NEUMÁTICA E HIDRÁULICA

Oscar Javier Herrera Melo <oscarjavier20@gmail.com>

1.1 NEUMÁTICA

1.1.1 CONCEPTOS BÁSICOS DE NEUMÁTICA

El estudio de los sistemas neumáticos requiere el conocimiento de los elementos neumáticos y su funcionamiento, así como la interconexión entre estos.

Conceptos básicos de mecánica de fluidos

Las magnitudes que se utilizan mas frecuentemente son las de presión y caudal.

Presión
La presión es el cociente entre la fuerza y su superficie de acción $P=F/A$, si la fuerza no es uniforme la relación será $P=dF/dA$.

En todo punto de la atmósfera existe una determinada presión dependiendo de la altura y las condiciones meteorológicas y se conoce como presión atmosférica y se mide con un instrumento llamado barómetro. Esta presión es igual al peso del aire sobre la sección de área en la actúa.

Por el hecho de que todos los cuerpos están sometidos a esta presión no conviene referirse a la presión absoluta, sino a la diferencia de la presión absoluta y la atmosférica, a la que se llama presión relativa o manométrica.

Para la instalación de sistemas neumáticos y oleohidraulicos, la presión relativa es de vital importancia, y se conoce con el nombre de presión de trabajo o efectiva. Según las CETOP (comité europeo de transmisiones oleohidraulicas y neumáticas) de no advertir lo contrario, si se da una presión, debe entenderse esta como manométrica.

La unida de medida de presión mas frecuente es el BAR.

Caudal

El caudal es la cantidad de flujo que pasa por una sección dada en una unidad de tiempo. Esta cantidad se puede expresar en masa o volumen. El caudal másico por lo general se expresa en kg/s y el caudal volumétrico se expresa en l/min o m^3/h.

Potencia neumática

El aire comprimido es un vehiculo a través del cual se transmite potencia de una fuente exterior de energía.

La potencia instantánea consumida por un receptor es igual al producto de fuerza por velocidad. Por ejemplo para un cilindro la expresión de potencia será:

$$N=F^* v = (P^*A) * (Q/A) = P^*Q$$

Leyes fundamentales de los gases perfectos

Ley de Boyle-Mariotte:

A temperatura constante el producto de la presión a la que esta sometido un gas por el volumen que ocupa se mantiene constante.

$$P_1V_1 = P_2V_2 = cte.$$

Ley de charles- gay Lusac

La relación entre el volumen de un gas y su temperatura, al pasar de un estado a otro es constante.

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \frac{V_3}{T_3} = cte.$$

Ley de los gases ideales

El volumen de un gas, a una temperatura y presión dadas, es directamente proporcional al número de moles que contiene:

$$V = k^*n$$

De la formula anterior se puede deducir que el volumen de un gas es directamente proporcional a su temperatura y al numero de moles e inversamente proporcional a la presión, entonces:

$$V = R\,\frac{n^*t}{P}$$

Donde R es la constante de proporcionalidad de los gases.

Definición de aire comprimido:

El aire comprimido es una de las formas de energía más antiguas que conoce el hombre, El primero del que sabemos con seguridad es que se ocupó de la neumática, fue el griego KTESIBIOS. Hace más de dos mil años, construyó una catapulta de aire comprimido.

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

Ventajas de la Neumática

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

Desventajas de la neumática

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

1.2 COMPRESORES

El elemento central de una instalación de aire comprimido es el compresor.

La función de un compresor es aspirar aire de la atmósfera y elevar su presión.

Las características técnicas a valorar de un compresor son el caudal y la relación de compresión, siendo esta ultima la presión alcanzada.

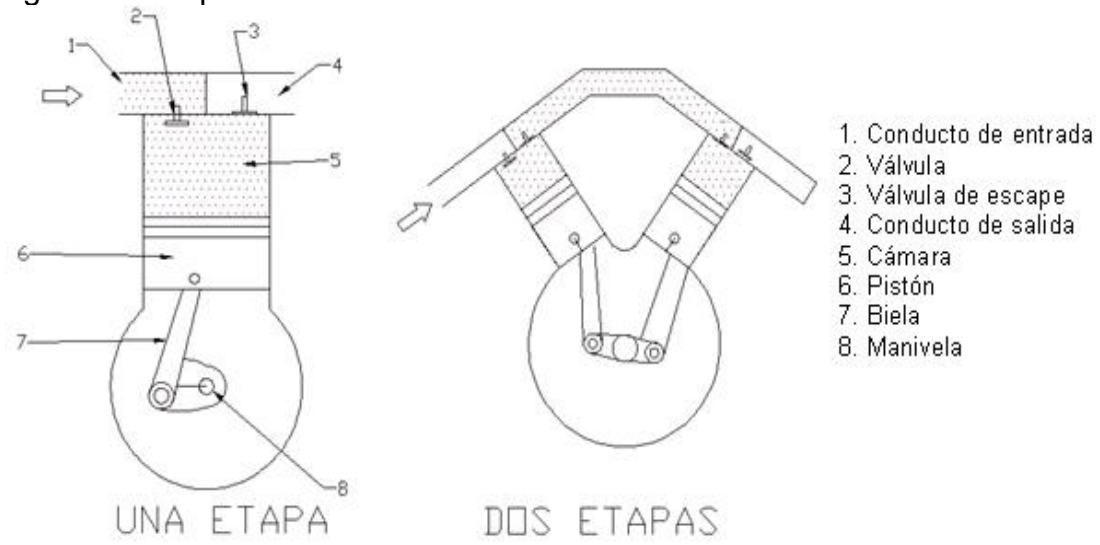
1.2.1 Compresores alternativos de émbolos y de membrana

El compresor de émbolos es el utilizado más frecuentemente y puede emplearse como unidad fija o móvil.
La presión obtenida en un compresor de émbolos puede ser en una, dos o varias etapas.

En los compresores de una etapa la presión final es obtenida por un solo cilindro. En estos compresores el aire llega a una presión final de 6 a 8 bar.
Los compresores de dos etapas alcanzan presiones de 15 bar.

En esto compresores el aire comprimido en una etapa en enfriado antes de volverse a comprimir mas, los compresores de dos etapas alcanzan presiones de hasta 50 bar, los de tres y cuatro etapas alcanzan hasta 250 bar.

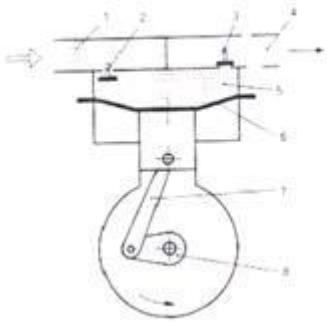
Figura 1. Compresor de émbolos



Neumática, Antonio Serrano

En el compresor de membrana o diafragma no existe embolo o pistón, sino que es reemplazado por una corredera solidaria a la membrana elástica que produce la estanqueidad del gas a presión.

Figura 2. Compresor de membrana



1. Conducto de entrada
2. Válvula
3. Válvula de escape
4. Conducto de salida
5. Cámara
6. Membrana
7. Corredera
8. Manivela

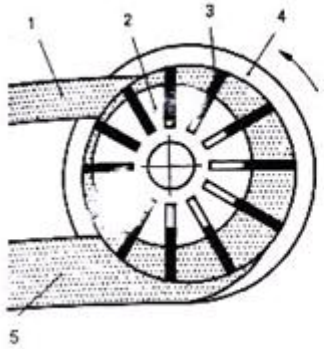
Neumática, Antonio Serrano

1.2.2 Compresores rotativos

En estos compresores la presión de aire se consigue por el giro de un rotor o de otro elemento que consigue aspirar el aire del exterior, comprimirlo y luego enviarlo al depósito.

Los compresores de paletas proporcionan presiones de hasta 4 bar en una etapa y 8 bar en dos etapas. Estos compresores constan de un rotor excéntrico que gira en el interior del cuerpo, en el rotor van alojadas unas paletas que ocasionan la estanqueidad del aire al girar.
Este compresor es menos ruidoso que los de embolo y proporciona un caudal mas uniforme.

Figura 3. Compresor de paletas



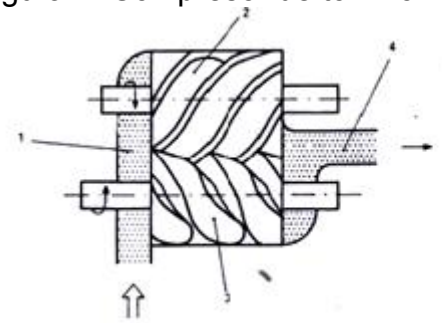
1. Tobera de salida
2. Rotor excéntrico
3. Paletas radiales deslizantes
4. Cuerpo
5. Toma de aire

Neumática, Antonio Serrano

Los compresores de tornillo aspiran el aire por un conducto, en el cual dos tornillos, uno de diente cóncavo y el otro de diente convexo, giran y comprimen el aire y lo impulsan hacia la salida.

Estos compresores son muy silenciosos y pueden llevar lubricación o no, además proporcionan los compresores exentos de lubricación proporcionan un aire seco y limpio, exento de todo tipo de impurezas. Las presiones alcanzadas van hasta los 13 bar.

Figura 4. Compresor de tornillo

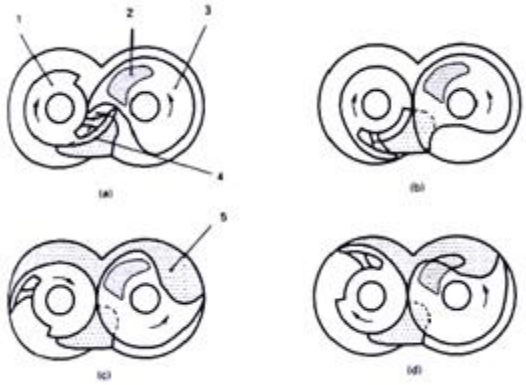


1. Conducto
2. Tornillo helicoidal
3. Tornillo helicoidal
4. Salida

Neumática, Antonio Serrano

El compresor rotativo de uña, consta de dos rotores de perfil especial y sincronizados en el giro. En la figura 5 se observa el funcionamiento de este tipo de compresor, en la posición (a) los rotores aspiran el aire, en la posición (b) el mismo rotor obstruye la salida, en la posición (c) se realiza la compresión final y en la posición (d) se abre la lumbrera para que el aire escape.
Con este tipo de compresores se alcanzan presiones de 8 bar.

Figura 5. Compresor de uña

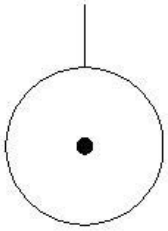


1. Rotor
2. Escape
3. Rotor
4. Entrada

Neumática, Antonio Serrano

En neumática las fuentes de presión se simbolizan de la siguiente manera.

Figura 6. Fuente de presión.



Compresores de émbolos

El compresor de émbolos es el utilizado más frecuentemente y puede emplearse como unidad fija o móvil.
La presión obtenida en un compresor de émbolos puede ser en una, dos o varias etapas.

En los compresores de una etapa la presión final es obtenida por un solo cilindro. En estos compresores el aire llega a una presión final de 6 a 8 bar.

En compresor con una relación de compresión mas elevada ya no es posible utilizar un solo cilindro. El proceso se realiza en dos o más etapas.

En esto compresores el aire comprimido en una etapa en enfriado antes de volverse a comprimir mas, los compresores de dos etapas alcanzan presiones de hasta 50 bar, los de tres y cuatro etapas alcanzan hasta 250 bar.

