

La exposición que sigue ha de poner de relieve las relaciones entre el "sistema técnico" y el "sistema de unidades SI".

#### Unidades básicas

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

#### Unidades derivadas

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

La combinación entre los sistemas internacional y técnico de medidas está constituida por la

**Ley de Newton** Fuerza = Masa · Aceleración  
 $F = m \cdot a$ , siendo  $a$  la  
**aceleración de la gravedad**  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ .

Para convertir las magnitudes antes indicadas de un sistema a otro rigen los siguientes valores de conversión.

**Masa**  $1 \text{ kg} = \frac{1}{9,81} \frac{\text{kp} \cdot \text{s}^2}{\text{m}}$

**Fuerza**  $1 \text{ kp} = 9,81 \text{ N}$

Para los cálculos aproximados puede suponerse

$1 \text{ kp} = 10 \text{ N}$

**Temperatura** Diferencia de temperatura  $1^\circ \text{C} = 1 \text{ K (kelvin)}$   
 Punto cero  $0^\circ \text{C} = 273 \text{ K (kelvin)}$

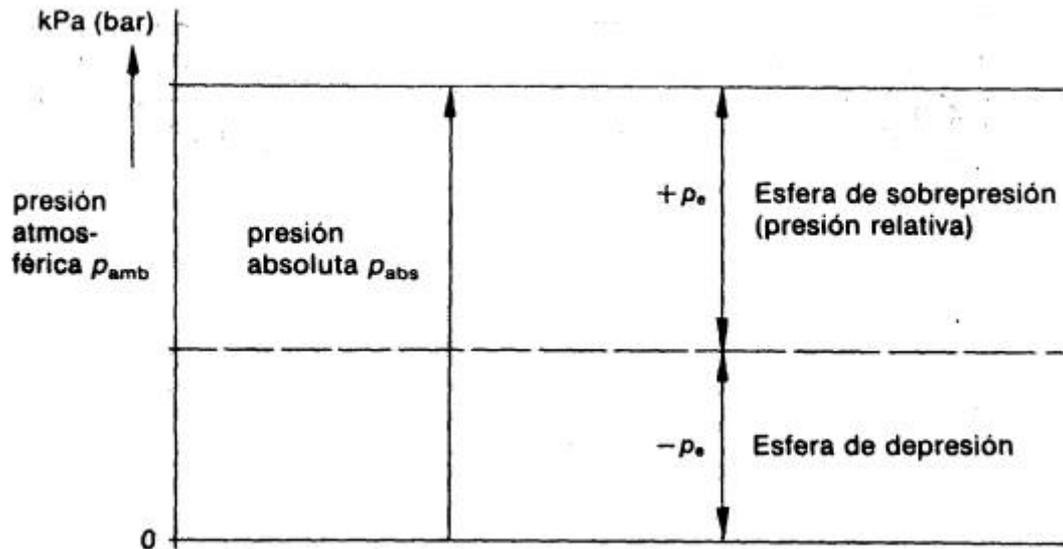
**Presión** Además de las unidades indicadas en la relación (at en el sistema técnico, así como bar y Pa en el «sistema S»), se utilizan a menudo otras designaciones. Al objeto de completar la relación, también se citan a continuación.

1. **Atmósfera, at**  
 (presión absoluta en el sistema técnico de medidas)  
 $1 \text{ at} = 1 \text{ kp/cm}^2 = 0,981 \text{ bar (98,1 kPa)}$
2. **Pascal, Pa**  
**Bar, bar**  
 (presión absoluta en el sistema de unidades)  
 $1 \text{ Pa} = \frac{1 \text{ N}}{\text{m}^2} = 10^{-5} \text{ bar}$   
 $1 \text{ bar} = \frac{10^5 \text{ N}}{\text{m}^2} = 10^5 \text{ Pa} = 1,02 \text{ at}$
3. **Atmósfera física, atm**  
 (presión absoluta en el sistema físico de medidas)  
 $1 \text{ atm} = 1,033 \text{ at} = 1,013 \text{ bar (101,3 kPa)}$
4. **milímetros de columna de agua, mm de col. de agua**  
 $10.000 \text{ mm ca} = 1 \text{ at} = 0,981 \text{ bar (98,1 kPa)}$
5. **milímetros de columna de mercurio, mm Hg**  
 (corresponde a la unidad de presión Torr)  
 $1 \text{ mm Hg} = 1 \text{ Torr}$   
 $1 \text{ at} = 736 \text{ Torr, } 100 \text{ kPa (1 bar)} = 750 \text{ Torr}$

Como sobre la tierra todo está sometido a la presión atmosférica no notamos ésta. Se toma la correspondiente presión atmosférica  $p_{amb}$  como presión de referencia y cualquier divergencia de ésta se designa de sobrepresión  $p_{ex}$ .

La siguiente figura lo visualiza .

Figura 3 :



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

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

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

#### ● 1.4.1 El aire es compresible

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

La ley que rige estos fenómenos es la de Boyle-Mariotte.

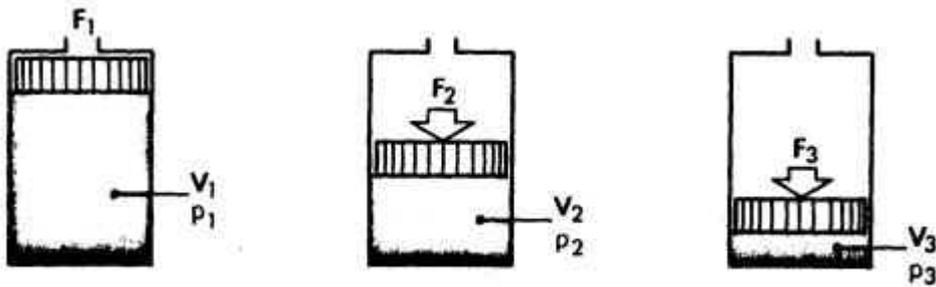
A temperatura constante, el volumen de un gas encerrado en un recipiente es inversamente proporcional a la presión absoluta, o sea, el producto de la presión absoluta y el volumen es

constante para una cantidad determinada de gas.

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

Esta ley es demostrada mediante el siguiente ejemplo.

Figura 4. :



**Ejemplo:**

Si el volumen  $V_1 = 1 \text{ m}^3$ , que está a la presión atmosférica  $p_1 = 100 \text{ kPa}$  (1 bar) se comprime con la fuerza  $F_2$  hasta alcanzar el volumen  $V_2 = 0,5 \text{ m}^3$ , permaneciendo la temperatura constante, se obtiene:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$$p_2 = \frac{p_1 \cdot V_1}{V_2}$$

$$p_2 = \frac{100 \text{ kPa} \cdot 1 \text{ m}^3}{0,5 \text{ m}^3} = 200 \text{ kPa (2 bar)}$$

Si el volumen  $V_1$  se comprime con la fuerza  $F_3$  aún más hasta lograr  $V_3 = 0,05 \text{ m}^3$ , la presión que se alcanza es:

$$p_3 = \frac{p_1 \cdot V_1}{V_3}$$

$$p_3 = \frac{100 \text{ kPa} \cdot 1 \text{ m}^3}{0,05 \text{ m}^3} = 2000 \text{ kPa (20 bar)}$$

**1.4.2 El volumen del aire varía en función de la temperatura**

Si la presión permanece constante y la temperatura se eleva 1 K partiendo de 273 K, el aire se dilata  $\frac{1}{273}$  de su volumen.

Esto demuestra la ley de Gay-Lussac:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

$V_1 =$  Volumen a la temperatura  $T_1$

$V_2 =$  Volumen a la temperatura  $T_2$

De donde:

$$V_2 = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

La variación de volumen  $\Delta V$  es:

$$\Delta V = V_2 - V_1$$

$$\Delta V = V_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} - V_1$$

$$\Delta V = V_1 \cdot \frac{T_2 - T_1}{T_1}$$

Lo mismo vale para  $V_2$ :

$$V_2 = V_1 + \Delta V$$

$$V_2 = V_1 + \frac{V_1}{T_1} (T_2 - T_1)$$

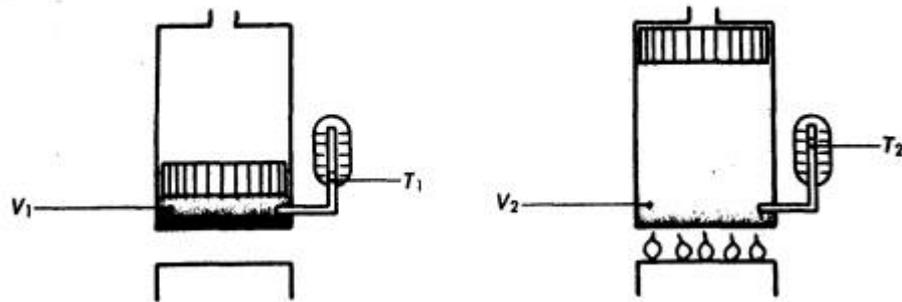
Las ecuaciones anteriores tienen validez únicamente cuando las temperaturas se indican en K. Las temperaturas indicadas en  $^{\circ}\text{C}$  deben convertirse, por tanto, a K.

También puede prepararse una ecuación con la que pueda calcularse inmediatamente en  $^{\circ}\text{C}$ ; para ello sólo hay que añadir  $273^{\circ}\text{C}$  a los valores de temperatura.

$$V_2 = V_1 + \frac{V_1}{273^{\circ}\text{C} + T_1} \left[ (273^{\circ}\text{C} + T_2) - (273^{\circ}\text{C} + T_1) \right]$$

$$V_2 = V_1 + \frac{V_1}{273^{\circ}\text{C} + T_1} (T_2 - T_1)$$

Figura 5:



**Ejemplo:**

0,8 m<sup>3</sup> de aire a la temperatura  $T_1 = 293\text{ K}$  (20°C) se calientan hasta  $T_2 = 344\text{ K}$  (71°C).

¿Cuál será el volumen final?

Según la fórmula anterior, si se calcula en K:

$$V_2 = 0,8\text{ m}^3 + \frac{0,8\text{ m}^3}{293\text{ K}} (344\text{ K} - 293\text{ K})$$

$$V_2 = 0,8\text{ m}^3 + 0,14\text{ m}^3 = 0,94\text{ m}^3$$

El aire se ha dilatado 0,14 m<sup>3</sup> a 0,94 m<sup>3</sup>.

En neumática se suele referir todas las indicaciones de la cantidad de aire al llamado «estado normal».

**Explicación:**

El estado normal según DIN 1343 es un estado de una sustancia sólida, líquida o gaseosa fijada por la temperatura y la presión normales.

El estado normal técnico está definido

con la temperatura normal:  $T_n = 293,15\text{ K}$ ;  $t_n = 20\text{ °C}$ .

y la presión normal:  $p_n = 98.066,5\text{ Pa} = 98.066,5\text{ N/m}^2 = 0,980665\text{ bar}$

El estado normal físico está definido

por la temperatura normal:  $T_n = 273,15\text{ K}$ ;  $t_n = 0\text{ °C}$

y la presión normal:  $p_n = 101.325\text{ Pa} = 101.325\text{ N/m}^2 = 1,01325\text{ bar}$

**Ejemplo:**

En un depósito de 2 m<sup>3</sup> de capacidad hay aire a una presión de 700 kPa (7 bar) y a una temperatura de 298 K (25°C). ¿Que cantidad de aire se encuentra en el depósito?

**1.º paso:**

Conversión a una presión de 101.325 Pa (1,013 bar)  $\approx$  100.000 Pa  $\approx$  100 kPa (1 bar)

Según la ley de Boyle-Mariotte es:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$$

$V_1$  = volumen a la presión  $p_1$

$p_1$  = 100 kPa (1 bar) (presión normal)

$V_2$  = 2 m<sup>3</sup>

$p_2$  = 700 kPa (7 bar) (presión absoluta)

$$V_1 = \frac{p_2 \cdot V_2}{p_1} = \frac{700\text{ kPa} \cdot 2\text{ m}^3}{100\text{ kPa}} = 14\text{ m}^3$$

## 2.º paso:

Conversión a una temperatura de 273 K (0 °C).

Para la dilatación vale:

$$V_2 \Rightarrow V_1 + \frac{V_1}{T_1} \cdot (T_2 - T_1)$$

Si la temperatura  $T_1$  es mayor que  $T_2$ ,  $V_2$  será menor que  $V_1$ .

Por tanto, si la temperatura disminuye vale lo siguiente:

$$V_2 = V_1 - \frac{V_1}{T_1} \cdot (T_1 - T_2)$$

Si  $T_2 = 273$  K (0 °C), en vez de  $T_2$  se puede poner sólo  $T_0$  y en vez de  $V_2$ , sólo  $V_0$ . La ecuación general dice así:

$$V_0 = V_1 - \frac{V_1}{T_1} (T_1 - T_0)$$

Si se desea calcular en °C, la ecuación ampliada es la que sigue:

$$V_0 = V_1 - \frac{V_1}{273 \text{ °C} + T_1} (T_1 - 0 \text{ °C})$$

$$V_0 = V_1 - \frac{V_1}{273 \text{ °C} + T_1} \cdot T_1$$

Esta ecuación tiene validez empero únicamente cuando se desee determinar  $V_0$  a 0 °C.

Entonces se obtiene lo siguiente:

$$V_0 = V_1 - \frac{V_1}{T_1} (T_1 - T_0)$$

$$V_0 = 14 \text{ m}^3 - \frac{14 \text{ m}^3}{298 \text{ K}} (298 \text{ K} - 273 \text{ K})$$

$$V_0 = 14 \text{ m}^3 - 1,17 \text{ m}^3 = 12,83 \text{ m}^3$$

El depósito contiene 12,83 m<sup>3</sup> de aire (referido a 0 °C y una presión de 100 kPa/1 bar).

### 1.4.3 Ecuación de estado de los gases

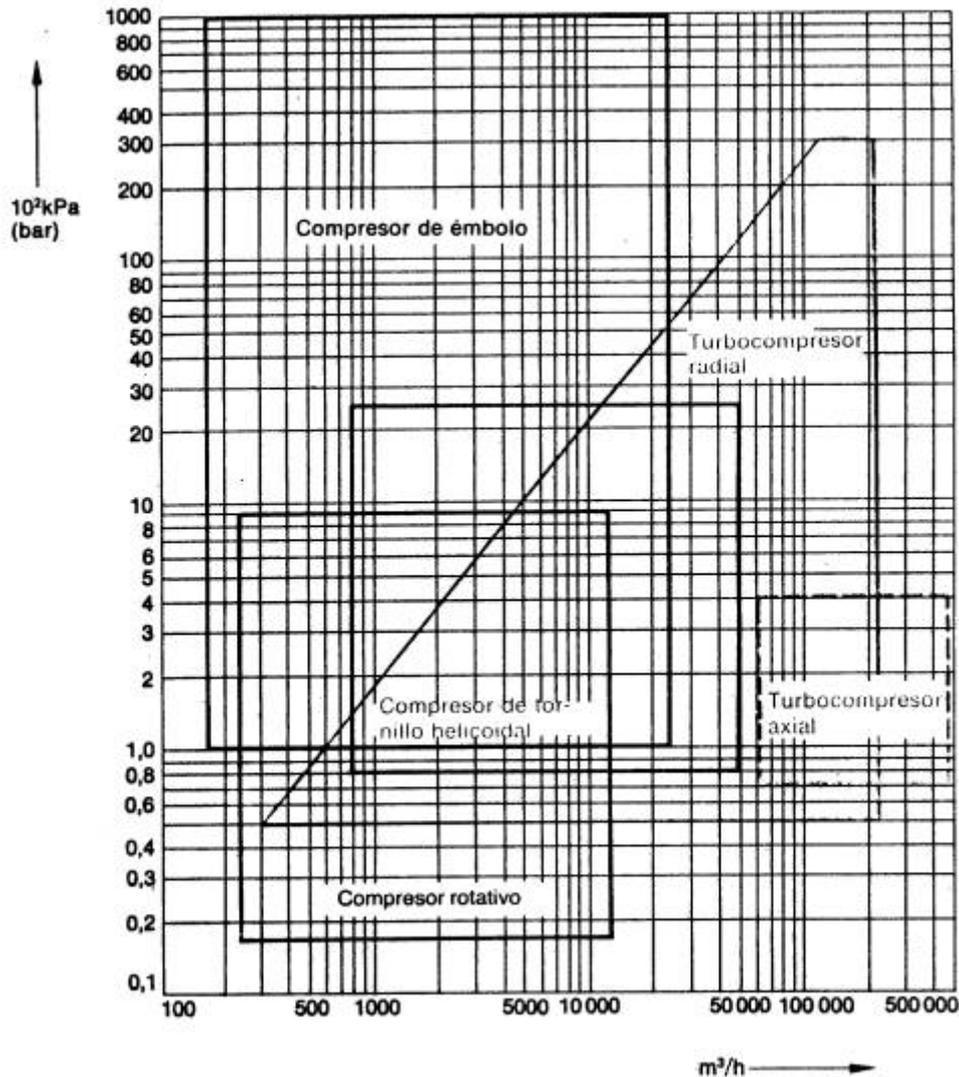
Para todos los gases vale, no obstante, la «Ecuación general de los gases»:

$$\frac{p_1 \cdot V_1}{T_1} = \frac{p_2 \cdot V_2}{T_2} = \text{constante}$$

Figura 14: Diagrama de caudal

En este diagrama están indicadas las zonas de cantidades de aire aspirado y la presión para cada tipo de compresor.

Figura 14: Diagrama de caudal



## 2. Producción del aire comprimido

### ● 2.1 Generadores

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

a través de tuberías.

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

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

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

## **2.2 Tipos de compresores**

Según las exigencias referentes a la presión de trabajo y al caudal de suministro, se pueden emplear diversos tipos de construcción.

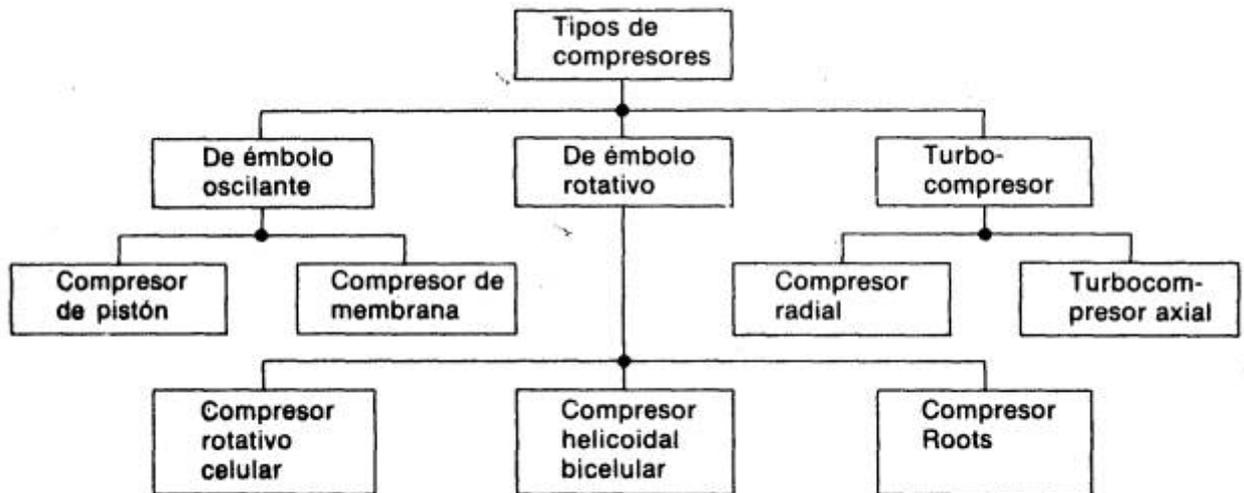
Se distinguen dos tipos básicos de compresores:

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

El otro trabaja según el principio de la dinámica de los fluidos. El aire es

aspirado por un lado y comprimido como consecuencia de la aceleración de la masa (turbina).

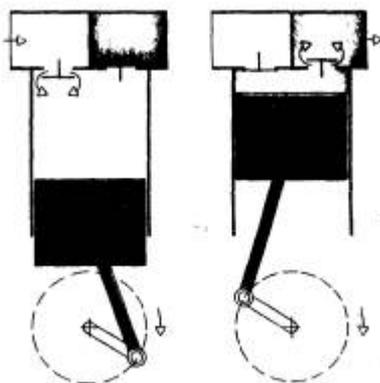
Conceptos de NEUMÁTICA e HIDRÁULICA , Mas información en [mapa del sitio](#)



### 2.2.1 Compresores de émbolo

Compresor de émbolo oscilante . Este es el tipo de compresor más difundido actualmente. Es apropiado para comprimir a baja, media o alta presión. Su campo de trabajo se extiende desde unos 1 .100 kPa (1 bar) a varios miles de kPa (bar).

Figura 6: Compresor de émbolo oscilante



Para obtener el aire a presiones elevadas, es necesario disponer varias etapas compresoras. El aire aspirado se somete a una compresión previa por el primer émbolo, seguidamente se refrigera, para

luego ser comprimido por el siguiente émbolo. El volumen de la segunda cámara de compresión es, en conformidad con la relación, más pequeño. Durante el trabajo de compresión se forma una cantidad de calor, que tiene que ser evacuada por el sistema refrigeración.

Los compresores de émbolo oscilante pueden refrigerarse por aire o por agua, y según las prescripciones de trabajo las etapas que se precisan son:

hasta 400 kPa (4 bar), 1 etapa  
hasta 1.500 kPa (15 bar), 2 etapas  
más de 1.500 kPa (15 bar), 3 etapas o más

No resulta siempre económico, pero también pueden utilizarse compresores

de 1 etapa, hasta 1.200 kPa (12 bar)  
de 2 etapas, hasta 3.000 kPa (30 bar)  
de 3 etapas, hasta 22.000 kPa (220 bar)

Para los caudales véase la figura 14 diagrama.

### **Compresor de membrana**

Este tipo forma parte del grupo de compresores de émbolo. Una membrana separa el émbolo de la cámara de trabajo; el aire no entra en contacto con las piezas móviles. Por tanto, en todo caso, el aire comprimido estará exento de aceite.

Estos, compresores se emplean con preferencia en las industrias alimenticias farmacéuticas y químicas.

### **Compresor de émbolo rotativo**

Consiste en un émbolo que está animado de un movimiento rotatorio. El aire es comprimido por la continua reducción del volumen en un recinto hermético.

Figura 7: Compresor de dos etapas con refrigeración intermedia

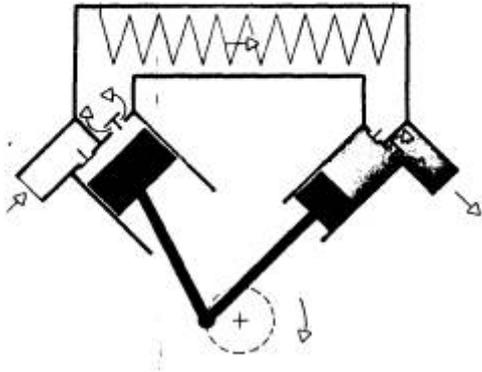
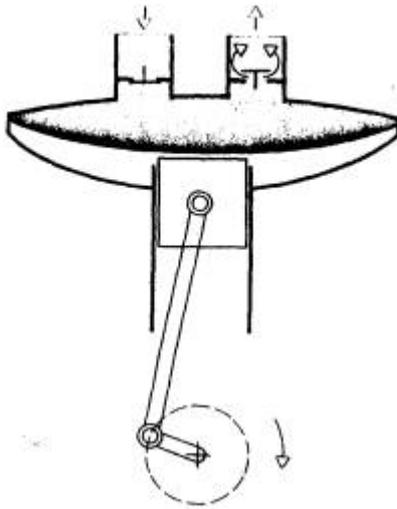


Figura 8: Compresor de membrana



### Compresor rotativo multicelular

Un rotor excéntrico gira en el interior de un cárter cilíndrico provisto de ranuras de entrada y de salida. Las ventajas de este compresor residen en sus dimensiones reducidas, su funcionamiento silencioso y su caudal prácticamente uniforme y sin sacudidas. Para el caudal véase la figura 14 (diagrama).

El rotor está provisto de un cierto número de aletas que se deslizan en el interior de las ranuras y forman las células con la pared del cárter. Cuando el rotor gira, las aletas son oprimidas por la fuerza centrífuga contra la pared del cárter, y

debido a la excentricidad el volumen de las células varía constantemente.

Figura 9: Compresor rotativo multicelular

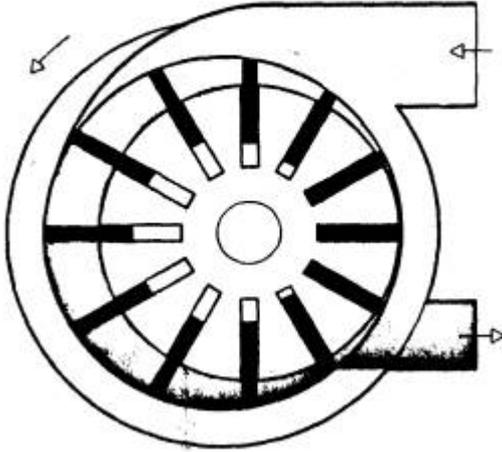
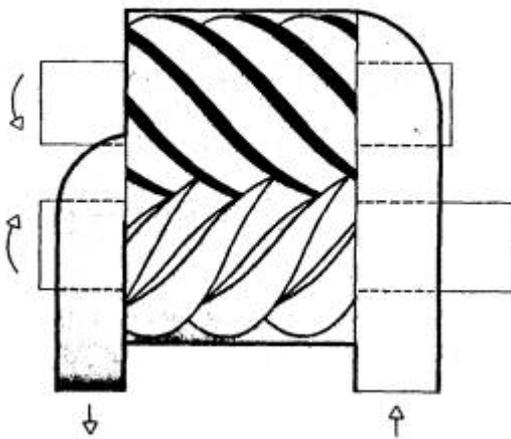


Figura 10: Compresor de tornillo helicoidal



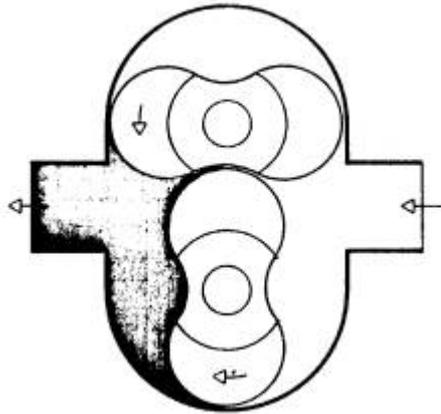
Compresor de tornillo helicoidal, de dos ejes

Dos tornillos helicoidales que engranan con sus perfiles cóncavo y convexo impulsan hacia el otro lado el aire aspirado axialmente. Para el caudal, véase la figura 14 (diagrama)

Compresor Roots

En estos compresores, el aire es llevado de un lado a otro sin que el volumen sea modificado. En el lado de impulsión, la estanqueidad se asegura mediante los bordes de los émbolos rotativos.

Fig. 11 - Compresor Roots



### ● 2.2.2 Turbocompresores

Trabajan según el principio de la dinámica de los fluidos, y son muy apropiados para grandes caudales. Se fabrican de tipo axial y radial. El aire se pone en circulación por medio de una o varias ruedas de turbina. Esta energía cinética se convierte en una energía elástica de compresión. Para el caudal, véase la figura 14 (diagrama).

La rotación de los alabes acelera el aire en sentido axial de flujo.

Figura 12: Compresor axial

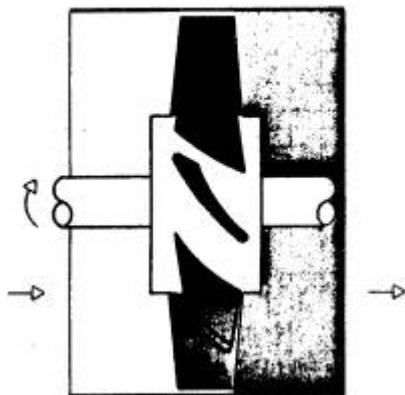
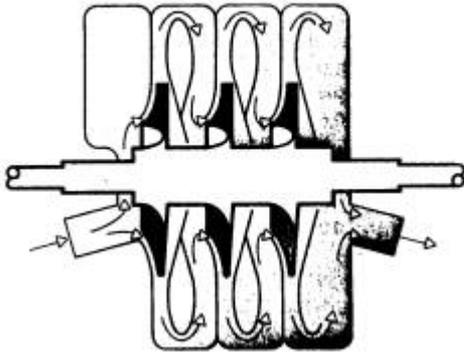


Figura 13: Compresor radial



Aceleración progresiva de cámara a cámara en sentido radial hacia afuera; el aire en circulación regresa de nuevo al eje. Desde aquí se vuelve a acelerar hacia afuera.

## 2.3 Elección del compresor

### ● 2.3.1 Caudal

Por caudal entiendo la cantidad de aire que suministra el compresor. Existen dos conceptos.

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

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

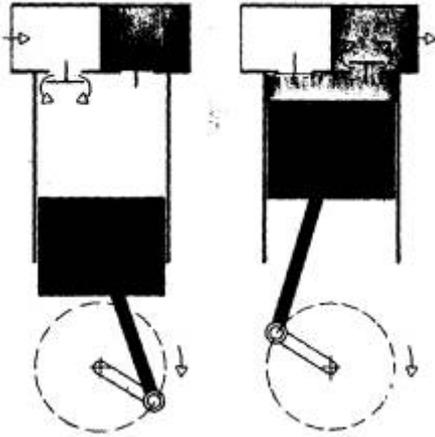
Figura 15 :



ebay en el mundo :

.Visita el mayor centro de compra y venta en Internet . **mercadolibre.com** , en asociación con ebay , es el sitio donde puedes comprar y vender de todo .

CHILE



Es interesante conocer el caudal efectivo del compresor. Sólo éste es el que acciona y regula los equipos neumáticos.

Los valores indicados según las normas representan valores efectivos (p. ej.: DIN 1945).

El caudal se expresa en  $\text{m}^3/\text{min}$  ó  $\text{m}^3/\text{h}$

No obstante, son numerosos los fabricantes que solamente indican el caudal teórico.

### ● 2.3.2 Presión

También se distinguen dos conceptos:

La presión de servicio es la suministrada por el compresor o acumulador y existe en las tuberías que alimentan a los consumidores.

La presión de trabajo es la necesaria en el puesto de trabajo considerado.

En la mayoría de los casos, es de 600 kPa (6 bar).

Por eso, los datos de servicio de los elementos se refieren a esta presión.

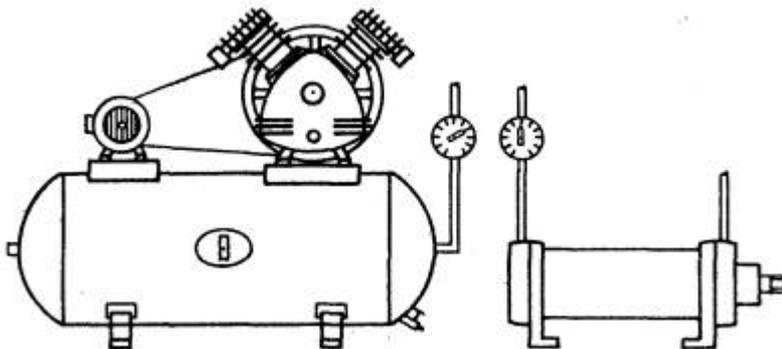
Importante:

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

- la velocidad
- las fuerzas
- el desarrollo secuencial de las

fases de los elementos de trabajo.

