

# PRINCIPIOS DE HIDRÁULICA Y NEUMÁTICA

La oleohidráulica, frente a la mecánica tradicional, presenta las siguientes ventajas: reducción de desgaste y mantenimiento, está exenta de vibraciones y fácil regulación de la velocidad.

El fluido utilizado es un aceite obtenido de la destilación del petróleo, de ahí el nombre de oleohidráulica.

## PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS HIDRÁULICOS

### Densidad ( $\rho$ )

Suponiendo el fluido homogéneo, la densidad

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (\text{kg/m}^3)$$

La compresión que sufren los aceites hidráulicos la podemos considerar despreciable. Por lo tanto, la densidad del fluido no varía significativamente con la presión.

### Densidad relativa ( $\rho_r$ ) a igual temperatura

$$\rho_r = \frac{\rho_f}{\rho_a}$$

$\rho_f$  = densidad del fluido

$\rho_a$  = densidad del agua

### Presión de vapor

Es la presión que ejercen las moléculas de un líquido al vaporizarse sobre la superficie del líquido. Esta presión depende de la temperatura. Si la presión de vapor se iguala a la del ambiente, el fluido hierve.

### Cavitación

Fenómeno que produce que en un fluido se forme una bolsa de vapor (de ese fluido) que vuelve a condensarse. Este fenómeno erosiona las partes metálicas que tiene a su alrededor, al someterlas a grandes gradientes de presión.

### Viscosidad

Es debida al roce entre las moléculas de un fluido. Por lo tanto, representa una medida de la resistencia del fluido a su movimiento. En todos los líquidos, la viscosidad disminuye con el aumento de la temperatura.

**Punto de fluidez**

Está caracterizado por la temperatura más baja a la que un líquido puede fluir.

**Índice de viscosidad (I.V.)**

Existen diferentes tablas de clasificación de los aceites en función de su viscosidad. Destaca la americana S.A.E. en la que se obtiene la viscosidad del aceite en cuestión, comparándola con dos aceites patrones. Como la viscosidad es función de la temperatura, para los aceites de automoción se indican dos viscosidades, por ejemplo 15 W 40, donde 40 representa la viscosidad a temperatura de arranque y 15 a la temperatura normal de funcionamiento de la máquina.

**Capacidad de lubricación**

Todo ingenio mecánico que tenga partes móviles con rozamiento entre ellas presenta una holgura controlada, en la que se deposita una película de aceite que impide la fricción entre dichas piezas, alargando la vida útil de la máquina y aumentando el rendimiento total, puesto que reduce el rozamiento.

**Resistencia a la oxidación**

Los aceites no sintéticos, son compuestos orgánicos derivados del petróleo con componentes químicos, tales como el carbono e hidrógeno, que reaccionan fácilmente con el oxígeno atmosférico, degradando considerablemente al aceite. Aunque la oxidación aumenta con la temperatura, no es significativa para temperaturas inferiores a los 57 °C.

**Régimen laminar**

Se produce cuando las moléculas del fluido se desplazan dentro de una conducción de forma ordenada.

**Régimen turbulento**

Se produce cuando las moléculas del fluido se desplazan dentro de una conducción de forma desordenada.

El cociente entre la fuerza de inercia,  $F_i = m \cdot a$ , tiende a provocar la turbulencia y

las fuerzas viscosas  $F_u = \mu \cdot S \cdot \frac{\Delta v}{\Delta y}$  las amortiguan.