Compresores rotativos

Los compresores rotativos pueden ser de paletas o tornillos. Los de paletas están constituidos por un rotor en el cual van colocadas las paletas, de eje excéntrico con el estator. Durante la rotación las cámaras entre las paletas y el cuerpo del rotor modifican su volumen, al aumentar producen aspiración y al disminuir producen presión. En los compresores de tornillo, dos rotores paralelos, uno hembra y otro macho giran en u cuerpo y comprimen el aire de forma continua.

Este tipo de compresores son silenciosos y los de una etapa suministran 4 bar, pudiendo alcanzar hasta 8 bar los de dos etapas

Compresores centrífugos

La compresión del aire se produce por un rápido rodete giratorio. La presión es ejercida al forzar las partículas del aire existentes en el rodete a alejarse del centro como resultado de la acción centrífuga.

La presión ejercida por un compresor de estos puede llegar hasta 6 bar.

1.3 Depósitos

Sus funciones en una instilación de aire comprimido son:

- Amortiguar las pulsaciones del caudal de la salida de los compresores.
- Permitir que los motores de arrastre de los compresores no tengan que trabajar de manera continua, sino intermitente.
- Hacer frente a las demandas punta del caudal sin que se provoquen caídas de presión.

Por lo general los depósitos son cilíndricos de chapa de acero. Los factores que influyen en el dimensionamiento de los depósitos son el caudal del compresor (mínimo debe tener 1/10 el volumen entregado en un minuto por el compresor, en hidráulica deben ser mínimo 3 veces mayor que el caudal), las variaciones de demanda, y la refrigeración

1. 4. ACTUADOTES NEUMÁTICOS

Los actuadotes son dispositivos capaces de generar una fuerza a partir de líquidos, de energía eléctrica y gaseosa. El actuador recibe la orden de un regulador o controlador y da una salida necesaria para activar a un elemento final de control como lo son las válvulas.

A los mecanismos que convierten la energía del aire comprimido en trabajo mecánico se les denomina actuadotes neumáticos. Aunque en esencia son idénticos a los actuadotes hidráulicos, el rango de compresión es mayor en este caso, además de que hay una pequeña diferencia en cuanto al uso y en lo que se refiere a la estructura, debido a que estos tienen poca viscosidad.

Los actuadotes se dividen en 2 grande grupos:

- cilindros

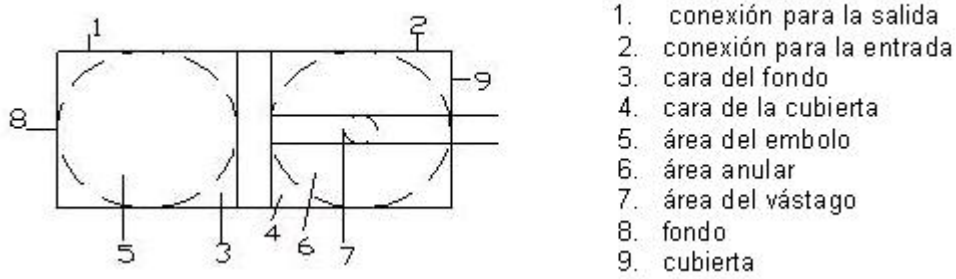
- motores.

1.4.1 CILINDROS

El cilindro de aire comprimido es por regla general el electo productor de trabajo

(órgano motor) en un equipo neumático. Su misión es la de generar un movimiento rectilíneo mediante la carrera de salida y entrada. Aunque el cilindro también puede realizar funciones de regulación y mando.

Figura 7. Definiciones de un cilindro neumático



Dispositivos neumáticos, W. Depert – K. Stoll

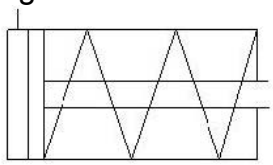
Cilindros de simple efecto

El cilindro de simple efecto es el que solo puede producir trabajo en una dirección. El retorno a su posición inicial se realiza por medio de un muelle recuperador que lleva el cilindro incorporado o por medio de fuerzas exteriores.

Los mas empleados son los de retorno por muelle, donde el aire comprimido obliga al embolo a desplazarse y comprimir el muelle, al desaparecer la presión el muelle hace que el cilindro regrese a su posición inicial. Según la disposición del muelle los cilindros de simple efecto pueden trabajar a compresión o a tracción.

Los cilindros se simple efecto de regreso por muelle tienen una carera limitada que por lo general no supera los 100 mm. Por razones prácticas son de diámetro pequeño y su única ventaja es el consumo limitado de aire, por lo que se aplican como elementos auxiliares en las automatizaciones.

Figura 8. Cilindro de simple efecto de retroceso por muelle



Cilindros de doble efecto

Doble efecto significa que tanto el movimiento de entrada como el de salida son debidos al aire comprimido.

Al aplicar aire a presión en la cámara posterior y comunicar la cámara anterior con la atmósfera a través de una válvula, el cilindro realiza la carrera de avance.

La carrera de retroceso se efectúa introduciendo aire a presión en la cámara anterior y comunicando la cámara posterior con la atmósfera, igualmente a través de una válvula para la evacuación del aire.

Para una presión determinada en el circuito, el movimiento de retroceso de un cilindro de doble efecto desarrolla menos fuerza que el movimiento de avance, ya que la superficie del embolo se va ahora reducida por la sección transversal del vástago.

Los cilindros de doble efecto por lo general se fabrican a base de un tubo de acero estirado sin soldadura, en algunos casos puede ser de bronce, latón o aluminio. Para evitar una intensa abrasión entre el embolo y el tubo, a la superficie deslizante del tubo del cilindro se le da un acabado de precisión o un rectificado y para aplicaciones especiales recibe un cromado duro complementario.

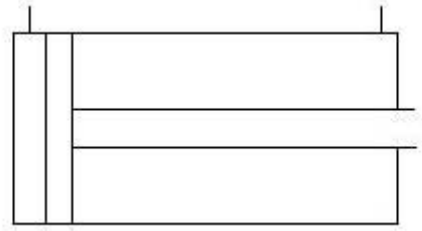
Los cilindros de doble efecto pueden ser sin amortiguación o con amortiguación. Su empleo depende de la velocidad de desplazamiento y de la carga.

Las ventajas de los cilindros de doble efecto sobre los de simple efecto son:

- Posibilidad de realizar trabajo en los sentidos
- No se pierde fuerza para comprimir el muelle

El principal inconveniente es que consúmenle doble de aire que un cilindro de simple efecto.

Figura 9. Cilindro de doble efecto sin amortiguación



1.4.1.1 características técnicas de los cilindros

Fuerza del cilindro

La fuerza generada en el cilindro es función del diámetro del embolo, de la presión de trabajo y e la fuerza de rozamiento.

La fuerza de presión puede calcularse por la siguiente formula:

$$F = A*p$$

Para cilindros de simple efecto

$$F = D^2 * (\Pi/4) * p - f$$

Para cilindro de doble efecto

$$\text{Carrera de avance: } F_R = D^2 * (\Pi/4) * p$$

$$\text{Carrera de retroceso: } F_R = (D^2 - d^2) * (\Pi/4) * p$$

Símbolos empleados: D: diámetro del embolo, d: diámetro del vástago, A: área del embolo, f: fuerza del muelle, F: fuerza de presión, p: presión de trabajo.

Consumo de aire

La energía de aire comprimido que alimenta a los cilindros se transforma en trabajo. El aire comprimido ya usado afluye a la atmósfera. Para calcular el consumo se necesita la relacion de compresión, el area del embolo y la carrera, la relacion de compresión se halla mediante la siguiente formula

$$\frac{1.033 + \text{presión de trabajo}}{1.033}$$

Cuando se esta a nivel del mar.
Para cilindros de simple efecto

$$Q = s * n * q$$

Para cilindros de doble efecto

$$Q = 2\ (s * n * q)$$

Donde Q es el consumo, q es el consumo de aire por centímetro de carrera, s es la carrera y n es el ciclo por minutos.

Velocidad del embolo

Esta comprendida entre 0.1 y 1.5 m/s, en los cilindros especiales estas velocidades pueden ser mayores. Las velocidades también pueden ser afectadas por las válvulas.

Tabla 1. Tamaños normalizados de cilindros y sus carreras

Diámetro del émbolo	Fuerza a la presión de 6 kp/cm^2 [kp]	Longitudes de carerra normalizadas	Longitudes de carera minimas/ máximas [mm]
6	1.2	10, 25, 40, 80	10 -80
12	6	10, 25, 40, 80, 140, 200	10 -200
16	12	10, 25, 40, 80, 140, 200, 300	10 -500
25	24	25, 40, 80, 140, 200, 300	10-500
35	52	70, 140, 200, 300	10-2000
40	72	40, 80, 140, 200, 300	10-2000
50	106	70, 140, 200,	10-2000
70	208	70, 140, 200, 300	10-2000
100	424	70, 140, 200, 300	10-2000
140	832	70, 140, 200, 300	10-2000
200	1700	70, 140, 200, 300	10-1100
250	2600	70, 140, 200, 300	10-1100

(FESTO-Pneumatic, Berkheim)

1.4.2 MOTORES NEUMÁTICOS

Los motores neumáticos realizan la función de transformar la energía neumática en energía mecánica de rotación. El proceso se realiza de forma inversa al de la compresión. Sus características principales son:

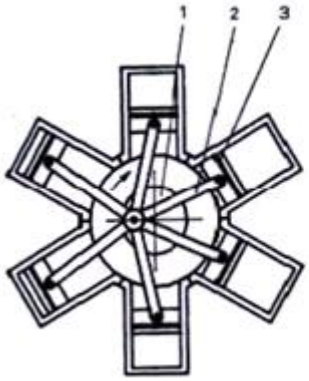
- Ligeros y compactos
- El arranque y paro es muy rápido, pueden trabajar con velocidad y par variables sin necesidad de un control complejo.
- Baja inercia.

Los principales tipos de motores son:

De paletas, son muy simples y su utilización muy extendida. Estos motores son de construcción análoga a la de los compresores de paletas. El rotor esta montado excéntricamente en el cuerpo del motor.

Los motores de paletas tienen potencias entre 0.1 y 20 CV y el numero de revoluciones se halla entre 1000 y 50000 rpm.

Figura 10. Motor de paletas



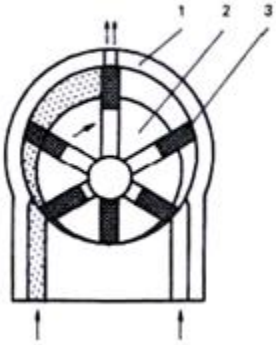
1. Cilindro
2. Rotor excéntrico
3. Paletas deslizantes.

Neumática, Antonio Serrano

De pistones, pueden ser de tipo radial o axial. Su comportamiento es similar a los compresores de pistones, caracterizándose los de pistones axiales por un par elevado y rápido arranque.

Su empleo se limita principalmente a maquinas de potencias elevadas, sus velocidades son inferiores al de paletas.

Figura 11. Motor de pistones radiales



1. Manivela
2. Bielas
3. Émbolos

Neumática, Antonio Serrano

1.5 VÁLVULAS

Las válvulas son dispositivos usados para controlar o regular el arranque, parada, sentido, presión y flujo en un circuito neumático.

Dependiendo de la función que realicen las válvulas se clasifican en:

- válvulas distribuidoras o de vías
- válvulas antiretorno o bloqueo
- válvulas reguladoras de presión
- válvulas reguladoras de flujo o velocidad.