Figura 16 :

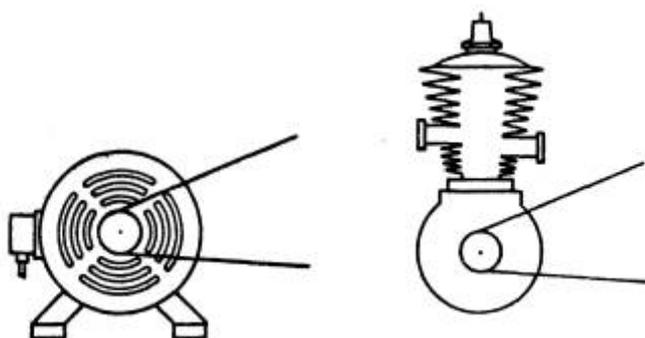


### ● 2.3.3 Accionamiento

Los compresores se accionan, según las exigencias, por medio de un motor eléctrico o de explosión interna. En la industria, en la mayoría de los casos los compresores se arrastran por medio de un motor eléctrico.

Si se trata de un compresor móvil, éste en la mayoría de los casos se acciona por medio de un motor de combustión (gasolina, Diesel ).

Figura 17:



### ● 2.3.4. Regulación

Al objeto de adaptar el caudal suministrado por el compresor al consumo que fluctúa, se debe proceder a ciertas regulaciones del compresor. Existen diferentes clases de regulaciones. El caudal varía entro dos valores límites ajustados (presiones máxima y mínima).

Regulación de marcha en vacío	Regulación de carga parcial	Regulación por intermitencias
a) Regulación por escape a la atmósfera	a) Regulación de velocidad de rotación	
b) Regulación por aislamiento de la aspiración	b) Regulación por estrangulación de la aspiración	
c) Regulación por apertura de la aspiración		

### **Regulación de marcha en vacío:**

#### a) Regulación por escape a la atmósfera

En esta simple regulación se trabaja con una válvula reguladora de presión a la salida del compresor. Cuando en el depósito (red) se ha alcanzado la presión deseada, dicha válvula abre el paso y permite que el aire escape a la atmósfera. Una válvula antirretorno impide que el depósito se vacíe (sólo en instalaciones muy pequeñas).

#### b) Regulación por aislamiento de la aspiración

En este tipo de regulación se bloquea el lado de aspiración. La tubuladura de aspiración del compresor está cerrada. El compresor no puede aspirar y sigue funcionando en el margen de depresión. Esta regulación se utiliza principalmente en los compresores rotativos y también en los de émbolo oscilante.

Figura 18: Regulación por escape a la atmósfera

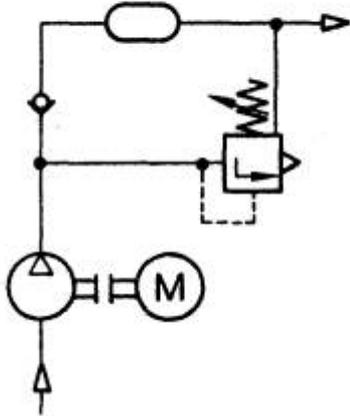
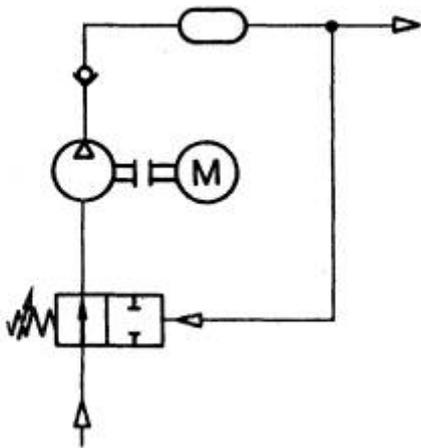


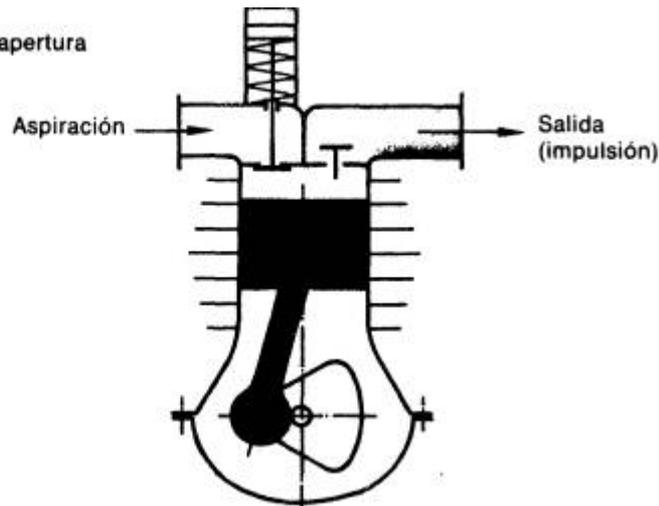
Figura 19: Regulación por aislamiento



c) Regulación por apertura de la aspiración

Se utiliza en compresores de émbolo de tamaño mayor. Por medio de una mordaza se mantiene abierta la válvula de aspiración y el aire circula sin que el compresor lo comprima. Esta regulación es muy sencilla.

Figura 20: Regulación por apertura de la aspiración



### Regulación de carga parcial

e) Regulación de la velocidad de rotación

El regulador de velocidad del motor de combustión interna se ajusta en función de la presión de servicio deseada, por medio de un elemento de mando manual o automático.

Si el accionamiento es eléctrico, la velocidad de rotación puede regularse de forma progresiva empleando motores de polos conmutables. No obstante, este procedimiento no es muy utilizado.

b) Regulación del caudal aspirado

Se obtiene por simple estrangulación de la tubuladura de aspiración. El compresor puede ajustarse así a cargas parciales predeterminadas. Este sistema se presenta en compresores rotativos o en turbocompresores.

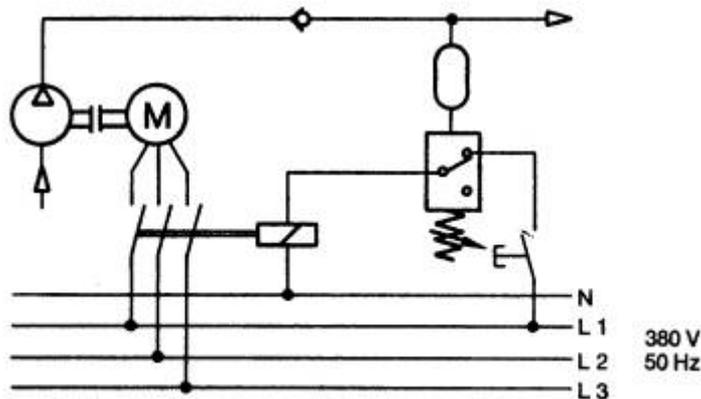
### Regulación por Intermitencias

Con este sistema, el compresor tiene dos estados de servicio (funciona a plena carga o está desconectado). El motor de accionamiento del compresor se para al alcanzar la presión  $P_{max}$ . Se conecta de nuevo y el compresor trabaja, al alcanzar el valor mínimo  $P_{min}$ .

Los momentos de conexión y desconexión pueden ajustarse mediante un presóstato. Para mantener la frecuencia de conmutación dentro de los límites

admisibles, es necesario prever un depósito de gran capacidad.

Figura 21: Regulación intermitente

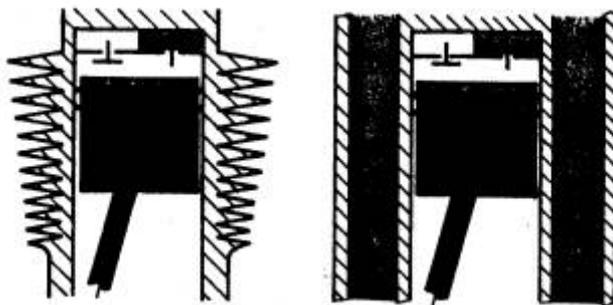


### ● 2.3.5 Refrigeración

Por efecto de la compresión del aire se desarrolla calor que debe evacuarse. De acuerdo con la cantidad de calor que se desarrolle, se adoptará la refrigeración más apropiada.

En compresores pequeños, las aletas de refrigeración se encargan de irradiar el calor. Los compresores mayores van dotados de un ventilador adicional, que evacua el calor.

Figura 22:



Cuando se trata de una estación de compresión de más de 30 kW de potencia, no basta la refrigeración por aire. Entonces los compresores van equipados de un sistema de refrigeración por circulación de agua en circuito cerrado o abierto. A menudo se temen los gastos de una instalación mayor con torre de refrigeración. No obstante, una buena refrigeración prolonga la duración del compresor y proporciona aire más frío y en mejores condiciones. En ciertas

circunstancias, incluso permite ahorrar un enfriamiento posterior del aire u operar con menor potencia.

### ● 2.3.6 Lugar de emplazamiento

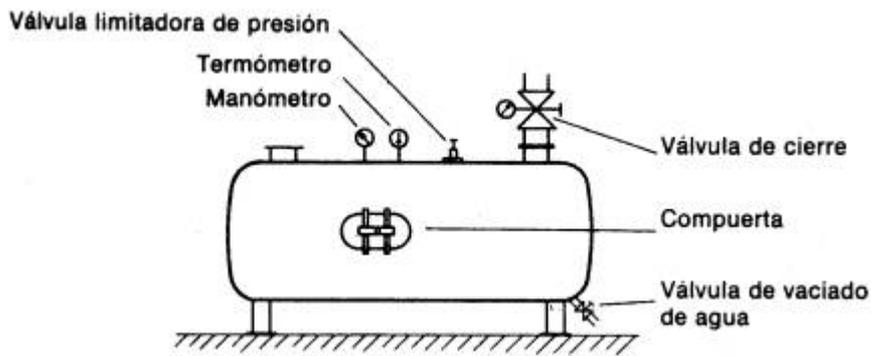
La estación de compresión debe situarse en un local cerrado e insonorizado. El recinto debe estar bien ventilado y el aire aspirado debe ser lo más fresco, limpio de polvo y seco posible.

### ● 2.3.7 Acumulador de aire comprimido

El acumulador o depósito sirve para estabilizar el suministro de aire comprimido. Compensa las oscilaciones de presión en la red de tuberías a medida que se consume aire comprimido.

Gracias a la gran superficie del acumulador, el aire se refrigera adicionalmente. Por este motivo, en el acumulador se desprende directamente una parte de la humedad del aire en forma de agua

Figura 23: Acumulador



El tamaño de un acumulador de aire comprimido depende:

- Del caudal de suministro del compresor
- Del consumo de aire
- De la red de tuberías (volumen suplementario)
- Del tipo de regulación
- De la diferencia de presión admisible en el interior de la red.

Determinación del acumulador cuando el compresor funciona Intermitentemente  
El tamaño de un acumulador puede determinarse según el diagrama de la figura 24.

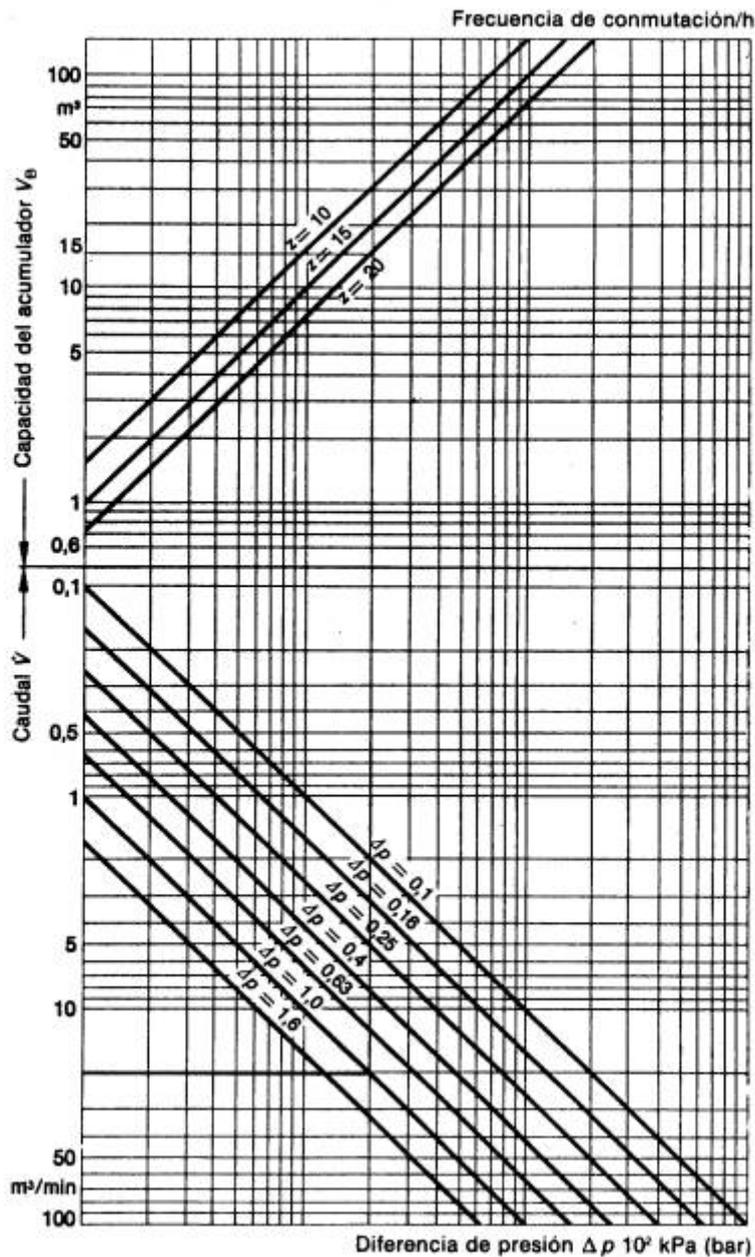
**Ejemplo:**

Caudal	$\dot{V}$	=	20 m <sup>3</sup> /min
Frecuencia de conmutación/h	$z$	=	20
Diferencia de presión	$\Delta p$	=	100 kPa (1 bar)
Capacidad del acumulador	$V_B$	=	?

**Resultado:**

Capacidad del acumulador  $V_B = 15 \text{ m}^3$  (véase diagrama)

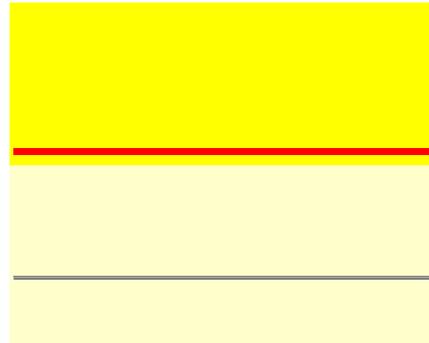
Figura 24: Diagrama



3. Distribución del aire comprimido



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



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

[Leer mas aquí .](#)

### **3.1 Dimensionado de las tuberías**

El diámetro de las tuberías no debería elegirse conforme a otros tubos existentes ni de acuerdo con cualquier regla empírica, sino en conformidad con:

- el caudal
- la longitud de las tuberías
- la pérdida de presión (admisible) la presión de servicio la cantidad de estrangulamientos en la red

En la práctica se utilizan los valores reunidos con la experiencia. Un nomograma (figura 25) ayuda a encontrar el diámetro de la tubería de una forma rápida y sencilla.

Cálculo de una tubería:

El consumo de aire en una industria es de 4 m<sup>3</sup>/min (240 m<sup>3</sup>/h). En 3 años aumentará un 300%, lo que representa 12 m<sup>3</sup>/min (720 m<sup>3</sup>/h).

El consumo global asciende a 16 m<sup>3</sup>/min (960 m<sup>3</sup>/h) La red tiene una longitud de 280 m; comprende 6 piezas en T, 5 codos normales, 1 válvula de cierre. La pérdida admisible de presión es de  $\Delta p = 10$  kPa (0,1 bar). La presión de servicio es de 800 kPa (8 bar).

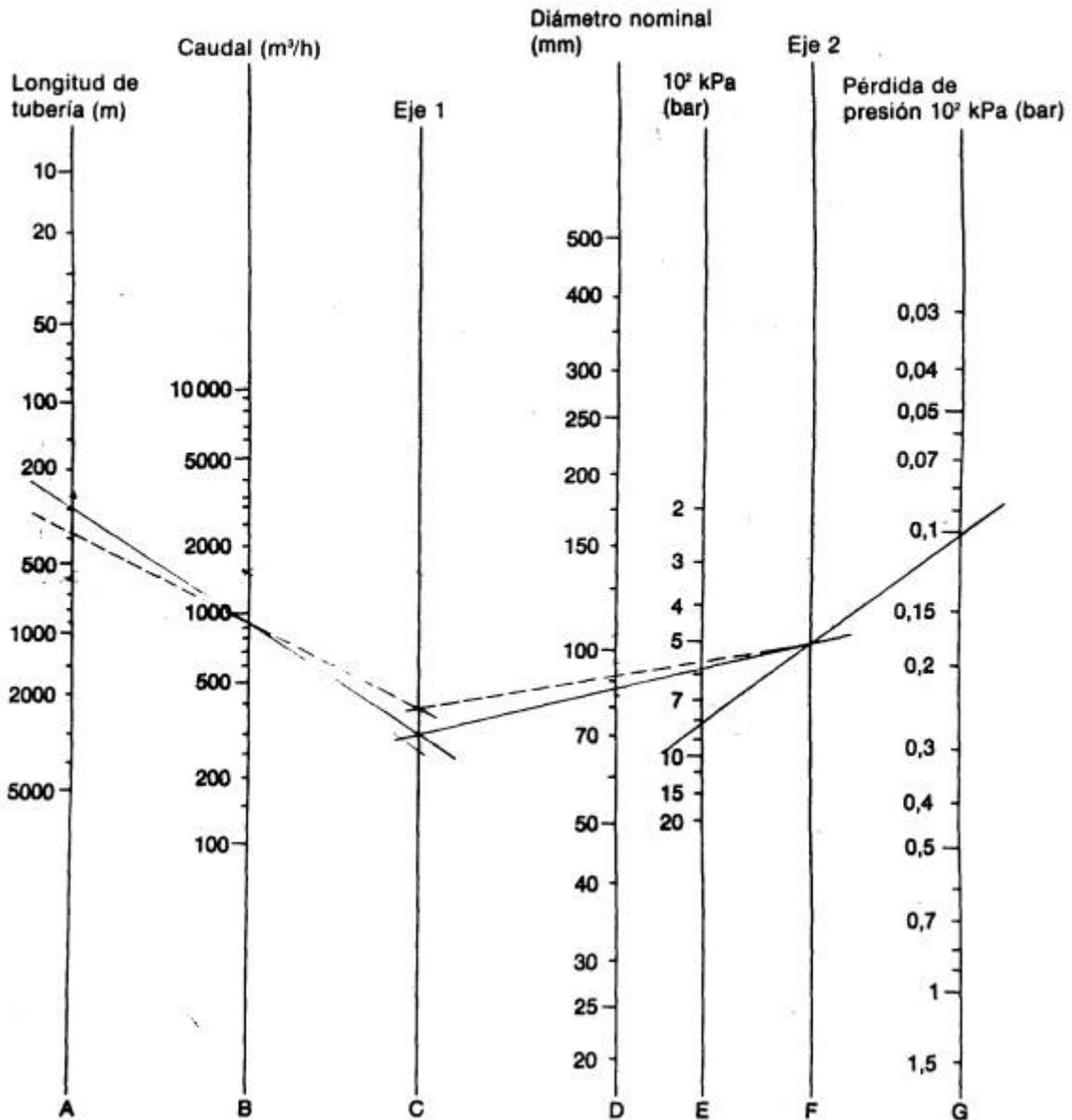
Se busca: El diámetro de la tubería

El nomograma de la figura 25, con los datos dados, permite determinar el diámetro provisional de las tuberías.

solución:

En el nomograma, unir la línea A (longitud M tubo) con la B (cantidad de aire aspirado) y prolongar el trazo hasta C (eje 1). Unir la línea E, (presión). En la línea F (eje 2) se obtiene una intersección. Unir los puntos de intersección de los ejes 1 y 2. Esta línea corta la D (diámetro nominal de la tubería) en un punto que proporciona el diámetro deseado.

En este caso, se obtiene para el diámetro un valor de 90 mm.

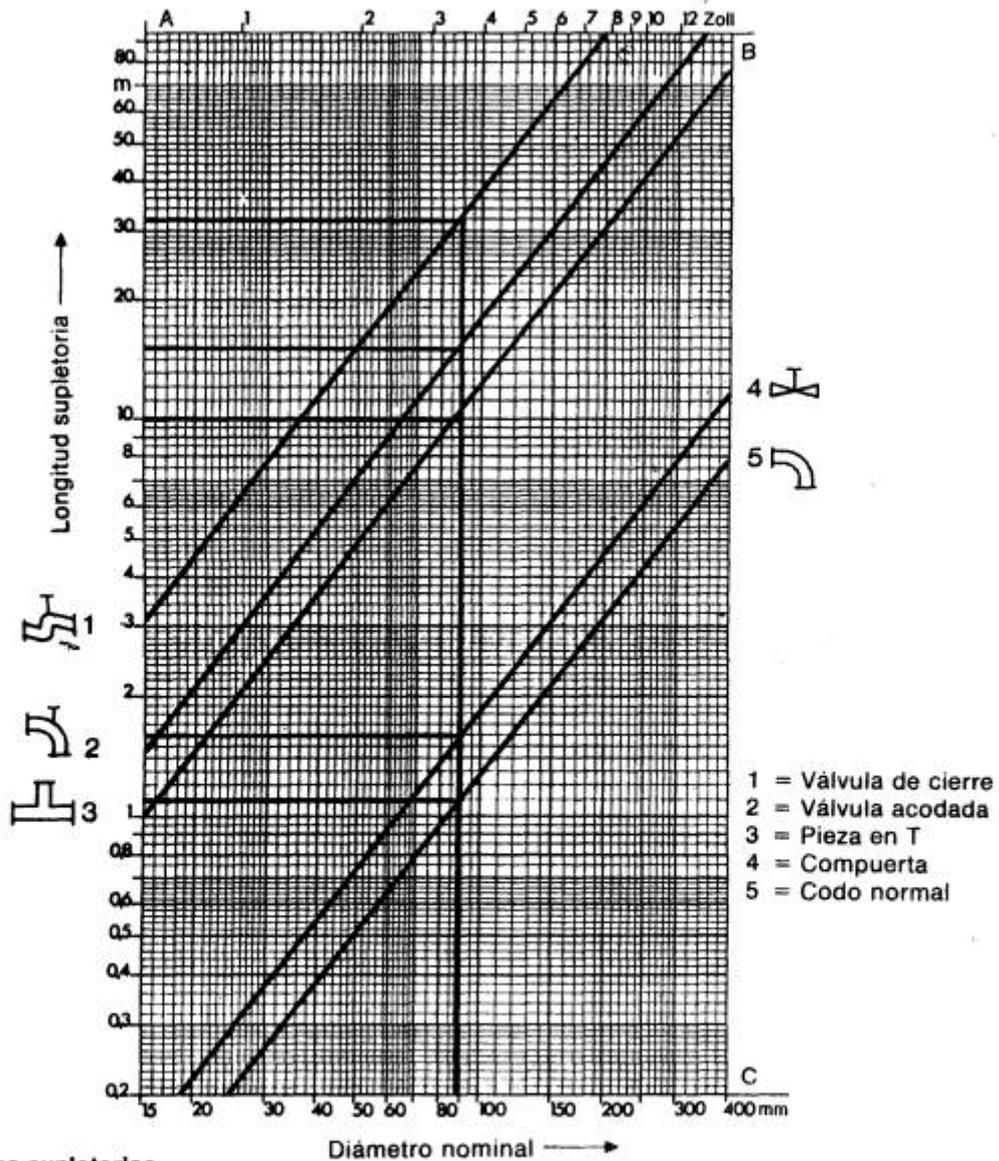


Tomado del manual de neumática de FMA Pokorny, Francfort

Las resistencias de los elementos estranguladores (válvula de cierre, válvula esquinera, pieza en T, compuerta, codo normal) se indican en longitudes supletorias. Se entiende por longitud supletoria la longitud de una tubería recta que ofrece la misma resistencia al flujo que el elemento estrangulador o el punto de estrangulación. La sección de paso de la "tubería de longitud supletoria" es la misma que la tubería.

Un segundo nomograma (figura 26) permite averiguar rápidamente las longitudes supletorias.

Figura 26: Nomograma (longitudes supletorias)



**Longitudes supletorias**

6 piezas en T (90 mm)	= 6 · 10,5 m = 63 m
1 válvula de cierre (90 mm)	= 32 m
5 codos normales (90 mm)	= 5 · 1 m = 5 m
	100 m

Longitud de la tubería	280 m
Longitud supletoria	100 m
<b>Longitud total de tubería</b>	<b>380 m</b>

Con esta longitud total de tubería de 380 m, el consumo de aire, la pérdida de presión y la presión de servicio se puede determinar, como en el problema anterior, con ayuda del nomograma (figura 25) el diámetro definitivo de las tuberías.

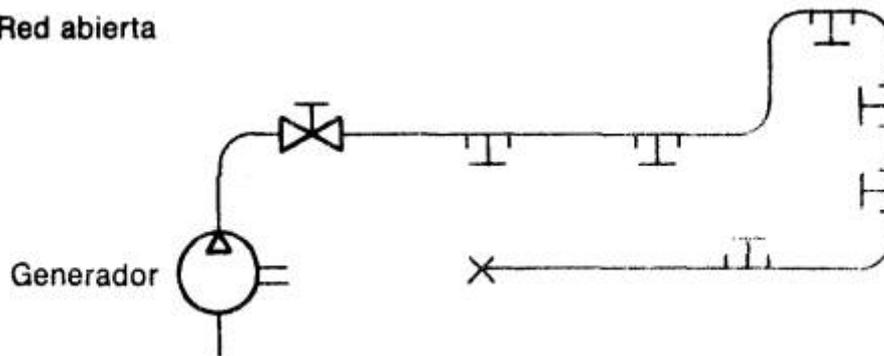
En este caso, el diámetro es de 95 mm.

### ● 3.2 Tendido de la red

No solamente importa el dimensionado correcto de las tuberías, sino también el tendido de las mismas.

Las tuberías requieren un mantenimiento y vigilancia regulares, por cuyo motivo no deben instalarse dentro de obras ni en emplazamientos demasiado estrechos. En estos casos, la detección de posibles fugas se hace difícil. Pequeñas faltas de estanqueidad ocasionan considerables pérdidas de presión.

**Figura 27: Red abierta**

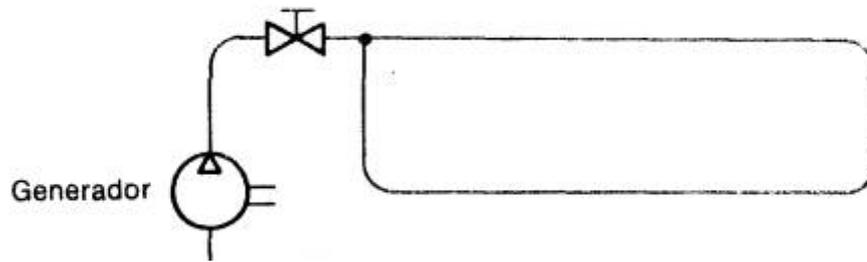


En el tendido de las tuberías debe cuidarse, sobre todo, de que la tubería tenga un descenso en el sentido de la corriente, del 1 al 2%.

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

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

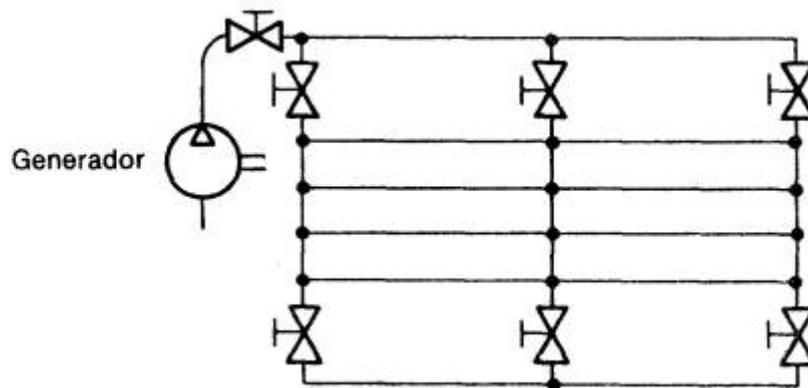
Figura 28: Red cerrada



En la mayoría de los casos, la red principal se monta en circuito cerrado. Desde la tubería principal se instalan las uniones de derivación.

Con este tipo de montaje de la red de aire comprimido se obtiene una alimentación uniforme cuando el consumo de aire es alto. El aire puede pasar en dos direcciones.

Figura 29: Red cerrada con interconexiones



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

Ciertas tuberías de aire comprimido pueden ser bloqueadas mediante válvulas de cierre (correderas) si no se necesitan o si hay que separarlas para efectuar reparaciones y trabajos de mantenimiento. También existe la posibilidad de comprobar faltas de estanqueidad.

### ● 3.3 Material de tuberías

#### ● 3.3.1 Tuberías principales

Para la elección de los materiales brutos, tenemos diversas posibilidades:

Cobre Tubo de acero negro  
Latón Tubo de acero galvanizado  
Acero fino Plástico

Las tuberías deben poderse desarmar fácilmente, ser resistentes a la corrosión y de precio módico.

Las tuberías que se instalen de modo permanente se montan preferentemente con uniones soldadas. Estas tuberías así unidas son estancas y, además de precio económico. El inconveniente de estas uniones consiste en que al soldar se producen cascarillas que deben retirarse de las tuberías. De la costura de soldadura se desprenden también fragmentos de oxidación; por eso, conviene y es necesario incorporar una unidad de mantenimiento.

En las tuberías de acero galvanizado, los empalmes de rosca no siempre son totalmente herméticos. La resistencia a la corrosión de estas tuberías de acero no es mucho mejor que la del tubo negro. Los lugares desnudos (roscas) también se oxidan, por lo que también en este caso es importante emplear unidades de mantenimiento. Para casos especiales se montan tuberías de cobre o plástico.

### **● 3.3.2 Derivaciones hacia los receptores**

Los tubos flexibles de goma solamente han de emplearse en aquellos casos en que se exija una flexibilidad en la tubería y no sea posible instalar tuberías de plástico por los esfuerzos mecánicos existentes. Son más caros y no son tan manipulables como las tuberías de plástico.

Las tuberías de polietileno y poliamida se utilizan cada vez más en la actualidad para unir equipos de maquinaria. Con racores rápidos se pueden tender de forma rápida, sencilla y económica.

### **● 3.4 Uniones**

Describimos en lo sucesivo los dispositivos de uso común en neumática basándonos básicamente en los modelos Festo , para mas información sobre esta marca ingresar a su página web .

**3.4.1 Racores para tubos Aplicables sobre todo para tubos de acero y de cobre**

Figura 30: Racores de anillo cortante. El empalme puede soltarse y unirse varias veces.

