

PRUEBAS ACCESO CICLO FORMATIVO GRADO SUPERIOR - TECNOLOGÍA INDUSTRIAL -

BLOQUE 3: Circuitos

1. NEUMÁTICA.

La neumática es la parte de la Tecnología que **emplea el aire comprimido para producir un trabajo útil**.

El aire comprimido es una forma de almacenar energía mecánica, que puede ser utilizada posteriormente para producir trabajo. Si se ejerce fuerza sobre el aire contenido en un recipiente cerrado, dicho aire se comprime presionando las paredes del recipiente.

Dicha presión puede aprovecharse para generar trabajo (grandes fuerzas, o desplazamientos de objetos).

Presión:

Es la fuerza que se ejerce por unidad de superficie.

$$P = F/S ; F = P \cdot S$$

P = Presión (Pa)

F = Fuerza ejercida (N)

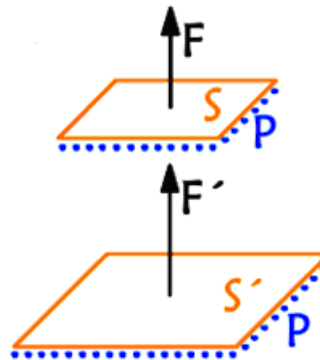
S = Superficie de actuación (m^2)

1 Pa = 1 N / m^2 (S.I.)

1 bar = 100000 Pa = 10^5 Pa

1 atm = 1 Kg / cm^2 = 760 mm de Hg

1 atm = 1,013 bar



Para comprobar este fenómeno, basta con inflar un globo y soltarlo: saldrá despedido a gran velocidad, gracias al impulso que le proporciona el aire comprimido al expandirse y salir fuera del globo.

En la actualidad hay múltiples tareas en las que se utilizan *circuitos neumáticos* para realizar funciones determinadas. Existen máquinas que aprovechan las elevadas fuerzas que pueden transmitir los *sistemas neumáticos* (doblar chapas de acero, atracciones de feria, lavaderos de coches, etc.).

También podemos encontrar elevadores neumáticos (ascensores), puertas de autobuses que se abren y cierran mediante sistemas neumáticos, etc.

La tecnología neumática ofrece importantes **ventajas** frente otros tipos de tecnologías, como son:

- La neumática es capaz de desarrollar grandes fuerzas, imposibles para la tecnología eléctrica.
- Utiliza una fuente de energía inagotable: el aire.

- Es una tecnología muy segura: no genera chispas, incendios, riesgos eléctricos, etc.
- Es una tecnología limpia, muy adecuada para la industria alimentaria, textil, química, etc.
- Es una tecnología muy sencilla, que permite diseñar sistemas neumáticos con gran facilidad.
- La neumática posibilita sistemas con movimientos muy rápidos, precisos, y de gran complejidad.

Las principales **desventajas** de la neumática son:

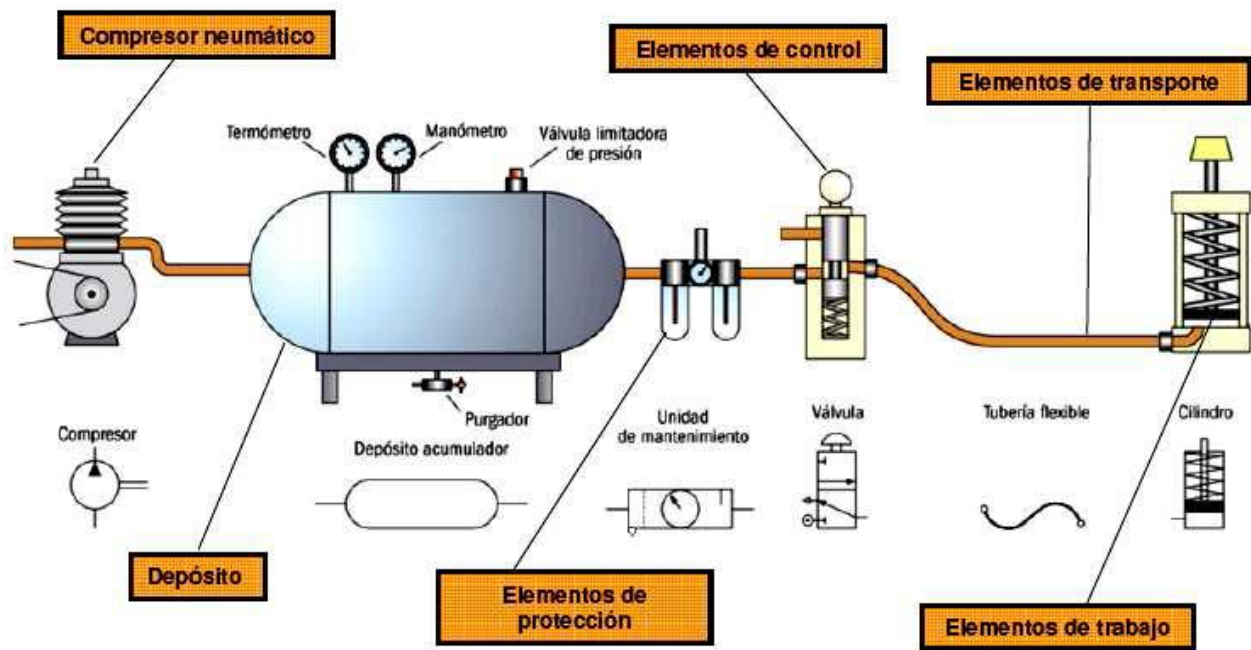
- El funcionamiento de los sistemas neumáticos es ruidoso, ya que el aire comprimido se expulsa al exterior una vez ha sido utilizado.
- Es una tecnología más costosa que la tecnología eléctrica, pero el coste se compensa por su facilidad de implantación y buen rendimiento.

1.1. COMPONENTES DE UN CIRCUITO NEUMÁTICO.

En neumática es necesario emplear **circuitos neumáticos** para aprovechar la energía del aire comprimido.

Todo circuito neumático está compuesto por una serie de elementos básicos:

- El **compresor**, es el dispositivo que comprime el aire de la atmósfera hasta que alcanza la presión de funcionamiento de la instalación (muy superior a la atmosférica).
- El **acumulador**, es un tanque o depósito donde se almacena el aire para su posterior utilización.
- **Dispositivos de mantenimiento** que se encargan de acondicionar al aire comprimido, protegiendo el circuito para que la instalación neumática pueda funcionar sin averías durante mucho tiempo.
- Las **tuberías y los conductos**, a través de los que se canaliza el aire para que llegue a los distintos elementos del circuito.
- Los **elementos de mando y control**, son válvulas que se encargan de controlar el funcionamiento del circuito neumático, permitiendo, interrumpiendo o desviando el paso del aire comprimido según las condiciones de funcionamiento del circuito.
- Los **actuadores**, como cilindros y motores neumáticos, que son los encargados de utilizar el aire comprimido, transformando la presión del aire en trabajo útil.



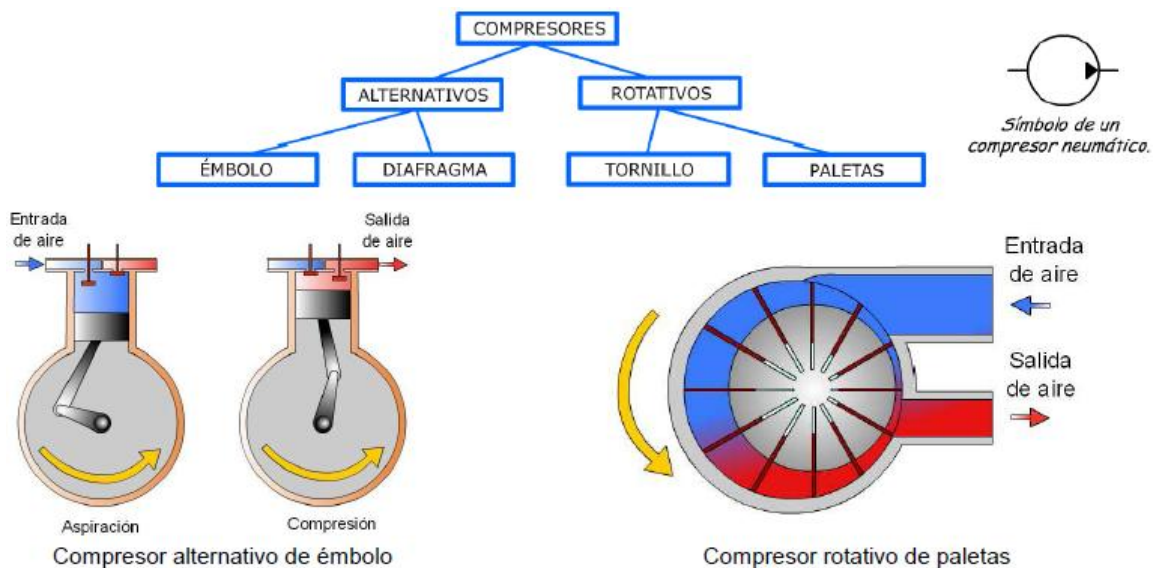
1.2. PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AIRE COMPRIMIDO.