1.5.1 TIPOS DE VÁLVULAS

De acuerdo con su uso pueden ser de potencia o principales, que son las que suministran directamente aire a los actuadores y permiten el escape, o de fin de carrera, son las que abren o cierran los pasos al aire cuya función no será la de ir directamente al actuador, sino que accionan otras válvulas. Otro tipo de válvulas son las auxiliares, que en combinación con las de fin de carrera y de potencia se utilizan para dirigir adecuadamente las señales de presión de aire.

Las válvulas pueden ser de 2, 3, 4 o múltiples vías. Como vías se consideran: la conexión de entrada de aire comprimido, conexiones de alimentación para el consumidor y orificios de purga.

Al grupo de las válvulas de 2 vías pertenecen todas las llaves de paso, ya que estas poseen un orificio de entrada y uno de salida.

Las válvulas de 3 vías, tienen una vía para la alimentación, una vía par la conducción al consumidor y otra vía de escape.

El número de posiciones de una válvula es el de conexiones diferentes que se pueden hacer de manera estable entre las vías del distribuidor.

Las válvulas se designan así: 3/2, 5/2 etc. Donde el numerador quiere decir el número de vías y el denominador el número de posiciones.

Las vías según la norma DIN 24300 se indican así:

P = alimentación de aire comprimido
A,B,C = salidas de trabajo
R,S,T = escape de aire
X,Y,Z = conexiones de mano

Según la norma CETOP:

1 = alimentación de aire comprimido
2 y 4 = salidas de trabajo

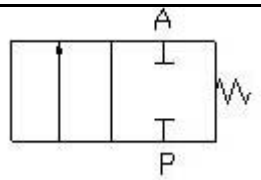
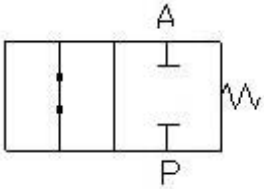
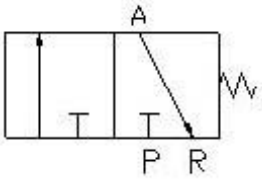
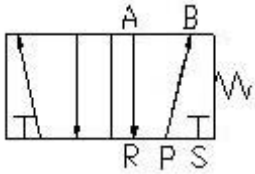
3 y 5 = escape de aire
12 y 14 = conexiones de mando

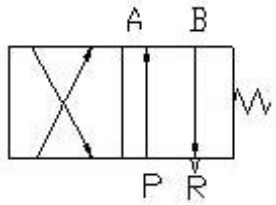
Válvulas de asiento de bola son muy económicas debido a su sencilla fabricación, pero debido a que no siempre esta garantizada una junta perfecta, estas válvulas se utilizan para funciones secundarias.
Este tipo de válvulas se fabrica principalmente como válvula 2/2 o 3/2.
En este tipo de válvulas se tienen perdidas por fugas elevadas cuando se origina coincidencia con el escape porque cuando se conmuta el aire puede pasar directamente de la alimentación al escape.

Válvulas de asiento de disco, pueden estar construidas como 2/2, 3/2 y 4/2. en este tipo de válvulas no se presenta coincidencia con el escape. Sin accionamiento estas válvulas toman la posición de reposo provocada por muelle.

Válvulas de embolo deslizante, el elemento móvil, un embolo se desliza perpendicularmente al orificio a cerrar. Este tipo de cierre se adopta en la mayoría de distribuidores neumáticos. También se llaman válvulas de corredera

Tabla 2. Representación de las válvulas distribuidoras más comunes

Válvula de asiento de bola de 2 vías	
Válvula de 2 vías. Función de la válvula: cierre	
Válvula de 3 vías, 2 posiciones	
Válvula de 5 vías, 2 posiciones	

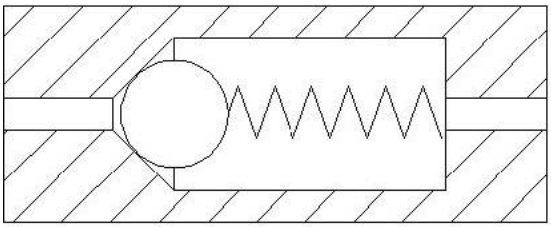
Válvula de 4 vías con orificio de purga común	

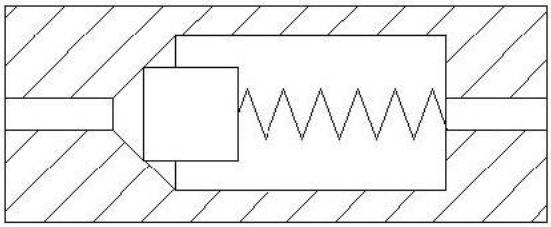
Válvulas de bloqueo

Son las válvulas que cortan el paso del aire comprimido. En ellas siempre se bloquea un solo sentido del paso el otro queda libre.

La válvula de bloqueo más sencilla es la de retención, que cierra por completo el paso del aire en un sentido y lo deja libre en el opuesto con la perdida de presión mas pequeña posible. Tan pronto como la presión de entrada en el sentido de paso aplica una fuerza superior a la del resorte incorporado, abre el elemento del asiento de la válvula. El bloqueo también puede levantarse por medios mecánicos.

Figura 12. Válvula antiretorno





Neumática, Antonio Serrano

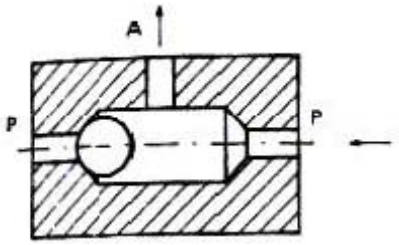
La válvula selectora (de doble retención) tiene dos entradas y una salida. El bloqueo actúa siempre en el sentido de la entrada purgada, por lo que queda libre el paso desde la otra entrada hacia la salida.

Las válvulas estranguladoras con retención, conocidas como válvulas reguladoras de velocidad tienen el punto de estrangulación es regulable. El efecto de estrangulación solo actúa en un sentido de circulación, siendo libre el paso en el sentido opuesto a través de la válvula

En la regulación de aire comprimido con estas válvulas se distingue entre la estrangulación de entrada y la de salida.
Estrangulación de entrada: el aire de entrada es estrangulado hacia el cilindro y el de salida puede circular libremente por la válvula de retención.
Estrangulación de salida: el aire circula libremente hacia el cilindro sobre la válvula

e retención y el aire de salida es estrangulado.
d
Las válvulas de purga rápida (escape rápido) sirven para aumentar la velocidad de entrada o salida de un cilindro, esta válvula tiene un escape, una salida de trabajo y una entrada de aire.

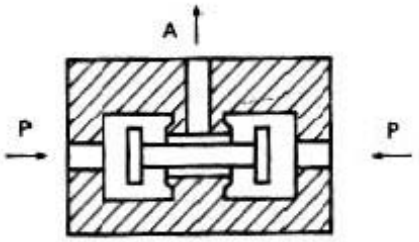
Figura 13. Escape rápido



Neumática, Antonio Serrano

Las válvulas de simultaneidad, una válvula de este tipo tiene 2 entradas y una salida. La señal de salida solo esta presente si las dos señales de entrada lo están.

Figura 14. Válvula de simultaneidad



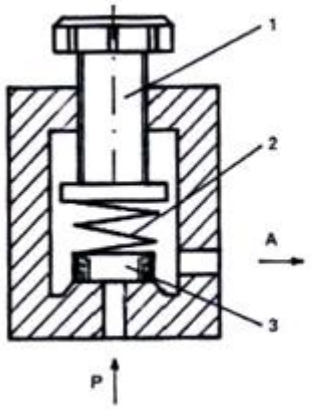
Neumática, Antonio Serrano

Válvulas de presión

Son las que influyen sobre la presión del aire comprimido en circulación.

La válvula limitadora de presión impide la elevación de la presión máxima admisible en un sistema. Esta válvula sirve para seguridad.

Figura 15. Válvula limitadora de presión

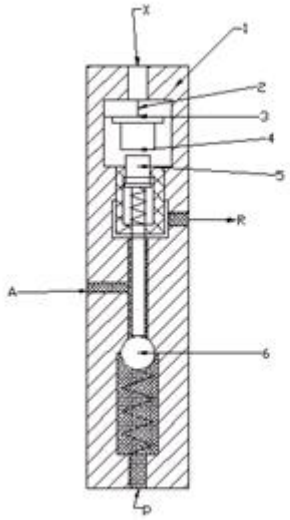


1. Tornillo roscado
2. Resorte
3. Asiento

Neumática, Antonio Serrano

La válvula de secuencia es similar a la válvula limitadora de presión, diferenciándose solo en la aplicación.

Figura 16. Válvula de secuencia



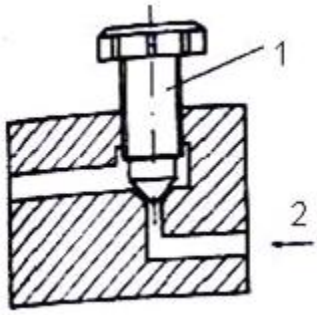
1. Bloque principal
2. Cámara
3. Membrana elástica
4. Pistón
5. Vástago
6. Bola de cierre

Neumática, Antonio Serrano

Válvulas de flujo

Las válvulas de flujo actúan de modo preferente sobre el caudal. La acción sobre el caudal se limita solo al caudal circulante, en neumática la única válvula de este tipo que se utiliza es la de estrangulación. El efecto de la estrangulación es igual en ambos sentidos, cuando las válvulas son ajustables se utiliza una flecha para indicarlo.

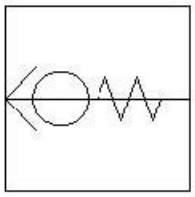
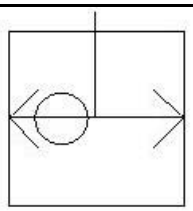
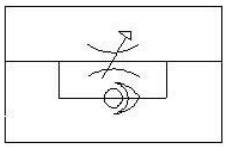
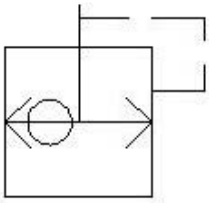
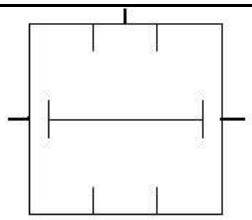
Figura 17. Válvula reguladora de caudal bidireccional

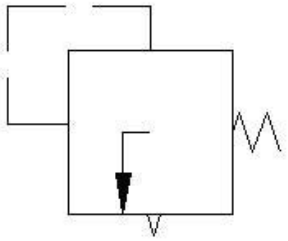
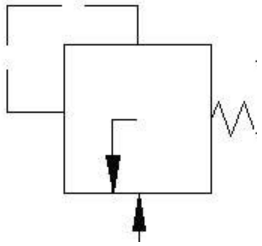
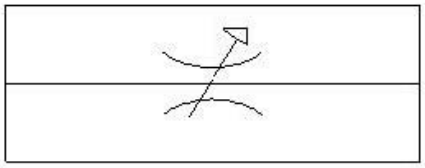


1. Mando.
2. Conducto

Neumática, Antonio Serrano

Tabla 3. Representación de las válvulas de bloqueo, presión y flujo

Válvula antiretorno	
Válvula selectora	
Válvula antiretorno con estrangulación	
Válvula de purga rápida	
Válvula de simultaneidad	

Válvula limitadora de presión	
Válvula de secuencia	
Válvula de flujo	

1.5.2. MEDIOS DE ACCIONAMIENTO

La clase de accionamiento de una válvula no depende de función ni de su forma constructiva, sino que el dispositivo de accionamiento se agrega a la válvula básica.