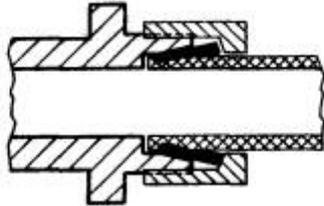


figura 31: Racor con anillo de sujeción para tubos de acero y cobre, con anillo interior especial (bicono) también para tubos de plástico .

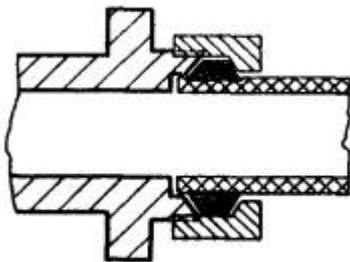


Figura 32: Racor con borde recalcado

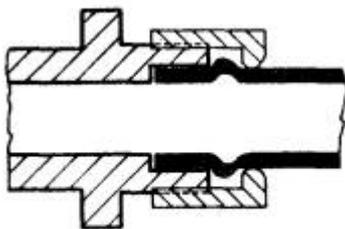
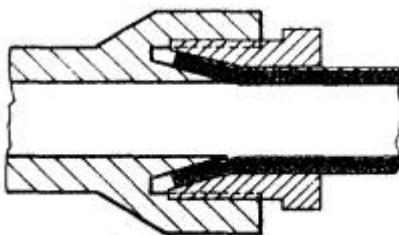


Figura 33: Racor especial con reborde (para tubo de cobre con collarín)



### ● 3.4.2 Acoplamientos

Figura 34: Base de enchufe rápido

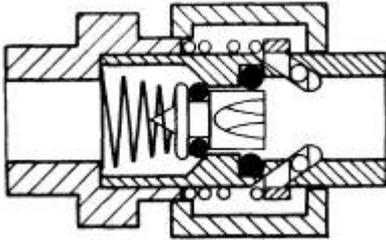
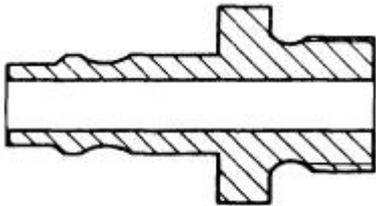


Figura 35: Racor de enchufe rápido



### ● 3.4.3 Racores para tubos flexibles

Figura 36: Boquilla con tuerca de racor

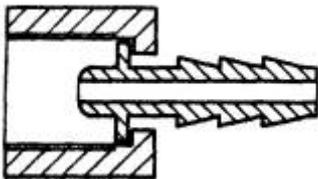


Figura 37: Boquilla

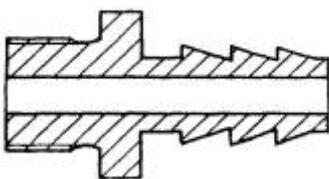
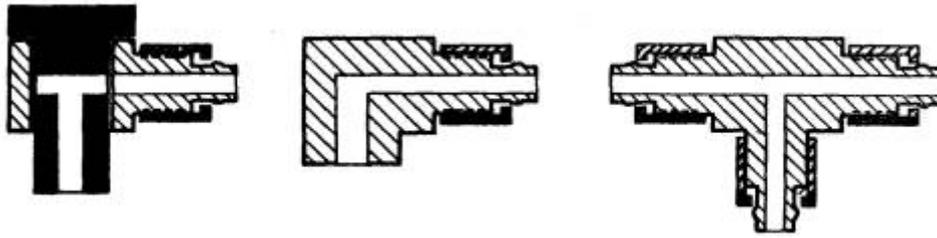
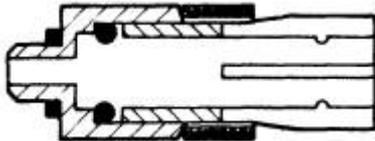


Figura 38: Racores rápidos para tubos flexibles de plástico



Racor CS



## 4. Preparación del aire comprimido

### ● 4.1 Impurezas

En la práctica se presentan muy a menudo los casos en que la calidad del aire comprimido desempeña un papel primordial.

Las impurezas en forma de partículas de suciedad u óxido, residuos de aceite lubricante y humedad dan origen muchas veces a averías en las instalaciones neumáticas y a la destrucción de los elementos neumáticos .

Mientras que la mayor separación del agua de condensación tiene lugar en el separador, después de la refrigeración, la separación fina, el filtrado y otros tratamientos del aire comprimido se efectúan en el puesto de aplicación.

Hay que dedicar especial atención a la humedad que contiene el aire comprimido.

El agua (humedad) llega al interior de la red con el. aire que aspira el compresor. La cantidad de humedad depende en primer lugar de la humedad relativa del aire, que -a su vez depende de la temperatura del aire y de las condiciones climatológicas.

La humedad absoluta es la cantidad de agua contenida en un m<sup>3</sup> de aire.

El grado de saturación es la cantidad de agua que un m<sup>3</sup> de aire puede absorber, como máximo, a la

temperatura considerada. La humedad es entonces del 100% , como máximo (temperatura del punto de rocío).

El diagrama de la figura 39 muestra la saturación del aire en función de la temperatura.

$$\text{Humedad relativa} = \frac{\text{humedad absoluta}}{\text{grado de saturación}} \cdot 100\%$$

Ejemplo:

Para un punto de rocío de 293 K (20°C), la humedad contenida en un m<sup>3</sup> de aire es de 17,3 g.

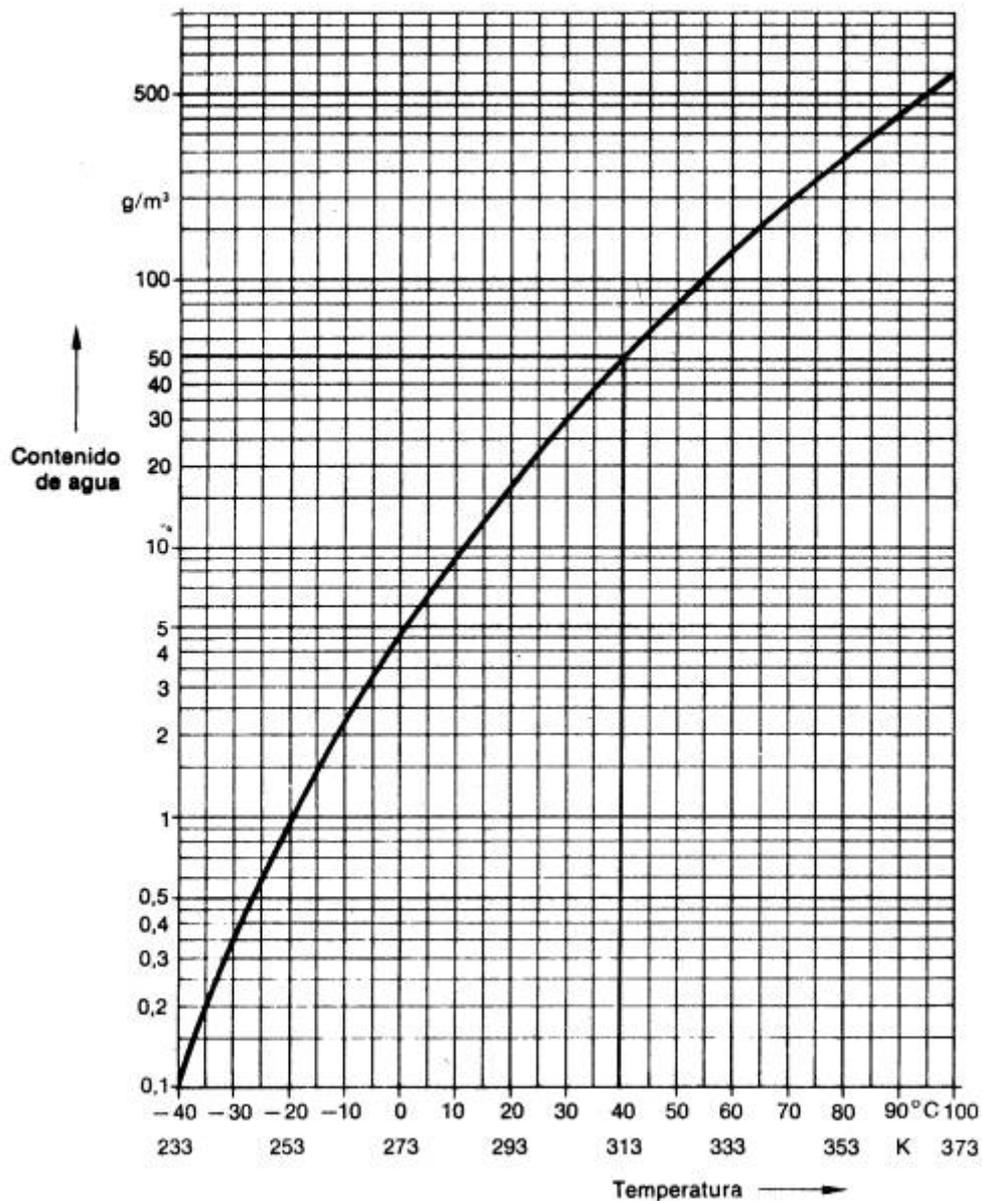
Remedio:

Filtrado correcto del aire aspirado por el compresor  
Utilización de compresores exentos de aceite. Si el aire comprimido contiene humedad, habrá de someterse a un secado.

Existen varios procedimientos:

- Secado por absorción
- Secado por adsorción
- Secado por enfriamiento

Figura 39: Característica del punto de rocío



Ejemplo: Para un punto de rocío de 313 K (40 C) la humedad contenida en un m<sup>3</sup> de aire es de 50 gramos.

### Secado por absorción

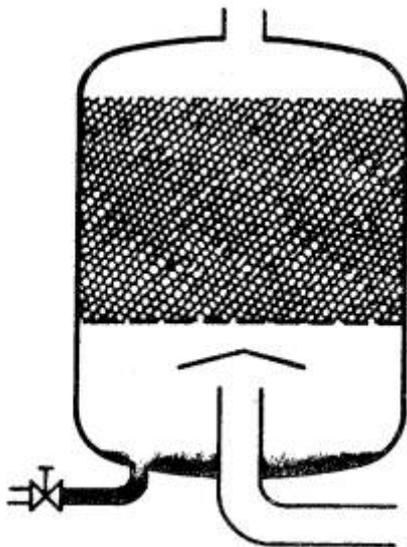
El secado por absorción es un procedimiento puramente químico. El aire comprimido pasa a través de un lecho de sustancias secantes. En cuanto el agua o vapor de agua entra en contacto con dicha sustancia, se combina químicamente con ésta y se desprende como mezcla de agua y sustancia secante.

Esta mezcla tiene que ser eliminada regularmente del absorbedor. Ello se puede realizar manual o automáticamente.

Con el tiempo se consume la sustancia secante, y debe suplirse en intervalos regulares (2 a 4 veces al año).

Al mismo tiempo, en el secador por absorción se separan vapores y partículas de aceite. No obstante, las cantidades de aceite, si son grandes, influyen en el funcionamiento del secador. Por esto conviene montar un filtro fino delante de éste.

Figura 40: Secado por absorción



El procedimiento de absorción se distingue:

- Instalación simple - Reducido desgaste mecánico, porque el secador no tiene piezas móviles - No necesita aportación de energía exterior

### **Secado por adsorción**

Este principio se basa en un proceso físico.  
(Adsorber: Deposito de sustancias sobre la superficie de cuerpos sólidos.)

El material de secado es granuloso con cantos vivos o en forma de perlas. Se compone de casi un 100% de dióxido de silicio. En general se le da el nombre de Gel .

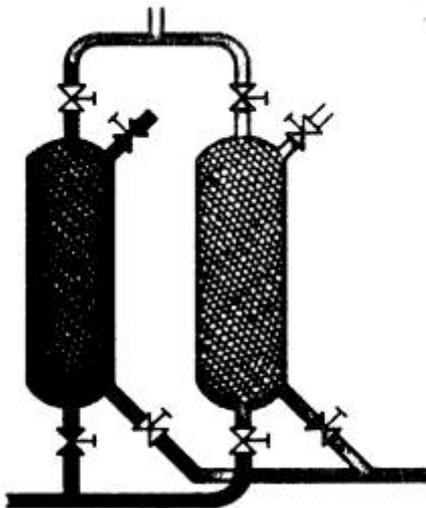
La misión del gel consiste en adsorber el agua y el vapor de agua. El aire comprimido húmedo se hace pasar a través del lecho de gel, que fija la humedad.

La capacidad adsorbente de un lecho de gel es naturalmente limitada. Si está saturado, se regenera de forma simple. A través del secador se sopla aire caliente, que absorbe la humedad del material de secado.

El calor necesario para la regeneración puede aplicarse por medio de corriente eléctrica o también con aire comprimido caliente.

Disponiendo en paralelo dos secadores, se puede emplear uno para el secado del aire, mientras el otro es regenera (soplándolo con aire caliente).

Figura 41: Secado por adsorción



### **Secado por enfriamiento**

Los secadores de aire comprimido por enfriamiento se basan en el principio de una reducción de la temperatura del punto de rocío.

Se entiende por temperatura del punto de rocío aquella a la que hay que enfriar un gas, al objeto de que se condense el vapor de agua contenido. El aire comprimido a secar entra en el secador pasando primero por el llamado intercambiador de calor de aire-aire.

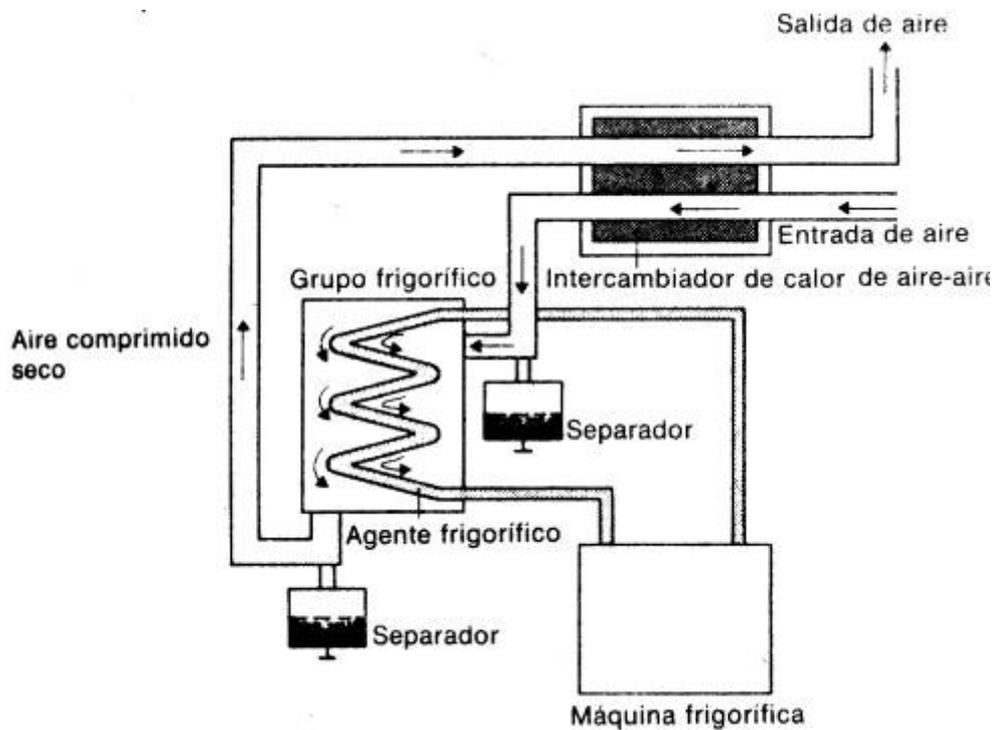
El aire caliente que entra en el secador se enfría mediante aire seco y frío proveniente del intercambiador de calor (vaporizador).

El condensado de aceite y agua se evacua del intercambiador de calor, a través del separador .

Este aire preenfriado pasa por el grupo frigorífico (vaporizador) y se enfría más hasta una temperatura de unos 274,7 K (1,7 °C) En este proceso se elimina por segunda vez el agua y aceite condensados.

Seguidamente se puede hacer pasar el aire comprimido por un filtro fino, al objeto de eliminar nuevamente partículas de suciedad.

Figura 42: Secado por enfriamiento



**Ejemplo:**

Cantidad de agua obtenida en las siguientes condiciones:

Cantidad de aire aspirado:  $\dot{V} = 400 \text{ m}^3/\text{h}$   
 Presión:  $p = 800 \text{ kPa (8 bar)}$   
 Temperatura:  $T = 323 \text{ K (50 }^\circ\text{C)}$   
 Humedad relativa del aire: 60%  
 Humedad absoluta del aire: ?

$$\text{Humedad relativa del aire} = \frac{\text{humedad absoluta del aire}}{\text{grado de saturación}} \cdot 100\%$$

En el ejemplo se desea conocer la humedad absoluta.  
 Transformación de la ecuación

$$\text{Humedad absoluta} = \frac{\text{humedad relativa} \cdot \text{grado de saturación}}{100\%}$$

Del diagrama del punto de rocío (figura 39) se desprende para una temperatura de 323 K (50 °C) un contenido de agua de 80 g/m<sup>3</sup>.

$$\text{Humedad absoluta} = \frac{60\% \cdot 80 \text{ g/m}^3}{100\%} = 48 \text{ g/m}^3$$

Con una cantidad aspirada de 400 m<sup>3</sup>/h se obtiene una cantidad de agua de:

$$48 \text{ g/m}^3 \cdot 400 \text{ m}^3/\text{h} = 19.200 \text{ g/h}$$

$$= 19,2 \text{ kg/h}$$

#### 4.2 Filtro de aire comprimido con regulador de presión

El filtro tiene la misión de extraer del aire comprimido circulante todas las impurezas y el agua condensada.

Para entrar en el recipiente (1), el aire comprimido tiene que atravesar la chapa deflectora (2) provista de ranuras directrices. Como consecuencia se somete a un movimiento de rotación. Los componentes líquidos y las partículas grandes de suciedad se desprenden por el efecto de la fuerza centrífuga y se acumulan en la parte inferior del recipiente.

En el filtro sintetizado (4) [ancho medio de poros, 40 mm] sigue la depuración del aire comprimido.

Dicho filtro (4) separa otras partículas de suciedad. Debe ser sustituido o limpiado de vez en cuando, según el grado de ensuciamiento del aire comprimido.

El aire comprimido limpio pasa entonces por el regulador de presión y llega a la unidad de

lubricación y de aquí a los consumidores.

La condensación acumulada en la parte inferior del recipiente (1) se deberá vaciar antes de que alcance la altura máxima admisible, a través del tornillo de purga (3). Si la cantidad que se condensa es grande, conviene montar una purga automática de agua.

[Acondicionamiento del aire comprimido , ver mas , click aquí .](#)

### **Funcionamiento de la purga automática de agua.**

El agua condensada es separada por el filtro. De vez en cuando hay que vaciar la purga, porque de lo contrario el agua será arrastrada por el aire comprimido hasta los elementos de mando. En la purga de agua mostrada abajo, el vaciado tiene lugar de forma automática.

El condensado del filtro llega, a través del tubo de unión (1), a la cámara del flotador (3). A medida que aumenta el nivel del condensado, el flotador (2) sube y a una altura determinada abre, por medio de una palanca, una tobera (10). Por el taladro (9) pasa aire comprimido a la otra cámara y empuja la membrana (6) contra la válvula de purga (4). Esta abre el paso y el condensado puede salir por el taladro (7). El flotador (2) cierra de nuevo la tobera (10) a medida que disminuye el nivel de condensado. El aire restante escapa a la atmósfera por la tobera (5). La purga puede realizarse también de forma manual con el perno (8).

Figura 43: Filtro de aire comprimido con regulador de presión .

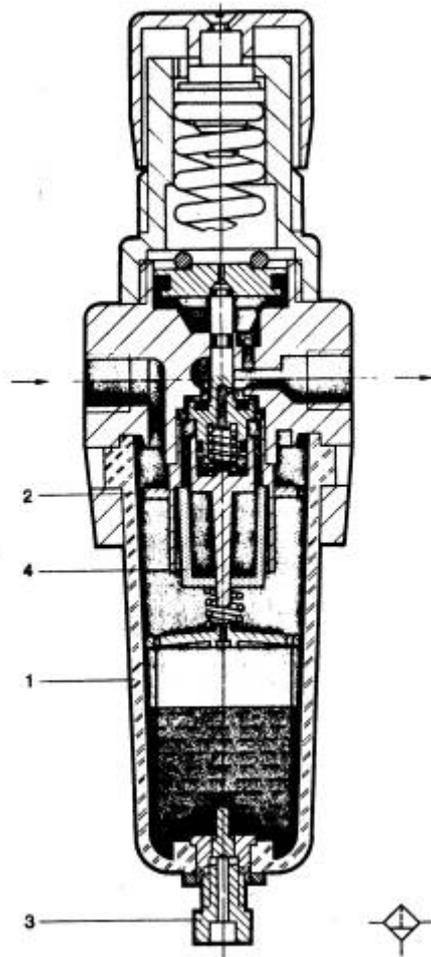
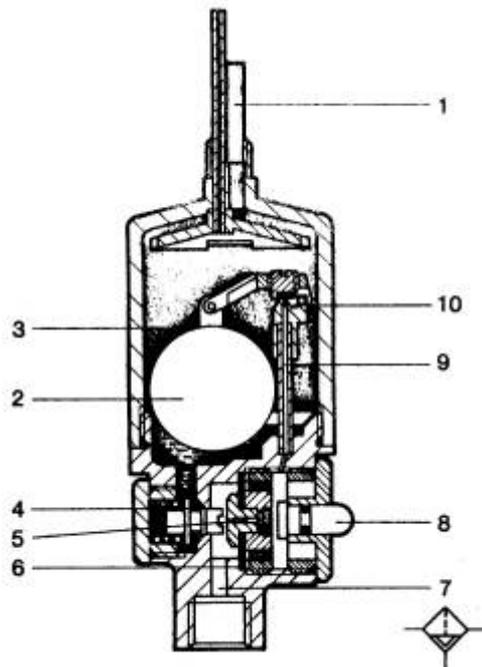


Figura 44: Purga automática de agua.



#### **4.2.1 Filtro finísimo de aire comprimido**

Este filtro se emplea en aquellos ramos en que se necesita aire filtrado finísimamente (p. ej., en las industrias alimenticias, químicas y farmacéuticas, en la técnica de procedimientos y en sistemas que trabajan con módulos de baja presión). Elimina del aire comprimido, casi sin restos, las partículas de agua y aceite. El aire comprimido se filtra hasta un 99,999% (referido a 0,01 micrón).

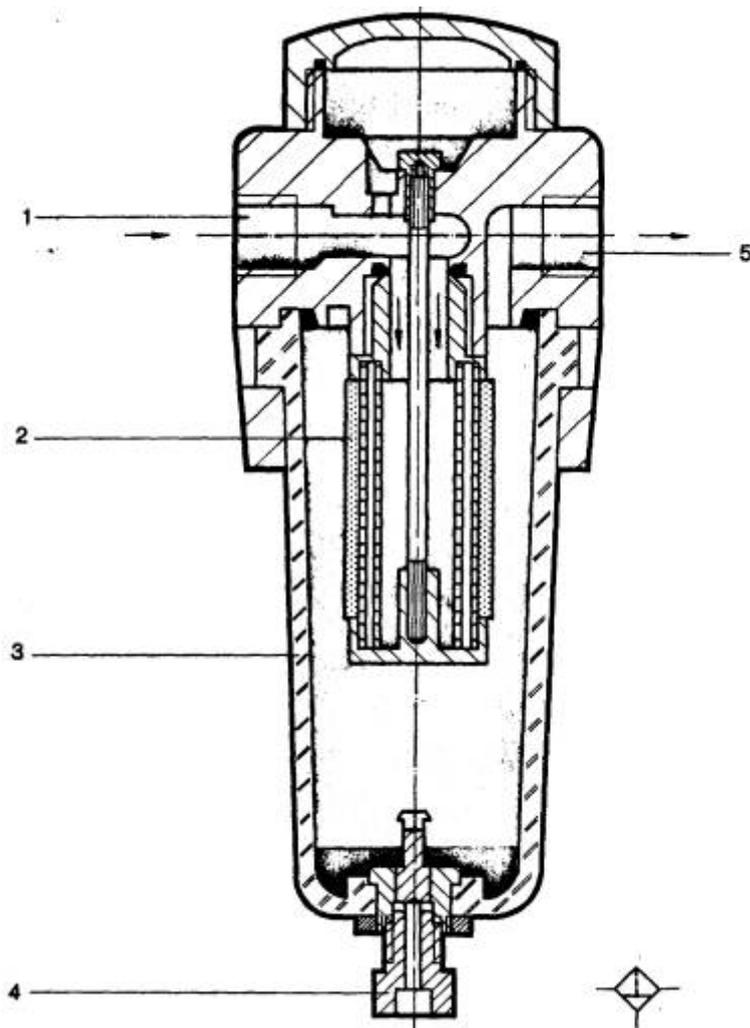
##### **Funcionamiento**

Este filtro se diferencia del filtro normal en el hecho de que el aire comprimido atraviesa el cartucho filtrante de dentro hacia afuera.

El aire comprimido entra en el filtro por (1), y atraviesa el elemento filtrante (2) (fibras de vidrio boro silicato de dentro hacia afuera. El aire comprimido limpio pasa por la salida (5) a los consumidores.

La separación de partículas finísimas hasta 0,01 micrón es posible debido a la finura extraordinaria del tejido filtrante. Las partículas separadas se eliminan del recipiente del filtro, por el tornillo de purga (4). Para que las partículas de agua y aceite no puedan ser arrastradas por el aire que circula, deben observarse los valores de flujo. Al montarlo hay que tener presente lo siguiente: El prefiltrado aumenta la duración del cartucho filtrante; el filtro ha de montarse en posición vertical, prestando atención al sentido de flujo (flecha).

Figura 45: Filtro finísimo de aire comprimido



### ● 4.3 Reguladores de presión

#### ● 4.3.1. Regulador de presión con orificio de escape

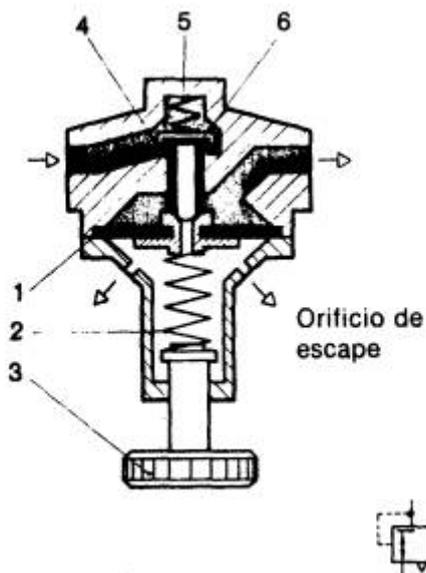
El regulador tiene la misión de mantener la presión de trabajo (secundaria) lo más constante posible, independientemente de las variaciones que sufra la presión de red (primaria) y del consumo de aire. La presión primaria siempre ha de ser mayor que la secundaria. Es regulada por la membrana (1), que es sometida, por un lado, a la presión de trabajo, y por el otro a la fuerza de un resorte (2), ajustable por medio de un tornillo (3).

A medida que la presión de trabajo aumenta, la membrana actúa contra la fuerza del muelle. La sección de paso en el asiento de válvula (4) disminuye hasta que la válvula cierra el paso por completo. En otros términos, la presión es regulada por el caudal que circula.

Al tomar aire, la presión de trabajo disminuye y el muelle abre la válvula. La regulación de la presión de salida ajustada consiste, pues, en la apertura y cierre constantes de la válvula. Al objeto de evitar oscilaciones, encima del platillo de válvula (6) hay dispuesto un amortiguador neumático o de muelle (5). La presión de trabajo se visualiza en un manómetro.

Cuando la presión secundaria aumenta demasiado, la membrana es empujada contra el muelle. Entonces se abre el orificio de escape en la parte central de la membrana y el aire puede salir a la atmósfera por los orificios de escape existentes en la caja.

Figura 46: Regulador de presión con orificio de escape .



#### **4.3.2 Regulador de presión sin orificio de escape**

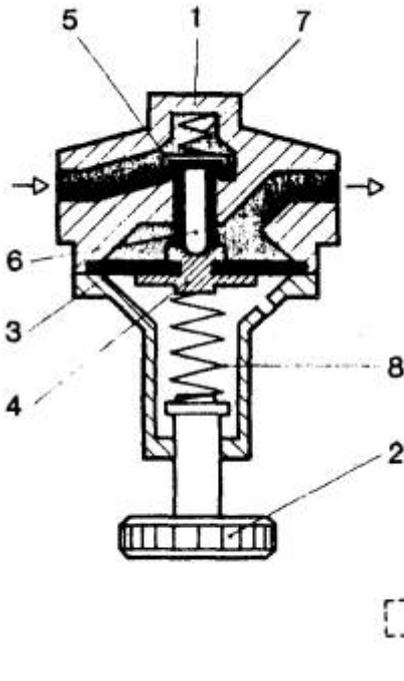
En el comercio se encuentran válvulas de regulación de presión sin orificio de escape. Con estas válvulas no es posible evacuar el aire comprimido que se encuentra en las tuberías.

##### **Funcionamiento:**

Por medio del tornillo de ajuste (2) se pretensa el muelle (8) solidario a la membrana (3). Según el ajuste del muelle (8), se abre más o menos el paso del lado primario al secundario. El vástago (6) con la membrana (5) se separa más o menos del asiento de junta.

Si no se toma aire comprimido del lado secundario, la presión aumenta y empuja la membrana (3) venciendo la fuerza del muelle (8). El muelle (7) empuja el vástago hacia abajo, y en el asiento se cierra el paso de aire. Sólo después de haber tomado aire del lado secundario, puede afluir de nuevo aire comprimido del lado primario.

Figura 47: Regulador de presión sin orificio de escape .



#### ● 4.4 Lubricador de aire comprimido

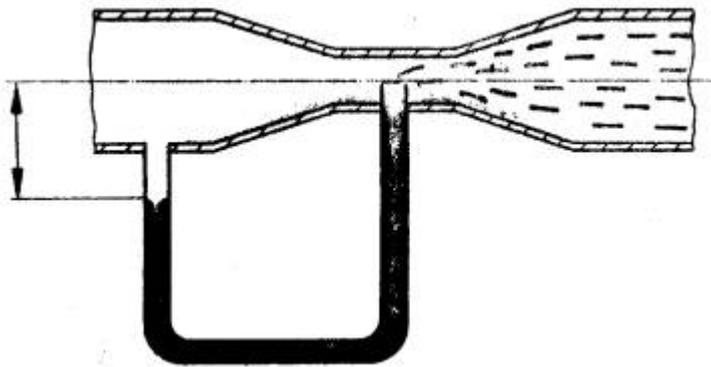
El lubricador tiene la misión de lubricar los elementos neumáticos en medida suficiente. El lubricante previene un desgaste prematuro de las piezas móviles, reduce el rozamiento y protege los elementos contra la corrosión.