En la producción y distribución del aire comprimido intervienen el **compresor**, el **depósito**, la **unidad de mantenimiento**, y las **canalizaciones**.

Compresor neumático

Es el dispositivo encargado de generar el aire comprimido. Los compresores son motores eléctricos o de combustión que aspiran el aire de la atmósfera y lo comprimen hasta alcanzar la presión de funcionamiento requerida por la instalación. Generalmente en las instalaciones neumáticas trabajan con presiones comprendidas entre 4 y 8 bar.

Según el tipo de movimiento del motor, los compresores neumáticos se dividen en dos categorías: **alternativos** o **rotativos**.

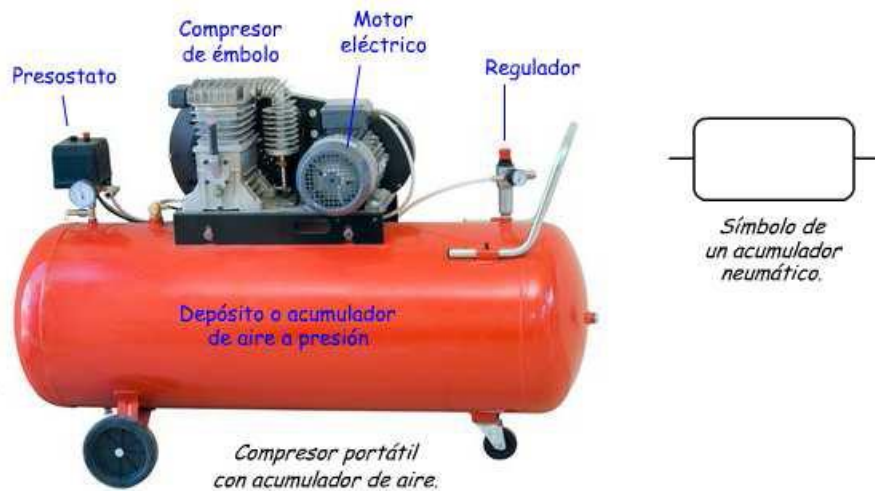


Depósito o acumulador

La mayoría de los compresores incluyen un *depósito* o *tanque* que actúa como acumulador. El aire comprimido generado por el compresor se almacena en el depósito, para evitar que el compresor tenga que estar siempre trabajando. El compresor sólo se vuelve a poner en marcha cuando la presión en el depósito sea baja (ahorrando así la gasolina o electricidad necesarias para mover el motor del compresor).

Los depósitos cuentan con varios dispositivos asociados:

- **Presostato:** se trata de un sensor de presión que conecta o desconecta el motor del compresor. Si la presión del depósito desciende, el presostato activa el compresor para mantener la presión en el depósito.
- **Válvula de seguridad:** En caso de avería del compresor, se podría inyectar aire comprimido al depósito de forma continuada, provocando un peligroso aumento de la presión en el depósito. Para evitar esta situación, el depósito añade una válvula que deja escapar aire al exterior en caso de que la presión sea muy alta.
- **Regulador:** es una válvula ajustable que permite controlar la presión que se envía al circuito, dejando salir más o menos aire. Cuenta con un manómetro para conocer la presión entregada.



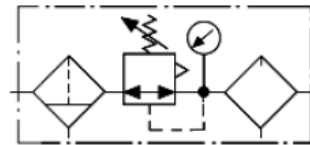
Unidad de mantenimiento

Antes de ser inyectado en el circuito, el aire es acondicionado por la *unidad de mantenimiento* para proteger las *válvulas* y *actuadores* hacia los que el aire se dirige. Esta preparación del aire la ejecutan los tres elementos de los que consta la unidad:

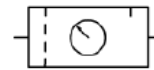
- **Filtro:** elimina la humedad y partículas de polvo contenidas en el aire. Incluye una llave de purga para desalojar los líquidos condensados.



- **Regulador de presión** (con **manómetro**): mantiene la presión constante, para evitar fluctuaciones que pongan en riesgo el funcionamiento de la instalación.
- **Lubricador**: inyecta aceite lubricante en el aire comprimido para evitar oxidaciones y corrosión en los elementos neumáticos, y para engrasar las partes móviles del circuito.



Símbolo completo de la Unidad de Mantenimiento. (Filtro con purga manual, regulador de presión y lubricador)



Representación simplificada

Red de distribución del aire

Es el conjunto de conductos que distribuyen el aire comprimido a toda la instalación. Las conducciones principales suelen ser **tuberías metálicas**, mientras que para las derivaciones finales hacia los actuadores se usan **tubos plásticos de polietileno** o mangueras de goma.

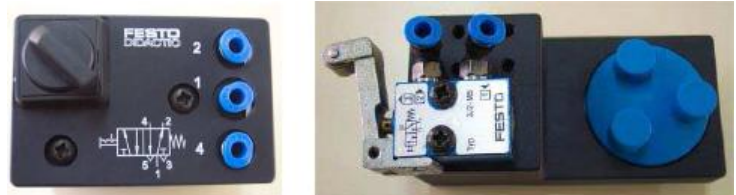


1.3. REGULACIÓN Y CONTROL DEL AIRE COMPRIMIDO. VÁLVULAS NEUMÁTICAS.

Hasta ahora se ha visto cómo generar el aire comprimido con un compresor. Sin embargo, también se necesita saber cómo controlar el funcionamiento de un circuito neumático (abrir o cerrar el circuito, dirigir el aire por diferentes conductos, ajustar presiones, etc.). De ello se encargan unos elementos neumáticos adicionales: las válvulas.

Las válvulas son dispositivos que controlan el paso del aire comprimido. Dichas válvulas se clasifican en:

- Válvulas distribuidoras.
- Válvulas antirretorno.
- Válvulas selectoras.
- Válvulas de simultaneidad.
- Válvulas de regulación de caudal.
- Válvulas temporizadoras.
- Válvulas reguladoras de presión.



1.3. 1. VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS.

Las válvulas distribuidoras permiten activar o parar un circuito neumático. Su función es dirigir adecuadamente el aire comprimido para que tenga lugar el avance y el retroceso de los cilindros o el

accionamiento de otros elementos. Por tanto, las válvulas se pueden ver como los interruptores o conmutadores de los circuitos neumáticos.

Parámetros de una válvula

a) Vías y posiciones:

Las válvulas se nombran por el *número de vías* (orificios de entrada y salida) y por el *número de posiciones* (estados que puede adoptar, o movimientos que puede realizar). Ejemplo: válvula 3/2 → válvula con 3 vías y 2 posiciones.

b) Accionamiento de la válvula:

Un parámetro importante de las válvulas es cómo se accionan: la activación puede ser *manual* (por pulsador, por pedal, etc.), *mecánica* (por leva, por final de carrera, etc.), *neumática* (mediante aire comprimido), o *eléctrica* (mediante una señal eléctrica que activa un electroimán o un relé).