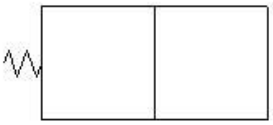
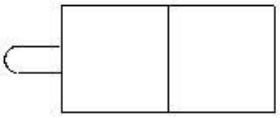
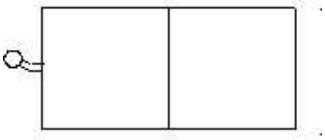
El medio de accionamiento se puede clasificar en accionamiento directo y a distancia.

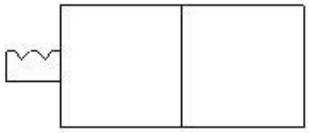
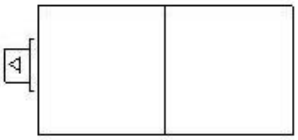
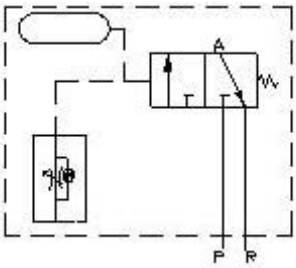
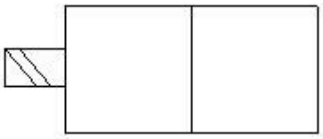
En el accionamiento directo, el órgano de mando esta directamente sobre la válvula, por ejemplo todas las clases de accionamiento manual y mecánico
El accionamiento a distancia se divide en accionamiento neumático y accionamiento eléctrico.

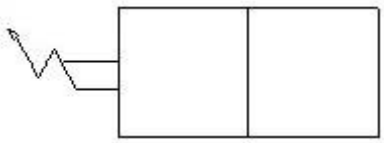
Como una particularidad de accionamiento de válvulas, se debe presentar una válvula accionada neumáticamente cuyo órgano de accionamiento permite simultáneamente una función de tiempo (temporizador). En la línea Z de mando entra aire comprimido a través de una válvula de estrangulación en un acumulador. De acuerdo con el ajuste del aire fluye mas o menos aire en un intervalo de tiempo al acumulador en el que, al cabo de cierto tiempo alcanza determinada presión. La intervención de la válvula solo se efectúa si se ha

alcanzado la presión de aire necesaria.

Tabla 4. Tipos de accionamiento de válvulas

ACCIONAMIENTO MUSCULAR	
Pulsador	
Pulsador tipo hongo	
Palanca	
Pedal	
ACCIONAMIENTO MECÁNICO	
Muelle	
Leva	
Rodillo	
Rodillo escamoteable	

Trinquete o enclavamiento	
ACCIONAMIENTO FLUÍDICO	
Neumático	
Hidráulico	
De vacío	
Neumático con amplificador de presión	
Temporizador	
ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO	
Bobina o solenoide de 1 arrollamiento	
Bobina o solenoide de 2 arrollamientos	

Antena o remoto	

Representación de un circuito neumático.

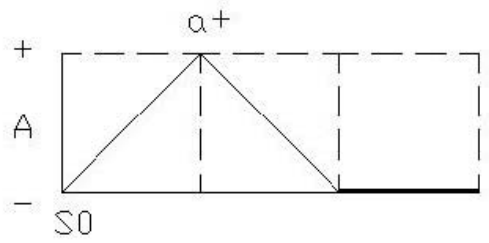
A continuación se explica la manera de construir un circuito neumático, a partir de una secuencia dad para el movimiento de los actuadores.

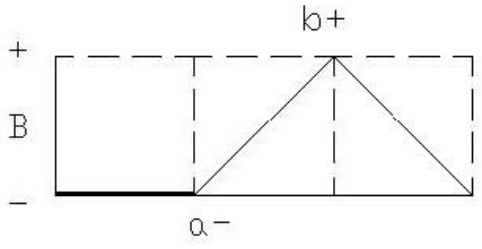
El circuito a trabajar es la secuencia A+ A- B+ B-, la cual indica la sucesión de movimientos de los actuadores que intervienen, el numero de actuadores son 2 debido a que hay dos letras diferentes, los signos mas (+) y menos (-) indican la posición del actuador, en este caso son cilindros, cuando esta en + quiere decir que el vástago esta por fuera, y en menos, que el cilindro esta contraído. En este montaje hay cruce de señales debido a que se presentan movimientos de un mismo actuador de manera consecutiva. Este circuito se resolverá con el método cascada, el cual se puede resumir en 8 pasos:

1. Dividir la secuencia en grupos, en los cuales no deben haber letras repetidas.
2. Introducir una válvula auxiliara de cinco vías y dos posiciones, para controlar el flujo de aire a cada grupo, el numero de válvulas es igual al numero de grupos menos uno.
3. Se debe trazar una línea horizontal por cada grupo que haya.
4. Cada línea se alimenta de una salida de la válvula auxiliar.
5. Las de tres vías y dos posiciones que controlan el movimiento de los cilindros se deben alimentar de la línea de grupo que corresponda.
6. Realizar las conexiones correspondientes de la secuencia, mientras que no haya cambio de grupo.
7. Cuando exista cambio de grupo se conmuta la válvula auxiliar y el siguiente movimiento se hace directamente de la línea de grupo que corresponda.
8. Ubicar el pulsador de inicio.

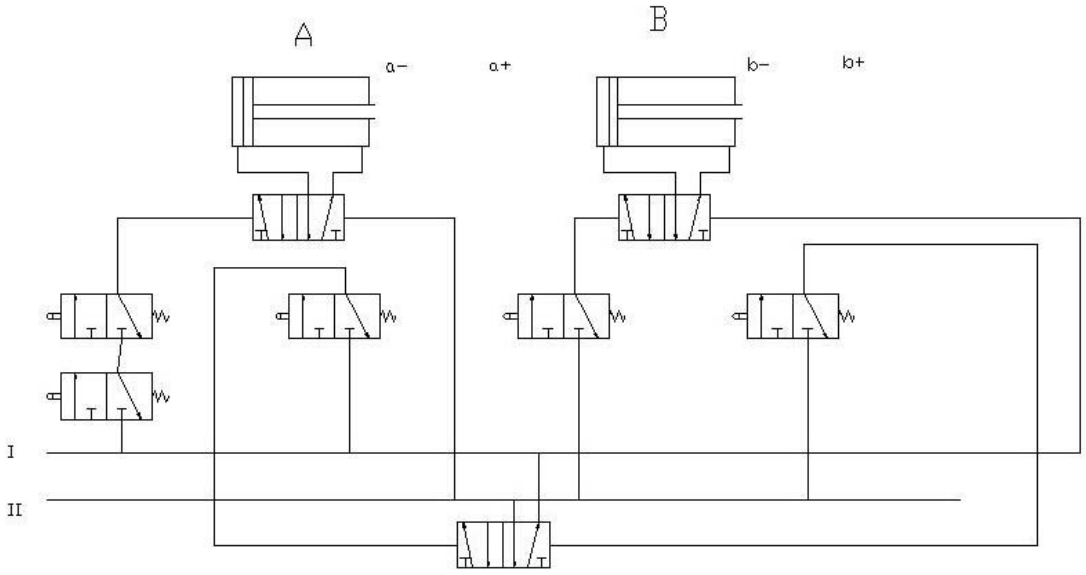
A+ A- B+ B-. Grupo 1: B- A+ , Grupo 2: A- B+

Diagrama espacio fase.

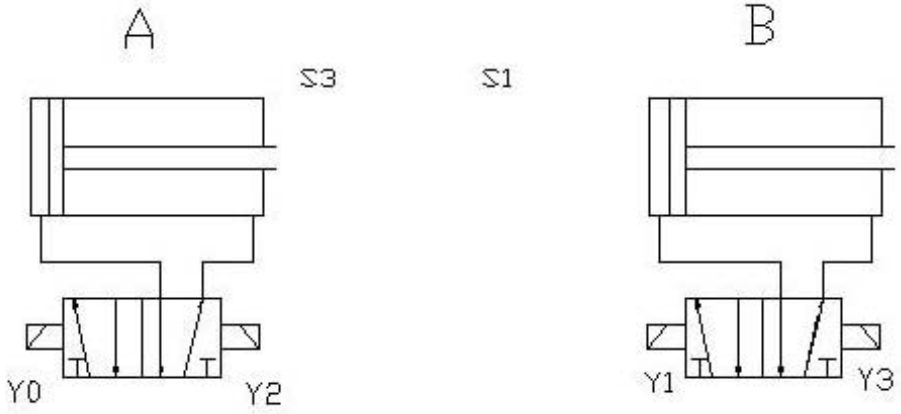


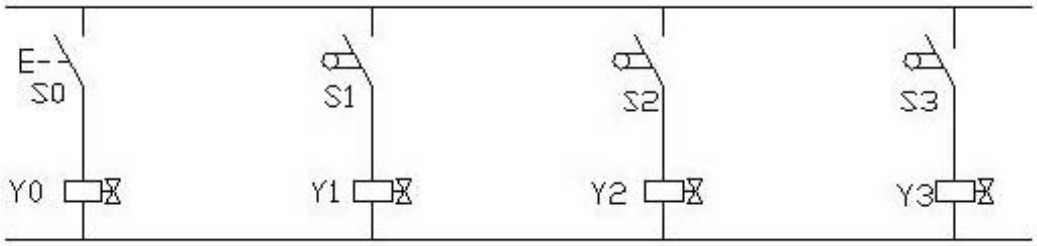


Montaje del circuito



En un circuito en el cual las válvulas son de accionamiento por solenoide, se realiza un circuito eléctrico para controlar estas válvulas, como el que se muestra a continuación.





1.2 OLEOHIDRÁULICA

1.2.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Los fluidos se clasifican en líquidos y gases. Los líquidos a una presión y temperatura determinadas ocupan un volumen determinado. Introducido el liquido a un recipiente adopta la forma del mismo, pero llenando solo el volumen que le corresponde. Si sobre el líquido reina una presión uniforme, este adopta una superficie libre plana, como la superficie de un lago o de un cubo de agua.

Los líquidos ofrecen gran resistencia al cambio de volumen, pero no de forma. Los líquidos como los sólidos son poco compresibles, pero ningún cuerpo es estrictamente incompresible.

Propiedades de los líquidos.

Densidad específica o absoluta

$$p = \frac{m}{V}$$

La densidad es función de la temperatura y de la presión. La variación de la densidad absoluta en los líquidos es muy pequeña, y para los cálculos en general puede despreciarse.

Peso especifico
Es el peso por unidad de volumen.

Volumen especifico
Es reciproco de la densidad absoluta.

$$v = \frac{1}{p}$$

o sea, el volumen que ocupa un kilogramo de la sustancia

Compresibilidad

En los fluidos al igual que en los sólidos se verifica la ley fundamental de la elasticidad:

El esfuerzo unitario es proporcional a la deformación unitaria.

De lo cual se deduce la formula siguiente

$$\Delta p = -E \frac{\Delta v}{v}$$

donde Δp es el esfuerzo unitario de compresión. V es el volumen específico. Δv es el incremento del volumen específico. E es el modulo de elasticidad volumétrica

Viscosidad

Viscosidad dinámica

Un solidó puede soportar esfuerzos normales de compresión y de tracción. Un líquido solo puede soportar esfuerzos de compresión. Los sólidos y los líquidos pueden soportar también esfuerzos cortantes o tangenciales.

En los fluidos la deformación aumenta constantemente bajo la acción del esfuerzo cortante por pequeño que este sea.