Los lubricadores trabajan generalmente según el principio "Venturi". La diferencia de presión  $\Delta p$  (caída de presión) entre la presión reinante antes de la tobera y la presión en el lugar más estrecho de ésta se emplea para aspirar líquido (aceite) de un depósito y mezclarlo con el aire.

El lubricador no trabaja hasta que la velocidad del flujo es suficientemente grande. Si se consume poco aire, la velocidad de flujo en la tobera no alcanza para producir una depresión suficiente y aspirar el aceite del depósito.

Por eso, hay que observar los valores de flujo que indique el fabricante,

Figura 48: Principio de Venturi



#### ● 4.4.1 Funcionamiento de un lubricador

El lubricador mostrado en este lugar trabaja según el principio Venturi.

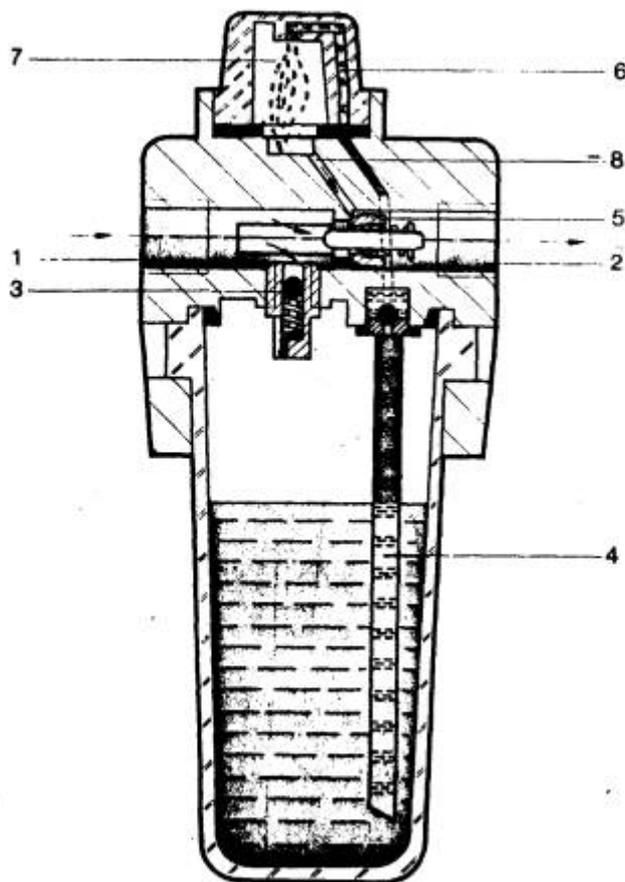
El aire comprimido atraviesa el aceitador desde la entrada (1) hasta la salida (2). Por el estrechamiento de sección en la válvula (5), se produce una caída de presión. En el canal (8) y en la cámara de goteo (7) se produce una depresión (efecto de succión). A través del canal (6) y del tubo elevador (4) se aspiran gotas de aceite. Estas llegan, a través de la cámara de goteo (7) y del canal (8) hasta el aire comprimido, que afluye hacia la salida (2). Las gotas de aceite son pulverizadas por el aire comprimido y llegan en este estado hasta el consumidor.

La sección de flujo varía según la cantidad de aire que pasa y varía la caída de presión, o sea, varía la cantidad de aceite. En la parte superior

del tubo elevador (4) se puede realizar otro ajuste de la cantidad de aceite, por medio de un tornillo.

Una determinada cantidad de aceite ejerce presión sobre el aceite que le encuentra en el depósito, a través de la válvula de retención (3).

Figura 49: Lubricador de aire comprimido



#### ● 4.5 Unidad de mantenimiento

La unidad de mantenimiento representa una combinación de los siguientes elementos:

- Filtro de aire comprimido
- Regulador de presión
- Lubricador de aire comprimido

Deben tenerse en cuenta los siguientes puntos:

1. El caudal total de aire en  $m^3/h$  es decisivo para la elección del tamaño de unidad. Si el caudal es demasiado grande, se produce en las unidades una caída de presión demasiado grande. Por eso, es imprescindible respetar los valores indicados por el fabricante.

2. La presión de trabajo no debe sobrepasar el valor estipulado en la unidad, y la temperatura no deberá ser tampoco superior a  $50\text{ C}$  (valores máximos para recipiente de plástico).

Figura 50: Unidad de mantenimiento

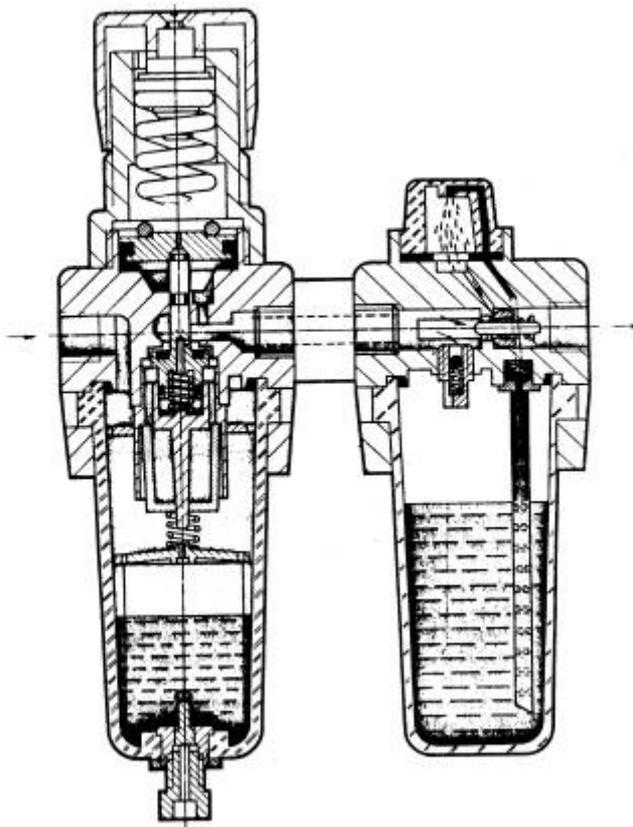


Figura 51: Símbolo de la unidad de mantenimiento



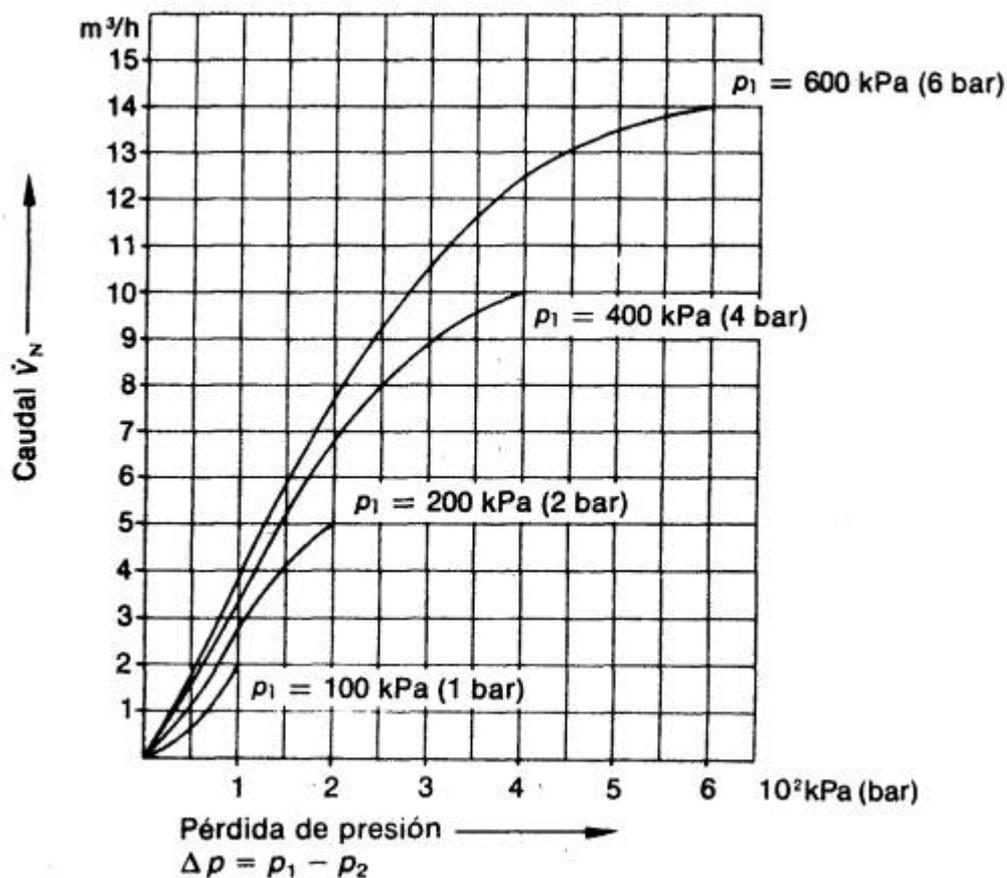
la unidad ha disminuido hasta el valor cero y, por tanto, se dispone de; caudal máximo de flujo.

Ejemplo:

El flujo con  $p_1 = 600 \text{ kPa}$  (6 bar) y  $\Delta p = 50 \text{ kPa}$  (0,5 bar) [ $p_2 = 550 \text{ kPa}$  (5,5 bar)] es de un caudal de  $1,8 \text{ m}^3/\text{h}$ , aproximadamente.

La unidad de mantenimiento debe elegirse cuidadosamente según el consumo de la instalación. Si no se pospone un depósito, hay que considerar el consumo máximo por unidad de tiempo.

Figura 52: Unidad de mantenimiento de R 1/8"



## 5. Elementos neumáticos de trabajo

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

### 5.1 Elementos neumáticos de movimiento rectilíneo

(cilindros neumáticos)

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

### ● 5.1.1 Cilindros de simple efecto

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

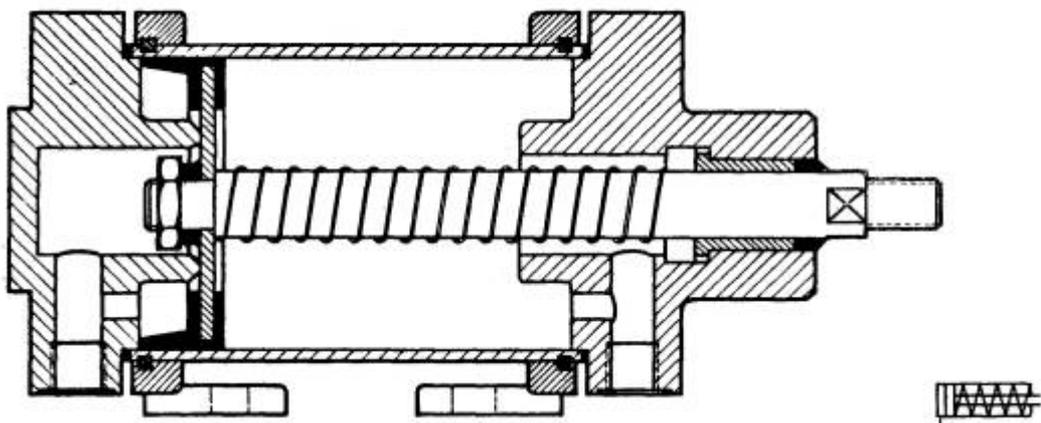
El resorte incorporado se calcula de modo que haga regresar el émbolo a su posición inicial a una velocidad suficientemente grande.

En los cilindros de simple efecto con muelle incorporado, la longitud de éste limita la carrera. Por eso, estos cilindros no sobrepasan una carrera de unos 100 mm.

Se utilizan principalmente para sujetar, expulsar, apretar, levantar, alimentar, etc.

Figura 53: Cilindro de simple efecto

Figura 53: Cilindro de simple efecto



Cilindro de émbolo

La estanqueidad se logra con un material flexible (perbunano), que recubre el pistón metálico o de material plástico. Durante el movimiento del émbolo, los labios de junta se deslizan sobre la pared

interna del cilindro.

En la segunda ejecución aquí mostrada, el muelle realiza la carrera de trabajo; el aire comprimido hace retornar el vástago a su posición inicial .

- Aplicación: frenos de camiones y trenes.
- Ventaja: frenado instantáneo en cuanto falla la energía.

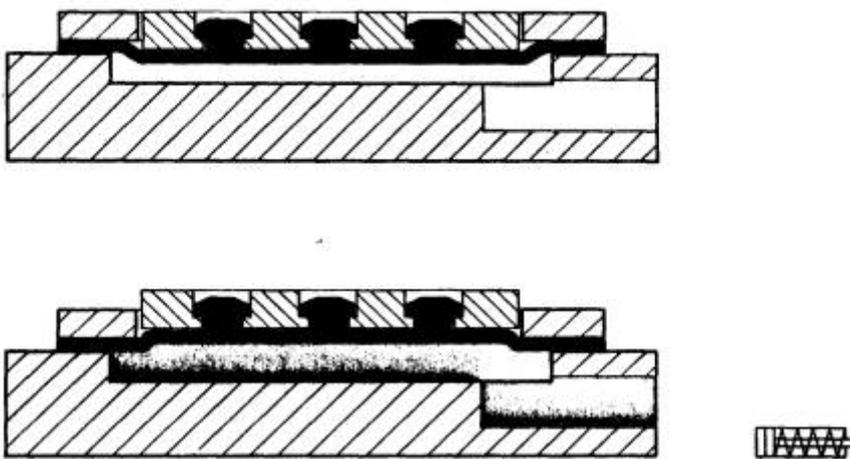


### Cilindros de membrana

Una membrana de goma, plástico o metal reemplaza aquí al émbolo. El vástago está fijado en el centro de la membrana. No hay piezas estanqueizantes que se deslicen , se produce un rozamiento únicamente por la dilatación del material.

Aplicación: Se emplean en la construcción de dispositivos y herramientas, así como para estampar, remachar y fijar en prensas.

Figura 54: Cilindro de membrana .

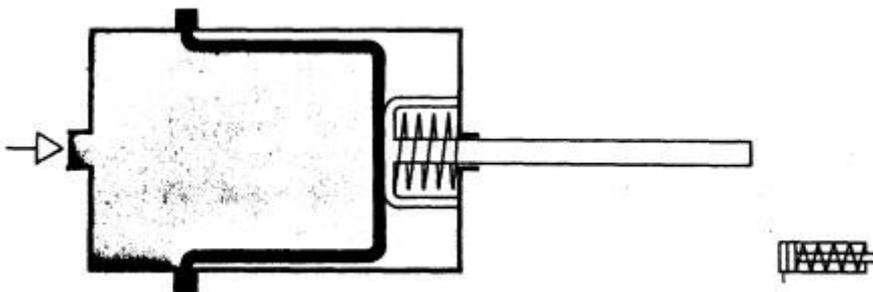


### Cilindros de membrana arrollable

La construcción de estos cilindros es similar a la de los anteriores. También se emplea una membrana

que, cuando está sometida a la presión del aire, se desarrolla a lo largo de la pared interior del cilindro y hace salir el vástago. Las carreras son mucho más importantes que en los cilindros de membrana (aprox. 50-80 mm). El rozamiento es mucho menor.

Figura 55: Cilindro de membrana arrollable

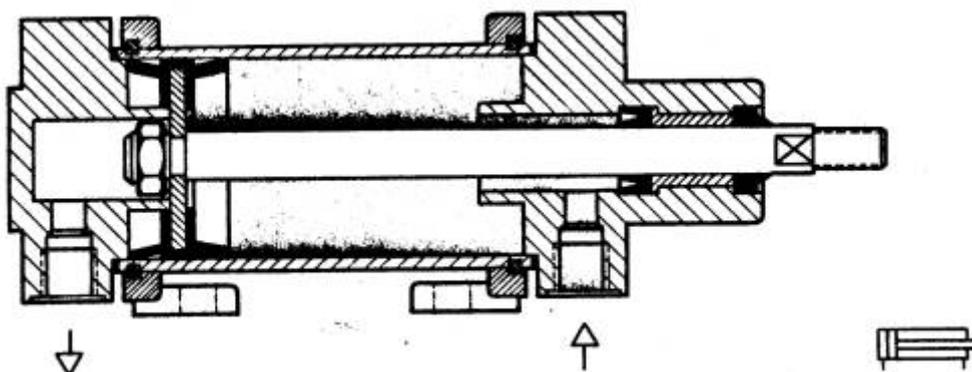


### ● 5.1.2. Cilindros de doble efecto

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

Los cilindros de doble efecto se emplean especialmente en los casos en que el émbolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial. En principio, la carrera de los cilindros no está limitada, pero hay que tener en cuenta el pandeo y doblado que puede sufrir el vástago salido. También en este caso, sirven de empaquetadura los labios y émbolos de las membranas.

Figura 56: Cilindro de doble efecto .

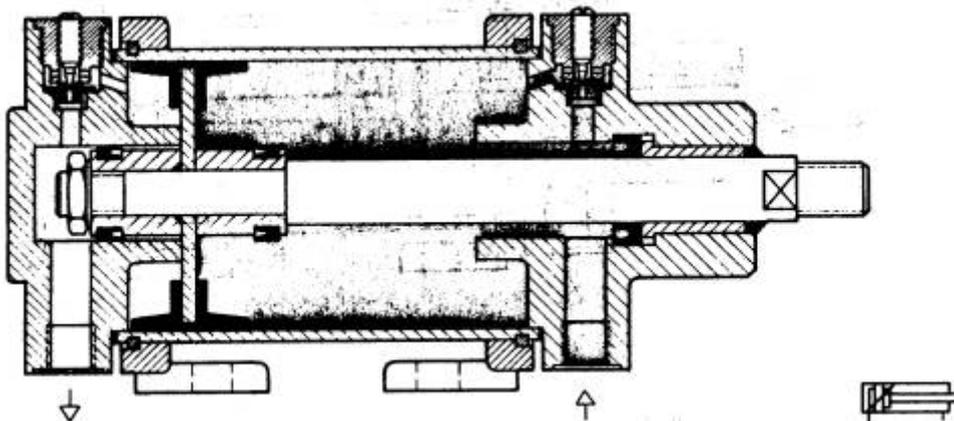


## Cilindros con amortiguación Interna

Cuando las masas que traslada un cilindro son grandes, al objeto de evitar un choque brusco y daños es utiliza un sistema de amortiguación que entra en acción momentos antes de alcanzar el final de la carrera. Antes de alcanzar la posición final, un émbolo amortiguador corta la salida directa del aire al exterior .En cambio, es dispone de una sección de escape muy pequeña, a menudo ajustable.

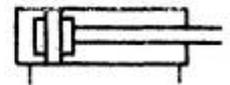
El aire comprimido se comprime más en la última parte de la cámara del cilindro. La sobrepresión producida disminuye con el escape de aire a través de las válvulas antirretorno de estrangulación montadas (sección de escapo pequeña). El émbolo se desliza lentamente hasta su posición final. En el cambio de dirección del émbolo, el aire entra sin obstáculos en la cámara del cilindro por la válvula antirretorno.

Figura 57: Cilindro con amortiguación interna .

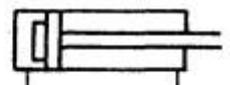


### Otros tipos de amortiguación:

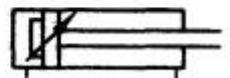
Amortiguación en los dos lados, no regulable.



Amortiguación en el lado del émbolo, no regulable.



Amortiguación en el lado del émbolo, regulable.

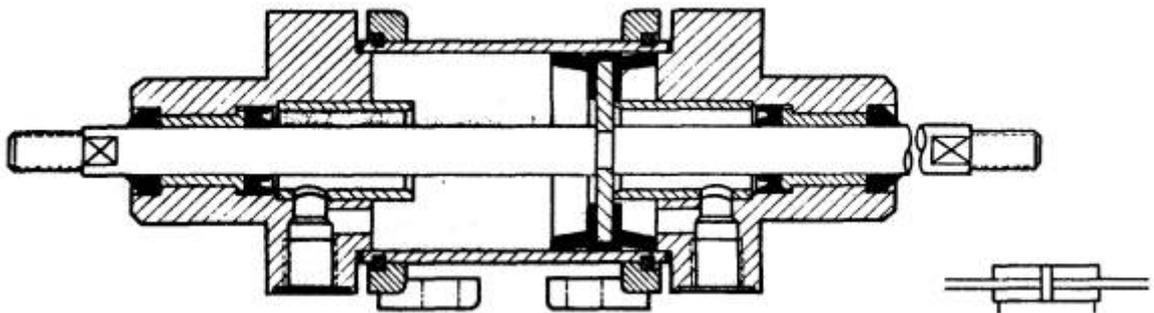


### ● 5.1.3 Cilindros de doble efecto, en ejecución especial

#### Cilindros de doble vástago

Este tipo de cilindros tiene un vástago corrido hacia ambos lados. La guía del vástago es mejor, porque dispone de dos cojinetes y la distancia entre éstos permanece constante. Por eso, este cilindro puede absorber también cargas pequeñas laterales. Los elementos señalizadores pueden disponerse en el lado libre M vástago. La fuerza es igual en los dos sentidos (los superficies del émbolo son iguales).

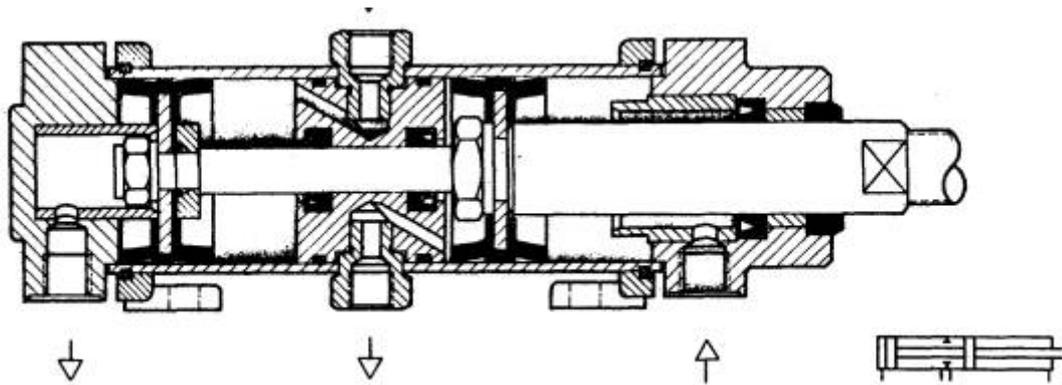
Figura 58: Cilindro de doble vástago



#### Cilindro tándem

Está constituido por dos cilindros de doble efecto que forman una unidad. Gracias a esta disposición, al aplicar simultáneamente presión sobre los dos émbolos se obtiene en el vástago una fuerza de casi el doble de la de un cilindro normal M mismo diámetro. Se utiliza cuando se necesitan fuerzas considerables y se dispone de un espacio determinado, no siendo posible utilizar cilindros de un diámetro mayor.

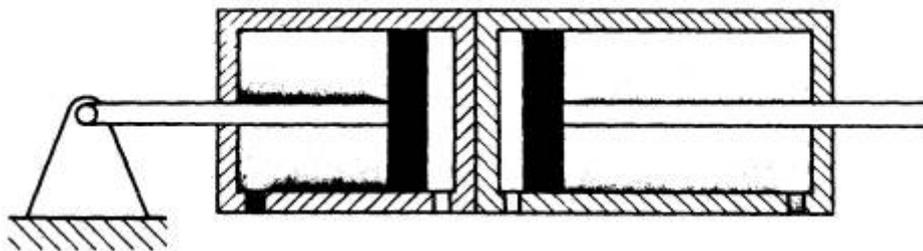
Figura 59: Cilindro tándem



### Cilindro multiposicional

Este cilindro está constituido por dos o más cilindros de doble efecto. Estos elementos están acoplados como muestra el esquema. Según el émbolo al que se aplique presión, actúa uno u otro cilindro. En el caso de dos cilindros de carreras distintas, pueden obtenerse cuatro posiciones.

Figura 60: Cilindro multiposicional



### Aplicación:

- Colocación de piezas en estantes, por medio de cintas de transporte
- Mando de palancas
- Dispositivos de clasificación (piezas buenas, malas y a ser rectificadas)

### Cilindro de Impacto

Si se utilizan cilindros normales para trabajos de conformación, las fuerzas disponibles son, a menudo, insuficientes. El cilindro de impacto es conveniente para obtener energía cinética, de valor elevado. Según la fórmula de la energía cinética, se puede obtener una gran energía de impacto elevando la velocidad.

$$E = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

$$E = \text{Energía en } \frac{\text{kg m}^2}{\text{s}^2} = \text{Nm} = \text{Joule}$$

$m$  = Masa en kg

$v$  = Velocidad en m/s

Los cilindros de impacto desarrollan una velocidad comprendida entre 7,5 y 10 m/s (velocidad normal 1 a 2 m/s). Sólo una concepción especial permite obtener estas velocidades.

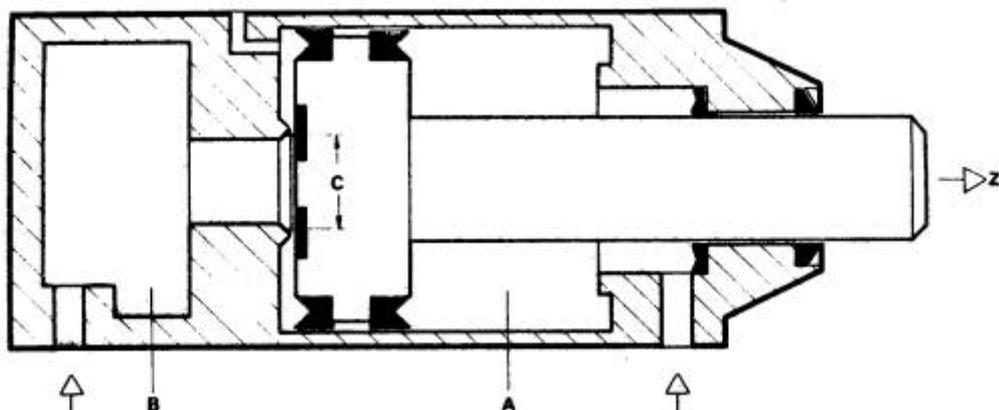
La energía de estos cilindros se utiliza para prensar, rebordear, remachar, estampar, etc.

La fuerza de impacto es digna de mención en relación con sus dimensiones. En muchos casos, estos cilindros reemplazan a prensas. Según el diámetro del cilindro, pueden obtenerse desde 25 hasta 500 Nm.

Atención:

Cuando las carreras de conformación son grandes, la velocidad disminuye rápidamente y, por consiguiente, también la energía de impacto; por eso, estos cilindros no son apropiados cuando se trata de carreras de conformación grandes.

Figura 61: Cilindro de impacto



Funcionamiento:

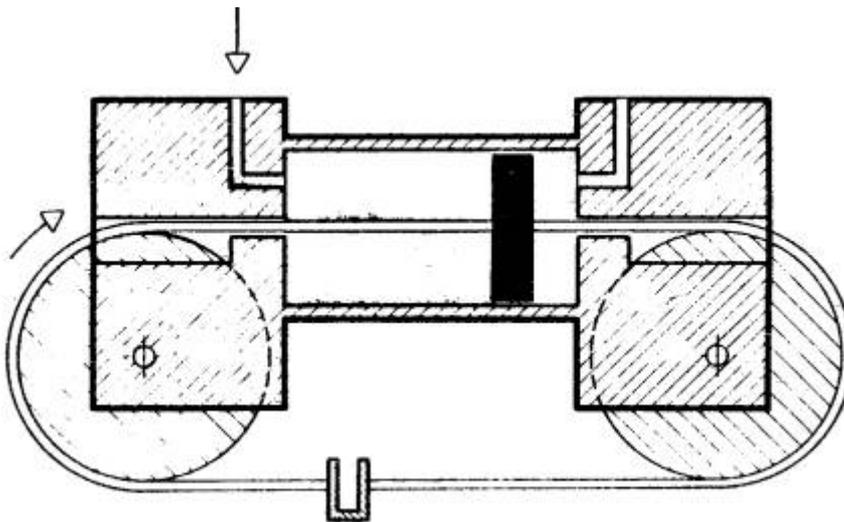
La cámara A está sometida a presión. Al accionar una

válvula, se forma presión en la cámara B, y la A se purga de aire. Cuando la fuerza que actúa sobre la superficie C es mayor que la que actúa en la superficie anular de la cámara A. el émbolo se mueve en dirección Z. Al mismo tiempo queda libre toda la superficie del émbolo y la fuerza aumenta. El aire de la cámara B puede afluir rápidamente por la sección entonces más grande, y el émbolo sufre una gran aceleración.

### Cilindro de cable

Este es un cilindro de doble efecto. Los extremos de un cable, guiado por medio de poleas, están fijados en ambos lados del émbolo. Este cilindro trabaja siempre con tracción. Aplicación: apertura y cierre de puertas; permite obtener carreras largas, teniendo dimensiones reducidas.

Figura 62: Cilindro de cable



### Cilindro de giro

En esta ejecución de cilindro de doble efecto, el vástago es una cremallera que acciona un piñón y transforma el movimiento lineal en un movimiento giratorio hacia la izquierda o hacia la derecha, según el sentido del émbolo. Los ángulos de giro corrientes pueden ser de  $45^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $180^\circ$ ,  $270^\circ$  hasta  $720^\circ$ . Es posible determinar el margen de giro dentro del margen total por medio de un tornillo de ajuste.

El par de giro es función de la presión, de la superficie del émbolo y de la desmultiplicación. Los accionamientos de giro se emplean para voltear piezas, doblar tubos metálicos, regular acondicionadores de aire, accionar válvulas de cierre, válvulas de tapa, etc.