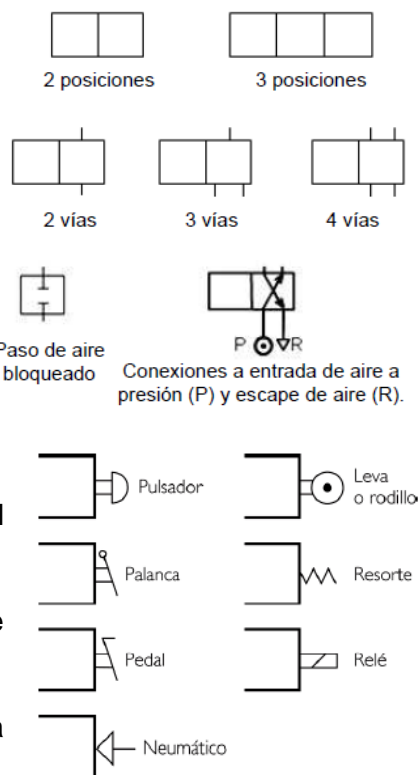
c) Retorno de la válvula:

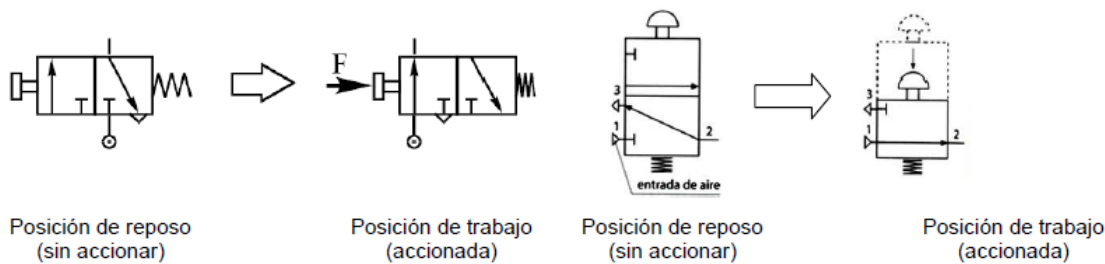
Otra característica fundamental es la forma cómo una válvula vuelve a su posición inicial tras la activación. El retorno suele ser por *muelle*, pero también hay retornos *neumático*, *eléctricos*, etc.

Simbología de una válvula.

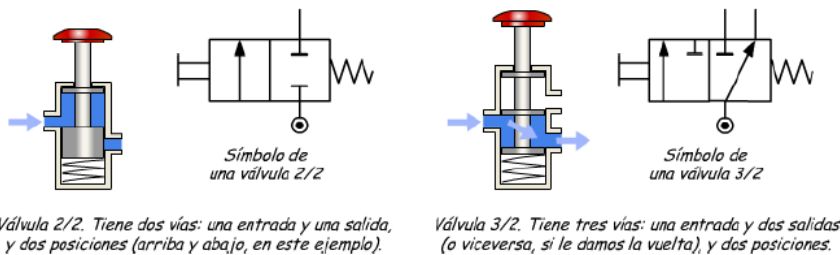
Para representar de forma sencilla una válvula se utilizan símbolos. Los símbolos muestran el funcionamiento de la válvula, pero no sus detalles constructivos internos. Para entender el símbolo de una válvula, hay que seguir estas indicaciones:

- Cada posición de la válvula se representa con un cuadrado. Las vías de la válvula se representan por pequeñas líneas en la parte exterior de uno de los cuadrados.
- Dentro de cada cuadrado se representan las conexiones internas entre las distintas vías o tuberías de la válvula, y el sentido de circulación del fluido mediante flechas.
- En los extremos de los rectángulos se representa el accionamiento y el retorno de la válvula.
 - El accionamiento permite pasar de la posición de reposo a la posición de trabajo.
 - El retorno permite pasar de la posición de trabajo a la posición de reposo.



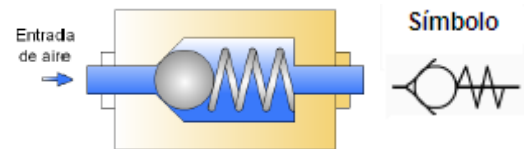


Ejemplos:



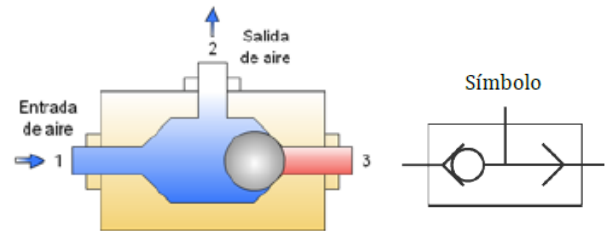
1.3. 2. VÁLVULAS ANTIRRETORNO.

Son válvulas que permiten la circulación de aire en un sentido y la impiden en el sentido contrario. Interiormente suelen tener una bola que obtura el paso al ser empujada por la presión del propio aire. Si la circulación es la contraria, la bola es desplazada en sentido contrario, dejando el paso libre.



1.3. 3. VÁLVULA SELECTORA DE CIRCUITO.

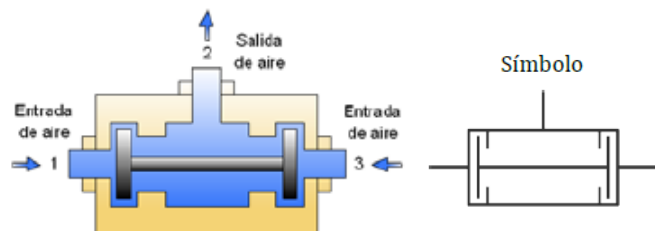
Estas válvulas disponen de dos entradas opuestas unidas a una salida común. Cuando el aire entra por una vía la contraria queda obstruida permitiendo al aire salir por la vía de salida. Lo mismo ocurre si el aire entra por la otra vía.



Se utiliza cuando queremos actuar sobre el mismo elemento neumático desde dos sitios diferentes.

1.3. 4. VÁLVULA DE SIMULTANEIDAD.

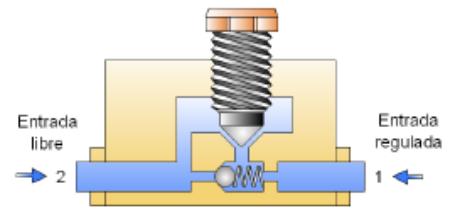
Al igual que las anteriores, disponen de dos entradas opuestas y una salida, solo que en éstas es necesario que el aire entre por las dos entradas de manera simultánea para dejar la salida libre y permitir la circulación del aire. Si el aire comprimido solo entra por una de entrada la salida queda obstruida por lo que se corta la circulación.



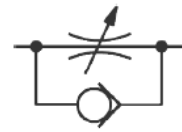
Se utilizan cuando necesitamos que dos elementos neumáticos actúen simultáneamente para activar un tercero.

1.3. 5. VÁLVULA DE REGULACIÓN DE CAUDAL.

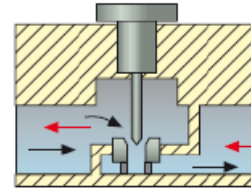
En multitud de ocasiones es necesario que un cilindro avance lentamente y retroceda lo más rápidamente posible. Gracias a este tipo de válvulas este funcionamiento es posible. Disponen de dos vías que pueden ser de entrada o salida indistintamente. Cuando el aire circula en un sentido se produce un estrangulamiento que le hace circular más despacio y cuando lo hace en sentido contrario la circulación es libre por lo que lo hace de manera más rápida. Se denominan **válvulas reguladoras unidireccionales**.



Símbolo



También existen válvulas reguladoras que estrangulan el paso del aire en los dos sentidos, por lo que hacen avanzar y retroceder un cilindro lentamente, aunque son menos utilizadas que las anteriores. Se denominan **válvulas reguladoras bidireccionales**.



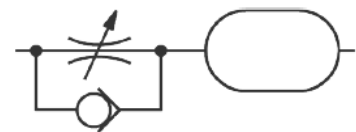
Símbolo



1.3. 6. VÁLVULA TEMPORIZADA.

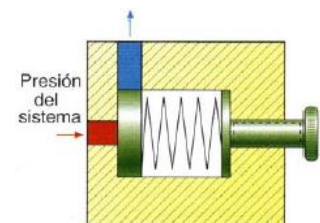
Se trata de un tipo de válvulas que combinan una válvula reguladora unidireccional y un depósito acumulador a la salida. Mientras el aire está acumulándose en el depósito no se ejerce la presión suficiente sobre el siguiente elemento por lo que retrasa la señal.

Símbolo



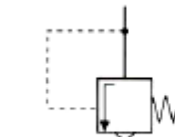
1.3. 7. VÁLVULA REGULADORA DE PRESIÓN.