Entre las moléculas de un fluido existen fuerzas moleculares que se denominan fuerzas de cohesión. Al desplazarse unas moléculas con relación a las otras se produce a causa de ellas una fricción. El coeficiente de fricción interna de un fluido se denomina viscosidad.

El estudio de la viscosidad se hace bajo la ley de newton, que cumplen los fluidos newtonianos (aire, agua, etc.).

En una capa de fluido newtoniano entre dos placas planas paralelas, la inferior fija y la superior móvil, aplicando una fuerza tangencial a la placa móvil esta se desplaza paralelamente a una velocidad $V_{0.}$

Dividiendo el fluido en capas infinitesimales paralelas a las placas, se confirma que la capa de fluido en contacto con la placa superior se pone en movimiento a la misma velocidad que la placa. Las capas intermedias se deslizan unas sobre otras, y la capa contigua a la placa fija se mantiene en reposo.

La ley experimental descubierta por Newton que rige este fenómeno afirma que la fuerza es proporcional a la superficie de la placa en movimiento, al gradiente de velocidad aun coeficiente η llamado viscosidad absoluta o dinámica.

La viscosidad dinámica de los líquidos disminuye con la temperatura, y es prácticamente independiente de la presión.

La viscosidad dinámica se mide en $\frac{\text{dinas} * \text{s}}{\text{Cm}^2}$, esta unidad se llama Poise

Viscosidad cinemática

En hidrodinámica intervienen con las fuerzas debidas a la viscosidad las fuerzas de inercia, que dependen de la densidad. Por eso tiene un significado importante la viscosidad dinámica referida a la densidad, o sea la relación de viscosidad dinámica a la densidad, que se denomina viscosidad cinemática.

$$v = \frac{\eta}{p}$$

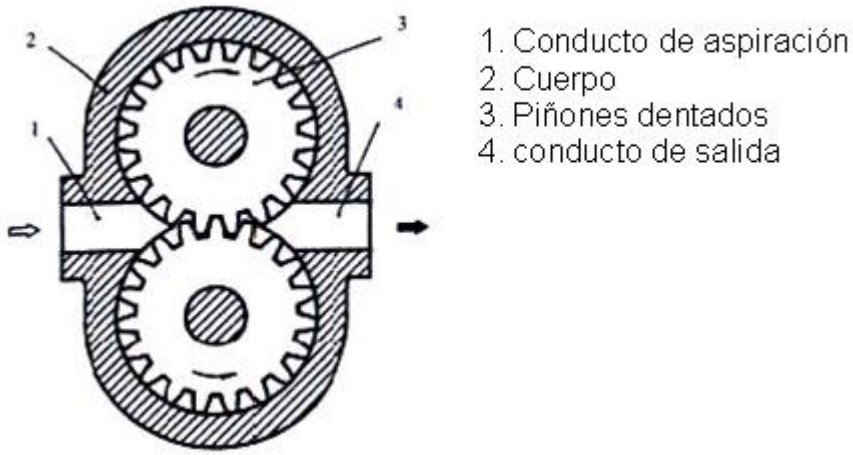
la viscosidad cinemática se mide en unidades llamadas Stokes que equivale a $\frac{1\ Cm^2}{s}$

1.2.2 GENERACIÓN DE POTENCIA OLEOHIDRÁULICA (BOMBAS)

Bombas de engranajes

Las de dentado cilíndrico recto son las más utilizadas debido a su bajo costo, a las presiones que generan y a la variedad de caudales que proporcionan. Sus principales desventajas son su bajo rendimiento (85 a 90% del total) y su alto nivel de ruido.

Figura 18. Configuración básica de una bomba de engranajes



Neumática, Antonio Serrano

Con estas bombas se pueden alcanzar presiones de 275 bar continuos y en caso de presiones intermitente se llegan a conseguir unos 300 bar. Los caudales por lo general oscilan entre 0.5 l/min y 225 l/min. En algunos casos para obtener caudales de hasta 500 l/min se pueden combinara 2, 3 y hasta 4 cuerpos de bombas diferentes.

Los caudales que pueden obtenerse con estas bombas dependen de la velocidad de giro del eje.
Por otra parte las pérdidas de flujo entre los dientes de los piñones y las perdidas laterales aumentan también con la velocidad de giro, disminuyendo el rendimiento volumétrico.

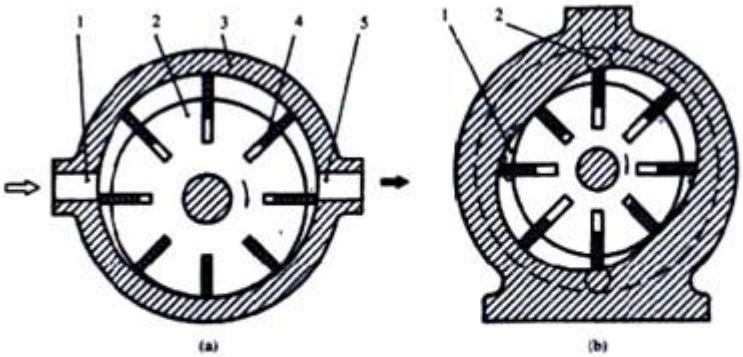
Bombas de paletas

Estas bombas constan de un rotor excéntrico provisto de ranuras sobre las cuales se deslizan radialmente las paletas que giran en el interior de una carcasa que posee un alojamiento circular.

Al girar el rotor las paletas son mantenidas contra la pared del alojamiento debido a la fuerza centrifuga de las mismas y la acción de resortes, el giro del rotor crea un aumento de volumen que produce aspiración y luego una reducción que causa un aumento de presión y conduce el flujo hacia la salida.

Estas bombas no superan presiones de 70 bar, debido a los desequilibrios que se producen en el rotor, su rendimiento es del 80%. Para superar este inconveniente se fabrican bombas que tienen la cavidad elíptica para que se produzcan simultáneamente doble acción de aspiración y presión para que no se desequilibre el rotor y poder alcanzar hasta 210 bar de presión y caudales de 225 l/min.

Figura 19. Bombas de paletas



a. bomba no equilibrada. 1 y 5 conductos de entrada y salida. 2. rotor excéntrico. 3. alojamiento. 4. ranuras axiales.
b. Bomba equilibrada 1. conductos de presión. 2. conductos de aspiración.

Oleohidráulica, Antonio Serrano.

Las bombas de rotor no equilibrado pueden convertirse en bombas de caudal

variable, modificando la excentricidad del rotor.

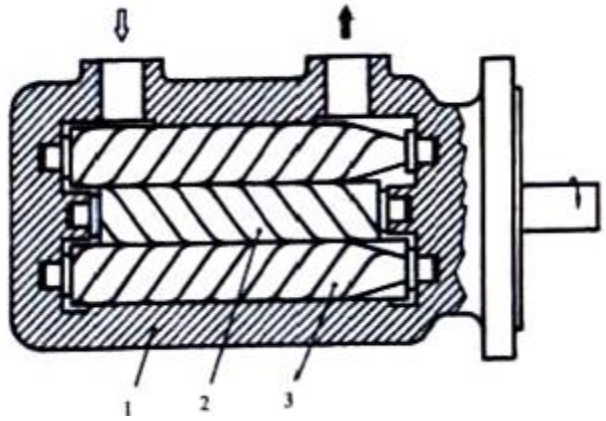
Bombas de tornillo

Son las menos utilizadas en la industria debido a que su fabricación es muy compleja.

Estas bombas son muy silenciosas y producen presiones desde 20 hasta 175 bar. Las presiones son proporcionales a la longitud del husillo empleado. Debido a las características de su funcionamiento proporcionan un caudal bastante uniforme, que puede llegar hasta 1800 l/min, con un rendimiento de 80 al 90%.

En la figura 20 se ilustra su funcionamiento, la bomba consta de un cuerpo en cuyo interior van alojados 3 husillos engranados perfectamente, el husillo central es el motriz y los laterales son los conducidos, al girar estos el caudal es desplazado uniformemente hacia la salida.

Figura 20. Bomba de tornillo



1. cuerpo
2. husillo motriz
3. husillo conducido

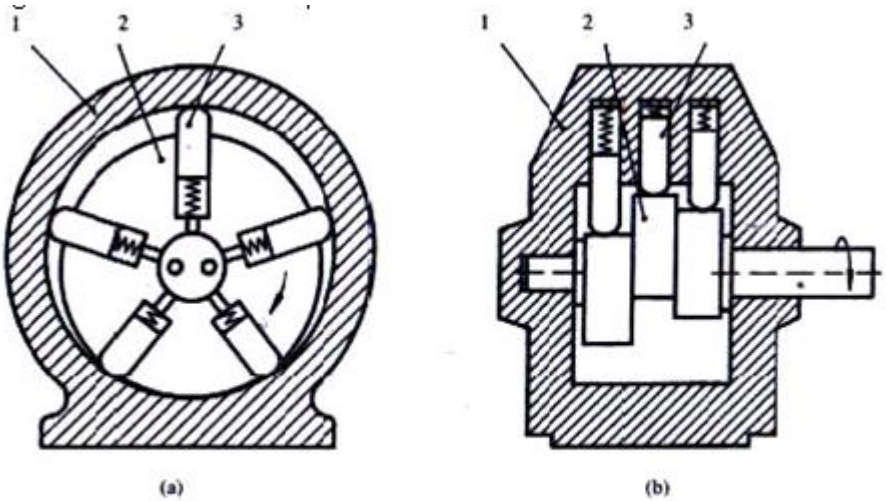
Oleohidráulica, Antonio Serrano.

Bombas de pistones radiales

Fueron las primeras bombas que se desarrollaron en la industria. Proporcionan un caudal irregular, debido a que cada pistón proporciona una pequeña parte del caudal global, y sumados los efectos de todos los pistones se obtiene el caudal total. Estas pueden ser de caudal fijo o variable.

Existen dos tipos de bombas de pistones radiales, las de pistones radiales dispuestos en forma de estrella y las de pistones dispuestos en línea.

Figura 21. Bombas de pistones radiales

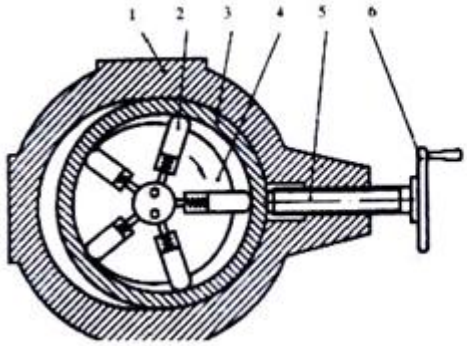


a. pistones dispuestos en estrella. 1. cuerpo 2. eje del rotor 3. pistones
b. Pistones dispuestos en línea. 1. cuerpo 2. eje del rotor 3. pistones

Oleohidráulica, Antonio Serrano.

Las bombas de pistones radiales dispuestos en forma de estrella constan de un cuerpo con un alojamiento cilíndrico interior para el rotor, donde el eje del rotor y el alojamiento son excéntricos y los pistones se deslizan radialmente sobre el rotor apoyándose siempre en la pared del alojamiento, este deslizamiento produce por una parte aspiración y por otra compresión. Estas bombas pueden ser de caudal fijo o variable y el número de pistones mas frecuente es 1, 2, 3, 5, 6 y 10. Los caudales van de 2 l/min a 200 l/min y las presiones llegan hasta 400 bar continuos y hasta los 600 bar con presiones intermitentes. Su rendimiento es del 95%.
Las bombas de caudal variable se regulan mediante un volante que va alojado en el husillo que hace mover el anillo sobre el alojamiento de la bomba para así graduar el caudal.