Se denomina número de Reynolds (**Re**)

$$Re = \frac{F_i}{F_u}$$

En el caso de una sección circular

$$Re = \frac{\rho \cdot v \cdot D}{\mu}$$

$\rho$  = Densidad en  $\text{gr/cm}^3$

$v$  = Velocidad del fluido en  $\text{cm/s}$

$D$  = Diámetro del tubo en  $\text{cm}$

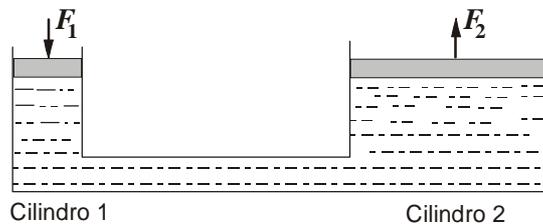
$\mu$  = Viscosidad del fluido en Poisses en  $\text{gr}/(\text{cm}\cdot\text{s})$

Se ha determinado, de forma experimental, que para un número de  $Re < 2000$  tenemos un régimen laminar y para un número de  $Re > 2000$  tenemos un régimen turbulento.

## PRINCIPIOS FÍSICOS

### Principio de Pascal

La presión aplicada a un fluido confinado se transmite íntegramente en todas las direcciones y ejerce fuerzas iguales sobre áreas iguales, actuando estas fuerzas normalmente a las paredes del recipiente.



$$p_1 = \frac{F_1}{A_1}$$

$$p_2 = \frac{F_2}{A_2}$$

$$p_1 = p_2$$

$$\boxed{\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}}$$

En cuanto a los desplazamientos de los émbolos, como el volumen de líquido que sale del cilindro 1 es igual al que entra en el cilindro 2

$$V_1 = A_1 \cdot l_1$$

$$V_2 = A_2 \cdot l_2$$

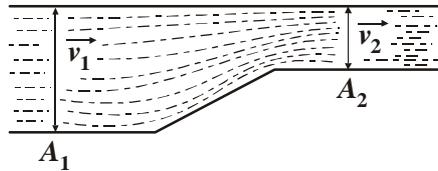
$$V_1 = V_2$$

$$\boxed{A_1 \cdot l_1 = A_2 \cdot l_2}$$

$l_1$  desplazamiento del émbolo 1

$l_2$  desplazamiento del émbolo 2

## Ley de continuidad



Considerando a los líquidos como incomprensibles y con densidades constantes, por cada sección de un tubo pasará el mismo caudal por unidad de tiempo.

$$\begin{array}{l}
 Q_1 = \frac{V_1}{t} = \frac{A_1 \cdot l_1}{t} = A_1 \cdot v_1 \\
 Q_2 = \frac{V_2}{t} = \frac{A_2 \cdot l_2}{t} = A_2 \cdot v_2 \\
 Q_1 = Q_2
 \end{array}
 \quad \left| \quad \boxed{A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2} \right.$$

Ley de continuidad

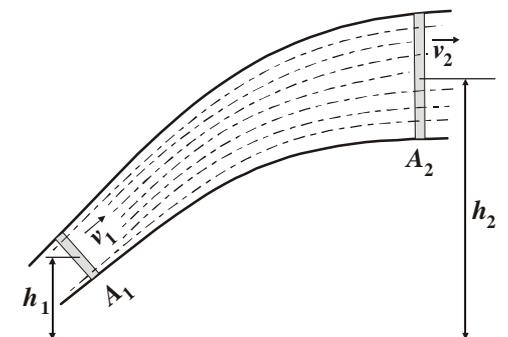
Cuando las secciones de las conducciones son circulares.

$$\boxed{D_1^2 \cdot v_1 = D_2^2 \cdot v_2}$$

donde la velocidad varía de forma inversamente proporcional al cuadrado del diámetro.

## Teorema de Bernoulli

Si consideramos dos secciones en un mismo conductor, podemos establecer el siguiente balance energético:



**Energía estática potencial:** depende de la masa y la posición relativa de esa masa.

$$\boxed{m \cdot g \cdot h_1 \rightarrow m \cdot g \cdot h_2}$$

**Energía hidrostática debida a la presión:** determina el trabajo desarrollado en cada momento

$$p_1 \cdot A_1 \cdot l_1 = F_1 \cdot l_1 = W_1$$

$$p_2 \cdot A_2 \cdot l_2 = F_2 \cdot l_2 = W_2$$

**Energía hidrodinámica:** es debida a la energía cinética del fluido, por lo tanto depende de la velocidad.

$$\frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 \rightarrow \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2$$

