitos básicos.</li><li>- Test "on line", con autocorrección.</li><li>- Actividad Jclic. Test 1</li><li>- Actividad Hotpotatoes. Test 2</li><li>- Crucigrama de Neumática e Hidráulica.</li></ul>

## 1.9. Secuenciación/Programación de clases y horas

Las prácticas con FluidSim se desarrollarán a lo largo de todo el segundo cuatrimestre, mientras que la realización del proyecto del coche sigue líneas se realizará las últimas semanas de curso. El tiempo necesario aproximado para completar el proyecto será de 15 sesiones.

## 2. Análisis de un libro de texto con el enfoque CTSA

### 2.1. Libro a analizar

Para este análisis he utilizado el siguiente libro:

Tecnología Industrial (1º Bachillerato)

McGraw Hill (2008)

Autor: Francisco Silva Rodríguez

Revisión Técnica: Luis Torreño Peromingo y Miguel Ángel Torres Allen

Unidad 16: El circuito neumático y oleohidráulico

### 2.2. Estudio

Se tendrán en cuenta los siguientes ítems vistos en clase para comprobar si una unidad tiene enfoque CTSA:

- ❖ Contiene alguna actividad y/o alguna referencia sobre la naturaleza de la tecnología.
- ❖ Incluye actividades y/o referencias relativas a la contribución de la tecnología al desarrollo científico.
- ❖ Contiene alguna actividad sobre la imbricación entre ciencia y tecnología y la dificultad entre distinguir hoy entre ambas.
- ❖ Contiene alguna actividad y/o alguna referencia sobre las repercusiones sociales de los desarrollos tecno-científicos a lo largo de la historia y en la actualidad.
- ❖ Se plantean actividades acerca de la situación actual de emergencia planetaria y la necesidad de un desarrollo tecno-científico que contribuya a la sostenibilidad.
- ❖ Se incluyen actividades de toma de decisión en base de los beneficios previstos en determinados desarrollos tecno-científicos, su posible impacto ambiental y social, etc.

Durante toda la unidad se proponen distintas actividades para investigar y profundizar en el tema como por ejemplo:

- Localiza alguna máquina o sistema que funcione mediante aire comprimido. Explica para qué se utiliza y como funciona.
- Averigua como funciona internamente una bomba de aire de una bicicleta.
- Busca en internet al menos 10 máquinas de uso industrial que empleen aire comprimido.
- Investiga qué tipo de compresor hay en tu instituto y averigua qué características tiene.
- Haz una relación de al menos 3 máquinas que funcionen basándose en el principio de Pascal.

Al principio de la unidad se nos cuenta brevemente la importancia que ha tenido la neumática en el desarrollo de los procesos industriales.

No hacen mención a lo largo de la unidad de ningún caso o actividad importante relacionados con el medio ambiente o la sociedad.

Al final del tema si se nos comenta como curiosidad la existencia de un coche de aire comprimido que no contamina y muy económico y de una bicicleta de Mercedes-Benz con un sistema de suspensión neumática.

**En definitiva, considero que esta unidad no está enfocada desde la visión CTSA, ya que aunque si es verdad que tocan algún que otro tema, son todos vistos muy por encima. La gran parte de la unidad didáctica va dirigida a que los alumnos desarrollen los aspectos más técnicos y científicos de la asignatura, lo que conlleva que dejen apartados los temas sociales y medio ambientales.**

### 3. Anexo : Libro de texto





## 16.1 El circuito neumático



Se denomina **neumática** a la técnica que tiene como objetivo el estudio y aplicación del aire comprimido para producir efectos mecánicos deseados.

### En Internet

<http://www.aprendizaje.com.mx>

Página en la que podemos encontrar información sobre producción de metales no ferrosos.

El aire comprimido que se emplea industrialmente procede del entorno donde se trabaja. Se usa comprimiéndolo hasta una presión de entre 6 y 12 bares, respecto de la presión atmosférica.

Dos son las **magnitudes** empleadas en neumática: *presión* y *caudal*.

- Presión es la fuerza ejercida perpendicularmente por el aire por unidad de superficie. Se expresa como:

$$p = \frac{F}{S}$$

$F$  = Fuerza ejercida (en N)  
 $S$  = Superficie donde actúa la presión (en m<sup>2</sup>)  
 $p$  = Presión del aire (en N/m<sup>2</sup>)

Las unidades de presión más utilizadas son las recogidas en la Tabla 16.1.

Magnitud	Sistema de unidades			Equivalencias
	CGS	SI	Técnico	
Fuerza	dinas	N	kp	1 bar = 1,02 kp/cm <sup>2</sup> ~ 1 kp/cm <sup>2</sup> = = 1 atm = 10 <sup>5</sup> Pa = 14,5 PSI* = = 10,19 m de agua = 75 cm de mercurio. * PSI (pounds per square inch) libras por pulgada cuadrada (sistema anglosajón).
Superficie	cm <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
Presión	dinas/cm <sup>2</sup>	N/m <sup>2</sup> = Pa	kp/m <sup>2</sup>	

\* En neumática e hidráulica se admite la siguiente aproximación: 1 bar = 1 atm = 1 kp/cm<sup>2</sup> = 10<sup>5</sup> Pa

Tabla 16.1. Unidades de presión más utilizadas.

Por ser una unidad muy pequeña, el pascal (Pa) tiene dos múltiplos (Tabla 16.2): *kilopascal* y *megapascal*.

- Caudal** es la cantidad de fluido (en este caso, aire a presión) que atraviesa una sección de un conductor (tubería) en la unidad de tiempo. Se expresa como:

$$Q = \frac{V}{t}$$

$V$  = Volumen del fluido (aire) (en m<sup>3</sup>)  
 $Q$  = Caudal (en m<sup>3</sup>/s)  
 $t$  = Tiempo (en s)

En la práctica, se suelen usar mayoritariamente litros por segundo (l/s, o lo que es igual, dm<sup>3</sup>/s) y metros cúbicos por hora (m<sup>3</sup>/h).

Múltiplo	Equivalencia
Megapascal	1 MPa = 10 <sup>6</sup> Pa
Kilopascal	1 kPa = 10 <sup>3</sup> Pa

Tabla 16.2. Múltiplos del pascal.

### ACTIVIDADES

- Si por el interior de una tubería circula aire a una presión de 4 atm, determina la fuerza que ejercerá sobre un pistón de 4 cm<sup>2</sup>.  
S: 16 kp
- Transforma la presión del ejercicio anterior a Pa, bar y kp/cm<sup>2</sup>.  
S: 4 · 10<sup>5</sup> Pa; 4 bar; 4 kp/cm<sup>2</sup>
- Un fabricante de coches indica a sus compradores que la presión correcta de todas las ruedas es de 2 kp/cm<sup>2</sup>. Si uno de sus clientes se va a Inglaterra con su coche y quiere comprobar el estado de los neumáticos, ¿qué lectura en PSI debe marcar el manómetro para que las ruedas estén correctamente infladas?  
S: 29 PSI

## 16.2 Elementos de un circuito neumático

Los circuitos neumáticos constan básicamente de las partes que a continuación reflejamos en la Figura 16.1.



Fig. 16.1. Elementos de un circuito neumático.

El empleo de la neumática en la industria ha supuesto la automatización de la mayoría de los procesos industriales. El aire comprimido se puede utilizar de dos maneras distintas:

- **Como elemento de mando y control**, permitiendo que se abran o cierren determinadas válvulas.
- **Como energía motriz**. Al entrar el aire comprimido en el interior de un cilindro, puede desplazar su émbolo y vástago hacia delante y hacia atrás, hacer girar un motor neumático (como si fuese un ventilador) o mover unas pinzas neumáticas.



Fig. 16.2. Ejemplo de empleo de aire comprimido para obras públicas.

### ACTIVIDADES

- 4> Localiza alguna máquina o sistema que funcione mediante aire comprimido (neumática). Explica para qué se utiliza y cómo funciona.
- 5> Averigua cómo funciona internamente una bomba de aire de una bicicleta. Haz un dibujo y explica el movimiento de cada una de sus partes.
- 6> Determina el caudal, en l/min, que circula por una tubería por la que pasan  $8 \text{ m}^3$  en una hora.  
S: 133,33 l/min
- 7> Busca en Internet al menos diez máquinas de uso industrial que empleen el aire comprimido como fuente de energía principal o primaria.





Fig. 16.3. Compresor alternativo de pistón monofásico.

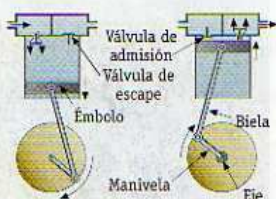


Fig. 16.4. Compresor de pistón monofásico.

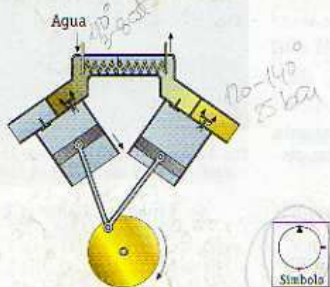


Fig. 16.5. Compresor de pistón bifásico.