Figura 22. Bomba de pistones radiales de caudal variable



1. cuerpo
2. pistones
3. anillo
4. rotor
5. husillo
6. volante

Oleohidráulica, Antonio Serrano.

Las bombas de pistones radiales dispuestos en línea, se utilizan con menos

frecuencia, el número de pistones varía de 3 a 12. Están conformadas por un cuerpo, un cigüeñal y los pistones accionados por dicho cigüeñal. Al girar el eje, los pistones se desplazan todos en un mismo plano logrando cada uno de ellos aspirar e impulsar el aceite a presión con la ayuda de las válvulas correspondientes de admisión y escape.

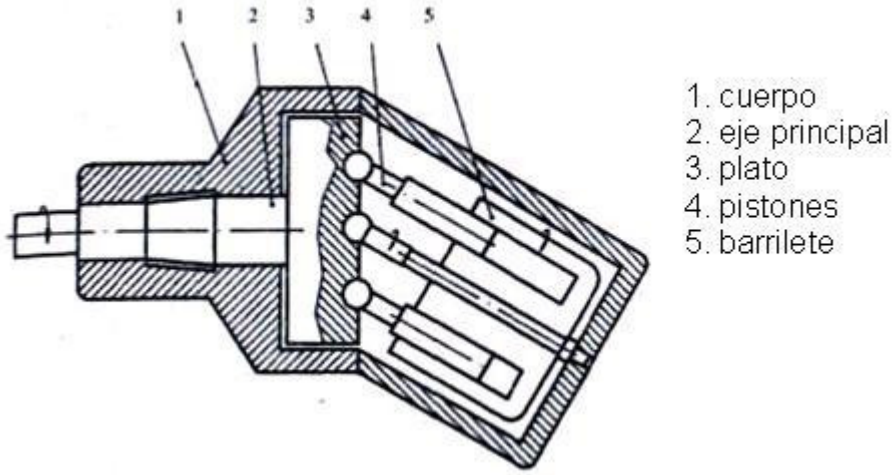
Estas bombas proporcionan hasta 500 bar de presión caudales que llegan a los 800 l/min, su rendimiento es del 95%.

Bombas de pistones axiales

En estas bombas los pistones están dispuestos de forma axial respecto a un plato, solidario al eje principal de giro. Al girar el eje se obliga a los pistones a deslizarse por el interior de las chamarras correspondientes del barrilete, produciéndose primero la aspersión y luego la compresión en dichas cámaras, el caudal dependerá del diámetro de los pistones y de la carrera, que es proporcional a la inclinación del barrilete, que siempre será menor a los 25^0.

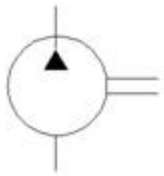
Estas bombas llegan a caudales de 250 l/min y presiones de 450 bar. Además sus rendimientos llegan al 96%.

Figura 23. Bomba de pistones axiales

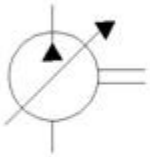


Oleohidráulica, Antonio Serrano.

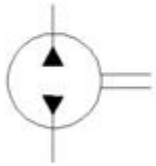
Figura 24. Símbolos de las bombas oleohidráulicas



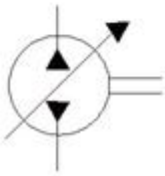
Bomba de caudal constante con un solo sentido de flujo



Bomba de caudal variable con un solo sentido de flujo



Bomba de caudal constante con dos sentidos de flujo



Bomba de caudal constante con dos sentidos de flujo

Oleohidráulica, Antonio Serrano.

1.2.3 ACTUADORES HIDRÁULICOS

1.2.3.1 CILINDROS

Los cilindro son los componentes de trabajo de los circuitos oleohidráulicos que se utilizan con mayor frecuencia en las maquinas o mecanismos. Los cilindros que más se usan en oleohidráulica son los clásicos de doble y simple efecto

Cilindros de doble y simple efecto

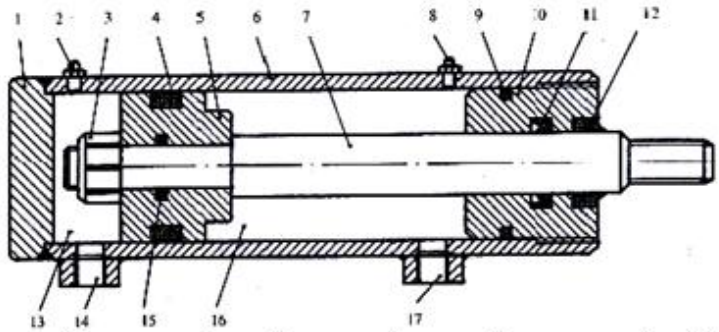
El principio de funcionamiento es el mismo en ambos casos, ya que al penetrar fluido a presión en una de las cámaras, el pistón avanza como consecuencia de ese empuje realizando un trabajo el vástago solidario a él. En el de doble efecto el empuje tiene lugar en ambos sentidos ya que, de forma alternativa el aceite penetra en una o en otra cámara, el de simple efecto solo alimenta una cámara a presión y por lo tanto el trabajo se realiza en un solo sentido.

En un cilindro de doble efecto, al penetrar aceite por una cámara hace que el vástago y el pistón avancen, mientras tanto el aceite en la otra cámara es desalojado hacia el deposito, para que el vástago se repliegue, se hace penetrar

aceite por la cámara contraria y se desaloja el de la otra.

Los cilindros oleohidráulicos deben llevar un mecanizado muy fino para reducir el desgaste por fricción, generalmente van cementados y templados, nitrurados o con un cromado duro. También deben ir dotados de purgadores de aire.

Figura 25. Cilindro de doble efecto

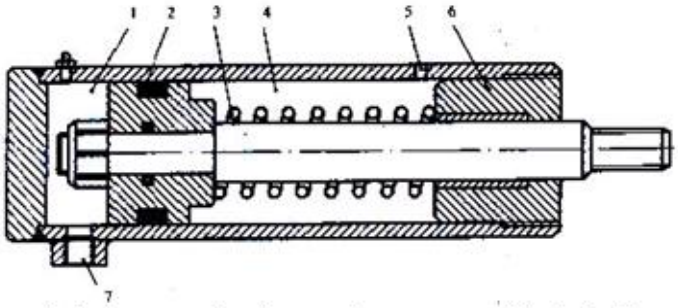


1 y 10 tapas. 2 y 8 purgadores. 3. tuerca de fijación. 4. junta dinámica. 5. Pistón. 6. Camisa 7. Vástago 9. Junta estática de hermeticidad. 11 y 15. Junta dinámica de cierre. 12. Anillo de caucho. 13 y 16. Cámaras 14 y 17. Conductos de entrada y salida.

Oleohidráulica, Antonio Serrano.

Los cilindros de simple efecto son similares a los de doble efecto, pero algo más sencillos ya que solo entra aceite por una de las cámaras.

Figura 26. Cilindro de simple efecto



1 y 4. Cámaras. 2. Junta de estanqueidad 3. Resorte. 5. conducto de salida 6. Tapa 7. Conducto de entrada.

Oleohidráulica, Antonio Serrano.

Los tamaños de los cilindros están normalizados y oscilan entre 25 mm y 250 mm de diámetro de pistón, las carreras máximas también están normalizadas y pueden llegar a 8 m.

Tabla 5. Características de los cilindros oleohidráulicos

Diámetro del pistón (mm)		Diámetros de los vástagos (mm)		Sección total (cm^2)	Secciones anulares (cm^2)
25	12	-	4,90	3,77	-
32	18	-	8,04	5,50	-
40	22	-	12,56	8,76	-
50	22	28	19,63	15,83	13,48
63	36	40	31,17	21,00	18,60
70	40	50	39,48	25,92	18,85
80	45	56	50,26	34,36	25,63
100	56	70	78,53	53,90	40,05
115	70	80	103,86	62,38	53,60
125	70	90	122,71	84,23	59,10
140	80	100	153,38	103,6	75,39
160	90	110	201,06	137,45	106,03
180	110	125	254,47	159,43	131,75
200	110	140	314,16	219,13	160,23
220	140	160	380,13	226,19	179,07
250	140	160	490,87	336,93	289,81

Oleohidráulica, Antonio Serrano.

1.2.3.2 MOTORES

Después de los cilindros, son los elementos de trabajo mas frecuentemente utilizados en la industria.

Los motores hidráulicos se clasifican en:

- motores de engranajes.
- motores de paletas.
- motores de pistones radiales.
- motores de de pistones axiales.

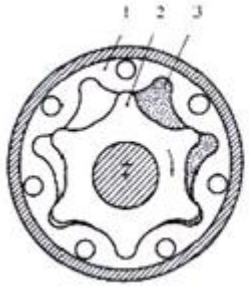
Motores de engranajes

Se pueden dividir en motores de engranajes exteriores y de engranajes interiores

o planetarios.

En un motor de engranajes exteriores reversible, al penetrar el aceite en el conducto de alimentación, la presión de este actúa sobre los flancos de los dientes de los engranajes obligando a girar los piñones, el fluido después de desarrollar el trabajo vuelve al depósito por un conducto de salida. Estos motores tienen cilindradas desde 2 cm^3/revolución hasta 140 cm^3/revolución, las presiones máximas de trabajo continuo oscilan entre 210 y 170 bar y para presiones de trabajo intermitente llega hasta 250 bar.

Figura 27. Motor de engranajes reversible

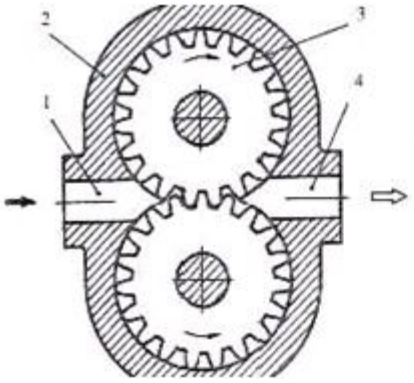


1. Conducto de alimentación
2. Carcasa
3. Engranajes
4. Conducto de salida

Oleohidráulica, Antonio Serrano.

Los motores de engranajes internos son más sofisticados que el anterior, pueden ser unidireccionales o bidireccionales, son de cilindrada constante. En estos motores la energía hidráulica se transforma en energía de rotación a través de un diseño de perfiles de engranajes

Figura 28. Motor de engranajes internos



1. Corona de dentado interior
2. Rueda dentada
3. Presión del fluido

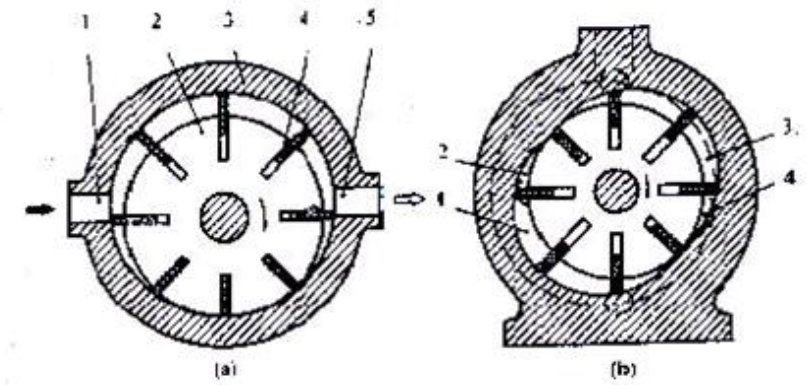
Oleohidráulica, Antonio Serrano.