Figura 63: Cilindro de giro

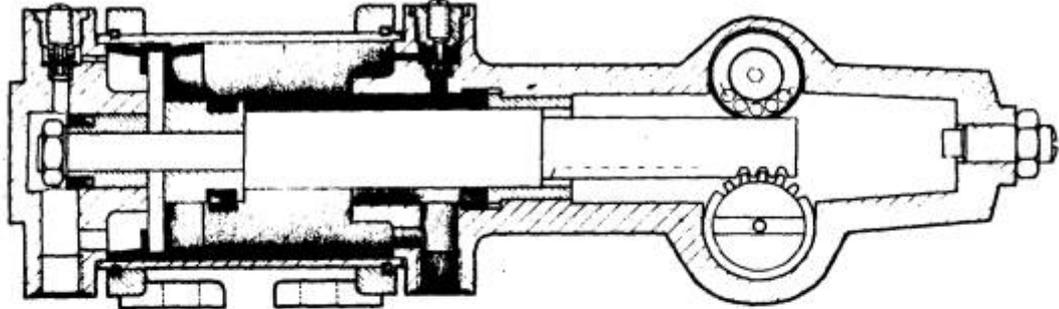
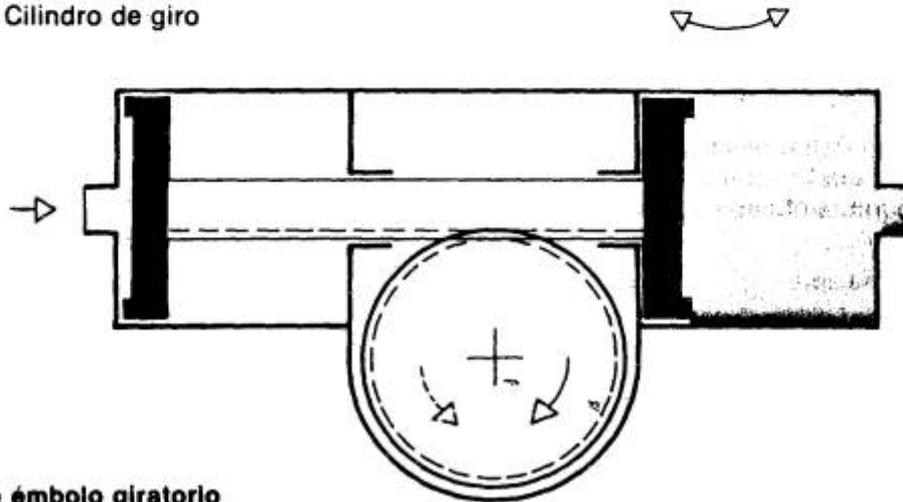


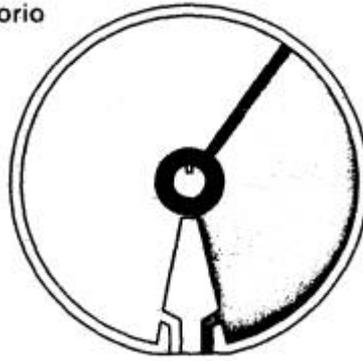
Figura 64: Cilindro de giro



#### Cilindro de émbolo giratorio

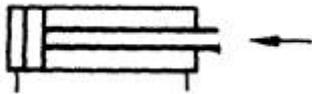
Como los cilindros de giro, éste también puede realizar un movimiento angular limitado, que rara vez sobrepasa los  $300^\circ$ . La estanqueización presenta dificultades y el diámetro o el ancho permiten a menudo obtener sólo pares de fuerza pequeños. Estos cilindros no se utilizan mucho en neumática, pero en hidráulica se ven con frecuencia.

Figura 65: Cilindro de émbolo giratorio

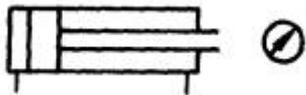


#### 5.1.4. Ejecuciones especiales de cilindros

Cilindros de vástago reforzado.



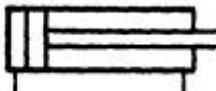
Juntas de émbolo, para presiones elevadas



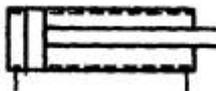
Cilindros de juntas resistentes a altas temperaturas



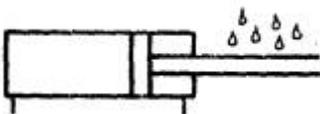
Camisa de cilindro, de latón



Superficies de deslizamiento, de cromo

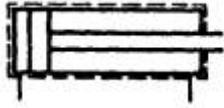


Vástago de acero anticorrosivo



Cuerpo recubierto de plástico y vástago de acero

anticorrosivo

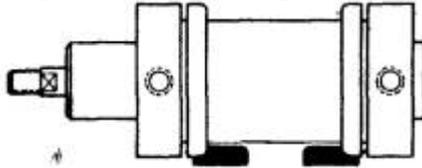


## ● 5.2 Fijaciones

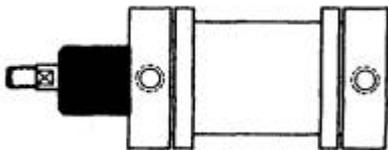
El tipo de fijación depende del modo en que los cilindros se coloquen en dispositivos y máquinas. Si el tipo de fijación es definitivo, el cilindro puede ir equipado de los accesorios de montaje necesarios. De lo contrario, como dichos accesorios se construyen según el sistema de piezas estandarizadas, también más tarde puede efectuarse la transformación de un tipo de fijación a otro. Este sistema de montaje facilita el almacenamiento en empresas que utilizan a menudo el aire comprimido, puesto que basta combinar el cilindro básico con las correspondientes piezas de fijación.

Figura 66: Tipos de fijación

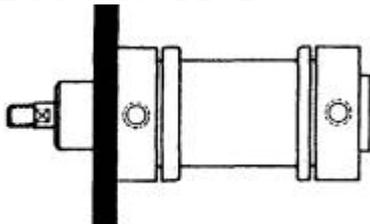
Fijación por pies



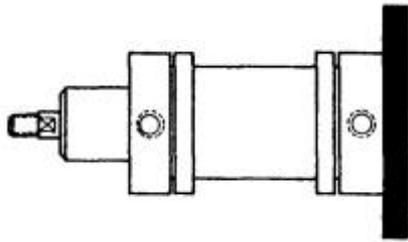
Fijación por rosca



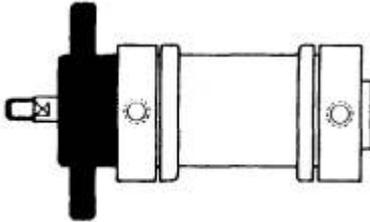
Brida anterior



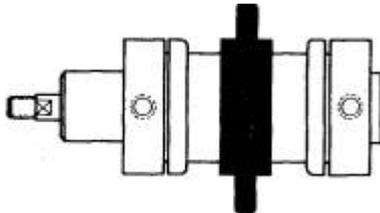
Brida posterior



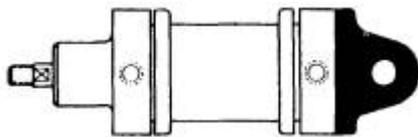
Brida anterior oscilante



Brida central oscilante



Brida posterior oscilante



### ● 5.3 Constitución de los cilindros

El cilindro de émbolo se compone de: tubo, tapa posterior (fondo) y tapa anterior con cojinete (manguito doble de copa), vástago, casquillo de cojinete y aro rascador; además, de piezas de unión y juntas.

El tubo cilíndrico (1) se fabrica en la mayoría de los casos de tubo de acero embutido sin costura. Para prolongar la duración de las juntas, la superficie interior del tubo debe someterse a un mecanizado de precisión (bruñido).

Para aplicaciones especiales, el tubo se construye de aluminio, latón o de tubo de acero con superficie de rodadura cromada. Estas ejecuciones especiales se emplean cuando los cilindros no se accionan con

frecuencia o para protegerlos de influencias corrosivas.

Para las tapas posterior fondo (2) y anterior (3) se emplea preferentemente material de fundición (de aluminio o maleable). La fijación de ambas tapas en el tubo puede realizarse mediante tirantes, roscas o bridas.

El vástago (4) se fabrica preferentemente de acero bonificado, Este acero contiene un determinado porcentaje de cromo que lo protege de la corrosión. A deseo, el émbolo se somete a un tratamiento de temple. Su superficie se comprime en un proceso de rodado entre discos planos. La profundidad de asperezas del vástago es de 1 mm En general, las roscas se laminan al objeto de prevenir el riesgo de roturas.

En cilindros hidráulicos debe emplearse un vástago cromado (con cromo duro) o templado.

Para normalizar el vástago se monta en la tapa anterior un collarín obturador (5). De la guía de vástago se hace cargo un casquillo de cojinete (6), que puede ser de bronce sinterizado o un casquillo metálico con revestimiento de plástico.

Delante del casquillo de cojinete se encuentra un aro rascador (7). Este impide que entren partículas de polvo y suciedad en el interior del cilindro. Por eso, no se necesita emplear un fuelle.

El manguito doble de copa (8) hermetiza la cámara del cilindro.

**Material:**

<b>Perbunano</b>	para temperaturas entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+80\text{ }^{\circ}\text{C}$
<b>Vitón</b>	para temperaturas entre $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+190\text{ }^{\circ}\text{C}$
<b>Teflón</b>	para temperaturas entre $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$

Las juntas tóricas o anillos toroidales (9) se emplean para la obturación estática, porque deben pretensarse, y esto causa pérdidas elevadas por fricción en aplicaciones dinámicas.

Figura 67: Estructura de un cilindro neumático con amortiguación de fin de carrera.

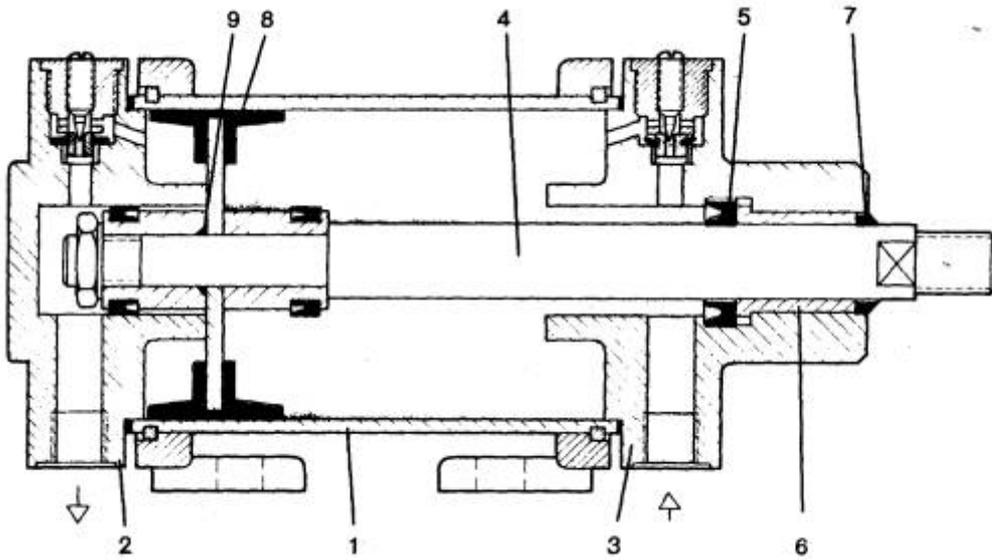
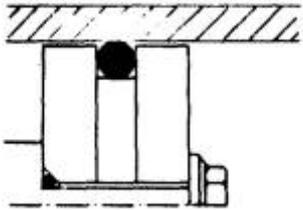
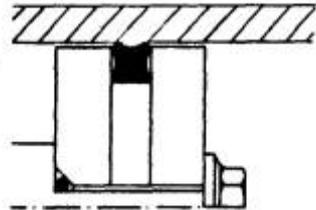


Figura 68: Tipos de juntas

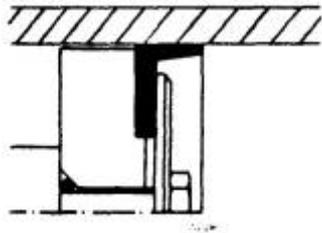
Junta tórica (anillo toroidal)



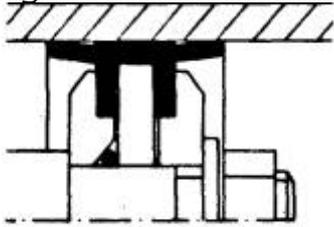
Junta cuadrada



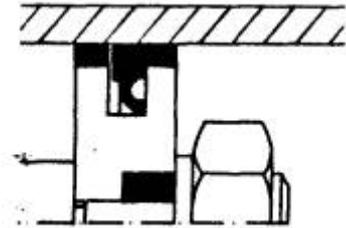
Manguito de copa



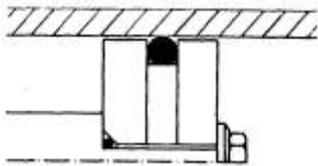
Manguito doble de copa



Junto en L



Junta preformada



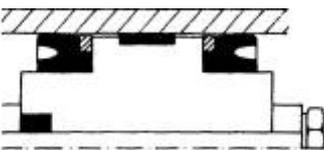
Collarines obturadores en ambos lados



Collarín reforzado



Collarines obturadores con apoyo y anillo de deslizamiento



## ● 5.4 Cálculos de cilindros

### ● 5.4.1 Fuerza del émbolo

La fuerza ejercida por un elemento de trabajo depende de la presión del aire, del diámetro del cilindro del rozamiento de las juntas. La fuerza teórica del émbolo se calcula con la siguiente fórmula:

$$F_{\text{teór.}} = A \cdot p$$

$F_{\text{teór.}}$  = Fuerza teórica del émbolo (N)  
 $A$  = Superficie útil del émbolo (cm<sup>2</sup>)  
 $p$  = Presión de trabajo (kPa, 10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup>, bar)

En la práctica es necesario conocer la fuerza real. Para determinarla hay que tener en cuenta los rozamientos. En condiciones normales de servicio (presiones de 400 a 800 kPa/4 a 8 bar) se puede suponer que las fuerzas de rozamiento representan de un 3 a un 20% de la fuerza calculada.

Cilindro de simple efecto.

$$F_n = A \cdot p - (F_R + F_F)$$

Cilindro de doble efecto (en el avance)

$$F_n = A \cdot p - F_R$$

$F_n$  = Fuerza efectiva o real del émbolo

$A$  = Superficie útil del émbolo

$$= \left( \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \right)$$

$A'$  = Superficie útil del anillo de émbolo

$$= (D^2 - d^2) \frac{\pi}{4}$$

$p$  = Presión de trabajo

$F_R$  = Fuerza de rozamiento (3-20%)

$F_F$  = Fuerza del muelle de recuperación

$D$  = Diámetro del émbolo

$d$  = Diámetro de vástago

Cilindro de doble efecto (en el retorno)

$$F_n = A' \cdot p - F_R$$

(N)

(cm<sup>2</sup>)

(cm<sup>2</sup>)

(kPa, 10<sup>5</sup> N/m<sup>2</sup>, bar)

(N)

(N)

(mm)

(mm)

**Ejemplo de cálculo:**

$$\begin{aligned} D &= 50 \text{ mm} \\ d &= 12 \text{ mm} \\ A &= 19,625 \text{ cm}^2 \\ A' &= 18,5 \text{ cm}^2 \\ F_H &= 10\% \text{ (valor medio)} \\ F_n &= ? \end{aligned}$$

**Superficie del émbolo**

$$A = D \cdot \frac{\pi}{4} = 5 \text{ cm} \cdot 5 \text{ cm} \cdot \frac{\pi}{4} = 19,625 \text{ cm}^2$$

**Superficie anular del émbolo**

$$A' = (D^2 - d^2) \cdot \frac{\pi}{4} = (25 \text{ cm}^2 - 1,44 \text{ cm}^2) \cdot \frac{\pi}{4} = 18,5 \text{ cm}^2$$

**Fuerza teórica de empuje en el avance**

$$F_{\text{teór.}} = A \cdot p = 19,625 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 1.177,5 \text{ N}$$

Resistencia de rozamiento  $F_H = 117,75 \text{ N}$

**Fuerza real de empuje del émbolo en el avance**

$$F_n = A \cdot p - F_H = 19,625 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 - 117,75 = 1.060 \text{ N}$$

**Fuerza teórica de tracción del émbolo en el retorno**

$$F_{\text{teór.}} = A' \cdot p = 18,5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 = 1.110 \text{ N}$$

Resistencia de rozamiento  $F_R = 111 \text{ N}$

**Fuerza real de tracción del émbolo en el retorno**

$$F_n = A' \cdot p - F_R = 18,5 \cdot 10^{-4} \cdot 6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 - 111 \text{ n} = 999 \text{ N}$$

Figura 69: Diagrama Presión-Fuerza

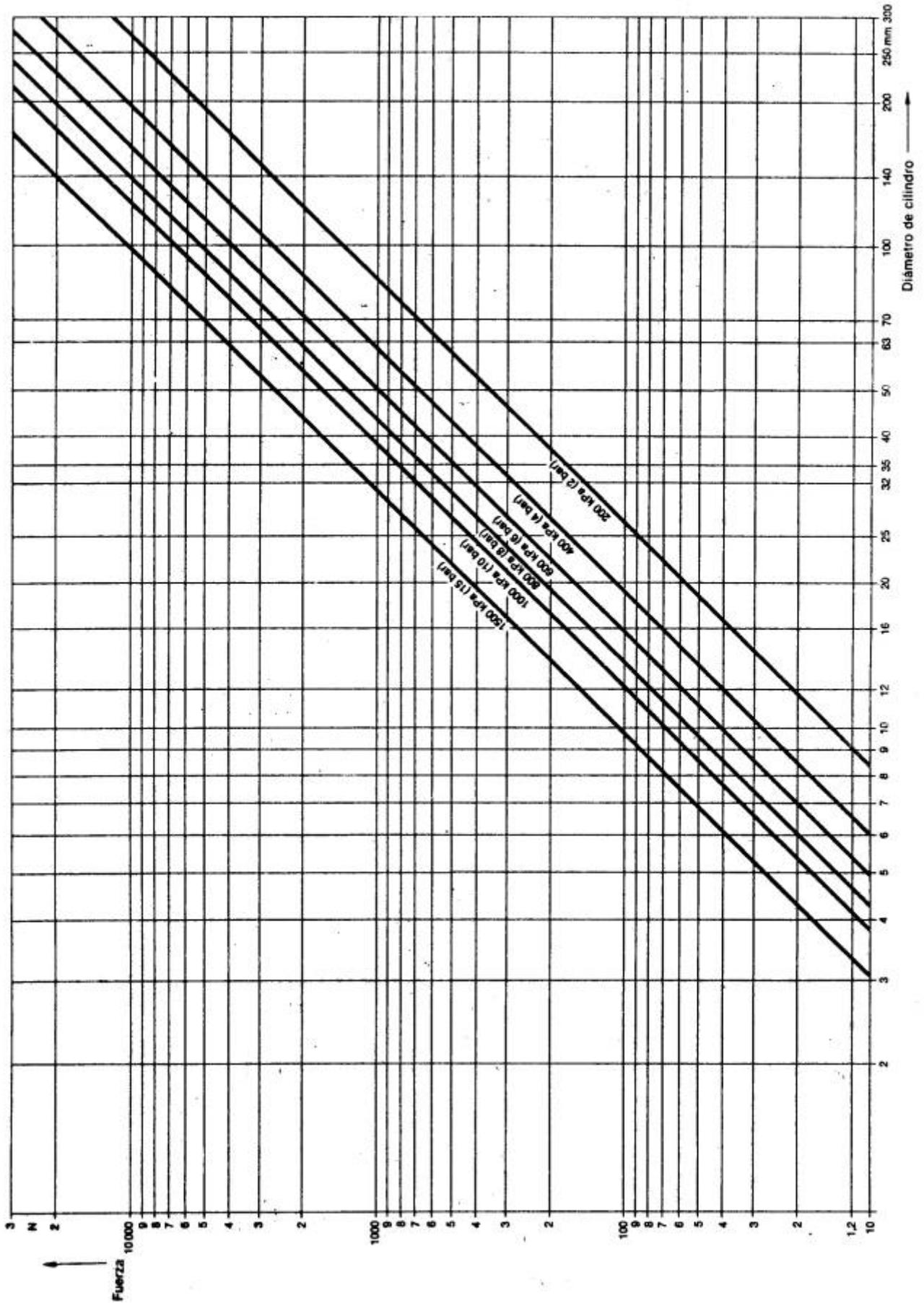


Figura 70: Diagrama de pandeo

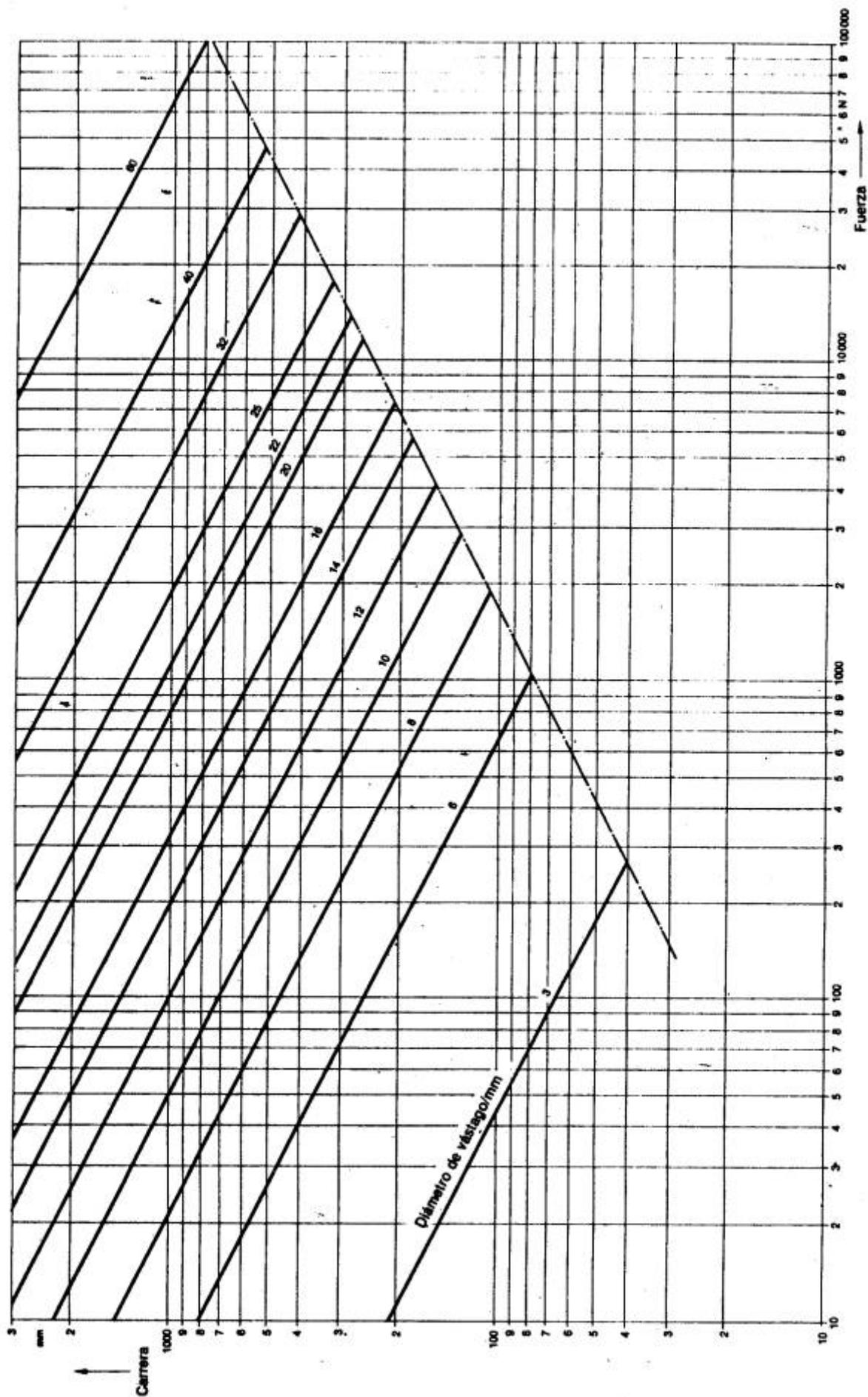
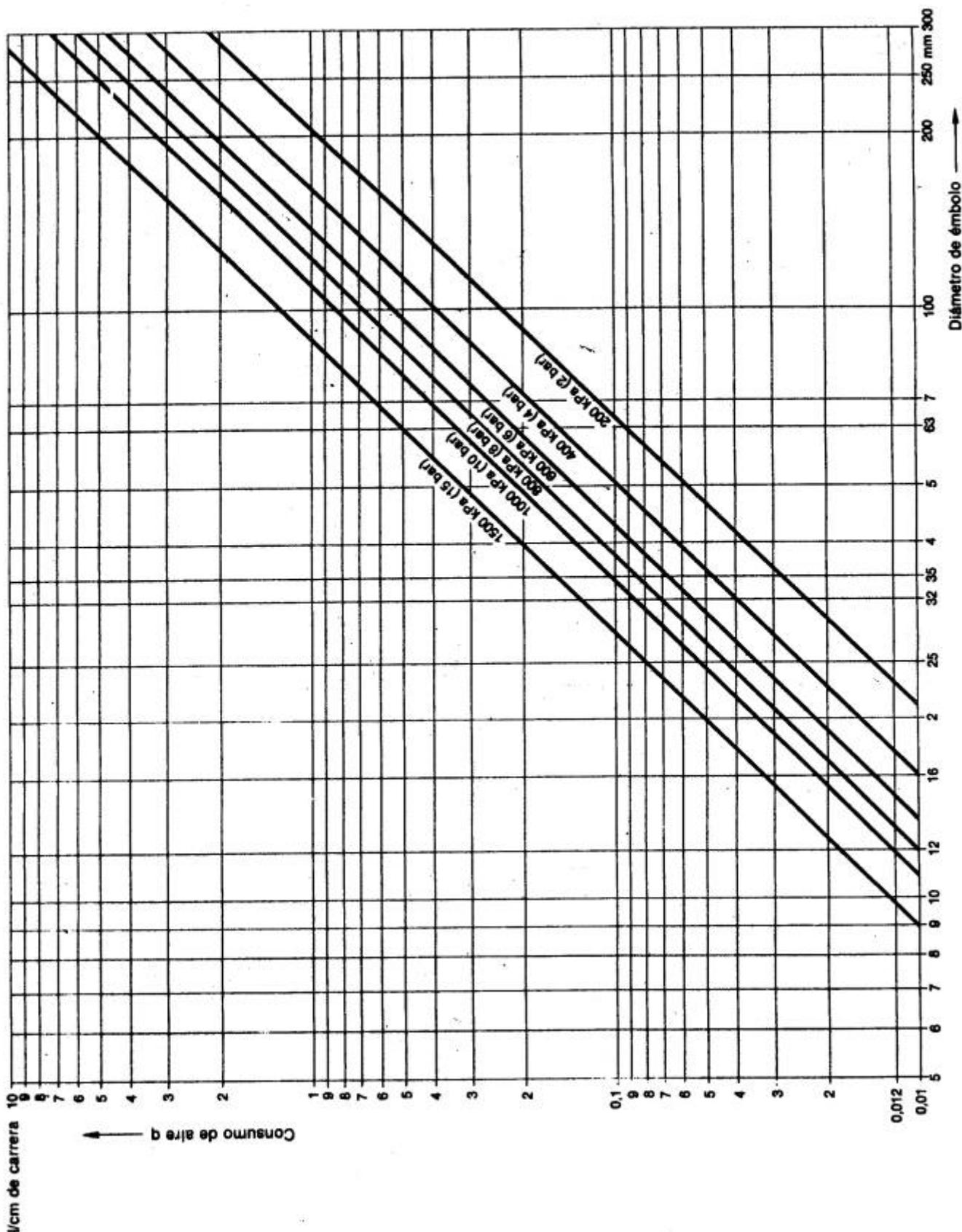


Figura 72: Diagrama de consumo de aire



#### ● 5.4.2 Longitud de carrera

La longitud de carrera en cilindros neumáticos no debe exceder de 2000 mm. Con émbolos de gran tamaño y carrera larga, el sistema neumático no resulta económico por el elevado consumo de aire.

Cuando la carrera es muy larga, el esfuerzo mecánico del vástago y de los cojinetes de guía es demasiado grande. Para evitar el riesgo de pandeo, si las carreras son grandes deben adoptarse vástagos de diámetro superior a lo normal. Además, al prolongar la carrera la distancia entre cojinetes aumenta y, con ello, mejora la guía del vástago.

#### ● 5.4.3 Velocidad del émbolo

La velocidad del émbolo en cilindros neumáticos depende de la fuerza antagonista de la presión del aire, de la longitud de la tubería, de la sección entre los elementos de mando y trabajo y del caudal que circula por el elemento de mando. Además, influye en la velocidad la amortiguación final de carrera.

Cuando el émbolo abandona la zona de amortiguación, el aire entra por una válvula antirretorno y de estrangulación y produce una reducción de la velocidad.

La velocidad media del émbolo, en cilindros estándar, está comprendida entre 0,1 y 1,5 m/s. Con cilindros especiales (cilindros de impacto) se alcanzan velocidades de hasta 10 m/s.

La velocidad del émbolo puede regularse con válvulas especiales. Las válvulas de estrangulación, antirretorno y de estrangulación, y las de escape rápido proporcionan velocidades mayores o menores (véase el diagrama en la figura 71).

#### ● 5.4.4 Consumo de aire

Para disponer de aire y conocer el gasto de energía, es importante conocer el consumo de la instalación.

Para una presión de trabajo, un diámetro y una carrera de émbolo determinados, el consumo de aire

se calcula como sigue:

**Relación de compresión · Superficie del émbolo · Carrera**

La relación de compresión  $p_{e2} : p_{e1}$  se calcula de la forma siguiente:

$$\frac{101,3 + \text{Presión de trabajo}}{101,3} \text{ en kPa (referida al nivel del mar)}$$

Con ayuda de la tabla de la figura 72, se pueden establecer los datos del consumo de aire de una manera más sencilla y rápida. Los valores están expresados por cm de carrera para los diámetros más corrientes de cilindros y para presiones de 200 a 1.500 kPa (2-15 bar).

El consumo se expresa en los cálculos en litros (aire aspirado) por minuto.

Fórmulas para calcular el consumo de aire

Cilindro de simple efecto

$$\dot{V} = s \cdot n \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot \text{Relación de compresión (l/min)}$$

Cilindro de doble efecto

$$\dot{V} = \left[ s \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} + s \cdot \frac{(D^2 - d^2) \cdot \pi}{4} \right] \cdot n \cdot \text{Relación de compresión (l/min)}$$

$\dot{V}$  = Cantidad de aire (l/min)  
 $s$  = Longitud de carrera (cm)  
 $n$  = Ciclos por minuto

- [Cilindros hidráulicos y neumáticos , conceptos , mas información click aquí .](#)

Ejemplo: Calcular el consumo de aire de un cilindro de doble efecto de 50 mm de diámetro (diámetro del vástago: 12 mm) y 100 mm de longitud de carrera,

El cilindro trabaja con 10 ciclos por minuto. La presión de trabajo es de 600 KPa (6 bar)

Relación de compresión:

$$\frac{101,3 + \text{presión de trabajo}}{101,3} = \frac{101,3 \text{ kPa} + 600 \text{ kPa}}{101,3 \text{ kPa}} = \frac{701,3 \text{ kPa}}{101,3 \text{ kPa}} = 6,9$$

Consumo de aire:

$$\dot{V} = \left[ s \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} + s \cdot \frac{(D^2 - d^2) \cdot \pi}{4} \right] \cdot n \cdot \text{Relación de compresión}$$

$$\dot{V} = \left[ 10 \text{ cm} \cdot \frac{25 \text{ cm}^2 \cdot \pi}{4} + 10 \text{ cm} \cdot \frac{25 \text{ cm}^2 - 1,44 \text{ cm}^2 \cdot \pi}{4} \right] \cdot 10 \text{ min}^{-1} \cdot 6,9$$

$$\dot{V} = [196,25 \text{ cm}^3 + 184,94 \text{ cm}^3] \cdot 10 \text{ min}^{-1} \cdot 6,9$$

$$\dot{V} = 381,2 \text{ cm}^3 \cdot 6,9 \text{ min}^{-1}$$

$$\dot{V} = 26.302,8 \text{ cm}^3/\text{min} = 26,3 \text{ l/min}$$

La fórmula para calcular el consumo de aire conforme al diagrama de la figura 72 es la siguiente:  
Cilindro de simple efecto

$$\dot{V} = s \cdot n \cdot q \text{ (l/min)}$$

Cilindro de doble efecto

$$\dot{V} = 2 \cdot (s \cdot n \cdot q) \text{ (l/min)}$$

$\dot{V}$  = Cantidad de aire (l/min)

$n$  = Ciclos por minuto (1/min)

$s$  = Longitud de carrera (cm)

$q$  = Consumo de aire por cm de carrera (l/cm)

En caso de emplear el diagrama de consumo de aire de la figura 72, para nuestro ejemplo se obtiene la fórmula siguiente

$$\dot{V} = 2 \cdot (s \cdot n \cdot p) \text{ l/min}$$

$$\dot{V} = 2 \cdot (10 \text{ cm} \cdot 10/\text{min} \cdot 0,134 \text{ l/cm})$$

$$\dot{V} = 2 \cdot 13,4 \text{ l/min}$$

$$\dot{V} = 26,8 \text{ l/min}$$

En los cálculos del consumo de aire hay que tener en cuenta el llenado de las cámaras secundarias, que se rellenan en cada carrera. Los valores al respecto están reunidos para cilindros Festo en la tabla de la figura 73.