## A. Producción y tratamiento del aire comprimido

El aire que se utiliza procede del entorno donde se encuentre instalado el compresor. Generalmente contendrá polvo, óxidos, partículas de azufre y otras sustancias, además de agua. Hay que tratar de eliminar todo ello para que no afecte al normal funcionamiento de los distintos elementos de que consta la instalación neumática.

Esta parte del circuito está formada por los siguientes bloques: compresor, refrigerador, acumulador, filtro, regulador de presión y lubricador.

### • Compresores

Los **compresores** son máquinas destinadas a elevar la presión del aire que aspiran de la atmósfera.



A la hora de instalarlos, se deberá elegir un lugar exento de polvo y lo más fresco posible.

Los **compresores alternativos de pistones** son los más empleados. Para que puedan funcionar es necesario que sean movidos por una energía externa, generalmente electricidad o algún tipo de hidrocarburo, como gasolina, gasóleo, etcétera.

Existen dos tipos de compresores alternativos:

— **Compresor de pistón monofásico** (Fig. 16.4). Gracias a la biela-manivela-émbolo, el movimiento circular del eje del motor se transforma en uno rectilíneo alternativo. Dispone de una válvula de admisión y otra de escape. Al descender el émbolo, la válvula de admisión se abre debido a la depresión y se cierra la de escape. Al ascender el émbolo, se cierra la válvula de admisión y se abre la de escape. Debido a la compresión del aire, su temperatura aumenta, pudiendo llegar hasta los 180 °C.

— **Compresor de pistón bifásico** (Fig. 16.5). El aire entra en dos fases. En la primera se comprime entre 3 y 8 bar y en la segunda puede llegar hasta 25 bar. Al ser la presión a la que se comprime el aire aún mayor que en el caso anterior, el calor del aire comprimido es superior.

Para evitar que se deteriore el compresor es necesario refrigerarlo, razón por la que se emplean refrigeradores.

### ACTIVIDADES

8> Investiga qué tipo de compresor hay en tu instituto y averigua qué características técnicas tiene: potencia, presión de salida del aire, nivel de ruido, etcétera.

9> Determina qué presión proporcionará un compresor, en  $\text{kp/cm}^2$ , si su fabricante nos dice que la presión es de 138 PSI.

S: 9,52  $\text{kp/cm}^2$



- **Refrigeradores.** Tienen como objetivo enfriar el aire, que se ha calentado en la fase anterior, y dejarlo a unos 25 °C. Durante este proceso se condensa un 75 % del agua que contiene, la cual se deposita en la parte inferior (Fig. 16.6).

Consta de una serie de tubos por los que circula el agua de refrigeración. El aire que se va a refrigerar circula en sentido contrario al del agua (a contracorriente), por el exterior de los tubos. Para compresores de baja presión, en vez de agua, se emplea aire para refrigerar. A veces llevan simplemente unas aletas de refrigeración, tal y como se observa en la Figura 16.3.

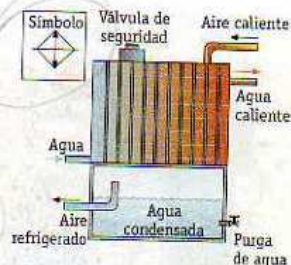


Fig. 16.6. Refrigerador.

- **Acumulador.** Es un depósito que se coloca a continuación del refrigerador y tiene como objetivo almacenar aire comprimido para suministrarlo en el momento en que se necesite. Los acumuladores suelen llevar un dispositivo que pone en marcha o detiene el compresor, para que el depósito se mantenga siempre a una presión determinada. Además, suelen disponer de manómetros y válvula de seguridad (Fig. 16.7).

- **Filtro.** Tiene como objetivo detener las impurezas que arrastra el aire comprimido: polvo, polen, restos de pequeñas oxidaciones, etcétera.

Su funcionamiento es el siguiente: el aire entra en el filtro (Fig. 16.8) por la parte superior izquierda y sufre un centrifugado. Las partículas sólidas más gruesas y las gotas de agua se proyectan contra la pared interna de la cuba y se depositan en la parte inferior.

Luego, el aire se filtra a través del **elemento filtrante**. De esta forma, el aire que salga del filtro no contendrá partículas que puedan dañar los elementos de control y receptores (cilindros) que se encuentran posteriormente en la instalación.

- **Regulador de presión.** Su función es mantener el aire de salida a una presión constante, independientemente de las variaciones de presión que se produzcan a la entrada (Fig. 16.9).

Dispone de una **membrana**, en la que actúa por un lado el aire de entrada, y por el otro un muelle regulado mediante un tornillo. Cuando la presión secundaria aumenta (porque no se consume o se consume muy poco), desplaza la membrana, impidiendo el paso del aire (b).



Fig. 16.7. Acumulador.

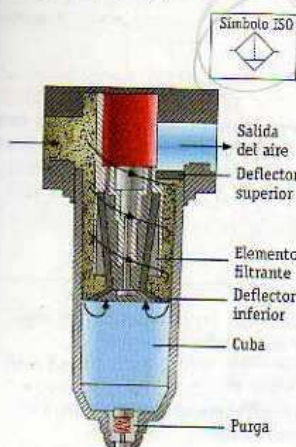


Fig. 16.8. Filtro neumático.

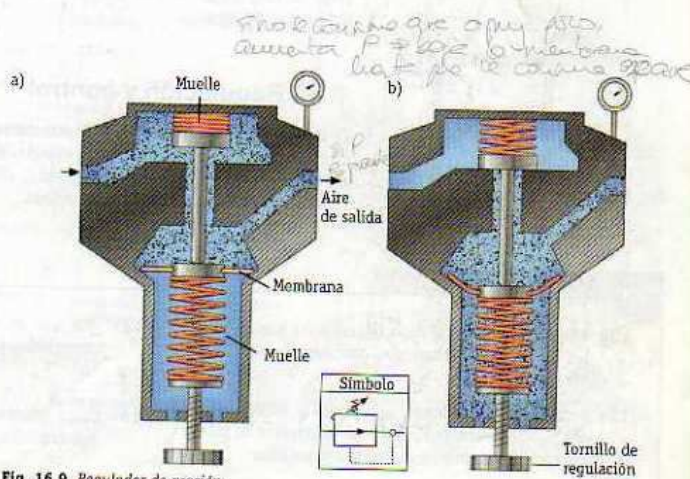


Fig. 16.9. Regulador de presión.

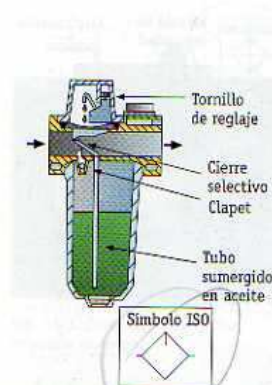


Fig. 16.10. Lubricador.

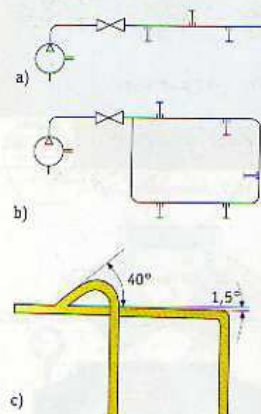


Fig. 16.12. Redes de distribución.

- **Lubricador.** Constituye el último bloque en el tratamiento del aire a la entrada del circuito. Tiene como objetivo mezclar el aire con aceite para aumentar la vida y rendimiento de los elementos neumáticos, ya que con él se disminuye el rozamiento y se evita la oxidación. El aire entra en el lubricador (Fig. 16.10), que contiene aceite, haciéndolo subir por el tubo; cae a continuación en forma de gotas, y estas gotas son pulverizadas y transportadas por el aire de salida. Este fenómeno se basa en el efecto Venturi.

*Nota:* En la práctica, en vez de dibujar reiteradamente cada uno de los símbolos de los dispositivos empleados en la producción y tratamiento del aire comprimido, se simplifican por uno cualquiera de los mostrados en la Figura 16.11.



Fig. 16.11. Símbolos generales simplificados de la producción y tratamiento del aire comprimido.

## B. Redes de distribución

Son las tuberías empleadas para conectar los distintos elementos neumáticos (Fig. 16.12).

En instalaciones fijas es recomendable que las tuberías vayan fijadas a la pared, nunca empotradas, con objeto de poder detectar posibles fugas.

El material empleado puede ser acero, latón, polietileno y otros.

El tendido de las tuberías puede ser abierto (Fig. 16.12a) o cerrado (Fig. 16.12b), proporcionando esta última configuración una alimentación más regular.

Se procurará que la inclinación de las tuberías sea aproximadamente de  $1,5^\circ$  (Fig. 16.12c) en sentido de circulación del aire, para facilitar el arrastre de partículas o de gotas de agua.

## C. Regulación y control

El aire comprimido que se utiliza para mover los cilindros o motores neumáticos está controlado por diferentes tipos de válvulas o distribuidores. Estas válvulas se clasifican en *válvulas de dirección (distribuidores)*, *válvulas antirretorno*, *válvulas de regulación*, *células «y»*, *células «o»* y *temporizadores*.