Si consideramos dos secciones diferentes, tal y como se indican en la figura anterior, y sumamos todas las energías que entran en juego:

$$m \cdot g \cdot h_1 + p_1 \cdot A_1 \cdot l_1 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_1^2 = m \cdot g \cdot h_2 + p_2 \cdot A_2 \cdot l_2 + \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_2^2$$

Como  $A \cdot l$  es el volumen desplazado del fluido, y como  $V_1 = V_2 = V$  y

$$\rho = \frac{m}{V} \Rightarrow m = \rho \cdot V,$$

quedaría:

$$\rho \cdot g \cdot h_1 + p_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = \rho \cdot g \cdot h_2 + p_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2$$

denominada ecuación de Bernoulli

En instalaciones horizontales, la variación de energía potencial es cero, por lo que:

$$p_1 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_1^2 = p_2 + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_2^2$$

Por lo tanto, si disminuye la velocidad, debe aumentar la presión para que la igualdad se mantenga. Por otra parte, como la masa de fluido en una determinada sección es pequeña, la energía cinética, aunque tengamos velocidades considerables, es despreciable en instalaciones de este tipo. El transporte de energía es función de la presión a que sometemos el fluido.

## Potencia (P)

La potencia necesaria de la bomba es función de:

$$P = \frac{p \cdot Q}{\eta}$$

$P$  = Potencia en W

$p$  = Presión en  $\text{N/m}^2 = \text{Pa}$

$Q$  = Caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$

$\eta$  = Rendimiento de la bomba **en tanto por uno**

### Pérdidas de carga ( $h_f$ )

Tanto en régimen laminar como turbulento, representa la disminución de presión que experimenta un líquido al circular por un conductor.

$$h_f = \psi \cdot \frac{l \cdot v^2}{2 \cdot g \cdot D}$$

$h_f$  = Pérdida de carga expresada en altura de columna de líquido

$l$  = Longitud del conducto

$D$  = Diámetro del conducto

$v$  = Velocidad del líquido

$g$  = Constante de gravedad

$\Psi$  = Coeficiente de fricción.

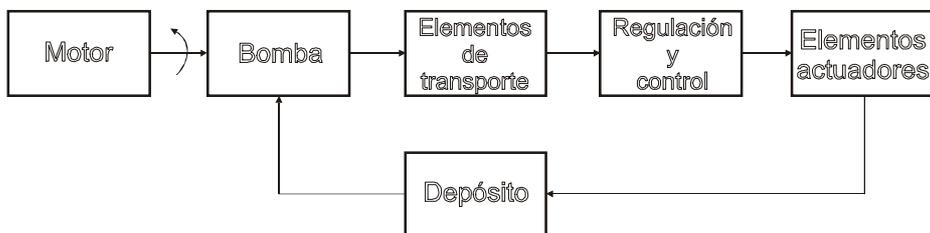
En el caso de régimen laminar  $\psi = \frac{64}{Re}$

### Resistencia hidráulica ( $R$ )

Es la resistencia que oponen los elementos del circuito hidráulico al paso del líquido.

$$R = \frac{\Delta p}{Q}$$

### Estructura de bloques de una instalación oleohidráulica



## Elementos de las instalaciones hidráulicas

### Bombas

Nos proporcionan una presión y caudal adecuado de líquido a la instalación.

#### Datos necesarios de las bombas:

- o Caudal que proporciona.
- o Presión de trabajo.

#### Tipos de bombas:

- o De émbolo.
- o Rotativas.

### Depósito

Su misión es recuperar el fluido después de usarlo y mantener un nivel adecuado al uso de la instalación.