Las válvulas reguladoras de presión se encargan en un circuito de controlar la presión del fluido, desde un valor cero hasta el máximo que proporcione la red de distribución.



La regulación de la presión se logra comprimiendo más o menos el resorte, para ello se emplea el tornillo roscado manipulado desde el exterior. Para vencer la acción del muelle es preciso ejercer una fuerza sobre el asiento, que será proporcional a la presión del sistema. Cuando se ha alcanzado cierta presión, el asiento abre y el fluido circula hacia la salida.

Símbolo



Salida a la atmósfera

Símbolo



Orificio hacia el consumidor

Las principales válvulas de presión son los **reguladores de presión**. Su función es mantener constante la presión en el secundario aun existiendo variaciones de presión en el primario. De entre otras válvulas de presión destacan la **limitadora de presión** y la de **secuencia**.

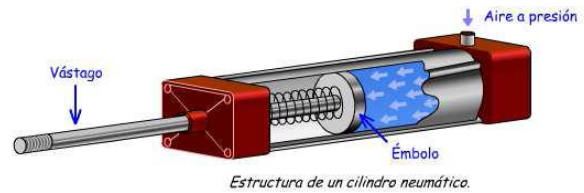
1.4. UTILIZACIÓN DEL AIRE COMPRIMIDO. ACTUADORES.

Los actuadores neumáticos son los elementos del circuito neumático que utilizan la energía del aire comprimido para desarrollar algún trabajo útil (fuerzas o desplazamientos). Los actuadores

más comunes en neumática son los **cilindros neumáticos**, aunque también existen **motores neumáticos**.

Cilindros neumáticos (actuadores lineales):

Transforman la energía potencial del aire comprimido (presión) en energía mecánica lineal (movimientos de avance y retroceso).



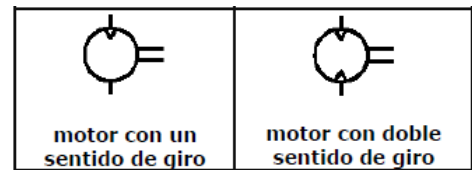
Son actuadores compuestos por un *tubo cilíndrico hueco*. La presión del aire comprimido introducido en el interior del cilindro desplaza un *émbolo móvil*, que está conectado a un *eje (vástago)*.

Hay dos tipos fundamentales de cilindros neumáticos:

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

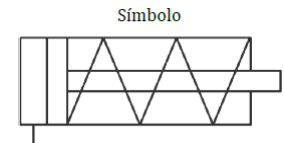
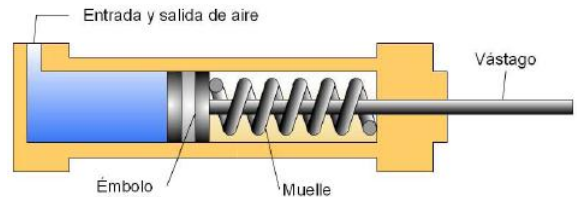
Motores

En su interior disponen de una rueda con palas. Cuando el aire comprimido incide sobre las palas provoca el giro de estas, y por tanto, del eje al que están unidas, provocando el movimiento rotativo del motor. Se emplean bastante en las consultas de los dentistas, así como en los talleres mecánicos (pistola de apretar o aflojar tuercas).



1.4.1. CILINDRO DE SIMPLE EFECTO.

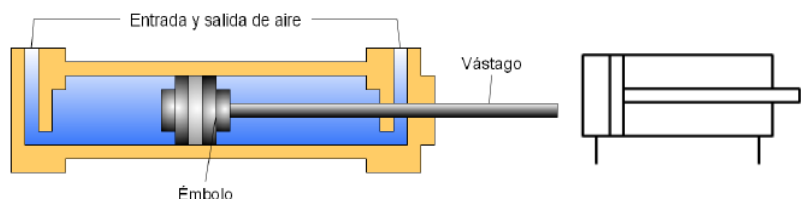
Son cilindros que presentan una **única entrada de aire comprimido**. Cuando el aire comprimido entra en la cámara del cilindro empuja al émbolo, haciendo que el vástago se desplace realizando una fuerza de empuje. Gracias a la acción de un muelle, el retorno del émbolo es inmediato cuando se deja de inyectar aire en el cilindro.



- Ventajas: menor consumo de aire comprimido (únicamente en el avance del émbolo).
- Desventajas: sólo producen trabajo (fuerza de empuje) en el movimiento de avance, ya que el retorno viene dado por la elasticidad del muelle.

1.4.2. CILINDRO DE DOBLE EFECTO.

Estos cilindros presentan dos entradas de aire comprimido, que hacen que el émbolo pueda ser empujado por el aire en los dos sentidos (avance y retroceso).

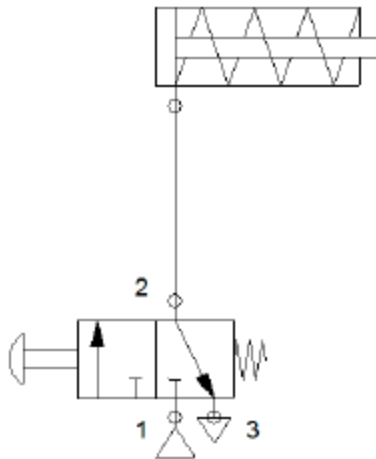


- Ventajas: al tener dos tomas de aire puede realizar trabajo útil en ambos sentidos.
- Desventajas: doble consumo de aire comprimido (en el avance y en el retroceso).

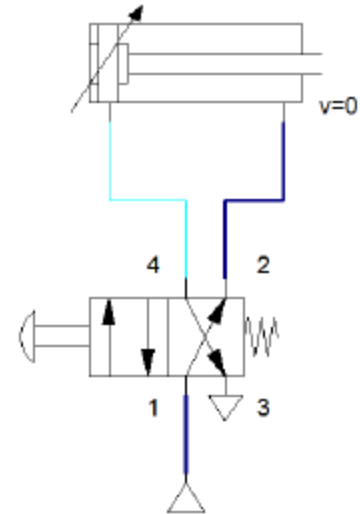
1.5. CIRCUITOS BÁSICOS.

A continuación vamos a ver los circuitos neumáticos más básicos para ir familiarizándonos con la filosofía del diseño y con el modo de funcionamiento.