## ACTIVIDADES

- 10> Analiza e indica qué tipo de radiador suelen utilizar las máquinas térmicas que conoces (coches, motos, etcétera).
- 11> Representa, de manera secuencial y unidos unos a otros, los diferentes símbolos de elementos de producción y tratamiento de un equipo neumático.
- 12> ¿Por qué es necesario que las instalaciones de aire comprimido lleven un regulador de presión?
- 13> Busca información sobre el efecto Venturi y explica en qué consiste y cómo funciona.



- **Válvulas distribuidoras.** Todos los distribuidores se caracterizan por poseer dos características: *número de vías u orificios* y *número de posiciones*.

- **Número de vías.** Corresponde al de agujeros que tiene la válvula, tanto de entrada del aire como de salida (Fig. 16.13).
- **Número de posiciones.** Indica los estados del distribuidor (Fig. 16.14, en la que se representa un símil mediante llaves).

La identificación de un distribuidor se define mediante dos cifras: la primera indica el número de vías y la segunda el número de posiciones. La **representación simbólica de válvulas** se hace de la siguiente manera (Tabla 16.3):

1. Se dibujan tantos cuadrados unidos como posiciones tiene el distribuidor realmente.
2. En cada cuadrado se dibujan las conexiones entre orificios o vías y se indica el sentido de circulación del aire mediante flechas.
3. Luego se dibuja el tipo de mando que hará que cambie de posición esa válvula, provocando su desplazamiento. Los tipos de mando más habituales se muestran en la Tabla 16.3. A este cambio de posición se le denomina *pilotaje* o *accionamiento de válvulas o distribuidores*.

Las válvulas se dibujan en estado de reposo. Cuando la válvula es accionada, se desplaza horizontalmente hasta que las canalizaciones del segundo cuadro coinciden con las vías de la canalización.

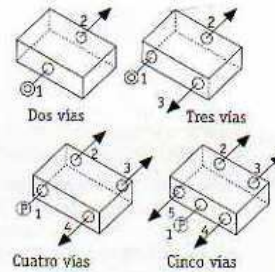


Fig. 16.13. Número de vías u orificios.

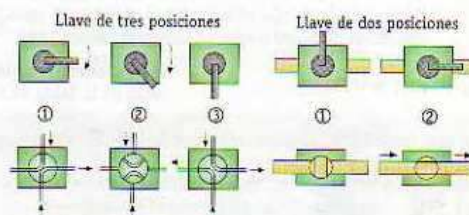


Fig. 16.14. Llaves de paso de tres y dos posiciones.

Pasos	Dibujo	Tipos de mandos	Tipos de válvulas más usuales	
			Vías	Vías + posiciones
Paso 1		Dos posiciones		
		Tres posiciones		
Paso 2		Se elige el tipo de válvula que más interese según la aplicación		
Paso 3		Ahora se elige el tipo de mando. En este caso, mando manual de pulsador y retorno por muelle		
		Mando manual, Mando por palanca, Mando por pulsador, Mando por rodana, Mando por pedal		

Tabla 16.3. Representación simbólica de válvulas.

La **identificación de las vías** de un distribuidor se puede hacer de dos maneras: numérica y alfabéticamente (Tabla 16.4). Normalmente se usa la alfabética.

Numérica	Alfabética
1 = Alimentación neumática (aire comprimido)	P = Alimentación de entrada (compresor)
2, 4, 6 = Orificios de utilización	A, B, C = Circuitos de trabajo
3, 5 = Orificios de escape	R, S, T = Escape a la atmósfera
10, 12, 14 = Pilotaje de la válvula	X, Y, Z = Conexiones de pilotaje
Ejemplo:	Ejemplo:

Tabla 16.4. Identificación de vías.

Se dice que una válvula está *normalmente cerrada* (NC) cuando, sin pulsar ninguno de sus mandos, el paso de aire está cerrado. En caso contrario, se dice que está *normalmente abierta* (NA).

El funcionamiento interno de algunos distribuidores o válvulas de dirección puede verse en la Tabla 16.5.

Figura	Símbolo	Explicación
<b>Válvula 2/2. Mando manual y retorno por muelle</b> 		<p>En posición de reposo, un muelle comprime la bola contra su asiento y así impide el paso del aire. Cuando una fuerza externa actúa sobre el mando, la bola baja, lo que permite el paso del aire.</p>
<b>Válvula 3/2. Mando por pulsador y retorno por muelle</b> 		<p>En reposo, el muelle comprime la bola contra su asiento, impidiendo el paso del aire de P hacia A, y permitiendo su salida de A hacia R a través de un taladro que lleva el mando. Cuando una fuerza externa actúa sobre el mando, la bola se desplaza hacia abajo permitiendo la entrada del aire de P hacia A.</p>
<b>Válvulas 4/2. Mando neumático y retorno por muelle</b> 		<p>Consta de dos émbolos que van accionados por dos membranas. En la posición de reposo, los dos émbolos están en su posición más alta, de forma que se comunican los conductos P con B y A con R. Cuando se actúa sobre la palanca, una señal neumática empuja las membranas y éstas los émbolos hacia abajo, provocando la comunicación de P con A y de B con R.</p>
<b>Válvulas 5/2. Mando neumático y retorno neumático</b> 		<p>Esta válvula se controla mediante dos señales neumáticas de manera alternativa. La señal Z desplaza el émbolo, poniendo en comunicación P con B y A con S. Cuando deja de existir la señal Z y comienza a actuar Y, el émbolo se desplaza hacia la derecha y pone en comunicación P con A y B con R.</p>

Tabla 16.5. Funcionamiento interno de algunos distribuidores o válvulas de dirección.



- **Otras válvulas.** Son válvulas que permiten combinar adecuadamente los distribuidores. Las más importantes son: *válvula antirretorno*, *válvula reguladora bidireccional*, *válvula reguladora unidireccional*, *válvula de simultaneidad o célula Y*, *válvula selectora de circuito o célula O* y *temporizador* (véase la Tabla 16.6).

Tipo de válvula	Figura	Símbolo	Descripción
1. Válvula antirretorno			Permiten la circulación del aire comprimido en un único sentido, quedando bloqueado su paso en sentido contrario. Para que haya circulación, la presión del aire deberá superar la fuerza del muelle.
2. Válvula reguladora bidireccional			Regula la cantidad de aire en ambos sentidos. La regulación se hace a través de un tornillo exterior.
3. Válvula reguladora unidireccional			Sirve para regular el caudal de aire, en una sola dirección, mediante el tornillo exterior. Si el aire circula en sentido contrario, la presión levanta la junta, dejando el paso libre.
4. Válvula de simultaneidad o célula Y			Para que deje pasar el aire, es necesario que éste entre simultáneamente por ambos lados, con la misma presión. De esta forma, el pistón se queda en el centro y el aire comprimido puede salir por la salida (S).
5. Válvula selectora de circuito o célula O			Permite la circulación de aire cuando una de las dos entradas dispone de presión.
6. Temporizador			Se consigue combinando una válvula reguladora unidireccional y un depósito, colocados en serie. Cuanto mayor es el depósito, más tiempo durará el retardo.

Tabla 16.6. Tipos de válvulas no distribuidoras.

## ACTIVIDADES

- 14> Describe el funcionamiento de un compresor bifásico.
- 15> Explica pormenorizadamente el funcionamiento de una válvula o distribuidor 4/2, dibujando su símbolo neumático. ¿Qué ocurre si en una válvula selectora de circuito actúa aire por ambos lados con la misma presión?
- 16> ¿Qué son las vías y las posiciones de un distribuidor o válvula de dirección?
- 17> Dibuja un distribuidor 5/2 de mando por pedal y retorno por muelle e identifica sus vías mediante codificación alfabética.



Fig. 16.15. Aplicación del motor neumático.

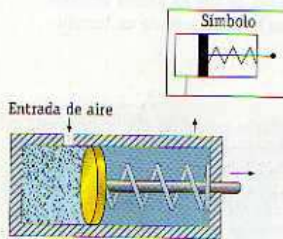


Fig. 16.16. Cilindro de simple efecto.

#### D. Accionamiento o efectos finales

Generalmente se emplean dos tipos de elementos neumáticos para producir un efecto final: motores y cilindros.

- **Motores.** Interiormente llevan una pequeña rueda con palas. Al incidir el aire a presión sobre ellas, hace girar su eje. Una de las aplicaciones más generalizadas de este motor es en las consultas de dentistas (Fig. 16.15).

- **Cilindros.** Existen dos tipos de cilindros neumáticos:

— **Cilindros de simple efecto** (Fig. 16.16). En ellos el trabajo se realiza solamente en un sentido, cuando la presión del aire desplaza al pistón o émbolo.