### Acondicionadores del aceite

Son dispositivos que nos permiten mantener el aceite en unas condiciones de limpieza adecuadas al uso de los elementos de la instalación, de tal manera, que alarga la vida de ésta. Estos elementos son:

#### Filtro

Es el encargado de retirar del aceite las partículas sólidas en suspensión (trozos de metal, plásticos, etc.)

#### Manómetro

Se pone después de la bomba e indica la presión de trabajo.

### Red de distribución

Debe garantizar la presión y velocidad del aceite en todos los puntos de uso. En las instalaciones oleohidráulicas, al contrario de las neumáticas, es necesario un circuito de retorno de fluido, ya que este se vuelve a utilizar una y otra vez.

El material utilizado suele ser acero o plástico reforzado y depende de su uso.

### Elementos de regulación y control

Son los encargados de regular el paso del aceite desde las bombas a los elementos actuadores. Estos elementos, que se denominan válvulas, pueden ser activados de diversas formas: manualmente, por circuitos eléctricos, neumáticos, hidráulicos o mecánicos. La clasificación de estas válvulas se puede hacer en tres grandes grupos.

### **Válvulas de dirección o distribuidores**

Estos elementos se definen por el número de orificios (vías) y las posiciones posibles, así como por su forma de activación y desactivación.

### **Válvulas antirretorno**

Permiten el paso del aceite en un determinado sentido, quedando bloqueado en sentido contrario.

### **Válvulas de regulación de presión y caudal**

Son elementos que, en una misma instalación hidráulica, nos permiten disponer de diferentes presiones y caudales. Pueden ser estranguladoras, temporizadoras, etc. y se utilizan para modificar la velocidad de los elementos actuadores, también llamados de trabajo.

## **Elementos actuadores o de trabajo**

Son los encargados de transformar la energía oleohidráulica en otra energía, generalmente de tipo mecánico. Los podemos clasificar en dos grandes grupos: cilindros y motores.

### **Cilindros**

Transforman la energía oleohidráulica en energía mecánica con un movimiento rectilíneo alternativo. Los hay de dos tipos:

#### **Cilindros de simple efecto**

Sólo realizan trabajo útil en un sentido de desplazamiento del vástago. Para que el émbolo recupere la posición de reposo se dota al cilindro de un muelle. Normalmente este muelle está diseñado para almacenar el 6% de la fuerza de empuje, o bien, como es el caso de los elevadores hidráulicos, aprovechan la acción de la gravedad.

#### **Cilindros de doble efecto**

Estos elementos pueden realizar trabajo en ambos sentidos de desplazamiento. Sin embargo hay que tener en cuenta que la fuerza de avance y retroceso es diferente, ya que en un sentido hay que tener en cuenta el diámetro del vástago.

### **Motores**

Son elementos que transforman la energía oleohidráulica en energía mecánica de rotación. Los hay de diversos tipos, entre los que cabe destacar: de engranajes, de pistones y rotativos de aspas.

## **Representación gráfica y simbología**

Es muy similar a la utilizada en instalaciones neumáticas que veremos más adelante.

# AUTOMATIZACIÓN NEUMÁTICA

La neumática es la parte de la ingeniería que se dedica al estudio y aplicación del aire comprimido en la automatización de diversos procesos industriales.

## Magnitudes y unidades

### Presión ( $p$ )

Representa la fuerza  $F$  ejercida sobre una superficie  $A$

$$p = \frac{F}{A} \quad (\text{N/m}^2)$$

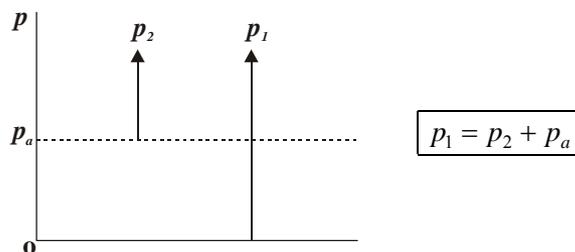
### Unidad

Según el S.I. la unidad a utilizar es el **Pascal (Pa)**. Sin embargo, todavía se siguen utilizando otras unidades que rompen el criterio de unificación del S.I. Estas unidades son:

- o  $\text{N/m}^2 = \text{Pa}$
- o  $\text{Bar} = 10^5 \text{ Pa}$
- o  $\text{Atmósfera} = \text{atm} = 1,01325 \text{ bar} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$
- o  $\text{Columna de mercurio} = 760 \text{ mm Hg} = 1 \text{ atm}$
- o  $\text{Kp/cm}^2 = 1,01972 \text{ bar} = 1,01972 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

**Presión absoluta:** presión  $p_1$  medida desde un nivel cero 0.

**Presión relativa:** presión  $p_2$  medida desde la presión atmosférica  $p_a$ .



**El vacío:** se considera cuando tenemos una presión menor a la atmosférica.

**Instrumento de medida de la presión:** manómetro.

### Caudal ( $Q$ )

Representa el volumen de un fluido  $V$  que pasa por una sección  $A$ , transversal a la corriente, en una unidad de tiempo  $t$ .

$$Q = \frac{V}{t} \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

Como  $V = A \cdot l$ , siendo  $A$  = Sección transversal y  $l$  = Espacio recorrido por el fluido

$$Q = \frac{A \cdot l}{t} \Rightarrow \boxed{Q = v \cdot A} \quad \text{donde } v \text{ es la velocidad del fluido}$$

### Humedad ( $H$ )

Representa la cantidad de agua (en forma de vapor) que hay en el aire, y depende fundamentalmente de la temperatura del mismo.

Se pueden distinguir:

**Humedad absoluta ( $H$ ):** Representa la cantidad total de vapor de agua que hay en el aire. Se mide en  $\text{gr}/\text{m}^3$ . Esta magnitud no se usa puesto que el dato obtenido no es objetivo, sino que depende de la temperatura.

**Humedad relativa ( $H_r$ ):** Indica la relación entre la humedad del aire  $m_v$  y la máxima humedad que podríamos tener a una temperatura dada, es decir, masa de vapor saturado  $m_s$ . Es adimensional.

$$\boxed{H_r = \frac{m_v}{m_s}}$$

### Gasto de aire

Representa la cantidad de aire que se necesita en condiciones normales de presión y temperatura para que uno o varios actuadores realicen el efecto deseado.

## Ecuaciones de los gases perfectos

Si consideramos al *aire como un gas perfecto*, podemos aplicar los siguientes conceptos.

### Ley de Boyle - Mariotte

Si consideramos un gas perfecto encerrado en un cilindro en el que provocamos una expansión isotérmica, es decir, a temperatura constante, se cumple.

$$\boxed{p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = \text{Cte.} \Leftrightarrow \Delta T = 0}$$

### Ley de Charles - Gay Lussac

Si consideramos un gas perfecto encerrado en un cilindro en el que provocamos una expansión isobárica, es decir, a presión constante, se cumple

$$\boxed{\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \text{Cte.} \Leftrightarrow \Delta p = 0}$$

### Ecuación de los gases perfectos

Si consideramos al aire como gas perfecto y tenemos en cuenta las anteriores leyes:

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

Donde:

$p$  = Presión del gas

$V$  = Volumen que ocupa el gas

$n$  = Número de moles que tenemos de gas

$R$  = Constante de los gases perfectos  $0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{l}}{\text{K} \cdot \text{mol}} = 8,314 \frac{\text{kJ}}{\text{kmol} \cdot \text{K}}$

$T$  = Temperatura absoluta en Kelvin (K)  $0\text{K} = -273 \text{ }^\circ\text{C}$

## Elementos de las instalaciones neumáticas

### Compresores

Proporcionan una presión y un caudal de aire adecuados a la instalación.