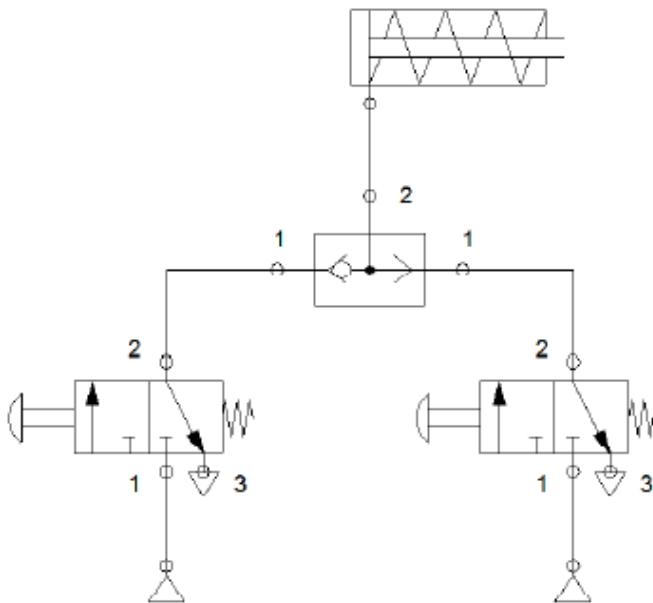
Mando de un cilindro de simple efecto



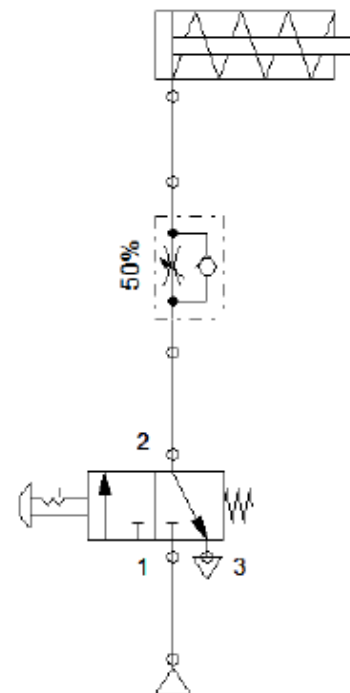
Mando de un cilindro de doble efecto



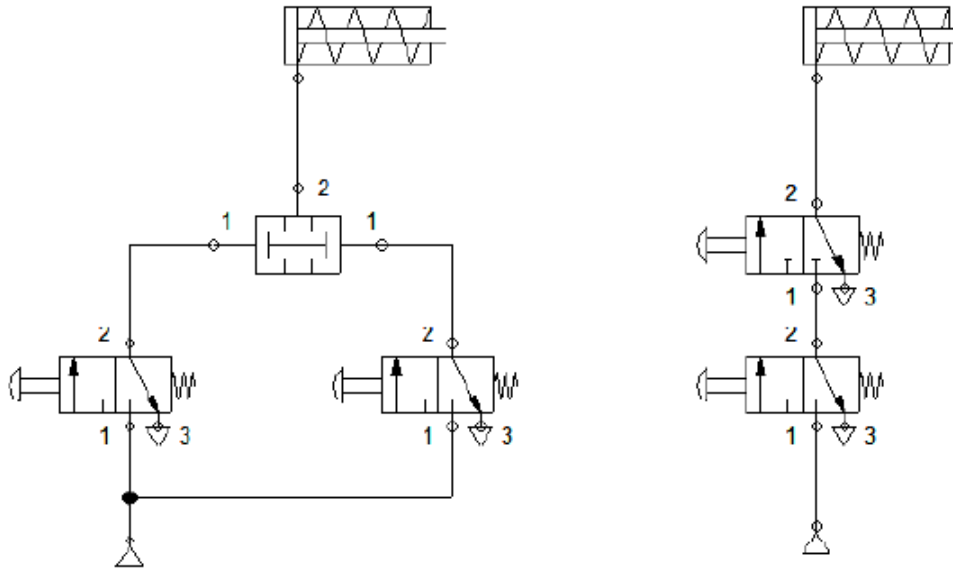
Regulación de velocidad de un cilindro de simple efecto



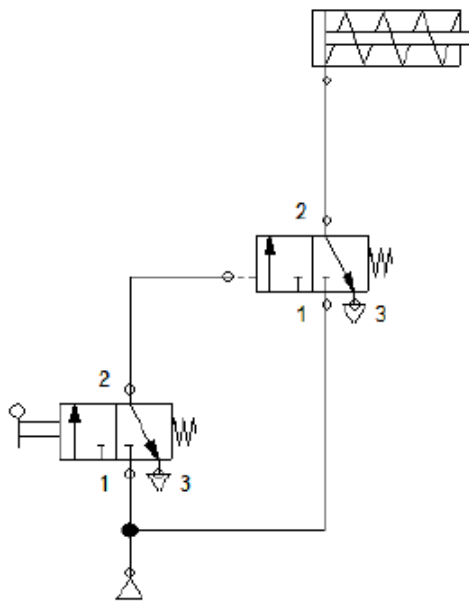
Mando con selector de circuito



Mando con válvula de simultaneidad (opción sin válvula)



Mando indirecto de un cilindro de simple efecto



2. HIDRÁULICA.

Si en la tecnología neumática se emplea aire a presión como fluido de trabajo, en la hidráulica se emplea “aceite oleohidráulico”. Son aceites de origen mineral que proporcionan las características adecuadas para accionar actuadores similares a los vistos en neumática pero que proporcionan unas fuerzas mucho mayores.

Los circuitos hidráulicos son similares a los neumáticos, la mayoría de válvulas vistas en neumática tienen su versión en tecnología hidráulica. Las principales diferencias entre ambas tecnologías son:

Neumática

Hidráulica

Mejor velocidad de respuesta.	Menor velocidad de respuesta
Mejor velocidad de operación.	Menor velocidad de operación
Más económicos para usos de poca fuerza	De más alto coste
Más versátiles	Menos versátiles
Menos contaminantes	Contaminan más
Se usan más en automatización de procesos productivos	Se usan menos en automatización de procesos
No se pueden utilizar en aplicaciones de alta fuerza. Cargas por debajo de 3000 Kg	Cargas elevadas tanto en actuadores lineales como en motores de par elevado
Desplazamientos rápidos	Control exacto de la velocidad y parada.
Motores de alta velocidad	
<u>Aplicaciones</u> <ul style="list-style-type: none">▪ Control de calidad, etiquetado, embalaje, herramientas portátiles...▪ La neumática utiliza como fluido aire a presión, 6-8 bares.▪ Producción de aire a presión mediante compresor, paletas y émbolo.	<u>Aplicaciones</u> <ul style="list-style-type: none">▪ Industrias metalúrgicas, máquinas herramientas, prensas, maquinaria de obras públicas, industria naval y aeronáutica, sistemas de transporte...▪ La hidráulica utiliza como fluido aceite "oleohidráulico" a presiones de más de 200 bares.▪ "Grupo de accionamiento" conjunto de elementos que generan la presión en el fluido

2.1. PRINCIPIOS FÍSICOS FUNDAMENTALES.

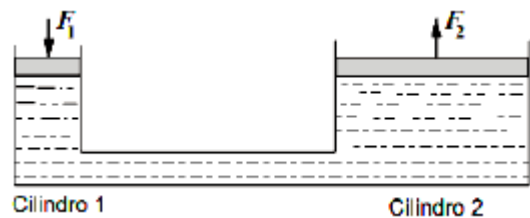
Principio de Pascal

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.

Es el principio de funcionamiento de las prensas hidráulicas utilizadas para levantar grandes pesos con poco esfuerzo.

Por definición la presión $p = F/S \rightarrow F = p \cdot S$. Gracias al principio de Pascal, la presión se transmite por igual en todas direcciones, por tanto se cumple que:

$$p_1 = p_2 \rightarrow F_1/S_1 = F_2/S_2$$



Como $S_1 < S_2 \rightarrow F_2 > F_1$, la fuerza de salida es mayor a la de entrada, pero el desplazamiento del pistón 1 es mayor que la del pistón 2.

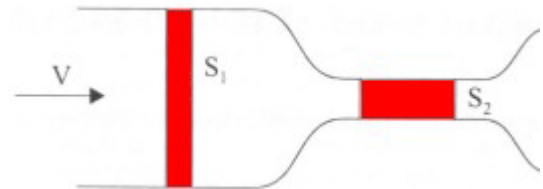
En cuanto a los desplazamientos de los émbolos, como el volumen de líquido que sale del cilindro 1 es igual al que entra en el cilindro 2

$$V_1 = V_2 \rightarrow S_1 \cdot l_1 = S_2 \cdot l_2$$

Donde l_1 es el desplazamiento del émbolo 1 y l_2 es el desplazamiento del émbolo 2.

Ecuación de continuidad

La ecuación de continuidad o conservación de masa es una herramienta útil para el análisis de fluidos que fluyen a través de tubos o conductos con diámetro variable. En estos casos, la velocidad del fluido cambia



debido a que el área transversal varía de una sección del conducto a otra. En todo fluido incomprensible con flujo estacionario (régimen laminar), la velocidad de un punto cualquiera de una tubería es inversamente proporcional al área, en dicho punto, de la sección transversal de la misma.

Esto se basa en que el caudal del líquido permanece constante a lo largo de toda la tubería.

$$Q_1 = Q_2$$

Por definición el caudal $Q = S \cdot v$, por lo tanto se cumple que $S_1 \cdot v_1 = S_2 \cdot v_2$ (ecuación de continuidad)

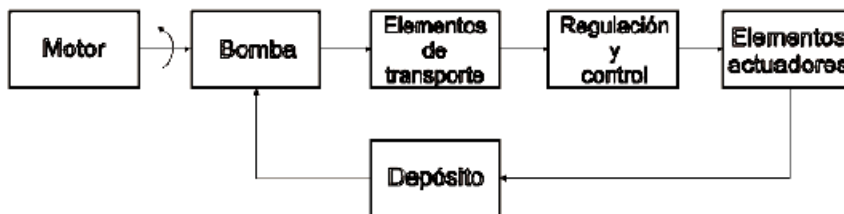
Donde S_1 es la sección de la tubería en el punto 1 y S_2 la sección de la tubería en el punto 2.