— **Cilindros de doble efecto** (Fig. 16.17). Realizan trabajo en los dos sentidos, ya que el aire que penetra por ambos lados del cilindro lo desplaza en sentido contrario. Para ello es necesario que el aire que está en la cámara opuesta, por la que entra el aire, esté comunicado con el exterior.



Fig. 16.17. Cilindro de doble efecto.

#### EJEMPLO 1

Una taladradora utiliza un cilindro de doble efecto para desplazar el portabrocas. Suponiendo que se realizan 10 agujeros por minuto, el desplazamiento del vástago es de 60 mm, el diámetro del émbolo mide 5 cm, el diámetro del vástago 1 cm y la presión de aire suministrada es de 6 bar, determina la fuerza efectiva en el vástago y el consumo de aire en litros por minuto. Se desprecian los rozamientos.

##### Solución

$$6 \text{ bar} = 6 \text{ kp/cm}^2$$

- Fuerza en el avance:  $F_a = p \cdot S = 6 \cdot \pi \cdot R^2 = 6 \cdot 3,14 \cdot 2,5^2 = 117,81 \text{ kp}$
- Fuerza en el retorno:  $F_r = p \cdot (S - \pi \cdot r^2) = 6 \cdot [(\pi \cdot 2,5^2) - (\pi \cdot 0,5^2)] = 113,10 \text{ kp}$
- El volumen de aire consumido por cada embolada será:

$$V_1 = \text{Volumen en el avance} = \pi \cdot R^2 \cdot L = 3,14 \cdot 2,5^2 \cdot 6 = 117,81 \text{ cm}^3$$

$$V_2 = \text{Volumen en el retroceso} = (S - S_1) \cdot L = [(\pi \cdot R^2) - (\pi \cdot r^2)] \cdot 6 = [(\pi \cdot 2,5^2) - (\pi \cdot 0,5^2)] \cdot 6 = 113,11 \text{ cm}^3$$

$$V = V_1 + V_2 = 117,81 + 113,10 = 230,91 \text{ cm}^3$$

El volumen de aire a presión consumido por minuto será:

$$\text{Caudal} = Q = 230,91 \cdot 10 = 2309,1 \text{ cm}^3/\text{min} = 2,3091 \text{ dm}^3/\text{min} \sim 2,31 \text{ dm}^3/\text{min}$$

$$V = 2,31 \text{ l/min}$$

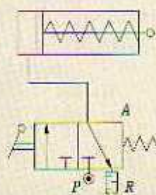


### 16.3 Montaje y experimentación con circuitos neumáticos

De manera básica se van a presentar tres tipos de circuitos neumáticos: *manuales*, *semiautomáticos* y *automáticos*.

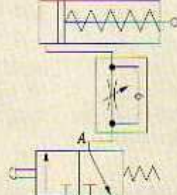
#### A. Circuitos neumáticos manuales

**Distribuidor 3/2**



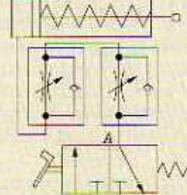
Control de un cilindro de simple efecto mediante mando por palanca y retroceso por muelle. Escape de aire con silenciador.

**Distribuidor 3/2**



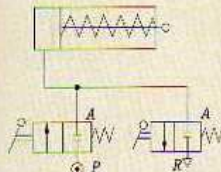
Control de la velocidad de salida de un cilindro de simple efecto con velocidad de retroceso rápido. Mando por pulsador y retroceso por muelle.

**Distribuidor 3/2**



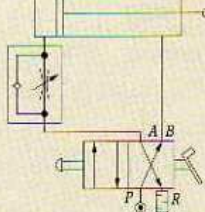
Control de la velocidad de salida y retroceso de un cilindro de simple efecto, mediante mando por pedal y retorno mediante muelle.

**Distribuidor 2/2**



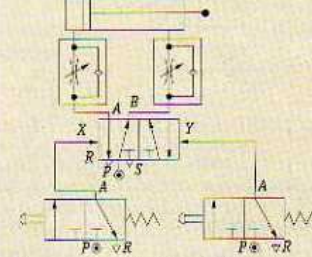
Al pulsar la palanca del distribuidor de la izquierda, entra aire en el cilindro, desplazando el émbolo hasta la parte derecha. Hasta que no se pulsa sobre el distribuidor de la derecha, el émbolo no vuelve a la izquierda.

**Distribuidor 4/2**



Control de la velocidad de salida de un cilindro de doble efecto con mando por botón y retroceso mediante palanca. Lleva silenciador en la salida del aire.

**Distribuidor 5/2**



Control indirecto de la salida y retroceso de un cilindro de doble efecto. El pilotaje del distribuidor es neumático.

Tabla 16.7. Circuitos neumáticos manuales.

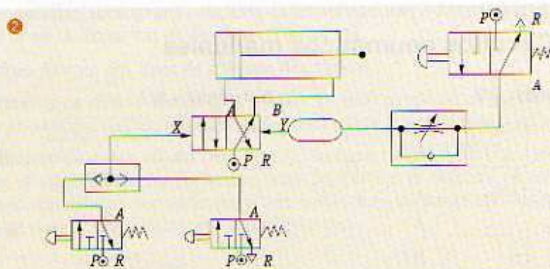
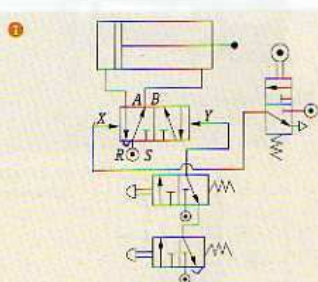
#### ACTIVIDADES

- 18> Dibuja un circuito neumático con un cilindro de simple efecto en el que se pueda controlar la velocidad de salida y de retroceso del vástago, de manera independiente y mediante un sistema directo.
- 19> Una plegadora de chapa utiliza un cilindro neumático de simple efecto. Determina el diámetro mínimo del émbolo si la fuerza que tiene que realizar es de 800 kp y la presión de suministro es de 7 atm. Calcula qué caudal de aire debe suministrar el compresor si se hacen 18 pliegues por minuto y el desplazamiento del vástago es de 60 cm.

S:  $D = 12,06$  cm;  $Q = 123,43$  l/min

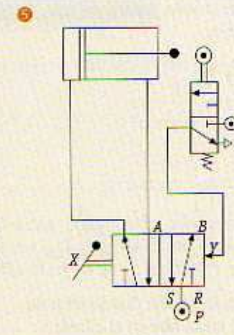
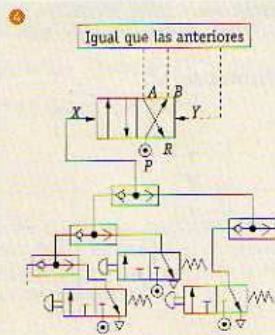
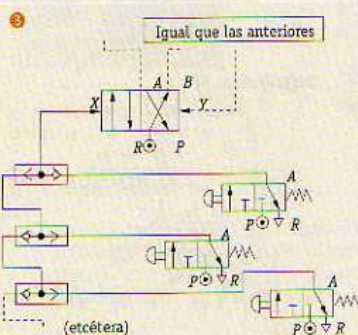
### B. Circuitos neumáticos semiautomáticos

Se emplean cilindros de doble efecto. En ellos, el accionamiento inicial del distribuidor se realiza manualmente, mientras que el retroceso del vástago es automático. Algunos modelos son los recogidos en la Tabla 16.8.



Mando de un cilindro de doble efecto desde varios puntos y retroceso automático. En el gráfico 1 se utiliza un distribuidor 5/2, pero podría haberse utilizado el distribuidor 4/2 que se emplea en el gráfico 2.

El gráfico 2 dispone de un temporizador en el retroceso.



En el gráfico 3 se han utilizado varias válvulas selectoras de circuito o células O para accionar el mismo cilindro desde tantos sitios como se desee. Las células O se utilizan en serie. En el gráfico 4 estas mismas válvulas se utilizan en paralelo para la misma función. El gráfico 5 muestra un circuito semiautomático comandado (pilotado) directamente desde el distribuidor.

Tabla 16.8. Circuitos neumáticos semiautomáticos.

#### ACTIVIDADES

20> Una fábrica de refrescos utiliza un cilindro de doble efecto para poner una de sus etiquetas. Diseña el circuito neumático que permitiría realizar esta labor si se tratase de un circuito semiautomático comandado desde un solo lugar.

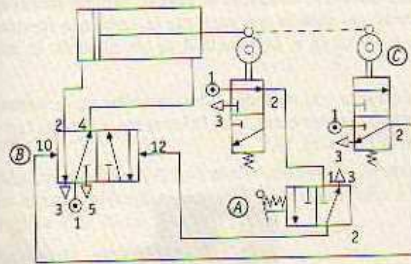
21> Diseña un circuito neumático semiautomático en el que el vástago se acopla a un portabrocas para taladrar madera. Se le exige que el vástago salga cuando el tablero presione sobre un distribuidor y al mismo tiempo el operario pise el pedal de otro distribuidor. La salida del vástago tendrá velocidad regulable.