Las cilindradas de estos motores varían de 13 cm^3/revolución a 800 13 cm^3/revolución, alcanzan presiones de 150 a 200 bar continuas y en presiones intermitentes llegan a 250 bar.

Motores de paletas

En su funcionamiento el aceite a presión ingresa por un conducto, llena las cámaras correspondientes y empuja las paletas solidarias al rotor.

Figura 29. Motores de paletas



a. 1. Conducto de entrada. 2. rotor. 3. Carcasa. 4. Paletas. 5. Conducto de salida.
b. 1 y 3. Cámaras. 2 y 4. Conductos.

Oleohidráulica, Antonio Serrano.

Estos motores pueden tener la carcasa redonda o elíptica, para equilibrar la rotación.

Este tipo de motores tienen cilindradas de 30 a 300 cm^3/revolución, las presiones de trabajo admisibles no superan los 175 bar.

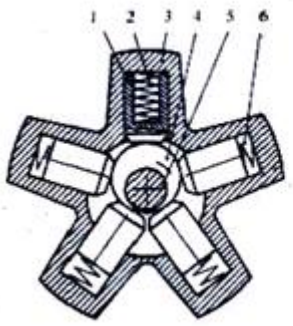
Motores de pistones axiales

Estos motores pueden trabajar a presiones más elevadas que los motores de paletas y engranajes.

Al penetrar aceite a presión por las cámaras, empuja axialmente a los cilindros y estos hacen girar al eje principal.

Las cilindradas de estos motores van de 5 a 150 cm^3/revolución, las presiones de trabajo continuo oscilan entre 200 y 350 bar.

Figura 30. Motor de pistones axiales



1. Cuerpo
2. Eje principal
3. Cilindros
4. Cámaras

Oleohidráulica, Antonio Serrano.

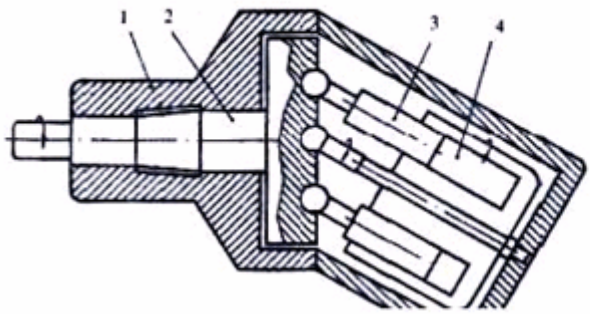
Motores de pistones radiales

Existen dos tipos de motores de pistones radiales: motores de pistones de excéntrica y motores de pistones en estrella.

Los motores de pistones de excéntrica en su interior tienen alojados los pistones que van provistos de muelles de recuperación, que mantienen el contacto permanente con el perfil de la excéntrica. Al introducirse aceite a presión en las cámaras, los pistones hacen girar la excéntrica provocando a su vez el giro del eje de salida del motor.

Este tipo de motores tienen cilindradas que van desde los 180 cm^3/revolución hasta los 7000 cm^3/revolución, las presiones máximas de entrada varían de 250 a 300 bar.

Figura 31. Motor de pistones radiales de excéntrica



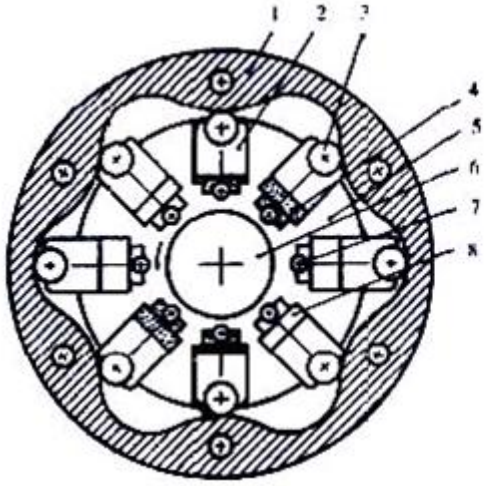
1. Pistones
2. Muelles de recuperación
3. Cuerpo
4. Excéntrica
5. Eje de salida
6. Cámaras

Oleohidráulica, Antonio Serrano.

Los motores de pistones radiales en estrella, llevan los pistones montados sobre el rotor que gira solidario con el eje de salida del motor. Al penetrar el aceite a presión a las cámaras, obliga a los pistones a desplazarse radialmente, pero al

apoyarse estos sobre rodillos en el perfil interior curvado de la carcasa, genera el movimiento rotatorio del motor.

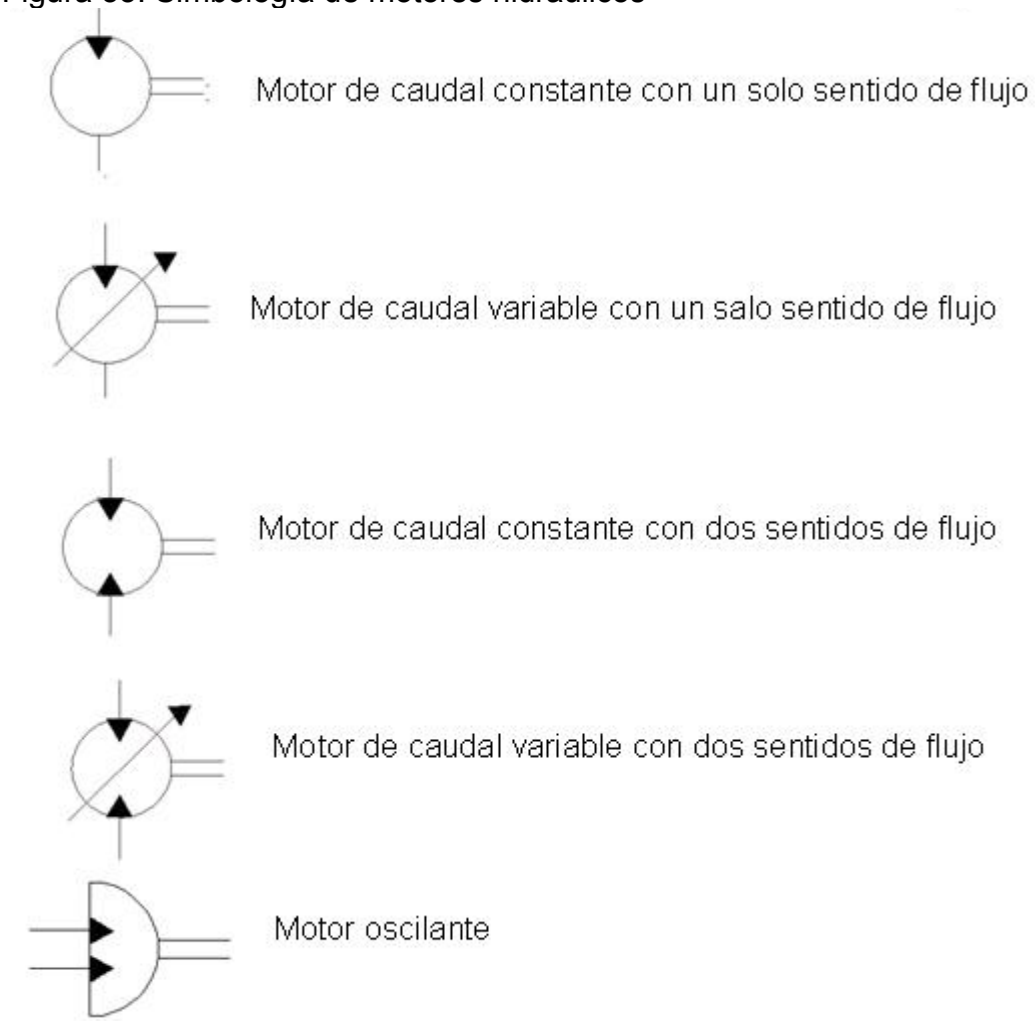
Figura 32. Motor de pistones radiales en estrella



1. Carcasa
2. Pistones
3. Rodillos
4. Cámaras
5. Rotor
6. Eje de salida
7. Conductos
8. Cámaras

Oleohidráulica, Antonio Serrano.

Figura 33. Simbología de motores hidráulicos



Oleohidráulica, Antonio Serrano.

1.2.4 VÁLVULAS

1.2.4.1 TIPOS

Válvulas direccionales

Las válvulas direccionales pueden ser de dos, tres o más vías y de dos, tres, cuatro o más conexiones o vías de comunicación internas. Las posiciones de las válvulas se representan mediante cuadros, cada cuadro simboliza una vía.

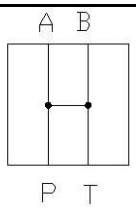
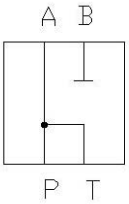
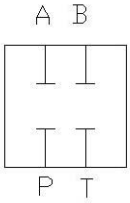
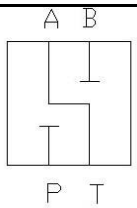
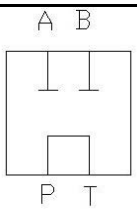
Las vías conexiones o conductos internos de las válvulas se representan por líneas de flujo trazadas en el interior de los cuadros que representan las posiciones. Las flechas indican el sentido conveniente del flujo, pero en muchas aplicaciones el sentido puede ser opuesto al indicado en el símbolo.

Con la letra P se representa la entrada de presión de la válvula, las letras A y B se reservan para las conexiones a actuadores, la letra R representa el retorno del aceite al tanque o deposito. Las letras X y Y representan los accionamientos de la válvula.

La función Principal de estas válvulas es dar paso al fluido hidráulico por un conducto, impedir dicho paso o cambiar la dirección y sentido del mismo en un circuito.

Esta válvulas al igual que las utilizadas en neumática se pueden accionar de forma manual, mecánicamente, por acción de un fluido, de forma eléctrica.

Tabla 6. tipos de centros de válvulas

Tipo 0	
Tipo 1	
Tipo 2	
Tipo 3	
Tipo 4	

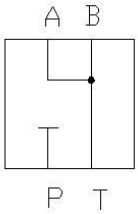
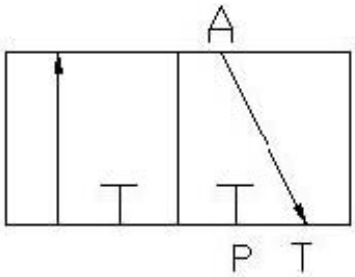
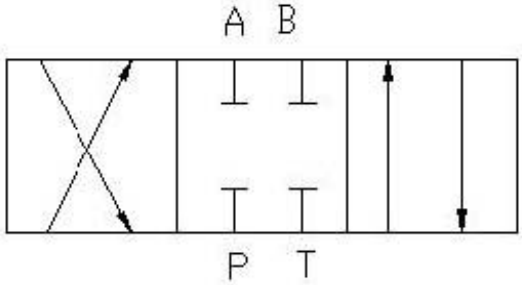
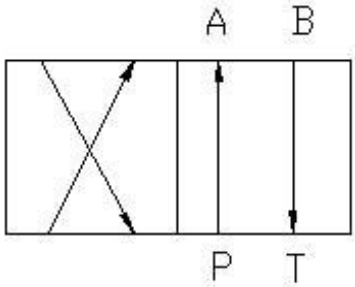
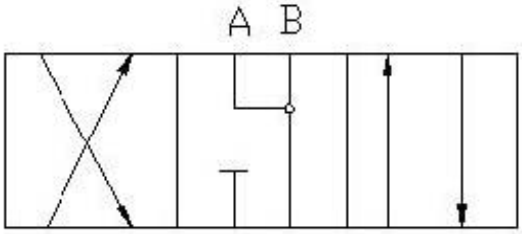
Tipo 5	

Tabla 7. Representación de las válvulas direccionales mas comunes

válvula de 2 posiciones y 3 vías	
Válvula de 3 posiciones y 4 vías	
Válvula de 2 posiciones y 4 vías	
Válvula de 3 posiciones y cuatro vías	

Válvulas de regulación, control y bloqueo

Válvulas antiretorno

Son las que permiten el paso del fluido en un sentido, pero lo impiden en sentido contrario. Existen tres tipos de válvulas antiretorno, que utilizan elementos esféricos, cónicos o planos para impedir el paso del fluido.