Se observa que si $S_1 > S_2 \rightarrow v_2 > v_1$, o lo que es lo mismo, si la sección del conducto disminuye, la velocidad del fluido aumenta.

2.2. CIRCUITOS HIDRÁULICOS.

La gran diferencia entre los circuitos neumáticos e hidráulicos es que el aceite debe de retornar al depósito. La mayoría de componentes neumáticos vistos en el tema anterior tienen su versión para hidráulica.

Esquema de una instalación hidráulica



2.2.1. ELEMENTOS DE UN CIRCUITO HIDRÁULICO.

Grupo de accionamiento

Está formado por el **motor** que acciona la **bomba**, el **depósito**, una **válvula limitadora de**

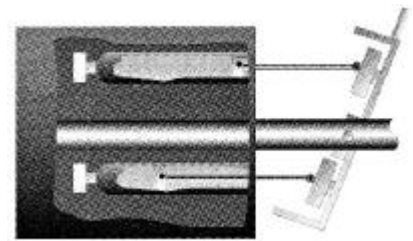
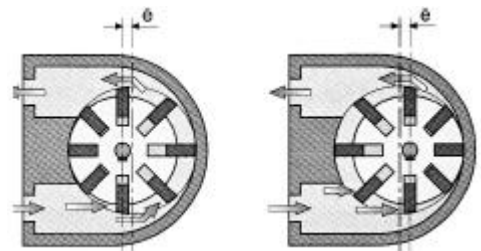
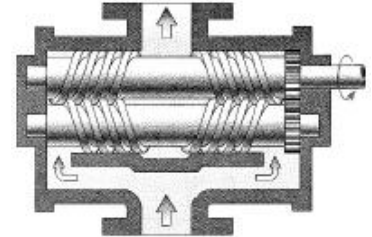
presión y generalmente un **manómetro**.

El elemento principal es la *bomba* que impulsa el fluido a una presión determinada.

Características de la bomba son la *presión*, y el *caudal*.

Hay diversos tipos de bombas, las más importantes son:

- **Bomba de engranajes**, consta de dos ruedas dentadas idénticas, una de ellas es movida por un motor y hace girar a la otra, en la cámara unida al depósito se genera una depresión que aspira el fluido.
- **Bomba de tornillo**, formada por dos tornillos helicoidales que engranan, ajustando perfectamente entre sí y con la carcasa. Un tornillo es accionado por el motor, en su movimiento hace girar al otro tornillo y entre los mismos fluye el aceite. El caudal es muy uniforme y las bombas de este tipo resultan muy silenciosas.
- **Bomba de paletas deslizantes**, formada por un rotor que gira excéntricamente con respecto a la carcasa, y que va provisto de paletas que pueden deslizarse radialmente. Debido a la excentricidad, la cámara situada entre el rotor y el estator aumenta y disminuye sucesivamente de volumen durante el giro, provocando primero una succión y posteriormente una expulsión del líquido. Las paletas impulsan el aceite.
- **Bomba de émbolos axiales**, consta de una carcasa en cuyo interior gira el eje conjuntamente con el bloque en el que se encuentran los émbolos dispuestos de forma axial. El giro del eje produce el movimiento de los émbolos que impulsan el aceite.



El **Depósito**, a diferencia de la neumática es necesario un depósito acumulador donde almacenar el fluido, desde los escapes el fluido debe de retornar al depósito.

Manómetro, similar al sistema neumático mide la presión.

Filtro, filtra las partículas que puedan depositarse en el fluido.

Válvula limitadora de presión, es el equivalente a la “reguladora de presión” neumática, cuando el sistema supera la presión abre paso del fluido hacia el depósito evitando las sobrepresiones.

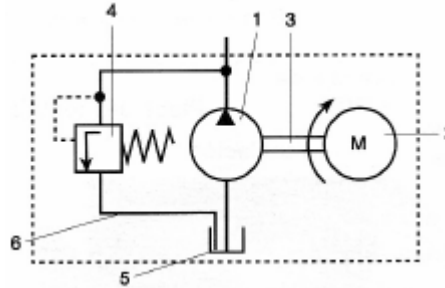
En una instalación neumática es habitual disponer de un recinto donde se genera el aire a presión que es distribuido a través de tuberías a las instalaciones.

En los sistemas hidráulicos es más habitual que cada máquina tenga su *grupo de*

accionamiento para abastecer de fluido a dicha máquina.

El símbolo de un grupo de accionamiento es el siguiente:

- (1) Bomba hidráulica.
- (2) Motor eléctrico.
- (3) Eje del motor.
- (4) Válvula limitadora de presión.
- (5) Depósito.
- (6) Tuberías.



Junto al grupo de accionamiento los circuitos hidráulicos deben de tener otros elementos.

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.

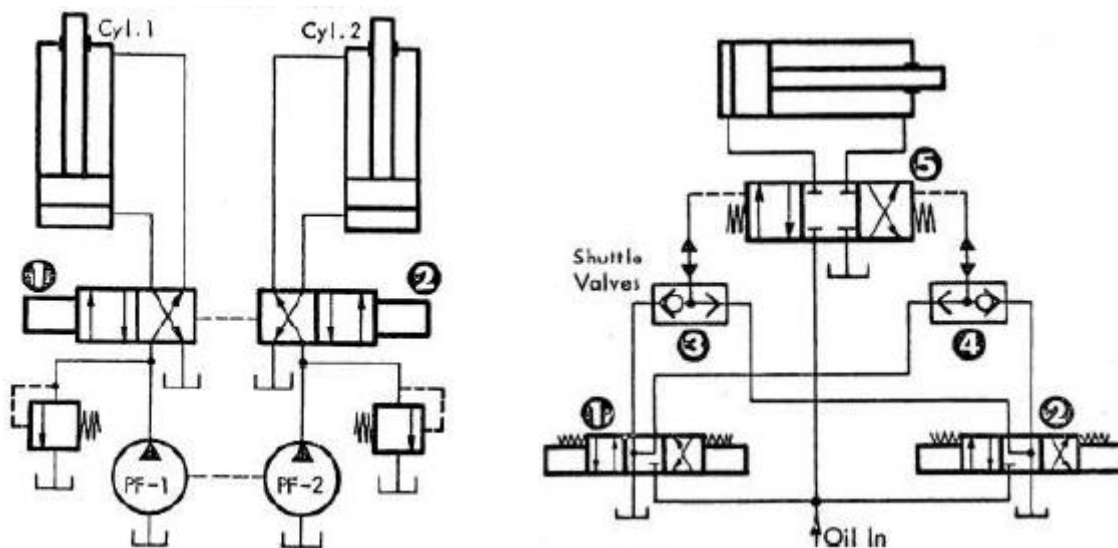
Cilindros de doble efecto

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 paletas*.

2.2.2. EJEMPLOS DE CIRCUITOS HIDRÁULICOS.



AMPLIACIÓN DE CONTENIDOS

NEUMÁTICA

▪ Leyes fundamentales de los gases perfectos

Son aquellas leyes que relacionan las magnitudes: *presión* (P), *volumen* (V) y *temperatura* (T).

Ley de Boyle-Mariotte

A temperatura constante (T=cte.), el producto de la presión absoluta por el volumen que ocupa el gas es constante

$$P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = P_3 \cdot V_3 = \dots$$

Ley de Gay-Lussac

A presión constante (P=cte.), el volumen ocupado por una determinada masa de gas es directamente proporcional a su temperatura absoluta.

$$V_2/V_1 = T_2/T_1 \quad (\text{temperaturas absolutas expresadas en grados kelvin})$$

Ley de Charles

A volumen constante (V=cte.), la presión absoluta de una masa de gas es directamente proporcional a la temperatura absoluta

$$P_1/T_1 = P_2/T_2$$

▪ Concepto de presión; absoluta, relativa y atmosférica

La presión ejercida por un fluido sobre una superficie (y viceversa) es el cociente entre la *fuerza* (F) y la *superficie* (S) que recibe la acción:

$$P = F/S$$

- La **presión atmosférica** es el peso de la columna de aire comprendido entre una superficie y el límite de la atmósfera. Esto significa que varía con la altura, además de las condiciones meteorológicas. Se suele tomar como normal 1013 mbar (\cong 1 bar) a nivel de mar. La presión atmosférica también se llama *barométrica* y la miden los barómetros.
- El valor resultante de dividir toda la fuerza ejercida sobre una superficie por dicha superficie, se denomina **presión absoluta**.
- En *neumática industrial* se trabaja con **presión relativa**, es decir, la diferencia entre la presión absoluta y atmosférica, pues todos los cuerpos están sometidos a la presión atmosférica. También se llama *manométrica*, y se mide con el manómetro.

$$P_{\text{relativa}} = P_{\text{absoluta}} - P_{\text{atmosférica}}$$

▪ Caudal

Volumen de aire que atraviesa la sección de un conducto en la unidad de tiempo.

$$C = V/t = S \cdot L/t = S \cdot v \quad (\text{volumen por unidad de tiempo o sección por velocidad})$$

Donde: C = caudal, V = volumen, L = carrera del émbolo y t = tiempo

Unidades:

[C] = m³/s en SI, pero también se utiliza litros/min (1 litro = 1 dm³).