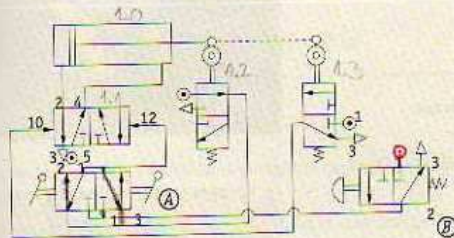
### C. Circuitos neumáticos automáticos

Se denominan **circuitos neumáticos automáticos** a aquellos que, una vez puestos en marcha, están funcionando indefinidamente o realizan una serie de operaciones secuenciadas.

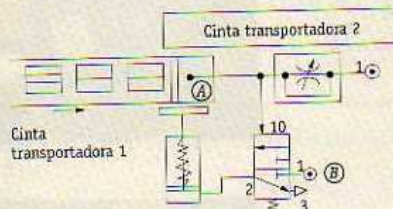
Algunos circuitos básicos de este tipo son los incluidos en la Tabla 16.9.



En la posición actual, el vástago está detenido. Cuando se mueve la palanca del distribuidor (A) hacia la derecha, se pilota el distribuidor hacia la izquierda y sale el vástago. Al pulsar sobre la otra válvula (C), debido al avance del vástago, éste retrocede y está funcionando indefinidamente hasta que la válvula A se pilote manualmente hacia la izquierda.



Se trata de un mando automático de un cilindro, con posibilidad de convertirlo en semiautomático. Si se pulsa sobre B, el cilindro hará un ciclo completo y se parará. Para ponerlo en marcha automáticamente, es necesario pilotar la válvula A hacia la derecha.



El sensor de aire (A) consiste en un dispositivo de estrangulación del aire. El aire se escapa por ese punto, con lo que la presión en la tubería es baja, suficiente para que el muelle del distribuidor (B) se sitúe en la posición de la figura. Cuando una caja procedente de la cinta transportadora 1 tapa el sensor, la presión en la tubería aumenta y se pilota el distribuidor (B), que permite el paso del aire al cilindro. La regulación de la salida de aire permite ajustar adecuadamente el sensor (A).

Tabla 16.9. Circuitos neumáticos automáticos.

### ACTIVIDADES

22> Explica detalladamente el funcionamiento del primero de los circuitos neumáticos estudiados en esta página. Para ello, pon letras a cada una de las válvulas o distribuidores y sigue el camino que recorrería el aire comprimido.

23> Dibuja los elementos ya estudiados que deberías añadir al circuito automático, que aparecen en la parte superior de esta página, para controlar la velocidad de entrada y salida del vástago.



Fig. 16.18. Ejemplo de aplicación oleohidráulica.

## 16.4 Circuitos oleohidráulicos

Los **circuitos oleohidráulicos** (también llamados simplemente circuitos hidráulicos) tienen la ventaja de transmitir altísimas presiones, por lo que la potencia transmitida es muchísimo mayor que en el caso de la neumática. El fluido empleado es un aceite especial que lubrica y transmite potencia.

La diferencia más significativa con respecto a la neumática es que el fluido no se comprime como el aire, por lo que los pistones hidráulicos se pueden detener en cualquier punto del recorrido y permanecerán ahí pase lo que pase con la carga que transporte. Asimismo, el control de caudal, y por tanto el de velocidad de los cilindros, es mucho más sencillo y eficaz.

Los elementos de un circuito hidráulico son análogos a los neumáticos; de hecho, se emplea la misma simbología, aunque los elementos sean físicamente distintos. Los más importantes son los incluidos en la Figura 16.19.

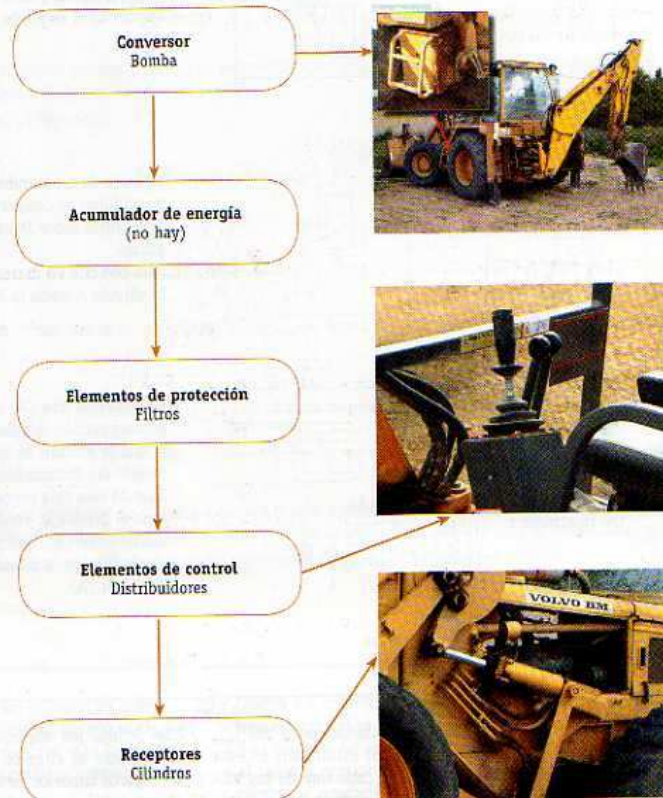


Fig. 16.19. Elementos de un circuito hidráulico.



### A. Fuerza hidráulica

La ley por la que se rigen las transmisiones hidráulicas es el **principio de Pascal**, que dice: la presión en cualquier punto de un líquido, cerrado, es igual en todos sus puntos. Es decir (Fig. 16.20):

$$p_1 = p_2 = p_3$$

$$p_1 = \frac{F_1}{S_1} \quad p_2 = \frac{F_2}{S_2}$$

$$\frac{F_1}{S_1} = \frac{F_2}{S_2}$$

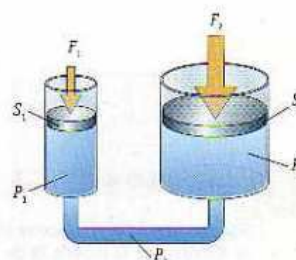


Fig. 16.20. Principio de Pascal.

### EJEMPLO 2

Determina la fuerza  $F_1$  para elevar un vehículo de peso  $F_2 = 2000$  kp, mediante un sistema hidráulico, si el diámetro del émbolo 1 es igual a 2 cm y el del émbolo 2 de 20 cm.

#### Solución

$$S_1 = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 1^2 = 3,14 \text{ cm}^2$$

$$S_2 = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 10^2 = 314 \text{ cm}^2$$

$$F_1 = (F_2/S_2) \cdot S_1 = (2000/314) \cdot 3,14 = 20 \text{ kp}$$

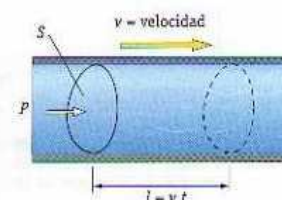


Fig. 16.21. Determinación del caudal en función de la sección y la velocidad.

### B. Caudal

Hay muchos sistemas hidráulicos en los que se emplea una bomba movida por un motor, en vez de hacerlo manualmente.

El caudal ( $Q$ ) que es capaz de proporcionar una bomba hidráulica se suele medir en litros por minuto (Fig. 16.21).

$$Q = \text{volumen/tiempo} = S \cdot l/t = S \cdot v \cdot t/t = S \cdot v$$

$$Q = \text{superficie} \cdot \text{velocidad}$$

### EJEMPLO 3

Calcula el caudal en litros por minuto que atraviesa una tubería de 2 cm de diámetro si la velocidad del líquido es de 3 m/s.

#### Solución

$$S = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 1^2 = 3,14 \text{ cm}^2 = 0,0314 \text{ dm}^2$$

$$Q = 0,0314 \cdot 30 = 0,942 \text{ dm}^3/\text{s} = 0,942 \text{ l/s} = 56,52 \text{ l/min}$$

$$Q = 56,55 \text{ l/min}$$

### ACTIVIDADES

24> Calcula el peso máximo que se podrá levantar con un gato hidráulico si la fuerza sobre el émbolo pequeño es de 80 N y los diámetros de los émbolos son de 1 cm y 22 cm, respectivamente.

$$S: 38720 \text{ N}$$

### C. Potencia hidráulica

Se sabe que la potencia de una máquina es igual a la fuerza por la velocidad ( $P = F \cdot v$ ). En un circuito hidráulico, la fuerza es igual a la presión por la superficie:  $F = p \cdot S$ . Luego:

$$P = F \cdot v = p \cdot S \cdot v = p \cdot Q$$

$$\text{Potencia} = \text{presión} \cdot \text{caudal}$$

#### EJEMPLO 4

Por una tubería circula aceite hidráulico a una presión de  $40 \text{ kp/cm}^2$ . Sabiendo que su velocidad es de  $12 \text{ m/min}$  y que el diámetro de la tubería es de  $12 \text{ mm}$ , determina el caudal y la potencia transmitida.