#### Datos necesarios de los compresores:

- o Caudal que proporciona.
- o Relación de presión  $p_{\text{salida}} / p_{\text{entrada}}$

#### Tipos de compresores:

- o De émbolo. Son baratos y ruidosos
- o Rotativos. Son caros y silenciosos

### Acumuladores

Su misión es mantener un nivel de presión adecuada en la instalación neumática. Su tamaño depende del caudal de consumo y de la potencia del compresor.

### Acondicionadores de aire

Son dispositivos que nos permiten mantener el aire en unas condiciones de limpieza, humedad y lubricación adecuadas, de tal manera que alargan la vida de toda la instalación. Estos elementos son:

**Filtro de aire:** se pone antes del compresor y su misión es dejar al aire libre de polvo o partículas en suspensión que puedan dañar a las diferentes partes móviles de los elementos de la instalación.

**Secador:** se pone después del acumulador y su misión es quitarle la humedad al aire, haciendo que la instalación tenga una vida más larga, ya que de esta manera se impide la condensación del vapor de agua en sitios no deseados, evitando fundamentalmente la corrosión.

**Lubricadores:** se ponen después del secador y su misión es proporcionar un poco de aceite al aire para que este lubrique todas las partes móviles de la instalación, tanto en actuadores como en elementos de control, de tal manera que se alarga notablemente la vida de éstos, pues se reduce el rozamiento. Por el contrario, si la lubricación es excesiva, la deposición de aceite en determinados elementos puede deteriorarlos.

### **Red de distribución**

Debe garantizar la presión y velocidad del aire en todos los puntos de uso. En las instalaciones neumáticas, al contrario de las oleohidráulicas, no es necesario un circuito de retorno de fluido, ya que éste se vierte directamente a la atmósfera por un silenciador después de haber sido usado.

**Criterios de diseño:** Para que la red satisfaga las necesidades de la instalación debe mantener:

- \* Velocidad de circulación adecuada, de 6 a 10 m/s.
- \* Pérdida de presión baja, no superior a 0,1 kp/cm<sup>2</sup>.
- \* Ser capaces de soportar posibles modificaciones futuras en cuanto a consumo.
- \* El material utilizado suele ser acero o plástico reforzado, dependiendo del uso.

### **Elementos de regulación y control**

Son los encargados de regular el paso de aire desde los acumuladores a los elementos actuadores. Estos elementos, que se denominan válvulas, pueden ser activados de diversas formas: manualmente, por circuitos eléctricos, neumáticos, hidráulicos o mecánicos. La clasificación de estas válvulas se puede hacer en tres grandes grupos.

#### **Válvulas de dirección o distribuidores**

Estos elementos se definen por el número de orificios (vías), las posiciones posibles, así como la forma de activación y desactivación. La desactivación mecánica suele hacerse por muelle.

#### **Válvulas antirretorno y selectora**

La válvula antirretorno permite el paso del aire en un determinado sentido, quedando bloqueado en sentido contrario.

La válvula selectora tiene dos entradas y una salida, permitiendo la circulación de aire a través de una de sus entradas, bloqueándose al mismo tiempo la otra entrada por efecto de la primera.

#### **Válvulas de regulación de presión y caudal**

Son elementos, que en una misma instalación neumática, nos permiten disponer de diferentes presiones y, por lo tanto, de diferentes caudales.

## Elementos actuadores

Son los encargados de transformar la energía neumática en otra energía, generalmente de tipo mecánico. Los podemos clasificar en dos grandes grupos:

### Cilindros

Transforman la energía neumática en energía mecánica, con movimiento rectilíneo alternativo. Los hay de dos tipos:

#### Cilindros de efecto simple

Sólo realizan trabajo útil en el sentido de desplazamiento del vástago. Para que el émbolo recupere la posición de reposo se dota al cilindro de un muelle. Normalmente, este muelle, está diseñado para almacenar el **6%** de la fuerza de empuje.

#### Cilindros de doble efecto

Estos elementos pueden realizar trabajo en ambos sentidos de desplazamiento, sin embargo hay que tener en cuenta que la fuerza de avance y retroceso es diferente, ya que en un sentido hay que tener en cuenta el diámetro del vástago.