Figura 73: Tabla (cámara muerta)

Diámetro de émbolo mm	Lado anterior (tapa) en cm <sup>3</sup>	Lado posterior (fondo) en cm <sup>3</sup>
12	1	0,5
16	1	1,2
25	5	6
35	10	13
50	16	19

Diámetro de émbolo mm	Lado anterior (tapa) en cm <sup>3</sup>	Lado posterior (fondo) en cm <sup>3</sup>
70	27	31
100	60	68
140	128	150
200	425	448
250	2.005	2.337

1.000 cm<sup>3</sup> = 1 litro

## **5.5 Elementos neumáticos con movimiento giratorio**

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

### **Motor de aire comprimido**

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

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

### **Motores de émbolo**

Este tipo se subdivide además en motores de émbolo axial y de émbolo radial. Por medio de cilindros de movimiento alternativo, el aire comprimido acciona, a través de una biela, el cigüeñal del motor. Se necesitan varios cilindros al objeto de asegurar un funcionamiento libre de sacudidas. La potencia de los motores depende de la presión de entrada, del número de émbolos y de la superficie y velocidad de éstos.

El funcionamiento del motor de émbolos axiales es idéntico al de émbolos radiales. En cinco cilindros dispuestos axialmente, la fuerza se transforma por medio de un plato oscilante en un movimiento rotativo. Dos cilindros reciben cada vez aire comprimido simultáneamente al objeto de equilibrar el par y obtener un funcionamiento tranquilo.

Estos motores de aire comprimido se ofrecen para giro a derechas y giro a izquierdas.

La velocidad máxima es de unas 5000 min<sup>-1</sup>, y la potencia a presión normal, varía entre 1,5 y 19 kW (2-25 CV).

Figura 74: Motor radial

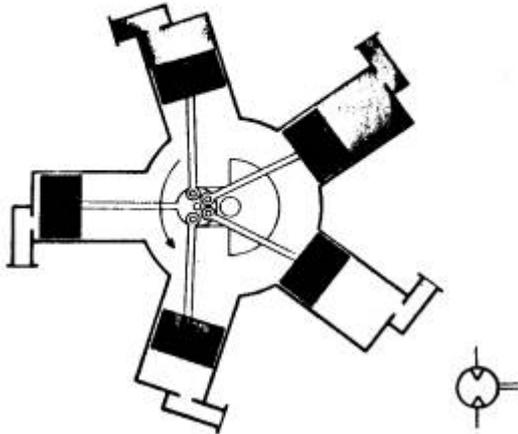
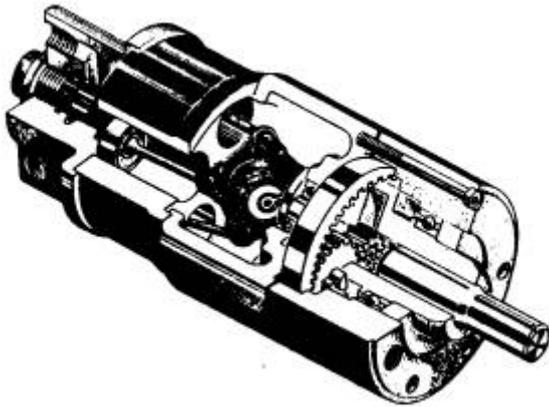


Figura 75: Motor axial



### Motores de aletas

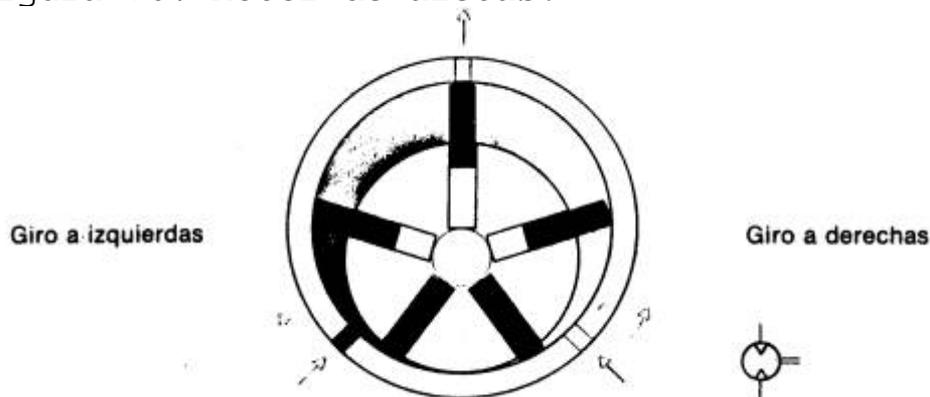
Por su construcción sencilla y peso reducido, los motores de aire comprimido generalmente se fabrican como máquinas de rotación. Constituyen entonces, en su principio, la inversión del compresor multicelular (compresor rotativo).

Un rotor excéntrico dotado de ranuras gira en una cámara cilíndrica. En las ranuras se deslizan aletas, que son empujadas contra la pared interior del cilindro por el efecto de la fuerza centrífuga, garantizando así la estanqueidad de las diversas cámaras. Bastan pequeñas cantidades de aire para empujar las aletas contra la pared interior del cilindro, en parte antes de poner en marcha el motor.

En otros tipos de motores, las aletas son empujadas por la fuerza de resortes. Por regla general estos motores tienen de 3 a 10 aletas, que forman las cámaras en el interior del motor. En dichas cámaras puede actuar el aire en función de la superficie de ataque de las aletas. El aire entra en la cámara más pequeña y se dilata a medida que el volumen de la cámara aumenta,

La velocidad del motor varía entre 3.000 y 8.500 rpm . También de este motor hay unidades de giro a derechas y de giro a izquierdas, así como de potencias conmutables de 0,1 a 17 kW (0,1 a 24 CV) .

Figura 76: Motor de aletas.



### **Motor de engranajes**

En este tipo de motor, el par de rotación es engendrado por la presión que ejerce el aire sobre los flancos de los dientes de piñones engranados. Uno de los piñones es solidario con el eje del motor.

Estos motores de engranaje sirven de máquinas propulsoras de gran potencia 44 kW (60 CV) .

El sentido de rotación de estos motores, equipados con dentado recto o helicoidal, es reversible.

### **Turbomotores**

Pueden utilizarse únicamente para potencias pequeñas, pero su velocidad es muy alta (tornos neumáticos del dentista de hasta 500.000 rpm ) . Su principio de funcionamiento es inverso al de los turbocompresores.

### **Características de los motores de aire comprimido**

- Regulación sin escalones de la velocidad de rotación y del par motor
- Gran selección de velocidades de rotación
- Pequeñas dimensiones (y reducido peso)
- Gran fiabilidad, seguros contra sobrecarga
- Insensibilidad al polvo, agua, calor y frío
- Ausencia de peligro de explosión
- Reducido mantenimiento
- Sentido de rotación fácilmente reversible

## **6. Componentes**

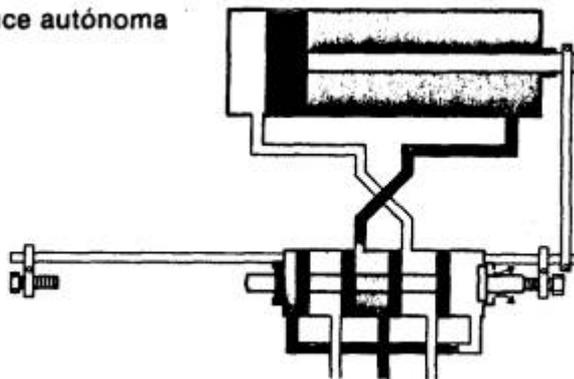
### **● 6.1 Unidad de avance autónoma**

Esta unidad (cilindro y válvula de mando) se llama también cilindro de accionamiento autónomo . Un cilindro neumático retrocede automáticamente al llegar a la posición final de carrera. Este movimiento de vaivén se mantiene hasta que se corta el aire de alimentación. Este diseño permite emplear estos elementos en máquinas o instalaciones que trabajan en marcha continua. Ejemplos de aplicación son la alimentación y expulsión de piezas de trabajo, y el avance rítmico de cintas de montaje.

Esta unidad puede ser conmutada directa o indirectamente. Conviene emplearla para velocidades de émbolo que oscilen entre 3 rn/min y 60 m/min. Gracias a su construcción compacta, existe la posibilidad de montarla en condiciones desfavorables de espacio.

La longitud de desplazamiento y la posición de los finales de carrera pueden ajustarse sin escalones. La velocidad de avance y de retorno se pueden regular cada una por separado mediante sendos reguladores de caudal. Los silenciadores incorporados directamente reducen los ruidos del escape de aire.

**Figura 77: Unidad de avance autónoma**



## ● 6.2 Sistemas neumático-hidráulicos

Los accionamientos neumáticos para herramientas se aplican cuando se exige un movimiento rápido y la fuerza no sobrepasa 30.000 N (3.000 kp). Para esfuerzos superiores a los 30.000 N, no conviene aplicar cilindros neumáticos.

El accionamiento neumático sufre otra limitación cuando se trata de movimientos lentos y constantes. En tal caso no puede emplearse un accionamiento puramente neumático. La compresibilidad del aire, que muchas veces es una ventaja, resulta ser en este caso una desventaja,

Para trabajos lentos y constantes se busca la ayuda de la hidráulica y se reúnen las ventajas de ésta con las de la neumática:

Elementos simples de mando neumático, velocidades regulables y en algunos casos fuerzas grandes con cilindros de pequeño diámetro. El mando se efectúa a través del cilindro neumático. La regulación de la velocidad de trabajo se realiza por medio de un cilindro hidráulico.

Este sistema se emplea con gran frecuencia en procedimientos de trabajo con arranque de virutas, como en el taladrado, fresado y torneado, así como en dispositivos de amplificación de la presión, prensas y dispositivos de sujeción.

### ● 6.2.1 Convertidores de presión

Este es un elemento que trabaja con aceite y aire comprimido. Aplicando aire comprimido directamente en un depósito sobre el nivel de aceite se impulsa éste.

El aceite entra entonces, por una válvula antirretorno y de estrangulación regulable en el cilindro de trabajo. El vástago sale a una velocidad uniforme y regresa al aplicar aire comprimido al lado M émbolo que va al vástago. El depósito de aceite se purga de aire y el aceite puede regresar con rapidez. En la conversión de los medios de

presión, la presión se mantiene constante.

Figura 78: Convertidor de presión



### ● 6.2.2 Multiplicador de presión

El multiplicador está compuesto de dos cámaras de superficies de distinto tamaño. El aire comprimido llega por el racor 1 al interior del cilindro neumático, empuja el émbolo hacia abajo y hace pasar el aceite a la segunda cámara. Por el racor 2, el aceite llega hasta una válvula antirretorno y de estrangulación regulable, y de ésta hasta el elemento de trabajo.

Por la diferencia de superficies de los dos émbolos se produce un aumento de la presión hidráulica. Son relaciones de multiplicación normales: 4 :1, 8 :1, 16 :1, 32 : 1.

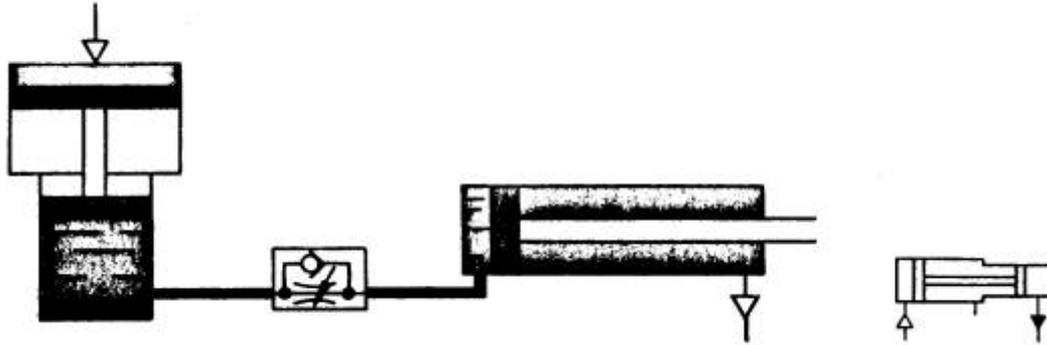
La presión neumática aplicada debe ser de 1.000 kPa (10 bar), como máximo.

La presión hidráulica varía según la multiplicación; por eso, al objeto de obtener una fuerza determinada se puede emplear un cilindro pequeño.

Las fugas de aceite, frecuentes en los sistemas hidráulicos, pueden exigir que se realice un mantenimiento regular, p. ej., rellenado de aceite y purga de aire.

Además, por el volumen de aceite existente en los elementos, no es posible emplear éstos en instalaciones de diversa estructuración. Para cada mando y para cada accionamiento de cilindro hay que calcular el volumen de aceite necesario y elegir correspondientemente el elemento.

Figura 79: Multiplicador de presión



**Ejemplo de cálculo:**

$$A_1 = 100 \text{ cm}^2, A_2 = 10 \text{ cm}^2, p_1 = 600 \text{ kPa (6 bar)}$$

Fuerza en el lado de aire

$$F_1 = p_1 \cdot A_1$$

$$F_1 = 6 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2 \cdot 100 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 = 6.000 \text{ N}$$

Fuerza directamente en el lado de aceite

$$F_1 = F_2$$

Lo que supone

$$p_2 = \frac{F_2}{A_2} = \frac{6.000 \text{ N}}{10 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 60 \cdot 10^3 \text{ N/m}^2 = 6.000 \text{ kPa (60 bar)}$$

### 6.2.3 Unidades de avance óleo-neumáticas

Estos elementos se utilizan principalmente, como los precedentes, cuando se necesita una velocidad de trabajo uniforme.

El cilindro neumático, el cilindro hidráulico de freno y el bloque neumático de mando forman una unidad compacta. Los dos cilindros están unidos por medio de un travesaño. Como elemento de trabajo se conserva el cilindro neumático.

Cuando éste se alimenta de aire comprimido comienza su movimiento de traslación y arrastra el émbolo del cilindro de freno hidráulico. Este a su vez desplaza el aceite, a través de una válvula antirretorno y de estrangulación, al otro lado del émbolo.

La velocidad de avance puede regularse por medio de una válvula antirretorno y de estrangulación. El aceite mantiene rigurosamente uniforme la velocidad de avance aunque varía la resistencia de trabajo. En la carrera de retorno, el aceite pasa rápidamente, a través de la válvula antirretorno, al otro lado del émbolo y éste se desplaza en marcha rápida.

Un tope regulable sobre el vástago del cilindro de freno permite dividir la carrera de marcha adelante en una fase de marcha rápida y otra de trabajo. El émbolo es arrastrado sólo a partir del momento en que el travesañ choca contra el tope. La velocidad en la carrera de trabajo puede regularse sin escalones entre unos 30 y 6.000 mm/min. Hay unidades especiales que también en el retorno realizan una carrera de trabajo. En este caso, una segunda válvula antirretorno y de estrangulación se hace cargo de frenar en la carrera de retorno.

El cilindro de freno hidráulico tiene un circuito de aceite cerrado; en él sólo se producen fugas pequeñas que forman una película sobre el vástago del cilindro. Un depósito de aceite, incorporado, repone estas pérdidas.

Un bloque de mando neumático incorporado manda el conjunto. Este mando directo comprende: un vástago de mando, unido firmemente al travesañ del cilindro neumático. El bloque de mando se invierte por medio de dos topes existentes en el vástago de mando. Por eso es posible limitar exactamente la carrera. Con este sistema puede obtenerse también un movimiento oscilatorio.

En una unidad como muestra la figura 80, con una estrangulación del circuito de aceite muy intensa, puede presentarse un alto momento de presión en el vástago del cilindro. Por eso, los vástagos son generalmente corridos y de diámetro reforzado.

La figura 81 muestra otra unidad. Entre dos cilindros neumáticos se encuentra el cilindro de freno hidráulico; en ella se suprime el esfuerzo de flexión sobre el vástago del cilindro neumático.

Las unidades de avance también pueden ser combinadas por uno mismo. Las combinaciones de cilindros y válvulas como cilindro de freno hidráulico, junto con un cilindro neumático, dan como resultado una unidad de avance.

Figura 80: Unidad de avance óleo-neumática

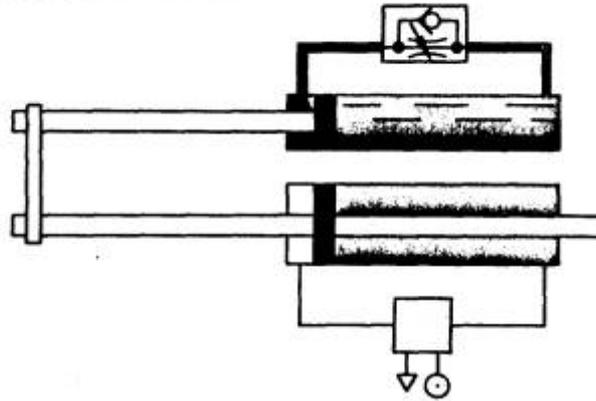
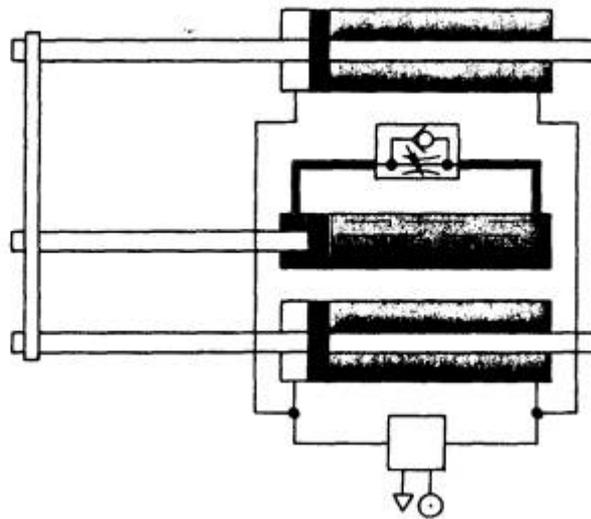


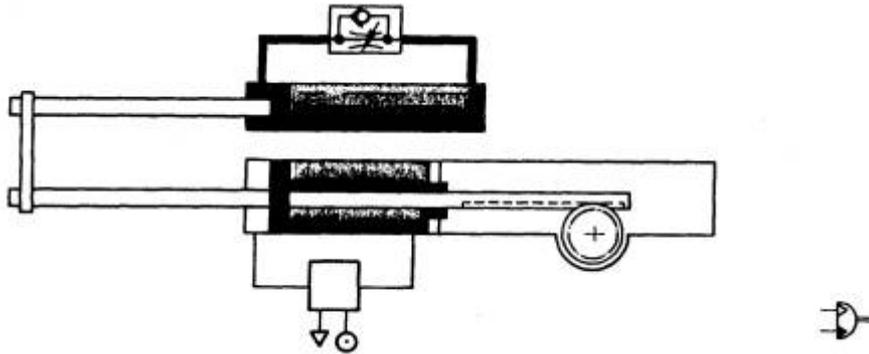
Figura 81: Unidad de avance



#### ● 6.2.4 Unidades de avance óleo-neumáticas con movimiento giratorio

Incorporando un cilindro de freno hidráulico a un cilindro de giro se obtiene un equipo muy apto para automatizar el avance de taladradoras de mesa y de columna. El movimiento lineal se convierte en otro giratorio, con las ventajas que tienen las unidades de avance óleo-neumáticas.

Figura 82: Unidad de avance con movimiento giratorio



### 6.2.5 Unidades de avance con accionamiento de desatasco .

Esta unidad es un desarrollo de las unidades de avance neumático-hidráulicas y de la unidad de avance con cilindro de giro. Puede actuar sobre accionamientos lineales o giratorios.

Especialmente cuando se realizan taladros muy profundos es indispensable la extracción impecable de las virutas. Esta se garantiza empleando una unidad de avance con accionamiento de desatasco.

También en este caso, el avance se subdivide en avance rápido y avance de trabajo. La cantidad de operaciones de extracción depende del tiempo de taladrado ajustado en el temporizador. Influye en este tiempo la profundidad del taladro y la velocidad de avance.

El retroceso de la broca, una vez realizado el trabajo, es disparado en función de la carrera por una válvula distribuidora

El trabajo se desarrolla como sigue: puesta en marcha, aproximación rápida hasta la pieza, taladrado en marcha de trabajo, retroceso rápido después del tiempo ajustado, avance rápido hasta el punto inferior del taladro y operación con el tiempo de taladrado

Revistas GRATIS !!

t.

Estas unidades presentadas hasta ahora son combinaciones de cilindros y válvulas, que pueden armarse con los diversos elementos según el principio de piezas estandarizadas .

### **● 6.3 Alimentadores rítmicos**

Este alimentador es una unidad de avance por medio de pinzas de sujeción y se emplea para la alimentación continua de material o piezas a las diversas máquinas de trabajo.

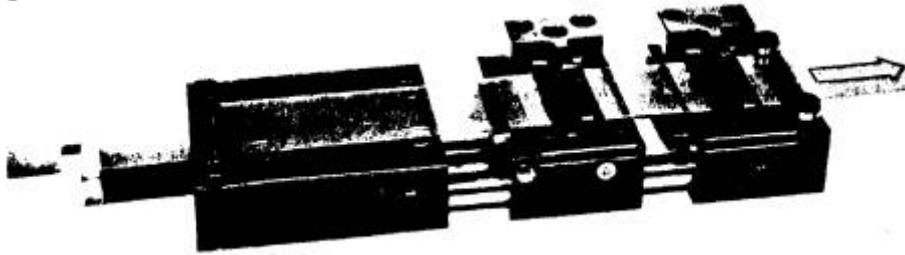
Se transportan con preferencia cintas o bandas. Cambiando de posición las pinzas de sujeción y transporte pueden trasladarse también barras, tubos y materiales perfilados.

El aparato se compone de un cuerpo básico con dos columnas de guía y dos pinzas, una de sujeción y otra de transporte. El carro elevador con la pinza de transporte se desliza sobre las columnas de guía. En dicho carro y en el cuerpo básico se encuentran cilindros de membrana que sujetan y sueltan alternativamente.

Todos las funciones del mando (avance y sujeción) se regulan mediante dos válvulas distribuidoras 4/2.

El ancho del material puede ser de hasta 200 mm como máximo. Teniendo presentes determinados valores (gran número de cadencias, peso propio del material) puede alcanzarse una precisión en el avance de 0,02 a 0,05 mm.

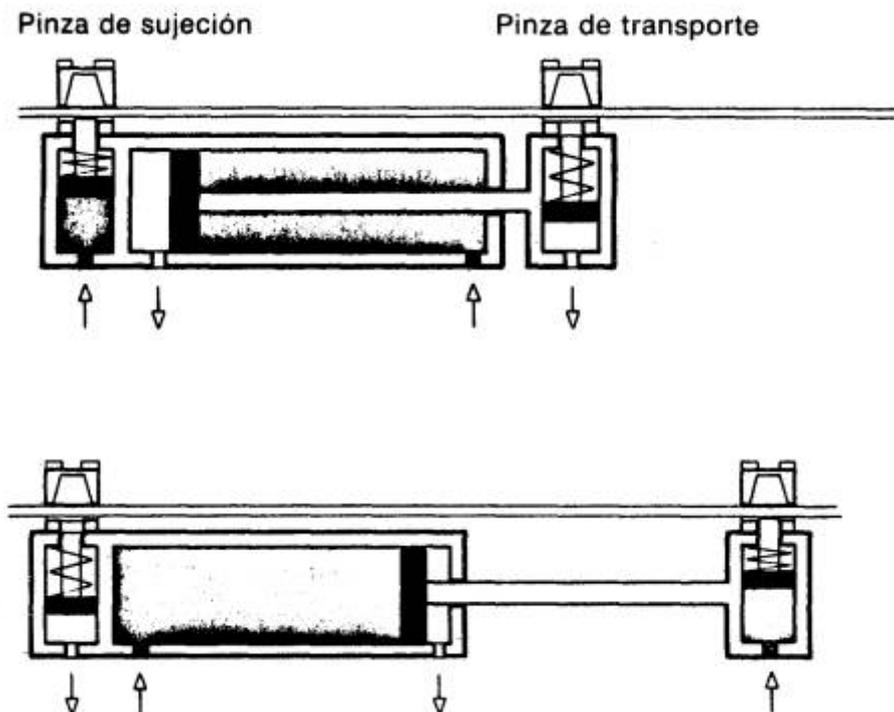
Figura 83a: Alimentador rítmico



Desarrollo de un ciclo:

- El cilindro de membrana en el carro de elevación sujeta el material contra la pinza de transporte.
  - La pinza de sujeción está abierta.
  - Se alcanza el final del recorrido; el cilindro de membrana en el cuerpo básico sujeta el material contra la pinza de sujeción.
  - El carro avanza con el material sujeto.
  - La pinza de transporte se abre y el carro regresa a su posición inicial.
  - La máquina ejecuta su trabajo; una vez lo ha realizado da una señal al alimentador.
  - La pinza de transporte vuelve a sujetar el material; la pinza de sujeción se abre.
- Se inicia un nuevo ciclo.

Figura 83b: Alimentador (representación esquemática)



#### 6.4 Plato divisor

En muchos procesos de fabricación resulta necesario ejecutar movimientos de avance sobre una vía circular. Al efecto existen platos divisores. La unidad de trabajo, también en el plato divisor, es el cilindro neumático combinado con un bloque de mando que pilota los diversos movimientos. Hay diferentes técnicas para transformar el movimiento lineal de un émbolo en un movimiento circular. El esquema muestra la transmisión mediante una palanca semejante a una manivela.

Funcionamiento, del plato divisor:

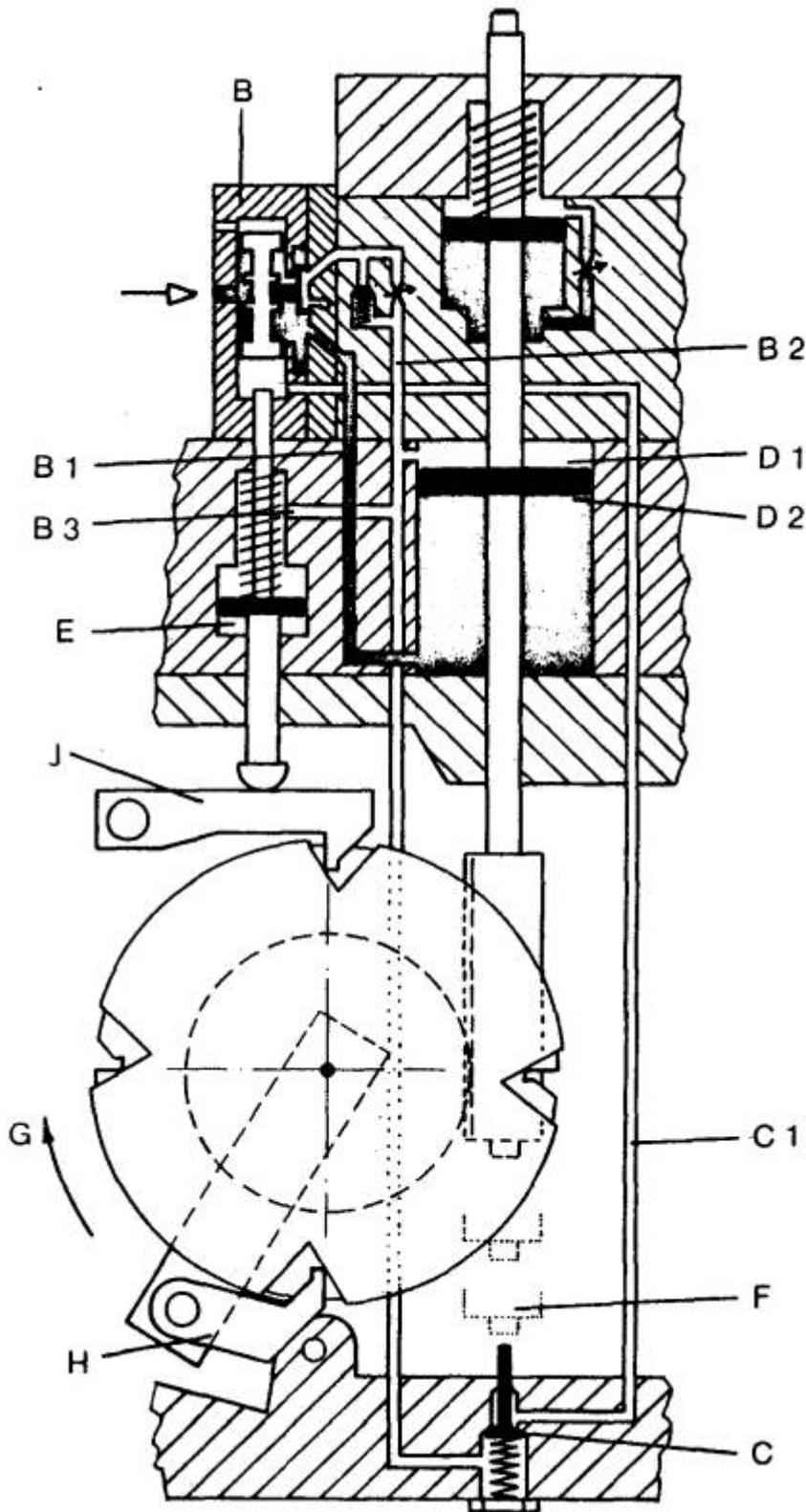
Posición de partida: Todas las líneas de color oscuro están unidas a la atmósfera. El plato se enclava por la presión de un muelle, por medio de un trinquete J y de un cilindro E. Al accionar un señalizador se Invierte la válvula de impulsos B. La línea B1 se pone a escape y el lado D1 del émbolo recibe aire a presión a través de la tubería B2 .El émbolo desplaza la cremallera hacia delante. Al mismo tiempo, a través de la tubería B3 también recibe aire comprimido el émbolo del cilindro de enclavamiento E. El trinquete J engancha en el disco de transporte. En el entretanto se desengancha el trinquete de mando (H) y se mueve hacia G, donde engancha en la escotadura del disco de divisiones. El dentado de éste permite hasta 24 avances parciales. A elección 4, 6, 8, 12 ó 24. Un tope F intercambiable para diversas divisiones, acciona la válvula de inversión C; la tubería de mando C1 se une brevemente con la atmósfera e invierte con ello la válvula de impulsos B.