#### Solución

Pasamos todo al Sistema Internacional.

$$D = 12 \text{ mm} = 0,012 \text{ m}; v = 12 \text{ m/min} = 0,2 \text{ m/s}$$

$$S = \pi \cdot R^2 = 3,14 \cdot 0,006^2 = 1,13 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$$

$$Q = S \cdot v = 0,2 \cdot 1,13 \cdot 10^{-4} = 2,26 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Presión} = p = 40 \text{ kp/cm}^2 = 40 \cdot 10^4 \text{ kp/m}^2 = 4 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$$

$$\text{Potencia} = P = p \cdot Q = 4 \cdot 10^6 \cdot 2,26 \cdot 10^{-5} = 90,48 \text{ W}$$

### D. Resistencia hidráulica

La **resistencia hidráulica** es aquella que oponen las tuberías y elementos hidráulicos al paso del aceite.

Dicha resistencia será mayor cuanto más larga sea la tubería, menos sección tenga, más rugoso sea el tubo interiormente y mayor sea la viscosidad del aceite. Viene dada por la fórmula siguiente:

$$R = 0,062 \cdot \mu \cdot l/d^4$$

Donde  $R$  = resistencia de la tubería (en  $\text{St} \cdot \text{m/cm}^4$ );  $\text{St}$  = stokes

$\mu$  = viscosidad (en stokes,  $\text{St}$ )

$l$  = longitud de la tubería (en metros)

$d$  = diámetro interior del tubo (en centímetros)

#### EJEMPLO 5

Calcula la resistencia que ofrece una tubería de  $1 \text{ cm}$  de diámetro interior si su longitud es de  $5 \text{ m}$  y se emplea un aceite de  $5$  grados Engler ( $^\circ\text{E}$ ). Sugereencia: véase la Tabla 16.10.

#### Solución

$$R = (0,062 \cdot 0,37 \cdot 5)/1^4 = 0,1147 \text{ St} \cdot \text{m/cm}^4$$

La resistencia hidráulica de otros elementos intercalados en la instalación, como filtros, codos, válvulas, etc., la especifica el fabricante.

Aceite hidráulico	$^\circ\text{E}$	Viscosidad (St)
Aceites muy ligeros	1,3	0,04
(ideales para bajas temperaturas)	1,5	0,06
	2	0,11
	2,5	0,17
	3	0,21
Aceites medios	3,5	0,25
(ideales para temperaturas medias)	4	0,30
	4,5	0,33
	5	0,37
	6	0,45
	6,5	0,49
Aceites pesados	7	0,53
(para altas temperaturas)	8	0,60
	9	0,68
	10	0,76

Tabla 16.10. Viscosidad (en stokes =  $\text{cm}^2/\text{s}$ ) de algunos aceites hidráulicos en función de la viscosidad en grados Engler ( $^\circ\text{E}$ ).



### E. Caída de presión

La caída de presión o pérdida de presión viene dada por la siguiente expresión:

$$\Delta p = p_0 - p_1 = R \cdot Q$$

$Q$  = Caudal (L/s)  
 $R$  = Resistencia hidráulica ( $\text{St} \cdot \text{m}/\text{cm}^4$ )  
 $\Delta p$  = Caída de presión ( $\text{kp}/\text{cm}^2$ )

### EJEMPLO 6

Determina la caída de presión que experimentará un aceite hidráulico de 5 °E (cinco grados Engler) sabiendo que circula por una tubería de 5 mm de diámetro y que el caudal es igual a  $Q = 50 \text{ l/min}$ . La longitud del tubo es de 8 m.

#### Solución

$$\begin{aligned} \mu &= 0,37 \text{ St}; Q = 50 \text{ l/min} = 50/60 \text{ l/s} = 0,83 \text{ l/s} \\ R &= (0,062 \cdot 0,37 \cdot 8)/0,5^4 = 0,18352/0,0625 = 2,93632 \text{ St} \cdot \text{m}/\text{cm}^4 \\ \Delta p &= R \cdot Q = 2,93632 \cdot 0,83 = 2,45 \text{ kp}/\text{cm}^2 \end{aligned}$$

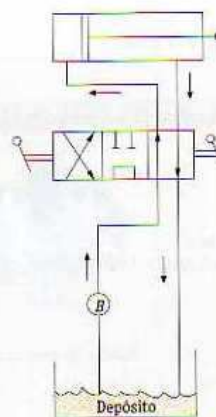


Fig. 16.22. Ejemplo de circuito hidráulico en el que se tiene en cuenta la resistencia de los receptores y la tubería.

### F. Acoplamiento de elementos hidráulicos

La analogía entre circuitos hidráulicos y eléctricos es total, por lo que es aplicable a circuitos en serie, paralelo y acoplamiento mixto.

- **Receptores en serie.** La resistencia equivalente es igual a  $R_T = R_1 + R_2 + R_3 \dots$

En el circuito de la Figura 16.22 el aceite sale y regresa al depósito, aunque en este instante el aceite que regresa es el que estaba en la parte derecha del cilindro. A efectos de cálculo, se puede suponer que el aceite ha recorrido todo el circuito. Por tanto, habrá tres resistencias: la del tubo, la del distribuidor y la del cilindro.

- **Receptores en paralelo.** Su resistencia equivalente es 
$$R = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

Donde  $R_1, R_2, R_3, \dots$  son las resistencias de cada uno de los receptores hidráulicos conectados en paralelo.

Si aparecen **circuitos mixtos**, se resuelven de manera análoga a como se hacía con los circuitos eléctricos.

### ACTIVIDADES

- 25> Calcula la potencia de una bomba que ha de impulsar un caudal de aceite de  $Q = 80 \text{ l/min}$  a un cilindro de 40 mm de diámetro, a través de un tubo de 8 mm. La longitud del tubo es de 6 m y el aceite utilizado es de 6 °E. La resistencia que ofrece el cilindro es de  $0,003 \text{ St} \cdot \text{m}/\text{cm}^4$  y la de un distribuidor es de  $0,08 \text{ St} \cdot \text{m}/\text{cm}^4$ . La presión de la bomba es de  $40 \text{ kp}/\text{cm}^2$ . Determina la fuerza que ejerce el vástago.  
 S:  $5\,226,67 \text{ W}$ ;  $F = 4,84 \cdot 10^3 \text{ N}$

- 26> ¿Identifica la fórmula de la caída de presión con alguna otra fórmula ya estudiada con anterioridad?  
 ¿Con cuál?

- 27> Haz una relación con al menos tres máquinas reales que funcionen basándose en el principio de Pascal.



## 16.5 Elementos de un circuito hidráulico

Los elementos más importantes son: *bombas, válvulas y cilindros*.

Casi la totalidad de la simbología coincide con los elementos neumáticos. Solamente se representan los que son distintos.

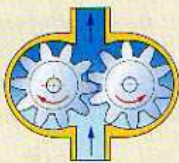
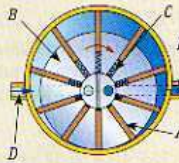
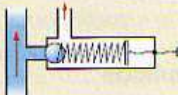
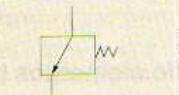
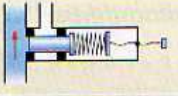
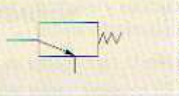
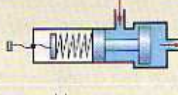
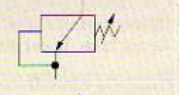

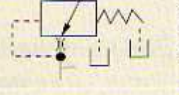
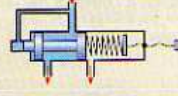
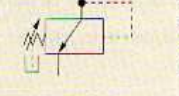


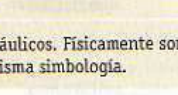
Elementos de un circuito hidráulico				
Bombas hidráulicas		Los engranajes giran en sentido contrario. El transporte del aceite se hace en los huecos de los dientes por la parte exterior (según indican las flechas).		En el rotor (B) van ajustados todos los pistones (A). El fluido entra por la tubería (D) y está en contacto con la zona próxima a los muelles (C). Cuando gira el rotor, los pistones aspiran el aceite hasta llegar a la parte central superior. Luego lo expulsan por la tubería de la derecha (E).
	Bomba de engranajes		Bomba de pistones	
Válvulas hidráulicas		Válvula de descarga		Protege las instalaciones de excesos de presión.
		Válvula de seguridad		Es análoga a la válvula de descarga, pero la bola se ha sustituido por un cilindro que reduce las oscilaciones.
		Válvula reductora de presión		Una presión variable a la entrada la convierte en constante a la salida. La presión de salida es regulable.
		Válvula de caída de presión		Sirve para mantener constante la diferencia de presión entre dos puntos de un circuito.
		Válvula de derivación		A partir de una determinada presión, abre un segundo camino para el fluido. Este punto es regulable.
		Válvula 4/3 de inversión con centro cerrado		La posición central (de reposo) permite bloquear el cilindro.
		Válvula 4/3 de inversión con centro abierto		Igual que el anterior y, además, con circulación de fluido por la parte inferior.
Cilindros	Análogos a los cilindros hidráulicos. Físicamente son mucho más robustos, ya que tienen que resistir muchísima más presión. Se emplea la misma simbología.			