[V] = m³ en SI, pero también se utiliza litros.

[t] = s en SI, pero también se utiliza minutos.

▪ **Potencia de una bomba**

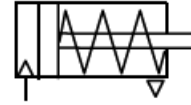
$$P = W/t = F \cdot L/t = p \cdot S \cdot L/t \rightarrow P = p \cdot Q$$

▪ **Cilindros**

Cilindro de simple efecto

- Fuerza de avance y retroceso de un cilindro de simple efecto

$$F_a = p \cdot S_e - F_m - F_r$$



Donde S_e = superficie del émbolo; n = ciclos o emboladas por minuto; L = carrera del émbolo;

F_m = fuerza del muelle; p = presión manométrica; F_r = pérdidas por rozamiento.

- Volumen de aire consumido por ciclo a presión de trabajo ($p_1 = p + p_{atm}$): $V_1 = S_e \cdot L$
- Volumen de aire consumido por ciclo en condiciones normales ($p_2 = p_{atm}$):

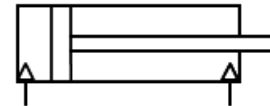
$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 \quad V_2 = (p_1/p_2) \cdot V_1$$

- Consumo de aire en condiciones normales: $Q = V_2 \cdot n$

Cilindro de doble efecto

- Fuerza de avance: $F_a = p \cdot S_e - F_r$

- Fuerza de retroceso: $F_{re} = p \cdot (S_e - S_v) - F_r$



- Volumen de aire consumido por ciclo a presión de trabajo ($p_1 = p + p_{atm}$): $V_1 = (2S_e - S_v) \cdot L$

- Volumen de aire consumido por ciclo en condiciones normales ($p_2 = p_{atm}$): $V_2 = (p_1/p_2) \cdot V_1$

- Consumo de aire en condiciones normales: $Q = V_2 \cdot n$

En el caso de cilindros hidráulicos, el consumo de fluido por ciclo sería: $Q = V_1 \cdot n$

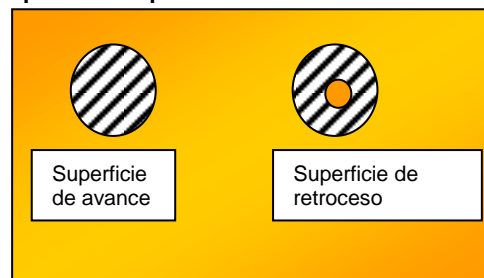
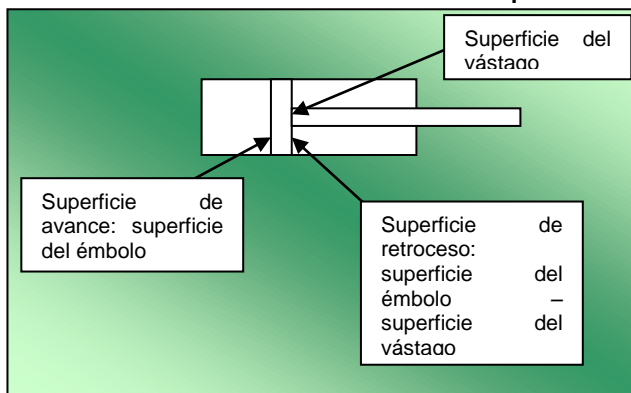
Fuerza de avance y retroceso de un cilindro de doble efecto

$$F_A = P \cdot S_A ; F_R = P \cdot S_R$$

Siendo:

$$S_A = S_{EMBOLO} = \pi \cdot \frac{\phi^2_{embolo}}{4}$$

$$S_R = S_{EMBOLO} - S_{VASTAGO} = \pi \cdot \frac{\phi^2_{EMBOLO}}{4} - \pi \cdot \frac{\phi^2_{VASTAGO}}{4} = \frac{\pi}{4} (\phi^2_{EMBOLO} - \phi^2_{VASTAGO})$$



- **Volumen total consumido en cada ciclo o embolada**

Un ciclo o embolada se considera a la suma del recorrido de avance del émbolo más el de retroceso. Por ello se consume un volumen total que es suma de los volúmenes de avance y de retroceso.

$$V_{TOTAL} = V_A + V_R$$

Donde:

$$V_A = S_A \cdot L = \pi \cdot \frac{\phi^2_{\text{embolo}}}{4} \cdot L \quad (\text{Volumen de avance})$$

$$V_R = S_R \cdot L = \left(\pi \cdot \frac{\phi^2_{\text{EMBOLO}}}{4} - \pi \cdot \frac{\phi^2_{\text{VASTAGO}}}{4} \right) \cdot L \quad (\text{Volumen de retroceso})$$

$$\begin{aligned} V_{TOTAL} &= \pi \cdot \frac{\phi^2_{\text{embolo}}}{4} \cdot L + \left(\pi \cdot \frac{\phi^2_{\text{EMBOLO}}}{4} - \pi \cdot \frac{\phi^2_{\text{VASTAGO}}}{4} \right) \cdot L = \\ &= \frac{\pi}{4} \cdot (\phi^2_{\text{EMBOLO}} + \phi^2_{\text{EMBOLO}} - \phi^2_{\text{VASTAGO}}) \cdot L = \frac{\pi}{4} \cdot (2 \cdot \phi^2_{\text{EMBOLO}} - \phi^2_{\text{VASTAGO}}) \cdot L \end{aligned}$$

- **Caudal consumido en “n” ciclos/minuto**

Si se conoce el volumen total consumido en un ciclo y sabemos que el vástago realiza “n” ciclos/minuto, multiplicando ambos podemos conocer el caudal:

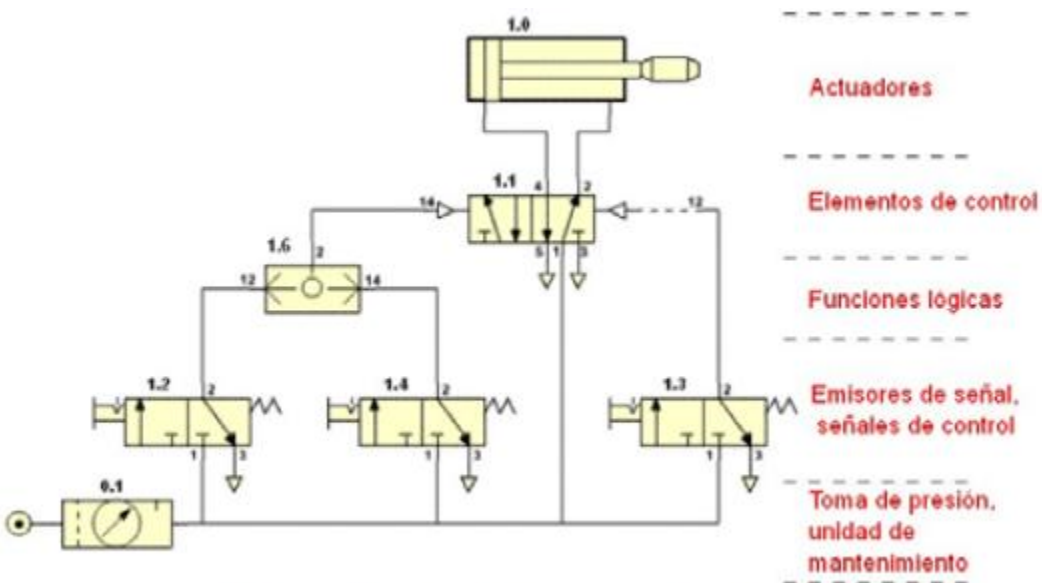
$$C = V_{TOTAL} \cdot n$$

- **Diseño de circuitos neumáticos**

Cuando se representa un circuito neumático la colocación de cada elemento debe ocupar una posición en el esquema según realice una tarea u otra. El esquema se divide en varios niveles que nombrados de arriba abajo son:

- Actuadores.
- Elementos de control.
- Funciones lógicas.
- Emisores de señal, señales de control.
- Toma de presión y unidad de mantenimiento.