El lado D2 del émbolo recibe aire comprimido y regresa a su posición inicial. El trinquete H arrastra el disco de divisiones, porque también el cilindro E se une con la atmósfera y el trinquete J puede desengancharse. En este plato divisor también se encuentra una amortiguación de final de carrera que tiene lugar por medio de un cilindro hidráulico. El vástago de éste está unido con el cilindro de trabajo. Este efecto de amortiguación se regula mediante una válvula antirretorno y de estrangulación.

Los topes intercambiables F de diferente longitud determinan la carrera en función del disco de divisiones elegido. Las divisiones 4, 6, 8 y 12 del disco se recubren con discos recambiables. Con ello, el trinquete de enclavamiento y de mando sólo puede

entrar en el entrediente libre, que corresponde al avance elegido. La precisión de cada división es de 0,03 mm.

Figura 84: Plato divisor



Para mejorar el par de transmisión en el movimiento de avance, en otros platos se emplea un sistema de

palancas. El giro tiene lugar conforme a otro principio.

Las fases de disparo y transporte se desarrollan de la manera siguiente:

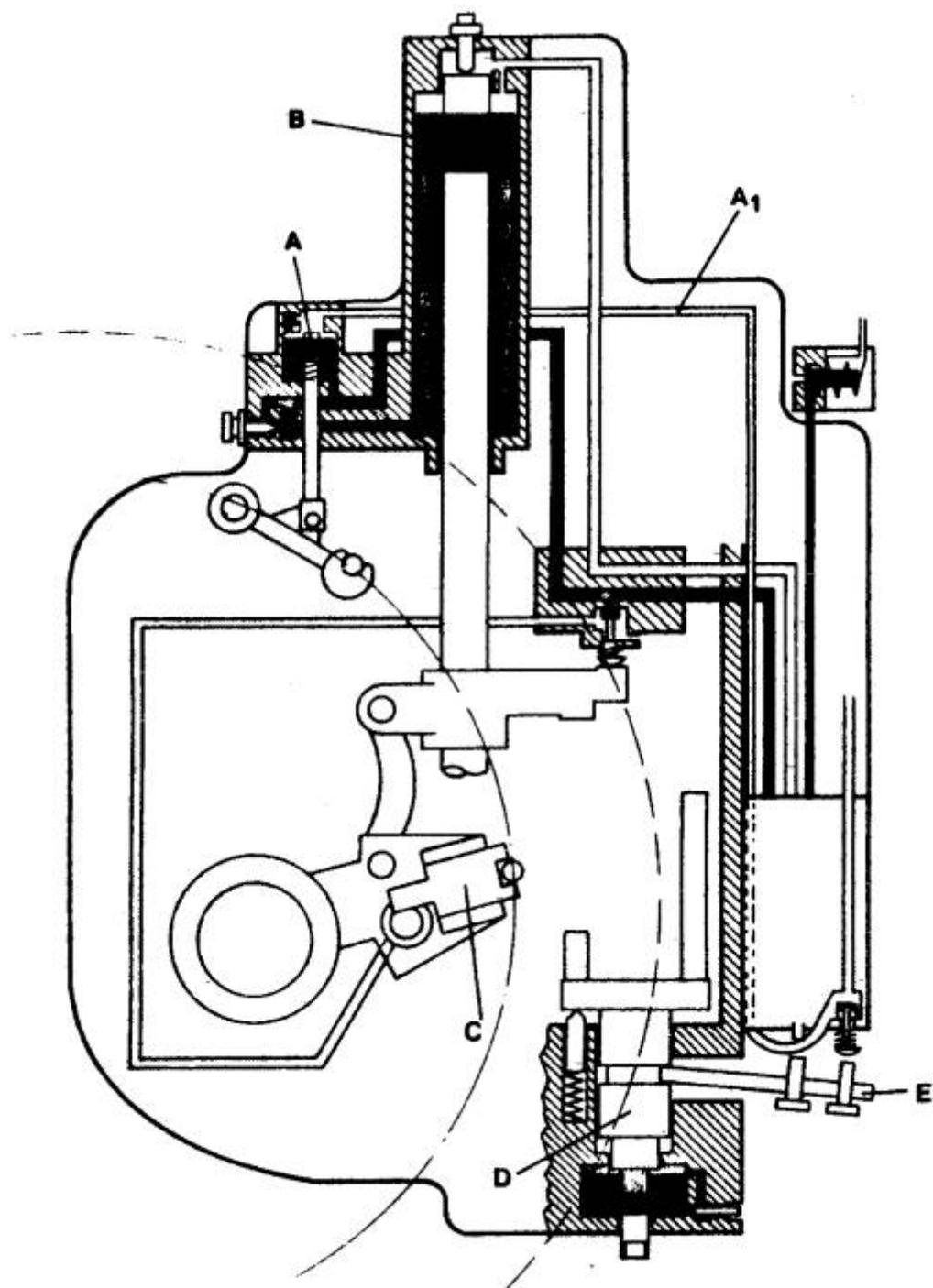
Primeramente el émbolo del trinquete de enclavamiento A se airea a través de la tubería A1 ; se elimina el enclavamiento. El aire aplicado a un cilindro debajo del plato hace levantar éste de su asiento. El émbolo de transporte B, sometido a aire comprimido, se mueve en el sentido de avance y el arrastrador C gira el plato en la medida deseada. Al mismo tiempo que un cilindro hidráulico asegura la amortiguación de final de carrera, el trinquete E mandado por el émbolo D realiza la inversión de la válvula de mando. El trinquete A vuelve a su posición de bloqueo y sujeta una de las espigas del plato. El cilindro de la mesa se pone en escape a través de una válvula, y el plato baja hasta su asiento.

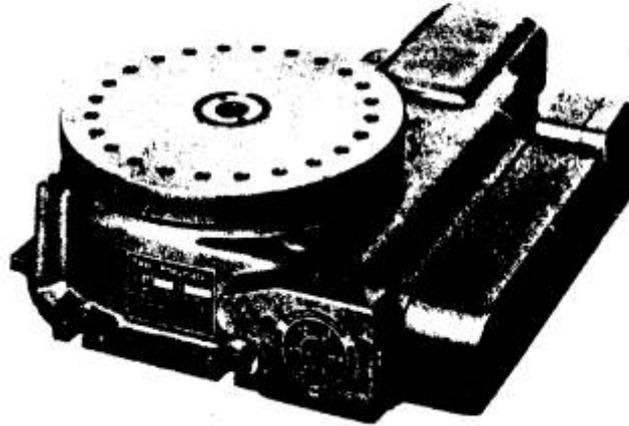
Este es el momento en que la mesa ha llevado la pieza a su posición de trabajo deseada y se realiza el mecanizado. Al iniciarse el retroceso del émbolo del cilindro de transporte B se llena de aire el cilindro del trinquete de arrastre C, de modo que éste se desprende y durante el transporte de regreso puede moverse por debajo del perno de la mesa. El émbolo de transporte B regresa a su posición inicial. El trinquete de arrastre C vuelve a engranar, y puede tener lugar la siguiente fase.

El plato divisor es adecuado para elaborar en la fabricación individual sobre máquinas-herramienta taladros en exacta disposición circular, orificios, dentados, etc.

En la fabricación en serie, el plato divisor se emplea en máquinas taladradoras y fileteadoras y en transferidoras circulares. Es apropiado para efectuar trabajos de comprobación, montaje, taladrado, remachado, soldadura por puntos y troquelado, es decir, en general, para todos los trabajos que exige la fabricación en ritmo circular.

Figura 85: Plato divisor





### **6.5 Mordaza neumática**

La sujeción neumática es económica, porque por medio de un favorable principio de multiplicación de fuerza pueden conseguirse fuerzas elevadas de sujeción, siendo muy pequeño el consumo de aire comprimido. La mordaza puede montarse en posición horizontal o vertical y tiene un paso libre para material en barras. Las pinzas que pueden utilizarse son las del tipo DIN 6343.

Como ejemplos de aplicación de estos elementos tenemos: sujeción de piezas de trabajo en taladradoras y fresadoras trabajos de montaje con atornilladores neumáticos o eléctricos, interesante aplicación como elemento de sujeción en máquinas de avance circular, máquinas especiales y trenes de transferidoras.

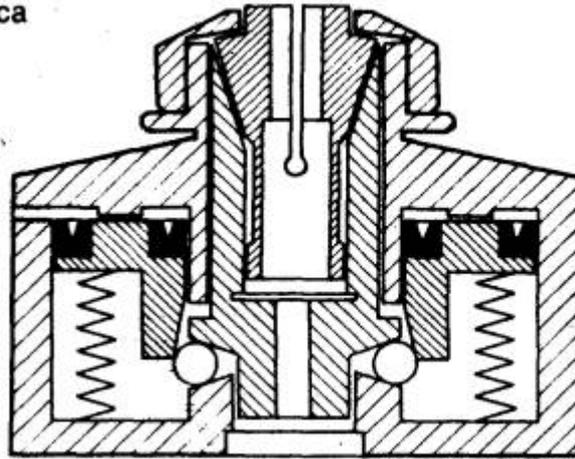
El accionamiento se realiza puramente neumático mediante una válvula distribuidora 3/2 (directa o indirecto). Anteponiendo una válvula antirretorno a la distribuidora 3/2 se mantiene la tensión, aunque la presión disminuya. La fuerza de sujeción exacta se obtiene regulando la presión del aire (0-1.000 kPa/0 - 10 bar) .

### **6.6 Mesa de deslizamiento sobre colchón de aire**

Esta mesa se utiliza para evitar un gasto innecesario de fuerza al desplazar piezas o

mecanismos pesados sobre mesas de máquinas, placas de trazar o trenes de montaje. Con este elemento, los mecanismos o piezas pesadas se pueden fijar bajo las herramientas con comodidad y precisión.

**Figura 86: Mordaza neumática**



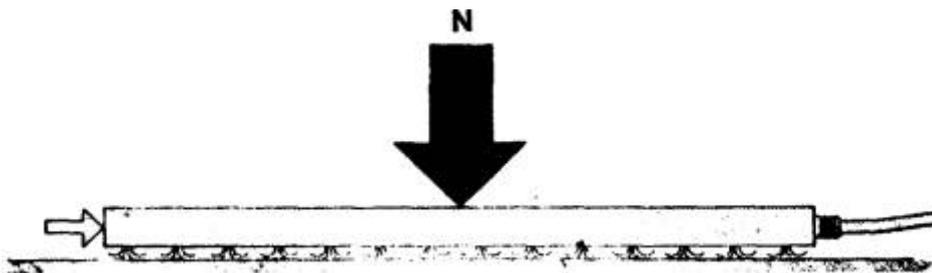
Funcionamiento:

El aire comprimido (60 kPa/0,6 bar) llega al elemento a través de una válvula distribuidora 3/2. Escapa por toberas pequeñas, que se encuentran en la parte inferior de la mesa. Como consecuencia, ésta se levanta de su asiento de 0,05 a 0,1 mm aprox. El colchón de aire así obtenido permite desplazar la mesa con la carga sin ninguna dificultad. La base debe ser plana. Si la mesa tiene ranuras, éstas no presentan ninguna dificultad; en caso dado, hay que elevar la presión a unos 100 kPa (1 bar).

Ejemplo:

Para desplazar un mecanismo de 1.500 N de peso sobre la mesa de una máquina se necesita una fuerza de unos 320 N; empleando la mesa de deslizamiento sobre colchón de aire, bastan 3 N.

Figura 87: Mesa de deslizamiento sobre colchón de aire



## ● 7. Válvulas

### ● 7.1 Generalidades

Los mandos neumáticos están constituidos por elementos de señalización, elementos de mando y un porte de trabajo, Los elementos de señalización y mando modulan las fases de trabajo de los elementos de trabajo y se denominan válvulas.

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

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

Según su función las válvulas se subdividen en 5 grupos:

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

### ● 7.2 Válvulas distribuidoras

Estas válvulas son los componentes que determinan el camino que ha de tomar la corriente de aire, a saber, principalmente puesta en marcha y paro (Start-Stop).

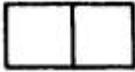
#### ● 7.2.1 Representación esquemática de las válvulas

Para representar las válvulas distribuidoras en los esquemas de circuito se utilizan símbolos; éstos no dan ninguna orientación sobre el método constructivo de la válvula; solamente indican su función.

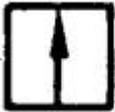
Las posiciones de las válvulas distribuidoras se representan por medio de cuadrados.



La cantidad de cuadrados yuxtapuestos indica la cantidad de. posiciones de la válvula distribuidora.



El funcionamiento se representa esquemáticamente en el interior de las casillas (cuadros).



Las líneas representan tuberías o conductos. Las flechas, el sentido de circulación del fluido.

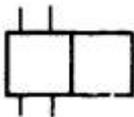


Las posiciones de cierre dentro de las casillas se representan mediante líneas transversales.

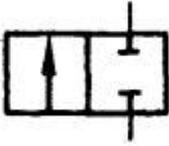


La unión de conductos o tuberías se representa mediante un punto.

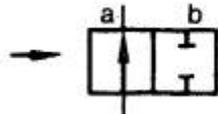
Las conexiones (entradas y salidas) se representan por medio de trazos unidos a la casilla que esquematiza la posición de reposo o inicial.



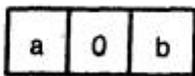
La otra posición se obtiene desplazando lateralmente los cuadrados, hasta que las conexiones coincidan.



Las posiciones pueden distinguirse por medio de letras minúsculas a, b, c ... y 0.



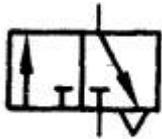
Válvula de 3 posiciones. Posición intermedia = Posición de reposo.



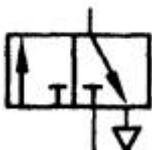
Por posición de reposo se entiende, en el caso de válvulas con dispositivo de reposición, p. ej., un muelle, aquella posición que las piezas móviles ocupan cuando la válvula no está conectada.

La posición inicial es la que tienen las piezas móviles de la válvula después del montaje de ésta, establecimiento de la presión y, en caso dado conexión de la tensión eléctrica. Es la posición por medio de la cual comienza el programa preestablecido.

Conductos de escape sin empalme de tubo (aire evacuado a la atmósfera). Triángulo directamente junto al símbolo.



Conductos de escape con empalme de tubo (aire evacuado a un punto de reunión). Triángulo ligeramente separado del símbolo.



Para evitar errores durante el montaje, los empalmes se identifican por medio de letras mayúsculas:

Rige lo siguiente:

Tuberías o conductos de trabajo A, B, C

.....

Empalme de energía P

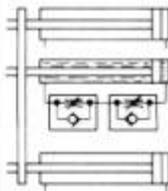
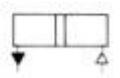
.....

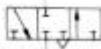
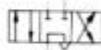
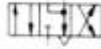
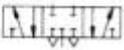
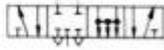
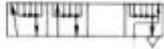
Salida de escape R, S, T .....

Tuberías o conductos de pilotaje Z, Y, X

.....

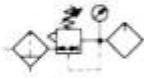
Denominación	Significado	Símbolo	Denominación	Significado	Símbolo
<b>TRANSFORMACIÓN DE LA ENERGÍA</b>					
Compresor	Con volumen de desplazamiento constante (solo un sentido de flujo)		Cilindro de doble efecto	Cilindros en los que la presión tiene efecto en ambos sentidos, a voluntad (avance y retroceso)	
				Con un solo vástago	
Motor neumático	Con volumen de desplazamiento constante		Cilindro con amortiguación	Con amortiguación simple no regulable (efecto solo en un sentido)	
	Con un sentido de flujo				
	Con dos sentidos de flujo				
	Con volumen de desplazamiento variable				
	Con un sentido de flujo			Con amortiguación en ambos lados, no regulable (efecto en ambos lados)	
	Con dos sentidos de flujo			Con amortiguación simple, regulable	
				Con amortiguación en ambos lados, regulable	
Motor giratorio	Neumático (motor neumático con giro limitado)		Freno hidráulico	Regulación en un sentido	
Cilindro de simple efecto	Cilindros, en los que la presión solo tiene efecto en un mismo sentido (para avance)			Regulación en ambos sentidos	
	Retroceso por una fuerza no determinada				
	Retroceso por muelle			Amortiguación hidráulica	Regulación en un sentido

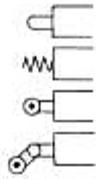
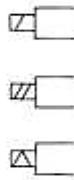
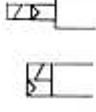
Denominación	Significado	Símbolo
Unidad de avance oleo neumática	Unidad que consta de cilindro neumático y freno hidráulico con regulación de velocidad en dos sentidos	
Cilindro con accionamiento constante	Cilindro neumático, en el que una vez conectado el aire comprimido alcanzada una posición final del émbolo, el movimiento del émbolo se invierte automáticamente hasta que se cierra el aire de entrada	
Multiplicador de presión	Dispositivo que convierte una presión X a una presión Y mayor;  Para medios de presión con idénticas características, p.e. un presión neumática X se convierte a una presión Y mayor  Para dos medios de presión diferentes, p.e. una presión neumática X se convierte a una presión Y hidráulica mayor	
Convertidor de presión	Dispositivo que convierte a una presión neumática a una presión hidráulica siempre igual, ó viceversa	
<b>VÁLVULAS DE MANDO</b>		
2/2-vías	Dos conexiones, posición de reposo cerrada  Dos conexiones, posición de reposo abierta	

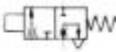
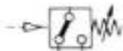
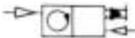
Denominación	Significado	Símbolo
3/2-vías	<p>En primera posición de conexión, entrada cerrada, p.e. un cilindro de simple efecto a escape o conectado a una conducción de pilotaje</p> <p>En reposo, entrada abierta, conectada la utilización</p>	 
4/2-vías	Con dos posiciones de conexión, p.e., para cilindros de doble efecto	
5/2-vías	Con dos posiciones de conexión, p.e., para cilindros de doble efecto	
3/3-vías	Con posición central cerrada y tres posiciones	
4/3-vías (ejemplos)	<p>Con posición central a depósito y 2 posiciones de distribución</p> <p>Con posición central, salidas a escape y 2 posiciones de distribución</p>	 
5/3-vías	Con posición central cerrada y dos posiciones de distribución	
5/4-vías	Con posición central cerrada y 3 posiciones de distribución	
3/6-vías	La entrada P está unida a una de las 6 salidas. Las salidas que no conectan están a escape	
Válvula anti-retorno	<p>Sin muelle</p> <p>Abre cuando la presión de entrada es mayor que la presión de salida</p> <p>Bajo presión del muelle</p> <p>Abre, cuando la presión de entrada es mayor que la presión de salida, sobre la fuerza de apriete del muelle</p>	 

Denominación	Significado	Símbolo
Válvula selectora	Cualquiera de las dos entradas conecta con la salida, mientras que la otra entrada queda cerrada cuando se establece presión en una de ellas	
Válvula de escape rápido	Cuando la abertura de entrada está sin aplicación de presión, entonces la salida está a libre escape a la atmósfera	
Válvula de estrangulación	Con estrangulación regulable	
Regulador unidireccional (válvula anti-retorno con estrangulación)	Regulador con paso de aire en un sentido y estrangulación constante en el otro sentido  Con estrangulación regulable	
Válvula secuencial	Cuando la presión en la entrada sobrepasa un cierto valor, se abre su paso hacia la salida	
Válvula reguladora de presión	Válvula que mantiene ampliamente constante la presión de salida, a pesar de alteraciones en la presión de entrada  Sin escape (no se compensan los regímenes excesivos)  Con escape (se compensan los regímenes excesivos)	
Regulador de presión diferencial	La presión de salida se reduce a un valor fijo, que depende de la presión de entrada	
Válvula de aislamiento o cierre		
Válvula de simultaneidad	La salida solamente conduce aire a presión cuando los dos entradas se hallen bajo presión	

Denominación	Significado	Símbolo
<b>TRANSMISIÓN Y ACONDICIONAMIENTO DE LA ENERGÍA.</b>		
Fuente de presión		
Conducción de trabajo	Conducción para transmisión de energía	
Conducción de mando	Conducción para transmisión de la energía de mando (ajuste y regulación incluidos)	
Conducción de salida o fuga	Conducción para escape de aire	
Unión de conducción flexible	Para unir piezas móviles	
Conducción eléctrica	Conducción para transmisión de energía eléctrica	
Unión entre conducciones	Uniones fijas, p.e. soldado, atornillado (inclusive Fittings y racores)	
Cruce de conducciones	Conducciones no unidas entre si	
Lugar de escape del aire		
Orificio de salida	Sin dispositivo para conexión	
	Con rosca para conexión	
Toma de energía	Conexión de presión en aparatos y conducciones para toma de energía o para mediciones	
	Con tapón de cierre Con conducción de conexión	
Accionamientos rápidos	Unido, sin válvula antirretorno que abre mecánicamente	
	Unido, con válvulas antirretorno que abren mecánicamente	
	Desacoplado, con final abierto	
	Desacoplado, fin cerrado mediante válvula antirretorno sin muelle	

Denominación	Significado	Simbolo
Unión de giro	Unión de conducción que permite giro en ángulo durante el funcionamiento 1 paso 3 pasos	 
Silenciador		
Recipiente (depósito aire comprimido)		
	Aparato para separar partículas de suciedad	
Separador de agua	Accionamiento manual Con purga automática	 
Filtro con separador de agua	Este aparato es una combinación de filtro y separador de agua Accionamiento manual Con purga automática	 
Secador de aire	Aparato en el que se seca el aire (p.e. mediante químicos)	
Lubricador	Aparato en el que se enriquece el aire con un pequeño flujo de aceite para la lubricación de los elementos de trabajo	
Manómetro		
Unidad de mantenimiento	Unidad de aparatos que consiste de filtro, regulador de presión, manómetro, y lubricador Símbolo simplificado	 
Indicación óptica	Indicación de presión mediante color	
<b>TIPOS DE ACCIONAMIENTO</b>		
Accionamiento muscular	En general (sin indicación del tipo de accionamiento) Mediante pulsador Mediante palanca Mediante pedal	   

Denominación	Significado	Símbolo
Accionamiento mecánico	Mediante leva (básico) Mediante muelle Mediante rodillo Mediante rodillo escamoteable, trabaja solo en un sentido (retroceso en vacío)	
Accionamiento neumático	Efecto directo por medio de la aplicación de presión Mediante escape en el pilotaje Mediante diferentes superficies de mando. El rectángulo mayor en el símbolo representa la mayor superficie de mando, es decir; la fase con prioridad Accionamiento indirecto, servopilotado Mediante aplicación de presión de la válvula servopilotada Mediante compensación de la válvula servopilotada	
Accionamiento eléctrico	Mediante electroimán con un bobinado Con dos bobinados de efecto del mismo sentido Con dos bobinados de efecto del mismo inverso	
Accionamiento combinado	Mediante electroimán y válvula servopilotada Mediante electroimán ó válvula servopilotada	
Enclavamiento	Dispositivo que mantiene una posición prefijada	
Mecanismo de avance	Evita, p.e., que un émbolo que se encuentra en posición media se quede parado	
<b>CONVERTIDORES, CONTADORES, SENSORES</b>		
Interruptor de aproximación	Emisor de señales eléctricas de accionamiento magnético. Al aproximarse un campo magnético se cierra un contacto Reed y emite una señal de salida eléctrica	

Denominación	Significado	Símbolo
Interruptor de aproximación	Emisor neumático de accionamiento magnético. Al aproximarse un campo magnético se pone en funcionamiento una válvula y se emite una señal de salida neumática	
Final de carrera eléctrico	Según conexión, los finales de carrera pueden emplearse como contacto de trabajo, de reposo o conmutador	
Convertidores de señales neumático/eléctrico	Las señales neumáticas se convierten en señales de salida eléctricas	
Presostato	El aparato conmuta con un presión determinada, regulable	
Contador totalizador	Una señal neumática impulsa al contador (sumando)	
Contador con preselección	El contador cuenta señales neumáticas hacia atrás (restando) y da una señal determinada	
Detector reflex (sensor de flujo anular)	El sensor de flujo anular emite una señal neumática al acercarse un objeto	
Emisor por obturación de fuga	Al cerrarse la tobera alimentada con aire, se emite una señal neumática	
Tobera emisora de la barrera de aire	La tobera produce un flujo de aire orientado hacia la tobera receptora	
Tobera receptora de la barrera de aire	La tobera receptora se usa en combinación con la tobera emisora como barrera de aire para el registro de objetos	
Detector de horquilla	Para la detección sin contacto de objetos pequeños	

### 7.2.2 Accionamiento de válvulas

Según el tiempo de accionamiento se distingue entre:

#### **1. Accionamiento permanente, señal continua**

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

#### **2. Accionamiento momentáneo, impulso**

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

### 7.2.3 Características de construcción de válvulas distribuidoras

Las características de construcción de las válvulas determinan su duración, fuerza de accionamiento, racordaje y tamaño.

Según la construcción, se distinguen los tipos siguientes:

Válvulas de asiento	esférico
	disco plano
Válvulas de corredera	émbolo
	émbolo y cursor
	disco giratorio

### 7.2.4 Válvulas de asiento

En estas válvulas, los empalmes se abren y cierran por medio de bolas, discos, placas o conos. La estanqueidad se asegura de una manera muy simple, generalmente por juntas elásticas. Los elementos de desgaste son muy pocos y, por tanto, estas válvulas

tienen gran duración. Son insensibles a la suciedad y muy robustas.

La fuerza de accionamiento es relativamente elevada, puesto que es necesario vencer la resistencia del muelle incorporado de reposicionamiento y la presión del aire.

### **Válvulas de asiento esférico**

Estas válvulas son de concepción muy simple y, por tanto, muy económicas. Se distinguen por sus dimensiones muy pequeñas.

Un muelle mantiene apretada la bola contra el asiento; el aire comprimido no puede fluir del empalme P hacia la tubería de trabajo A. Al accionar el taqué, la bola se separa del asiento. Es necesario vencer al efecto la resistencia M muelle de reposicionamiento y la fuerza del aire comprimido. Estas válvulas son distribuidoras 2/2, porque tienen dos posiciones (abierta y cerrada) y dos orificios activos (P y A).

Con escape a través del taqué de accionamiento, se utilizan también como válvulas distribuidoras 3/2. El accionamiento puede ser manual o mecánico.

Figura 88: Válvula distribuidora 2/2

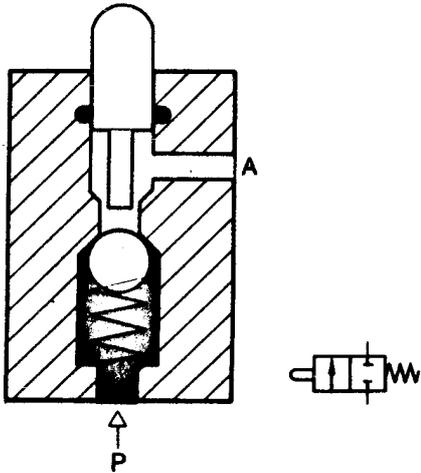
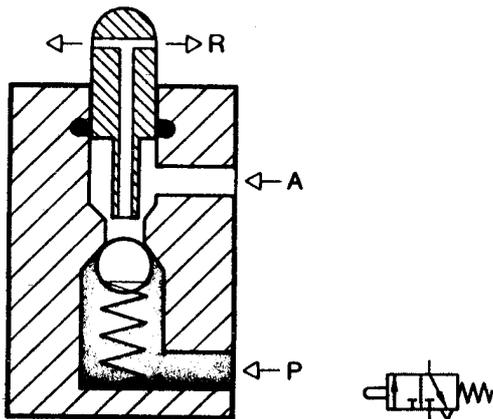


Figura 89: Válvula distribuidora 3/2



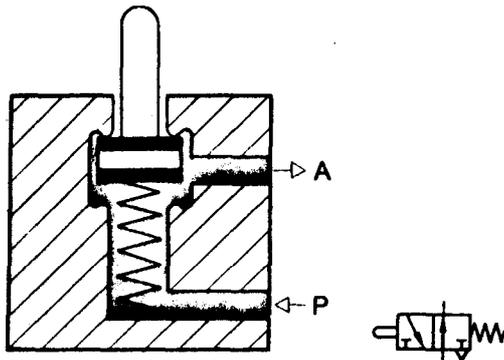
### Válvulas de asiento plano

Las válvulas representadas en la figura 90 tienen una junta simple que asegura la estanqueidad necesaria. El tiempo de respuesta es muy pequeño, puesto que un desplazamiento corto determina un gran caudal de paso. También estas válvulas son insensibles a la suciedad y tienen, por eso, una duración muy larga.

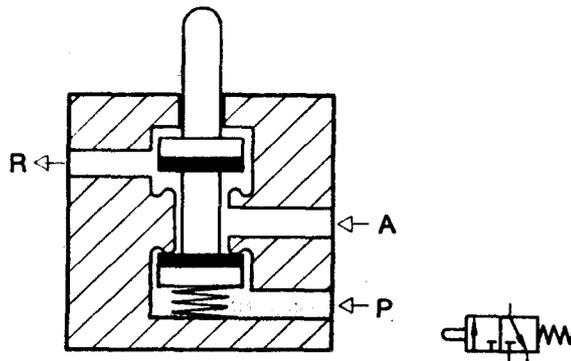
Al accionar el taqué, en un margen breve se unen los tres empalmes P, A y R. Como consecuencia, en movimientos lentos una

cantidad grande de aire comprimido escapa de P hacia R, a la atmósfera, sin haber rendido antes trabajo. Estas son válvulas que no tienen escape exento de solapo.

**Figura 90: Válvula distribuidora 3/2, abierta**



**Figura 91: Válvula distribuidora 3/2, cerrada**



Las válvulas construidas según el principio de disco individual tienen un escape sin solapo. No se pierde aire cuando la conmutación tiene lugar de forma lenta (figura 92).

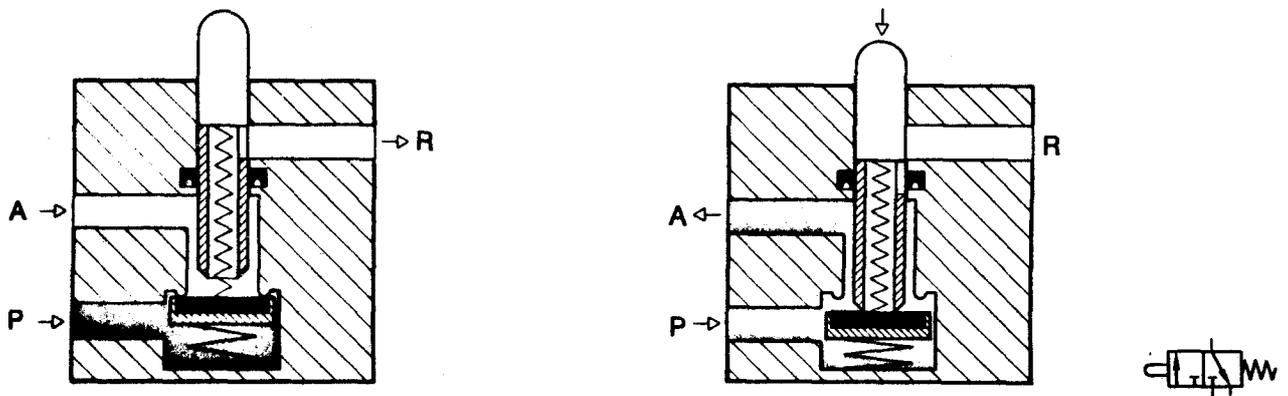
Al accionar el taqué se cierra primeramente el conducto de escape de A hacia R, porque el taqué asienta sobre el disco. Al seguir apretando, el disco se separa del asiento, y el aire puede circular de P hacia A. El reposicionamiento se realiza mediante un muelle.