Tabla 16.11. Elementos de un circuito hidráulico.

## 16.6 Circuitos oleohidráulicos básicos

Industrialmente, los circuitos hidráulicos u oleohidráulicos se fabrican de dos maneras: como circuitos puros (en los que solamente hay elementos hidráulicos) y como híbridos (combinan la neumática y la hidráulica).

CD y CEO

En el CD puedes encontrar actividades prácticas.

### A. Circuitos hidráulicos puros

Muy utilizados en máquinas herramientas, para la fabricación de piezas, así como en frenos de automóviles. Tanto el accionamiento como la transmisión de potencia se realizan con fluido hidráulico. Cabe resaltar los circuitos incluidos en la Tabla 16.12.

#### ■ Circuito con válvula reguladora de caudal (estrangulador)

El aceite que está en el depósito (1) es aspirado por la bomba (B) que pasa a través de un filtro (F), y es enviado hacia el cilindro (2). El distribuidor (3), en posición de reposo, impide que el aceite pueda ascender. Cuando la presión en la tubería sobrepasa un valor, la válvula de seguridad (4) se abre, devolviendo el aceite al depósito y evitando que el motor eléctrico pueda estropearse al no girar.

En esta posición, el vástago del cilindro no se puede mover, por muy grande que sea la fuerza que actúe sobre él.

Cuando se pivota el distribuidor (3), el fluido asciende, entrando en una de las cámaras del cilindro y transmitiendo una gran fuerza al vástago. El aceite de la cámara opuesta sale y pasa al reductor de presión (5), regresando de nuevo al depósito. El manómetro ayudará a ver qué presión tiene el fluido en cada momento.

#### ■ Circuito hidráulico con dos bombas

La bomba (4) saca el aceite de una cámara del cilindro y lo lleva a la otra; trabajará en circuito cerrado.

La bomba (2) suministra un caudal muy pequeño que compensa las posibles fugas a través de la válvula de seguridad (5) por excesos de presiones debidos a una fuerza brusca sobre el vástago.

En la posición de la figura, el pistón y el vástago están inmovilizados. Por muy grande que sea la fuerza que actúe sobre ellos, no se moverán.

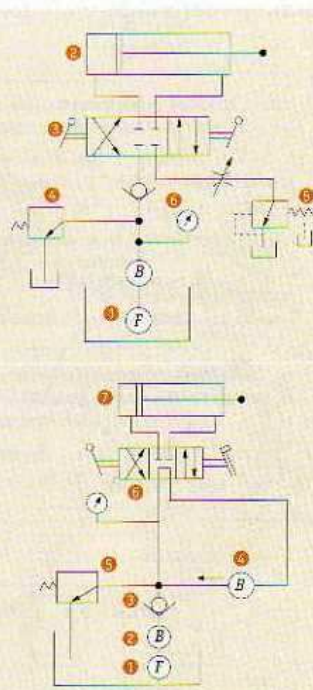


Tabla 16.12. Circuitos hidráulicos puros.

### ACTIVIDADES

28> Averigua qué función realiza la válvula antirretorno que está colocada en el circuito hidráulico dibujado en la parte superior de la Tabla 16.12.

29> ¿Cómo se podría regular la velocidad de avance y retroceso del vástago del circuito inferior y mostrado en la Tabla 16.12? ¿Qué función cumple la válvula antirretorno?



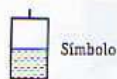


Fig. 16.23. Convertidor de presión.

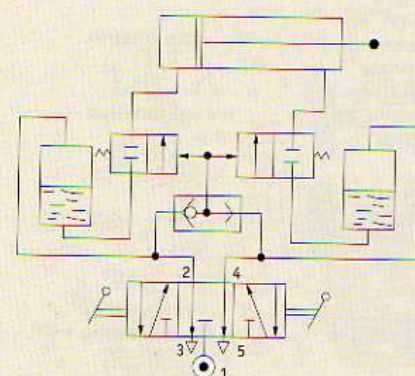
## B. Circuitos hidráulicos híbridos

En estos circuitos, la neumática se emplea para el control de los distribuidores y la hidráulica para la transmisión de potencias, accionando directamente los cilindros.

Las aplicaciones de estos circuitos son muy variadas: elevadores de coches en talleres, accionar los alerones de los aviones, elevadores para cargar camiones, y tantos otros.

Para combinar adecuadamente aire y aceite hidráulico es necesario un elemento denominado **convertidor de presión**. Este tipo de dispositivo cumple dos funciones: almacenar el aceite necesario para alimentar el cilindro durante su ciclo completo y transformar las órdenes neumáticas en acciones hidráulicas. Consiste básicamente en un cilindro hueco con aceite en la parte inferior y aire comprimido en la superior (Fig. 16.23).

Los circuitos básicos de tipo híbrido son los incluidos en la Tabla 16.13.

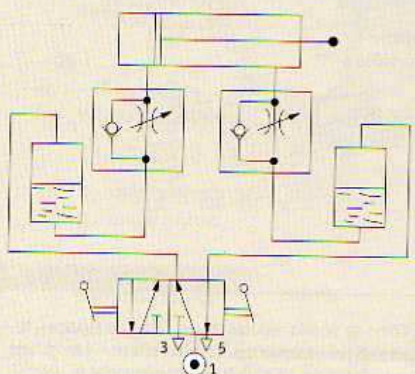


### ■ Bloqueo de cilindro en cualquier punto de la carrera

El distribuidor neumático es de cinco vías y tres posiciones, y se acciona mediante una palanca.

Al girarlo hacia la izquierda, el aire, procedente de 1, conmuta las válvulas 2/2 y ejerce una gran presión sobre el aceite hidráulico dentro del convertidor de presión que está situado a la izquierda.

El aceite entrará en la cámara izquierda del cilindro y hará que el émbolo y el vástago se muevan hacia la derecha. El aceite de la cámara de la derecha se almacenará en el convertidor de presión de la derecha.



### ■ Regulación de la velocidad de salida y de retorno

La colocación de dos válvulas reguladoras de caudal permite controlar la cantidad de fluido que sale del cilindro, con lo que ayuda a regular la velocidad del vástago.

El hecho de que se emplee aire comprimido facilita el empleo de válvulas 5/2 para detener el émbolo al principio o final de carrera. No se puede bloquear en puntos intermedios.

Tabla 16.13. Circuitos hidráulicos híbridos.

## Autoevaluación

- 1> La unidad de presión en el Sistema Internacional se denomina:
- a) atm                      b)  $\text{kp/cm}^2$   
c) bar                      d) Pa
- 2> Uno de los siguientes elementos no forma parte de un circuito neumático.
- a) Acumulador              b) Lubricador  
c) Controlador              d) Filtro
- 3> Las tuberías que transportan aire comprimido deben tener una inclinación de:
- a)  $1,5^\circ$                       b)  $5^\circ$   
c)  $10^\circ$                       d)  $15^\circ$
- 4> El número de agujeros que posee una válvula de dirección o distribuidor se conoce con el nombre de:
- a) Vías                      b) Posiciones  
c) Contactos              d) Estados
- 5> Señala qué distribuidor de los citados a continuación no se emplea:
- a) 2/2                      b) 5/3  
c) 3/4                      d) 5/2
- 6> Si la presión que actúa sobre un cilindro de diámetro 5 cm es de 6 bar, ¿qué fuerza ejercerá sobre el vástago en el retroceso si tiene un diámetro de 1 cm?
- a) 3,18 kp                      b) 113,1 kp  
c) 9,81 kp                      d) 17,23 kp
- 7> Señala qué parámetros de los indicados a continuación no influyen en la resistencia que opone una tubería al paso de un fluido hidráulico:
- a) Viscosidad              b) Densidad  
c) Diámetro              d) Longitud
- 8> ¿Cuál de las expresiones siguientes indica el caudal de aceite que puede proporcionar una bomba?
- a)  $Q = \text{superficie} \cdot \text{velocidad}$       b)  $Q = F \cdot S$   
c)  $Q = \text{potencia} \cdot \text{presión}$       d)  $Q = \text{presión} \cdot \text{caudal}$
- 9> El elemento que transforma la energía hidráulica en energía mecánica se denomina:
- a) Compresor              b) Válvula antirretorno  
c) Distribuidor              d) Cilindro
- 10> En un circuito híbrido (neumático-hidráulico), el elemento que se encarga de transformar la energía neumática en energía hidráulica se llama:
- a) Pistón monofásico      b) Distribuidor  
c) Convertidor de presión      d) Diafragma

## SOLUCIONES

1. d; 2. c; 3. a; 4. a; 5. c; 6. b; 7. b; 8. a; 9. d; 10. c.