Estas válvulas normalmente llevan un resorte antagonista que obliga al aceite a llevar una presión mínima para lograr pasar en el sentido libre.

Un tipo de válvula antiretorno muy utilizada es la válvula antiretorno con desbloqueo hidráulico, estas válvulas cuando reciben una señal voluntaria a presión, a través de u pilotaje, dejan que el fluido circule en el sentido del bloqueo.

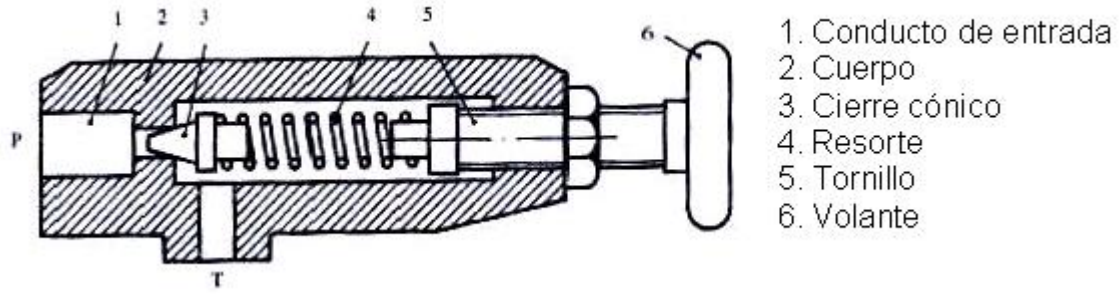
Válvulas reguladoras de presión.

Estas válvulas se clasifican en: válvulas limitadoras de presión, válvulas de descarga en vacío, válvulas reductoras de presión y en válvulas de secuencia.

Las válvulas limitadoras de presión, tienen la función de controlar la presión en el circuito. Todo circuito oleohidráulico debe llevar una válvula de estas a la salida de la bomba, para proteger todo el circuito.

Estas válvulas funcionan de la siguiente manera, la presión del fluido en el conducto de entrada actúa sobre un pistón de cierre cónico, cuando la presión es mayor a la preestablecida, el resorte que lleva el pistón se contrae y permite que el fluido se descargue al depósito.

Figura 34. Válvula limitadora de presión simple

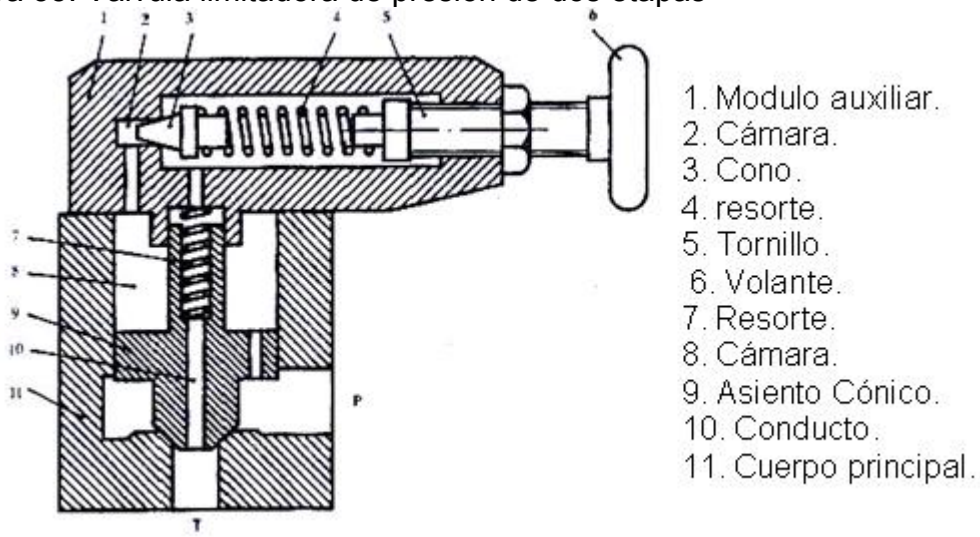


Oleohidráulica, Antonio Serrano.

Este tipo de válvulas trabajan hasta con caudales de 100 l/min, para caudales mayores e emplean válvulas reguladoras de 2 etapas, porque en las primeras a medida que el caudal aumenta el volumen de la válvula crece y para caudales grandes, estas válvulas serian demasiado voluminosas

.
Las válvulas limitadoras de presión en 2 etapas llevan un modulo auxiliar antes del cuerpo de la válvula principal que ayuda a controlar la presión del aceite.

Figura 35. Válvula limitadora de presión de dos etapas



Oleohidráulica, Antonio Serrano.

Válvulas de descarga en vacío

Son válvulas reguladoras de presión en dos etapas, con una variante que consiste en una toma de pilotaje X o toma para control remoto.

El principal inconveniente que presentan las válvulas limitadoras de presión es que para descargar el fluido al tanque, es necesario vencer la resistencia de la válvula. Esto implica que la presión por delante de la válvula en el circuito es elevada, lo que genera un consumo de energía elevado de la bomba

Con las válvulas de descarga en vacío mediante una orden voluntaria, pueden quedar anuladas y permiten que la descarga del fluido se haga libremente y sin presión al depósito.

Válvulas reductoras de presión

Estas válvulas se utilizan cuando en una parte específica del circuito se requiere una

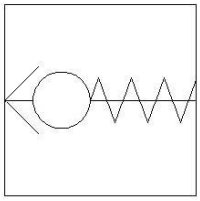
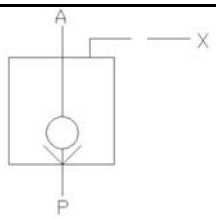
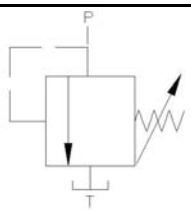
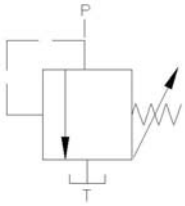
presión diferente a la del circuito principal.

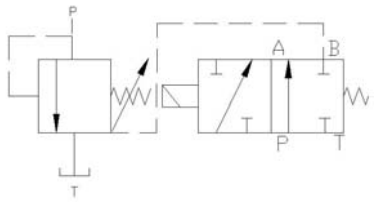
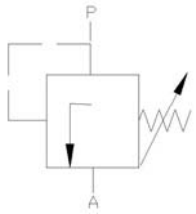
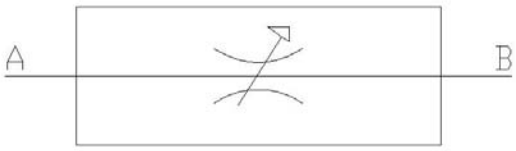
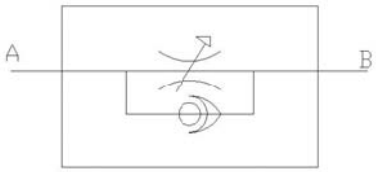
Válvulas de secuencia

Son válvulas reguladoras de presión en las cuales el fluido solo circula hacia la salida cuando la presión de entrada alcanza un valor establecido anteriormente.
Válvulas reguladoras de caudal

Su función es controlar la cantidad de fluido que se envía a los actuadores. La razón principal por la que se instala una válvula de esta, es la económica ya que una bomba de caudal fijo y una válvula de estas resulta más económica que una bomba de caudal regulable.

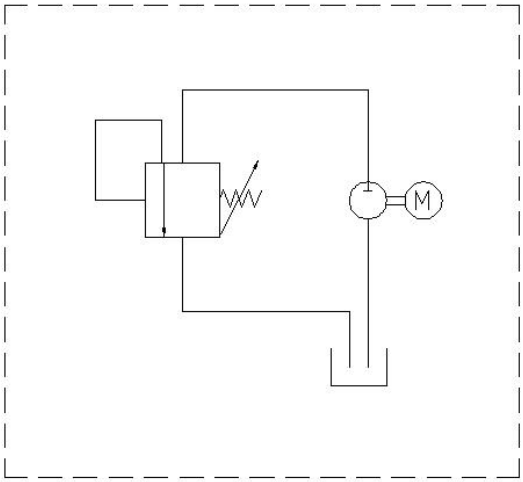
Tabla 8. Representación de las válvulas de regulación, control y bloqueo

Válvula antiretorno	
Válvula antiretorno con bloqueo hidráulico	
Válvula limitadora de presión simple	
Válvula limitadora de presión de 2 etapas	

Válvula de descarga en vacío	
Válvula de secuencia	
Válvula reguladora de flujo bidireccional	
Válvula reguladora de flujo unidireccional	

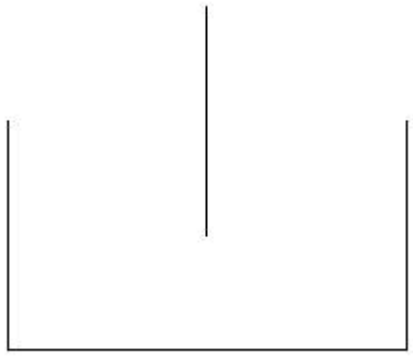
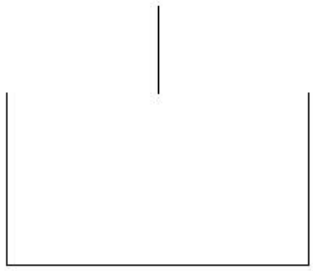
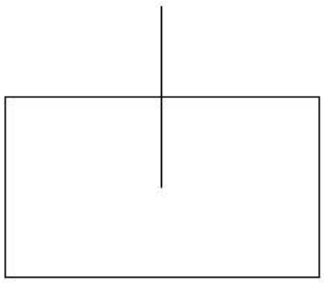
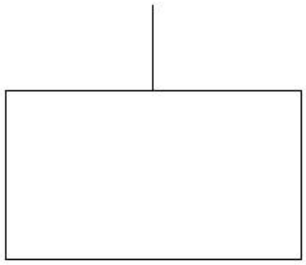
En oleohidráulica, la unidad de potencia oleohidráulica se simboliza con el siguiente elemento:

Figura 36. Unidad de potencia oleohidráulica



Y los depósitos, dependiendo del tipo se representan de la siguiente manera.

Tabla 9. Representación de los depósitos

Depósito atmosférico con retorno y succión por debajo del nivel del liquido	
Depósito atmosférico con retorno sobre el nivel del liquido	
Depósito presurizado con retorno y succión por debajo del nivel del liquido	
con retorno sobre el nivel del liquido	

BIBLIOGRAFÍA

W. DEEEPERT – K. STOLL. Dispositivos Neumáticos. 1971

GUILLEN SALVADOR, Antonio. Introducción a la neumática. 1999.

SERRANO NICOLÁS, Antonio. Oleohidráulica. 2002

SERRANO NICOLÁS, Antonio. Neumática. 1996

MATAIX, Claudio Mecánica de fluidos y maquinas hidráulicas. 2000.