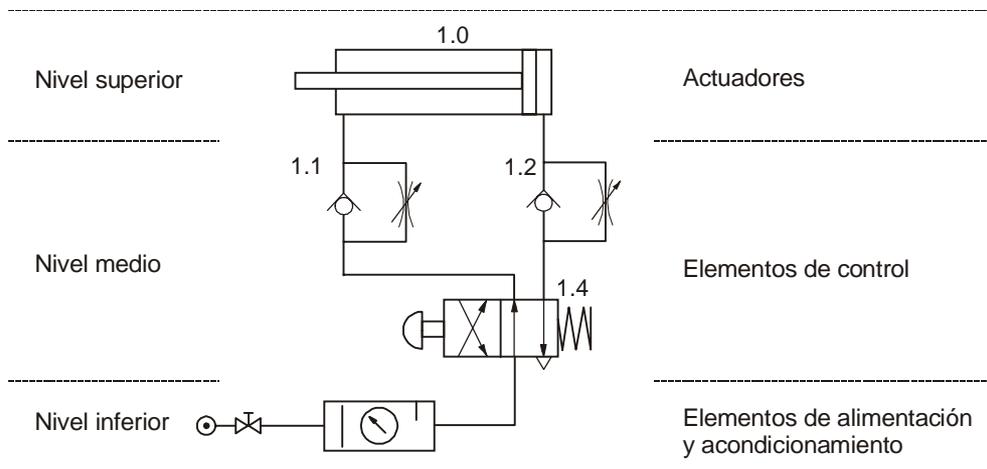
### Motores

Son elementos que transforman la energía neumática en energía mecánica de rotación. Los hay de diversos tipos, entre los que cabe destacar los de émbolo y los rotativos de aspas.

## Representación gráfica

Los esquemas de las instalaciones neumáticas tienen que hacerse en varios niveles. En el *nivel inferior* se sitúan los elementos compresores, acumuladores y acondicionadores del aire; en el *nivel medio* se sitúan los elementos de control; y en el *nivel superior* los actuadores.

En la figura que sigue se representa un circuito neumático



## Simbología

En las siguientes tablas se recoge la diferente simbología de los elementos anteriormente descritos, según recomienda el sistema internacional.

	Cilindro de simple efecto con retorno por muelle		Motor de caudal constante no reversible		Medidor de caudal
	Cilindro de doble efecto		Motor de caudal variable no reversible		Toma de aire
	Válvulas antirretorno A - No regulada B - Regulada		Motor de caudal variable reversible		Escape sin rosca
	Válvulas antirretorno pilotadas A - Al cierre B - A la apertura		Selector de circuitos		Escape con rosca
	Válvula de escape rápido		Válvula de simultaneidad		Mando manual
	Regulador de caudal		Grupo de acondicionamiento		Mando manual con retención
	Regulador de caudal en un solo sentido		Engrasador		Mando manual por pulsador
	Válvula distribuidora (2/2) 2 vías - 2 posiciones Normalmente cerrada		Manómetro		Mando manual por palanca
	Válvula distribuidora (2/2) 2 vías - 2 posiciones Normalmente abierta		Termómetro		Mando manual por pedal
	Válvula distribuidora (3/2) 3 vías - 2 posiciones Normalmente cerrada		Acumulador		Mando por resorte
	Válvula distribuidora (3/2) 3 vías - 2 posiciones Normalmente abierta		Reductor de presión		Mando por rodillo
	Válvula distribuidora (4/2) 4 vías - 2 posiciones		Limitador de presión		Mando eléctrico
	Válvula distribuidora (5/2) 5 vías - 2 posiciones		Filtro		Mando directo por fluido
	Válvula distribuidora (5/3) 5 vías - 3 posiciones		Presostato		Mando indirecto por fluido
			Bomba de caudal constante no reversible		
			Purgador		
			Válvula de cierre		