Un mismo elemento, puede hacer varias funciones y no existir todos los niveles.



Niveles de los esquemas neumáticos

Por otra parte, cada elemento debe tener una numeración así como cada uno de sus conexiones con arreglo a la siguiente norma:

Designación de componentes	Números
Alimentación de energía	0.
Elementos de trabajo	1.0, 2.0, etc.
Elementos de control o mando	.1
Elementos ubicados entre el elemento de mando y el elemento de trabajo	.01, .02, etc.
Elementos que inciden en el movimiento de avance del cilindro	.2, .4, etc.
Elementos que inciden en el movimiento de retroceso del cilindro	.3, .5, etc.

Designación de conexiones	Letras	Números
Conexiones de trabajo	A, B, C ...	2, 4, 6 ...
Conexión de presión, alimentación de energía	P	1
Escapes, retornos	R, S, T ...	3, 5, 7 ...
Descarga	L	
Conexiones de mando	X, Y, Z ...	10,12,14 ...

HIDRÁULICA

Propiedades de los fluidos hidráulicos

Densidad

Es la relación entre la masa de una determinada sustancia (en este caso líquida) y el volumen que ocupa.

$$d = m/V$$

Su unidad en el sistema internacional es el kg/cm^3 , aunque es muy común el kg/l o g/cm^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.

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 y del fluido con las tuberías. Por lo tanto, representa una medida de la resistencia del fluido a su movimiento. Si un líquido circula fácilmente decimos que la viscosidad es baja. En todos los líquidos, la viscosidad disminuye con el aumento de la temperatura. Si la viscosidad es excesiva tendríamos una alta fricción que disminuye el rendimiento del sistema hidráulico, disminuyendo la potencia de trabajo. La unidad de viscosidad es el *poise*.

$$1 \text{ poise} = 1 \text{ dina}\cdot\text{segundo}/\text{cm}^2; 10^5 \text{ dinas} = 1 \text{ Newton}$$

Índice de viscosidad

La finalidad de este índice es la de medir la viscosidad de un fluido en relación a la variación de temperatura. Si un líquido se hace viscoso a temperaturas bajas y muy fluido a temperaturas altas, posee un índice de temperaturas bajas. Si la viscosidad de un líquido se mantiene casi inalterable con los cambios de temperatura, su índice es muy alto (varía poco la viscosidad).

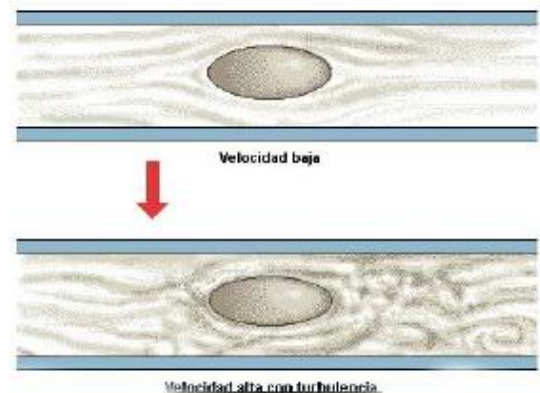
Resistencia a la corrosión

Los aceites hidráulicos son fácilmente oxidables por tratarse de productos derivados del petróleo, dando lugar a productos solubles e insolubles que resultan perjudiciales. Los solubles corroen el sistema y aumentan la viscosidad del aceite. Los insolubles tienden a obturar las válvulas y otros dispositivos. Solución: incluir antioxidantes.

Régimen laminar y régimen turbulento

Las partículas de un fluido describen una trayectoria definida a lo largo de la conducción que se denomina *línea de corriente* o *línea de flujo*.

- Si la velocidad del fluido no sobrepasa un cierto límite, su movimiento se realiza por capas superpuestas que no se entremezclan: las líneas de corriente son prácticamente paralelas a las paredes. Es el *régimen laminar*.
- A partir de cierto valor de velocidad, *velocidad crítica*, las capas del fluido se entremezclan y las líneas de corriente se hacen sumamente complicadas, formándose remolinos. En estas condiciones, el régimen del fluido es *turbulento*.

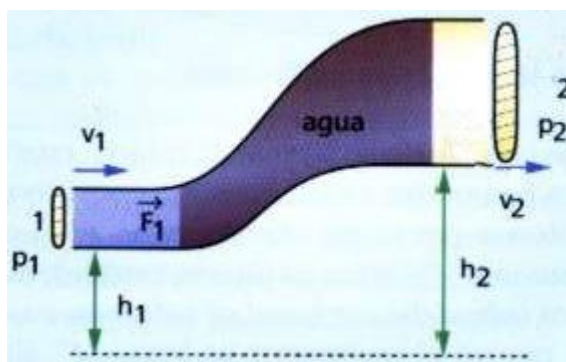


Principios físicos fundamentales

Teorema de Bernoulli

Una masa de líquido que circula a lo largo de una conducción posee tres tipos de energía diferentes.

- **Energía hidrostática** ($p \cdot V$), siendo p (presión) y V (volumen del líquido)
- **Energía potencial** o estática (mgh), debido a la altura respecto a un nivel cero de referencia, siendo m (masa del líquido), g (aceleración de gravedad) y h (altura).
- **Energía cinética** o **hidrodinámica** ($1/2 \cdot m \cdot v^2$), a causa de la velocidad, siendo v (velocidad) y m (masa del líquido).



Un líquido no viscoso, en régimen laminar, de acuerdo al principio de conservación de la energía, cumple que la suma de las tres energías es constante a lo largo de la conducción.

$$p \cdot V + m \cdot g \cdot h + \frac{1}{2} m \cdot v^2 = \text{constante}$$

Si consideramos dos puntos de la misma conducción

$$p_1 \cdot V_1 + m \cdot g \cdot h_1 + \frac{1}{2} m \cdot v_1^2 = p_2 \cdot V_2 + m \cdot g \cdot h_2 + \frac{1}{2} m \cdot v_2^2$$

Si ponemos esta ecuación en función de la densidad $d = m/V$, la expresión quedaría de esta forma

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

Esta es la **ecuación de Bernoulli**

Supongamos que las conducciones hidráulicas se mantienen todas a la misma altura, en posición horizontal. En este caso $h_1 = h_2$, con lo cual, $d \cdot g \cdot h_1 = d \cdot g \cdot h_2$

La ecuación de Bernoulli se simplifica como

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

Interpretación: si la velocidad del fluido disminuye al atravesar la conducción, la presión del fluido aumenta. Por el contrario, si la velocidad del fluido aumenta, la presión del fluido disminuye.

▪ **Potencia hidráulica**

La potencia, P , de una bomba hidráulica se calcula dividiendo la energía hidroestática que la bomba comunica al líquido entre el tiempo empleado.

$P = W/t$, siendo W la energía que se comunica a la bomba.

Pero una expresión más útil es aquella que está en función de la presión y el caudal del fluido

$$P = p \cdot Q, \text{ siendo } p, \text{ la presión del fluido y } Q \text{ el caudal del mismo}$$

Considerando que, inevitablemente, la bomba experimenta una pérdida de potencia, debemos definir el rendimiento η de la bomba como

$$\eta = \frac{\text{potencia útil}}{\text{potencia absorbida}} = \frac{P_{\text{util}}}{P_{\text{absor}}}$$

por lo tanto,

$$\eta = \frac{p \cdot Q}{P_{\text{absor}}} \Rightarrow P_{\text{absor}} = \frac{p \cdot Q}{\eta} \Rightarrow \eta < 1$$

Conclusión: la potencia de la bomba debe ser mayor que la prevista por la teoría ($p \cdot Q$)