## Problemas propuestos

### Para repasar

- 1> Define qué es la neumática.
- 2> Indica cuáles son las unidades de fuerza, presión, potencia y superficie en los tres sistemas de unidades.
- 3> Convierte a pascuales (Pa) las siguientes unidades de presión: 4 bar, 9 atm, 3 kp/cm<sup>2</sup> y 85 PSI.  
S:  $4 \cdot 10^5$ ;  $9 \cdot 10^5$ ;  $3 \cdot 10^5$  y  $5,86 \cdot 10^5$
- 4> Indica cuáles son los múltiplos del pascal (Pa) y cuánto valen.
- 5> Representa, mediante diagramas conceptuales, los elementos de un circuito genérico. Señala cómo se llama el elemento neumático que debe ir en su lugar.
- 6> ¿Para qué se emplea la neumática?
- 7> Explica el funcionamiento de los compresores más empleados en neumática.
- 8> Indica qué función realiza cada uno de los elementos de producción y tratamiento del aire comprimido estudiados a lo largo de esta Unidad.
- 9> ¿Qué tipo de redes de distribución de aire comprimido existen? ¿Qué características tiene cada una?
- 10> ¿Cuáles son los símbolos utilizados para señalar que hay una toma de aire comprimido tratado adecuadamente?
- 11> Explica qué son las válvulas de dirección o distribuidores y para qué se emplean.
- 12> ¿En qué se diferencia un distribuidor 3/2 de uno 3/3?
- 13> Explica en qué consiste una válvula de tres posiciones.
- 14> ¿En qué consiste el pilotaje de una válvula o distribuidor?
- 15> Dibuja un distribuidor 3/2 e identifica sus vías mediante una designación alfabética.
- 16> Representa una válvula 2/2 de mando neumático y retroceso mediante palanca.

- 17> Explica para qué se usa una válvula antirretorno, un regulador de caudal unidireccional y un temporizador. Dibuja el símbolo de cada uno de ellos.
- 18> ¿Qué son las válvulas o células O e Y? ¿Para qué valen? Representa su símbolo.
- 19> ¿Cómo se define la oleohidráulica?
- 20> ¿Qué es la resistencia hidráulica?
- 21> ¿A qué se llama acoplamiento de elementos hidráulicos? ¿Cuántos existen?
- 22> Dibuja las siguientes válvulas hidráulicas: reductora de presión, de seguridad, de descarga y de derivación.

### Para repasar

- 23> En la fabricación de ladrillos refractarios se emplea un cilindro de simple efecto de diámetro 15 cm, para comprimirlos. Determina la presión del aire comprimido utilizado si se necesita una fuerza de 13 000 N. Calcula también qué caudal mínimo debe proporcionar el compresor si la longitud de salida del vástago es de 50 cm y realiza 35 emboladas por minuto.  
S:  $7,51 \text{ kp/cm}^2$ ;  $Q = 309,25 \text{ l/min}$
- 24> Dibuja un circuito neumático que se pueda emplear para abrir y cerrar una puerta de un garaje al presionar sobre el pulsador, desde el interior o desde el exterior.
- 25> Representa el circuito neumático que se podría emplear<sup>(1)</sup> para subir y bajar cargas de la parte trasera de un camión.
- 26> Dibuja un circuito neumático de mando indirecto utilizando un distribuidor 4/2, que permita regular la velocidad de salida y retroceso del vástago de un cilindro. Todas las salidas de aire a la atmósfera llevarán silenciador.

<sup>(1)</sup> Ya sabes que la neumática no es muy adecuada para empleos en los que el vástago pueda estar sometido a fuerzas variables, puesto que el aire es fácilmente compresible y, al subirse a la plataforma, puede hundirse un poco.

## Problemas propuestos

27> Determina la presión que será capaz de proporcionar una bomba hidráulica a un aceite si la potencia del motor es de 200 W y el caudal  $Q = 2,4$  l/min. Se supone que el rendimiento es del 100%.

S:  $p = 51,02$  kp/cm<sup>2</sup>

28> Describe el funcionamiento de las bombas hidráulicas.

29> ¿Qué ventajas e inconvenientes tienen los circuitos hidráulicos híbridos frente a los neumáticos e hidráulicos puros?

## Para profundizar

30> Busca alguna aplicación real en tu entorno e identifícala con alguno de los circuitos neumáticos automáticos estudiados en este libro.

31> Para elevar un coche en un taller se emplea un gato hidráulico de pedal basado en el principio de Pascal. Si se desea hacer una fuerza de 10 kp con el pie, presionando sobre el pistón más pequeño, que tiene un diámetro de 2 cm, averigua qué diámetro deberá tener el pistón grande si el coche pesa 2000 kp.

S:  $D = 28,28$  cm

32> ¿Cuántas emboladas será necesario dar al pistón pequeño del ejercicio anterior para que el coche se eleve 2 metros? La longitud de recorrido del vástago pequeño es de 12 cm.

S: 3333,33 emboladas

33> Una bomba hidráulica proporciona un caudal de 0,8 l/s con una presión de 95 kp/cm<sup>2</sup>. Si la tubería en la que está acoplado tiene un diámetro de 8 mm y una longitud de 25 m (ida y vuelta), determina la diferencia de presión efectiva en los extremos del émbolo de un cilindro de doble efecto. El aceite tiene una viscosidad de 4 °E (grados Engler) y se desprecian rozamientos y otras resistencias.

S: 94,09 kp/cm<sup>2</sup>

34> ¿Qué fuerza efectuará el vástago del cilindro del problema anterior si el diámetro del émbolo es de 3 cm? ¿Con qué velocidad se desplazará el vástago?

S: 665,10 kp;  $v = 1,13$  m/s

35> Dibuja cuál podría ser el circuito hidráulico de los frenos de un camión en los que al pulsar el pedal saliese el vástago y al dejar de pulsarlo se recogiese.

36> Representa un circuito hidráulico híbrido que se pueda aplicar para descargar y cargar mercancías de la parte posterior de un camión. Ten presente que en un momento determinado puede interesar mantener la carga parada en cualquier punto de su recorrido.

37> Explica qué ventajas e inconvenientes aporta el empleo de cada uno de los dos circuitos hidráulicos híbridos que aparecen al final de esta Unidad (página 338).

38> Emplea el Simulador de Circuitos Neumáticos PNEUSIM para realizar las siguientes actividades:

- Carga en pantalla algunos de los circuitos que vienen de ejemplos en el programa, empezando por los más sencillos, y visualiza su funcionamiento mediante la orden "Simulación" que aparece en la barra de herramientas del programa. A continuación identifica todos los elementos neumáticos e indica para qué sirve cada uno y cómo se llaman.
- Accede a la biblioteca y comienza a diseñar tus propios circuitos. Selecciona los elementos neumáticos que necesites, arrástralos por la pantalla para colocarlos en su sitio y, finalmente, simula su funcionamiento.

Nota: Este programa es muy intuitivo, por lo que no se necesitan muchos conocimientos de informática para manejarlo.

## Actividades en grupo

39> En el aula taller se puede llevar a cabo una serie de prácticas con el equipo de neumática que se tenga en el centro. Para ello es necesario que conozcáis qué tipo de válvulas y distribuidores se tienen y qué cantidad necesitamos de cada una. A partir de ahí, se pueden formar grupos de tres personas que, durante algún tiempo, pueden diseñar algunos circuitos concretos que den respuesta a necesidades específicas.

Mientras unos alumnos diseñan, otros pueden estar montando los elementos y comprobando que funcionan según lo previsto.





## Curiosidades

### El personaje

En el año 1588, Agostino Ramelli publica un libro con el título *Las variadas e ingeniosas máquinas*. En este libro se muestran cerca de 200 láminas que explican el funcionamiento de multitud de máquinas hidráulicas, algunas de las cuales todavía se emplean en la actualidad, como por ejemplo la bomba de paletas.

### Bicicletas automáticas

La empresa alemana Mercedes-Benz acaba de lanzar al mercado una gama de bicicletas bastante peculiares. Sus características más relevantes son:

- Disponen de un sistema de suspensión neumático, controlado electrónicamente, que hace que los baches sean algo del pasado.
- Su caja de cambios de ocho velocidades es totalmente automática y accionada electrónicamente.
- Y, para que pasear de noche sea un placer, incorpora un sistema de iluminación con sensor que conecta automáticamente las luces cuando la luminosidad es baja.



### El coche de aire comprimido

La firma luxemburguesa MDI está a punto de lanzar al mercado un coche que utiliza aire comprimido como fuente de energía. Tiene la ventaja de no contaminar el medio ambiente y de resultar extraordinariamente económico, ya que el consumo por cada 100 km recorridos sería de unos 60 céntimos de euro frente a los 5 euros que consumiría un utilitario de gasolina actual.

El coche tiene una potencia de unos 50 CV y puede alcanzar una velocidad punta de 130 km/h. Está pensado especialmente para itinerarios urbanos y tiene una autonomía de 300 km, equivalente a 10 horas de uso, con una velocidad media de 17 km/h, que es lo habitual en una ciudad de tamaño medio. El coche se suministra con un compresor que tarda en cargar el depósito unas 4 horas.