Las válvulas distribuidoras 3/2 se utilizan para mandos con cilindros de simple efecto o para el pilotaje de servoelementos.

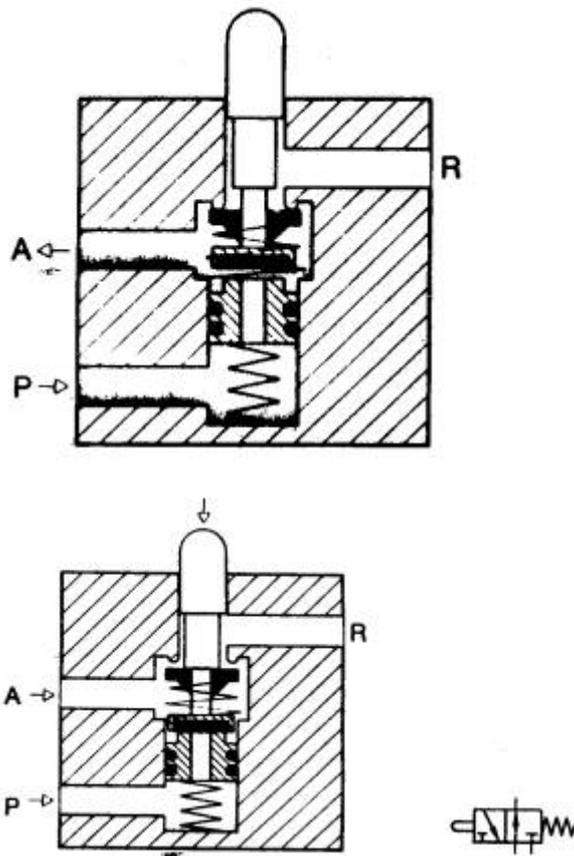
En el caso de una válvula abierta en reposo (abierta de P hacia A), al accionar se cierra con un disco el paso de P hacia A. Al seguir apretando, otro disco se levanta de su asiento y abre el paso de A hacia R. El aire puede escapar entonces por R. Al soltar el taqué, los muelles reposicionan el émbolo con los discos estanqueizantes hasta su posición inicial.

Las válvulas pueden accionarse manualmente o por medio de elementos mecánicos, eléctricos o neumáticos.

**Figura 92: Válvula distribuidora 3/2 (cerrada en posición de reposo)**



**Figura 93: Válvula distribuidora 3/2 (abierta en posición de reposo)**



Una válvula 4/2 que trabaja según este principio es una combinación de dos válvulas 3/2, una de ellas cerrada en posición de reposo y la otra, abierta en posición de reposo.

En la figura 94, los conductos de P hacia B y de A hacia R están abiertos. Al accionar simultáneamente los dos taqués se cierra el paso de P hacia B y de A hacia R. Al seguir apretando los taqués contra los discos, venciendo la fuerza de los muelles de reposicionamiento se abre el paso de P hacia A y de B hacia R.

Esta válvula tiene un escape sin solapo y regresa a su posición inicial por la fuerza de los muelles. Se emplea para mandos de cilindros de doble efecto.

Figura 94: Válvula distribuidores 4/2

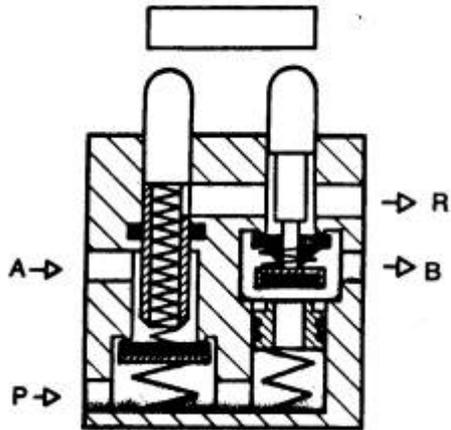
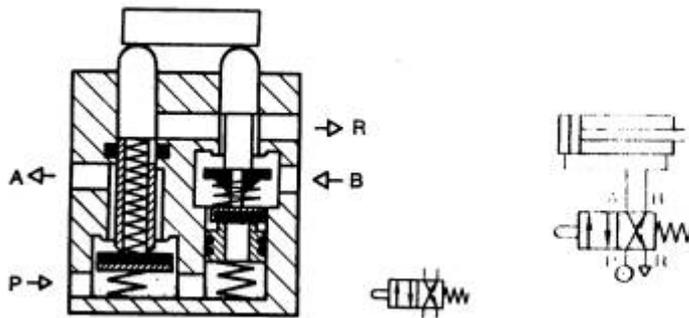


Figura 95: Mando de un cilindro de doble efecto con una válvula distribuidora 4/2 .



**Válvula distribuidora 3/2, de accionamiento neumático (junta plana de disco).**

Al aplicar aire comprimido al émbolo de mando a graves de; empalme Z se desplaza el taqué de válvula venciendo la fuerza de; muelle de reposicionamiento. Se unen los conductos P y A. Cuando se pone a escape el conducto de mando Z. el embolo de mando regresa a su posición inicial por el efecto de; muelle montado. El disco cierra el paso de P hacia A, El aire de salida de; conducto de trabajo A puede escapar por R.

Figura 96: Válvula distribuidora 3/2 (de accionamiento neumático)

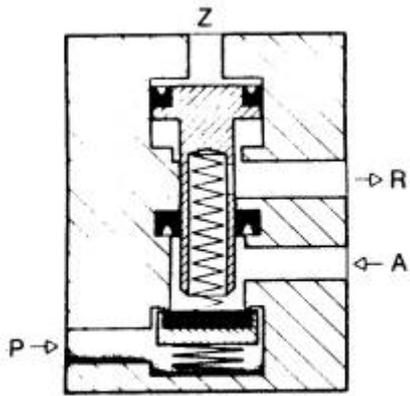
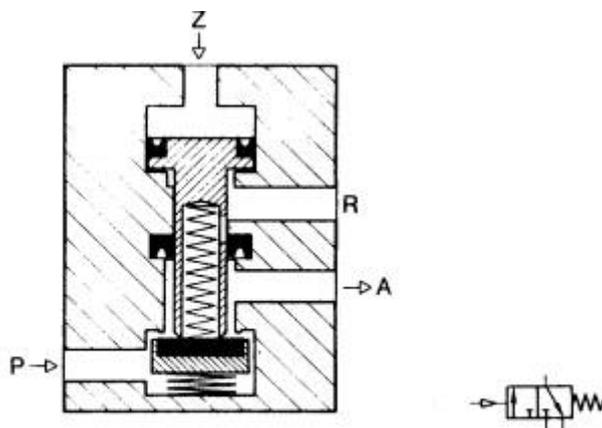
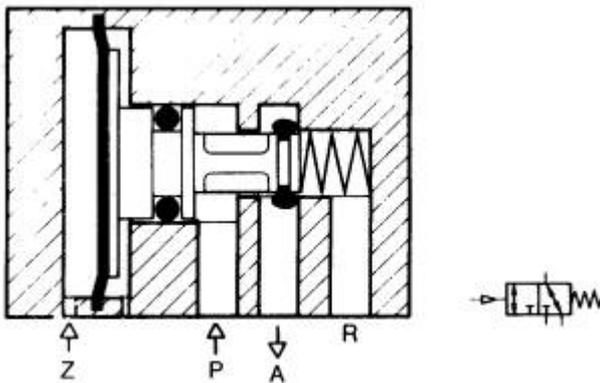
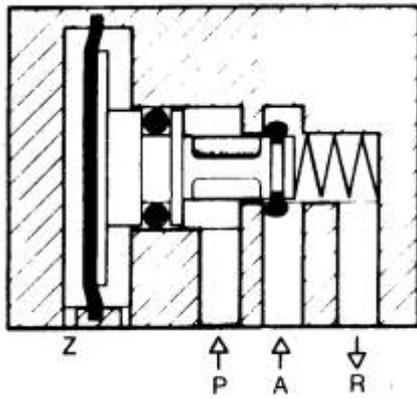


Figura 97: Esquema de circuito



La figura 98 muestra otra válvula 3/2 que trabaja según el principio de asiento plano. El aire comprimido, proveniente de; empalme de mando Z. actúa sobre una membrana. El émbolo de mando unido a esta cierra el paso con sus juntas y abre sucesivamente los diversos empalmes. Permutando los empalmes P y R se puede disponer esta válvula cerrada o abierta en posición inicial. La presión de accionamiento es de unos 600 kPa (6 bar), la presión de trabajo, de 120 kPa (1,2 bar). El margen de la presión de trabajo se encuentra entre 120 y 800 kPa (1.2 8 bar), El caudal nominal ;/N es de 100 l/min.

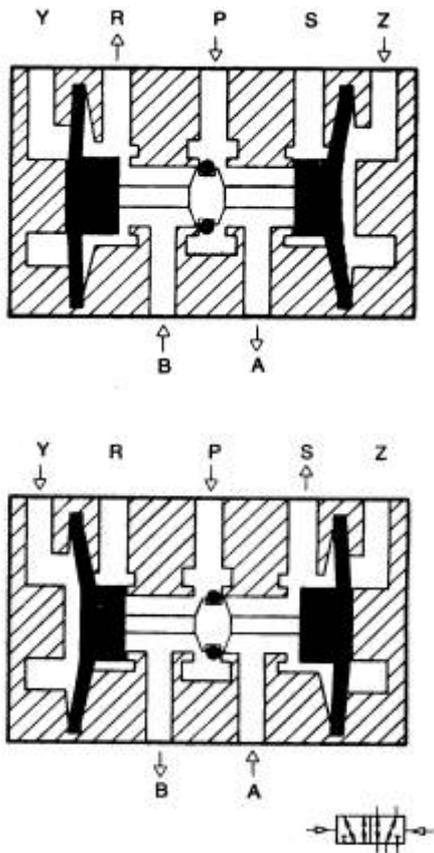
Figura 98: Válvula distribuidora 3/2 según el principio de junta plana de disco.



La figura 99 muestra una válvula distribuidora 5/2 que trabaja según el principio de las válvulas de disco flotante. Se invierte alternativamente por aire comprimido y permanece en la posición correspondiente hasta que recibe un impulso inverso. Al recibir presión, el émbolo de mando - como en una corredera longitudinal - se desplaza. En el centro de dicho émbolo se encuentra un disco con una junta anular, que une los conductos de trabajo A o B con empalme de presión P o los separa de este. El escape se realiza a través de R ó S.

Una placa de montaje universal, sobre la cual se fijan las válvulas, garantiza una intercambiabilidad rápida de las diversas válvulas.

Figura 99: Válvula distribuidora 5/2 (principio de disco flotante)

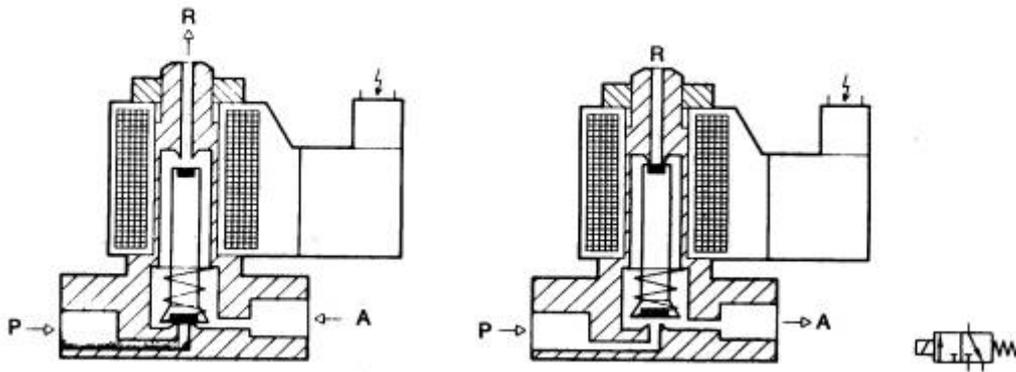


### Electroválvulas (válvulas electromagnéticas)

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

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

Figura 100. Válvula distribuidora 3/2 (de mando electromagnético)



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

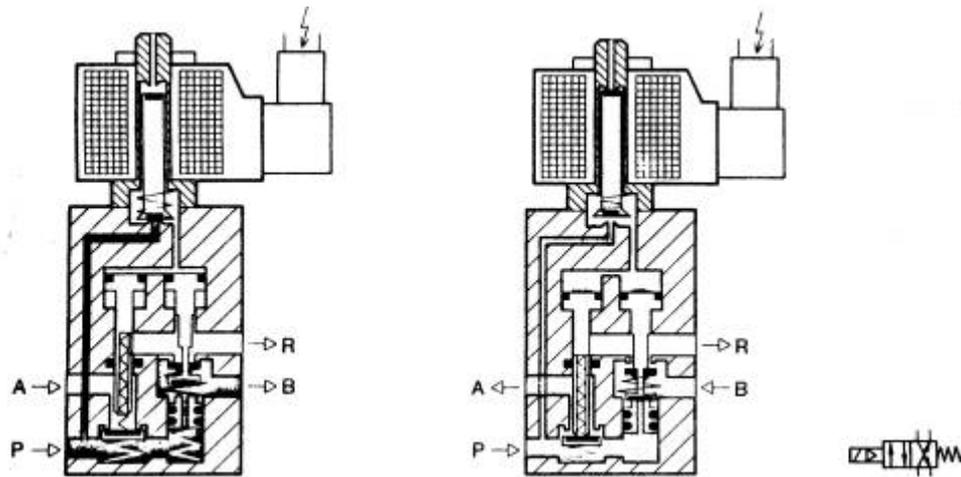
Para reducir al mínimo el tamaño de los electroimanes, se utilizan válvulas de mando indirecto, que se componen de dos válvulas: Una válvula electromagnética de servopilotaje (312, de diámetro nominal pequeño) y una válvula principal, de mando neumático.

Figura 101: Válvula distribuidora 4/2 (válvula electromagnética y de mando indirecto)

**Funcionamiento:**

El conducto de alimentación P de la válvula principal tiene una derivación interna hacia el asiento de la válvula de mando indirecto. Un muelle empuja el núcleo contra el asiento de esta válvula. Al excitar el electroimán, el núcleo es atraído, y el aire fluye hacia el émbolo de mando de la válvula principal, empujándolo hacia abajo y levantando los discos de válvula de su asiento. Primeramente se cierra la unión entre P y R (la válvula no tiene solapo). Entonces, el aire puede fluir de P hacia A y escapar de B hacia R.

Al desconectar el electroimán, el muelle empuja el núcleo hasta su asiento y corta el paso del aire de mando. Los émbolos de mando en la válvula principal son empujados a su posición inicial por los muelles.

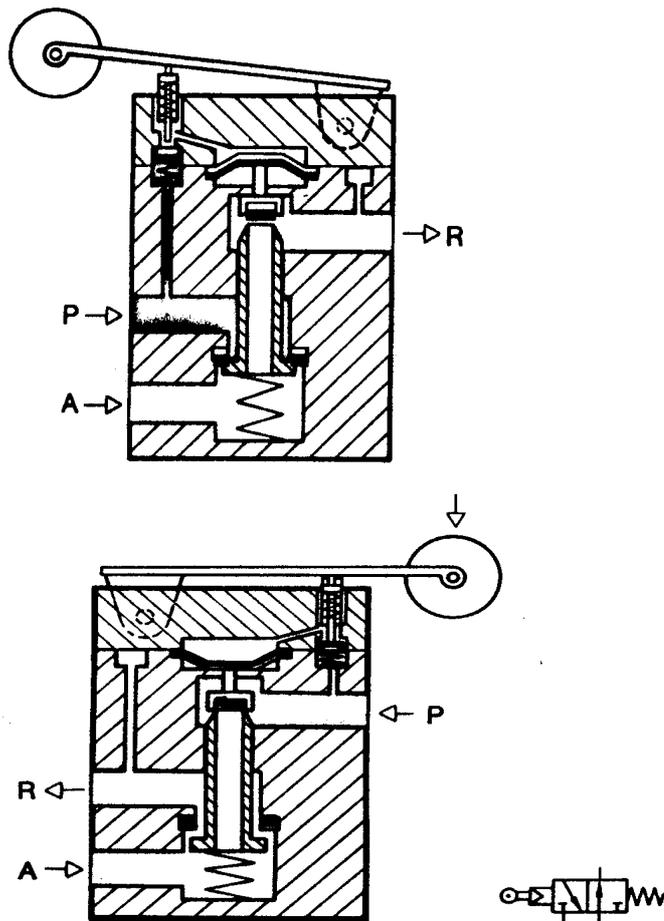


**Válvula distribuidora 3/2, servopilotada (principio de junta de disco)**

Para que las fuerzas de accionamiento no sean grandes, las válvulas de mando mecánico se equipan también con válvulas de servopilotaje.

La fuerza de accionamiento de una válvula es decisiva para el caso de aplicación. En la válvula descrita de 1/8", con 600 kPa (6 bar), es de 1,8 N (180 p), aprox.

Figura 102: Válvula distribuidora 3/2 (cerrada en posición de reposo)



**Funcionamiento:**

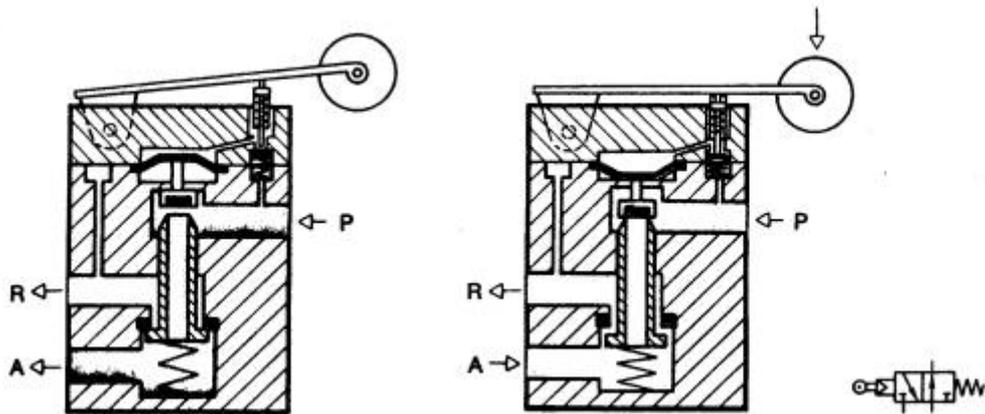
La válvula de servopilotaje está unida al empalme de presión (P) por medio de un taladro pequeño, Cuando se acciona el rodillo, se abre la válvula de servopilotaje. El aire comprimido circula hacia la membrana y hace descender el platillo de válvula.

La inversión se realiza en dos fases:

En primer lugar se cierra el conducto de A hacia R, y luego se abre el P hacia A. La válvula se reposiciona al soltar el rodillo. Se cierra el paso de la tubería de presión hacia la membrana y se purga de aire. El muelle hace regresar el émbolo de mando de la válvula principal a su posición inicial.

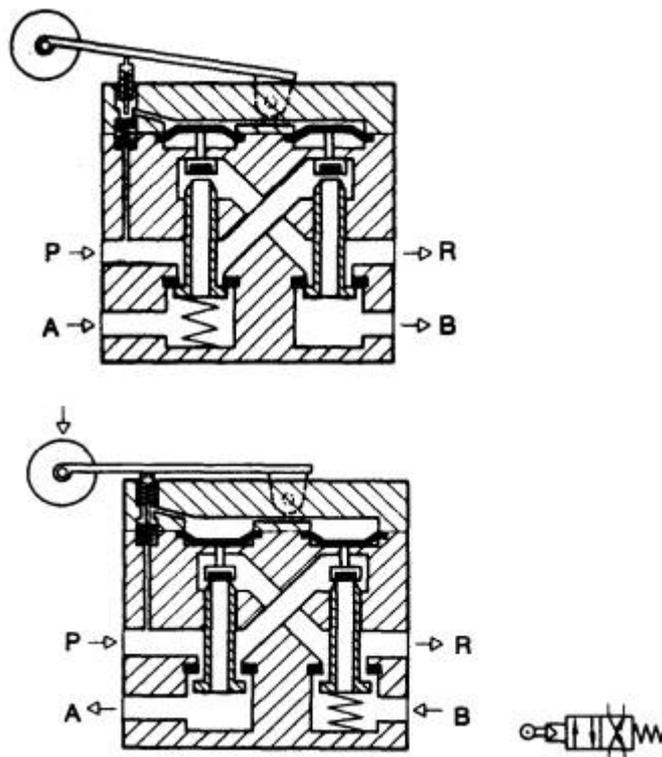
Este tipo de válvula puede emplearse opcionalmente como válvula normalmente abierta o normalmente cerrada. Para ello sólo hay que permutar los empalmes P y R e invertir el cabezal de accionamiento 180°.

Figura 103: Válvula distribuidora 3/2 (abierta en posición de reposo)



En la válvula distribuidora 4/2 servopilotada, a través de la válvula de servopilotaje reciben aire comprimido dos membranas, y dos émbolos de mando unen los diversos empalmes. La fuerza de accionamiento no varía; es también de 1,8 N (180 p).

Figura 104: Válvula distribuidora 4/2 (servopilotada)



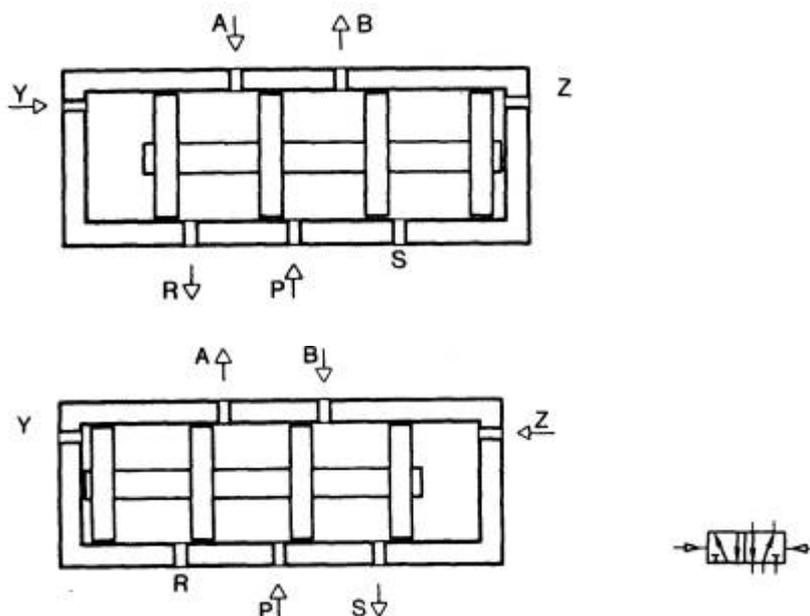
### 7.2.5 Válvulas de corredera

En estas válvulas, los diversos orificios se unen o cierran por medio de una corredera de émbolo, una corredera plana de émbolo o una corredera giratoria.

### Válvula de corredera longitudinal

El elemento de mando de esta válvula es un émbolo que realiza un desplazamiento longitudinal y une o separa al mismo tiempo los correspondientes conductos. La fuerza de accionamiento es reducida, porque no hay que vencer una resistencia de presión de aire o de muelle (como en el principio de bola o de junta de disco). Las válvulas de corredera longitudinal pueden accionarse manualmente o mediante medios mecánicos, eléctricos o neumáticos. Estos tipos de accionamiento también pueden emplearse para reposicionar la válvula a su posición inicial. La carrera es mucho mayor que en las válvulas de asiento plano.

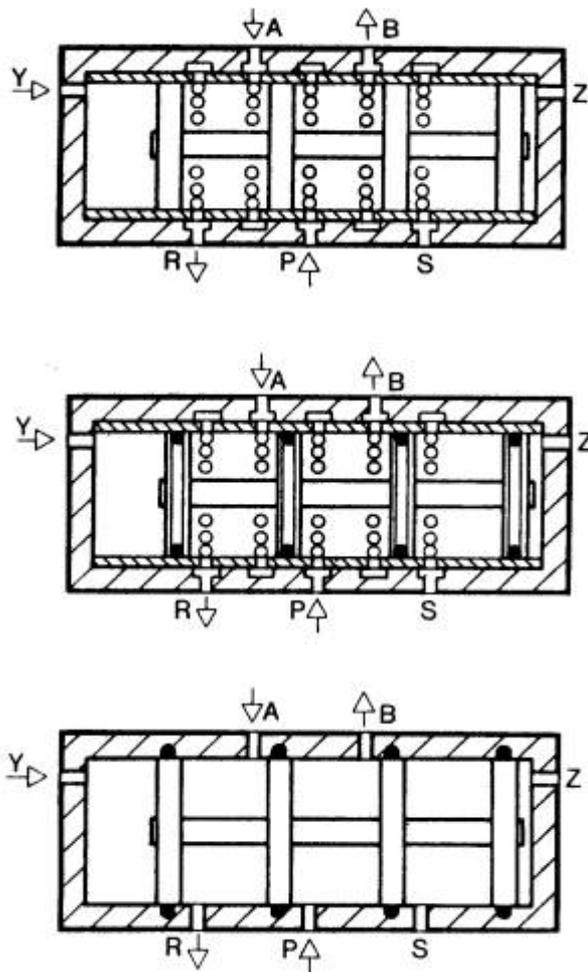
Figura 105: Válvula distribuidora 5/2 (principio de corredera longitudinal)



En esta ejecución de válvulas de corredera, la estanqueidad representa un problema. El sistema conocido «metal contra metal» utilizado en hidráulica

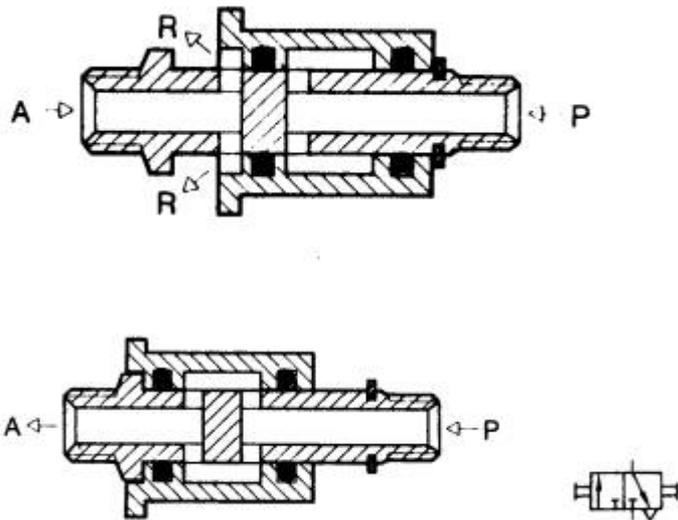
exige un perfecto ajuste de la corredera en el interior de; cilindro. Para reducir las fugas al mínimo, en neumática, el juego entre la corredera y el cilindro no debe sobrepasar 0,002 a 0.004 mm. Para que los costos de fabricación no sean excesivos, sobre el émbolo se utilizan juntas tóricas (anillos toroidales) o de doble copa o juntas tóricas fijas en el cuerpo. Al objeto de evitar que los elementos estanqueizantes se dañen, los orificios de empalme pueden repartirse en la superficie del cilindro.

Figura 106: Diferentes métodos de estanqueización entre el émbolo y el cuerpo



La figura 107 muestra una válvula sencilla de corredera longitudinal manual. Al desplazar el casquillo se unen los conductos de P hacia A y de A hacia R. Esta válvula, de concepción muy simple se emplea como válvula de cierre (válvula principal) delante de los equipos neumáticos.

Figura 107: Válvula de corredera longitudinal manual (válvula distribuidora 3/2)



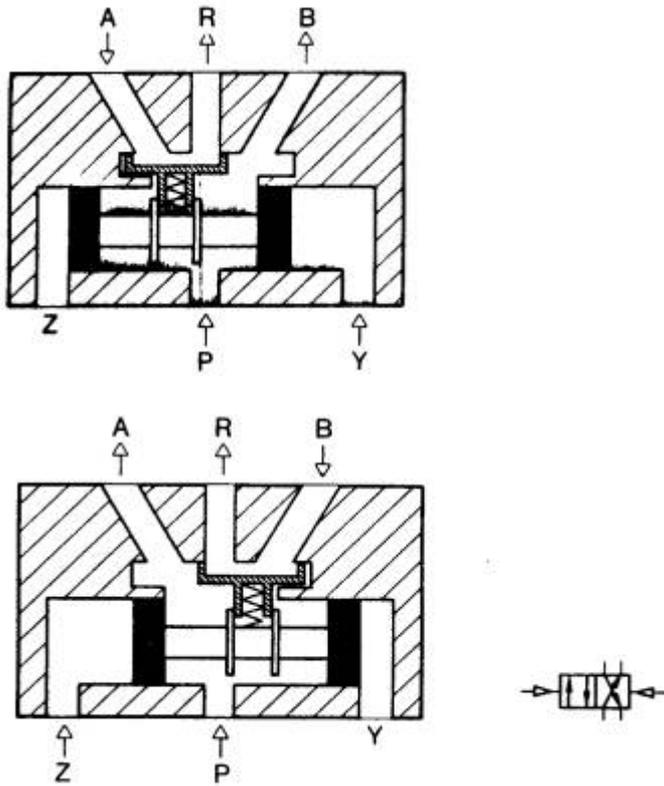
### Válvula de corredera y cursor lateral

En esta válvula, un émbolo de mando se hace cargo de la función de inversión. Los conductos se unen o separan, empero, por medio de una corredera plana adicional. La estanqueización sigue siendo buena aunque la corredera plana se desgaste, puesto que se reajusta automáticamente por el efecto de; aire comprimido y de; muelle incorporado. En el émbolo de mando mismo, hay anillos toroidales que hermetizan las cámaras de aire. Estas juntas no se deslizan nunca por encima de los orificios pequeños.

La válvula representada en la figura 108 es una válvula distribuidora 4/2 (según el principio de corredera y cursor lateral). Se invierte por efecto directo de aire comprimido. Al recibir el émbolo de mando aire comprimido de; empalme de mando Y, une el conducto P con B, y el aire de la tubería A escapa hacia R. Si el aire comprimido viene de; orificio de pilotaje Z, se une P con A, y el aire de B escapa por R. Al desaparecer el aire comprimido de la tubería de mando, el émbolo permanece en la posición

en que se encuentra momentáneamente, hasta recibir otra señal del otro lado.

Figura 108: Válvula de corredera y cursor lateral (válvula distribuidora 4/2) .Inversión por efecto de presión



#### **Mando por aplicación bilateral de presión:**

Existe otro tipo de distribuidor que se distingue del precedente por su modo de accionamiento. Se trata de un distribuidor de impulsos negativos de presión.

En este caso el aire es evacuado de las dos cámaras de pilotaje. Por eso, el émbolo de mando tiene en ambos lados orificios pequeños que comunican con el empalme de presión P. Cuando hay aire comprimido en este empalme, también reciben presión los dos lados del émbolo de mando. Reina equilibrio.

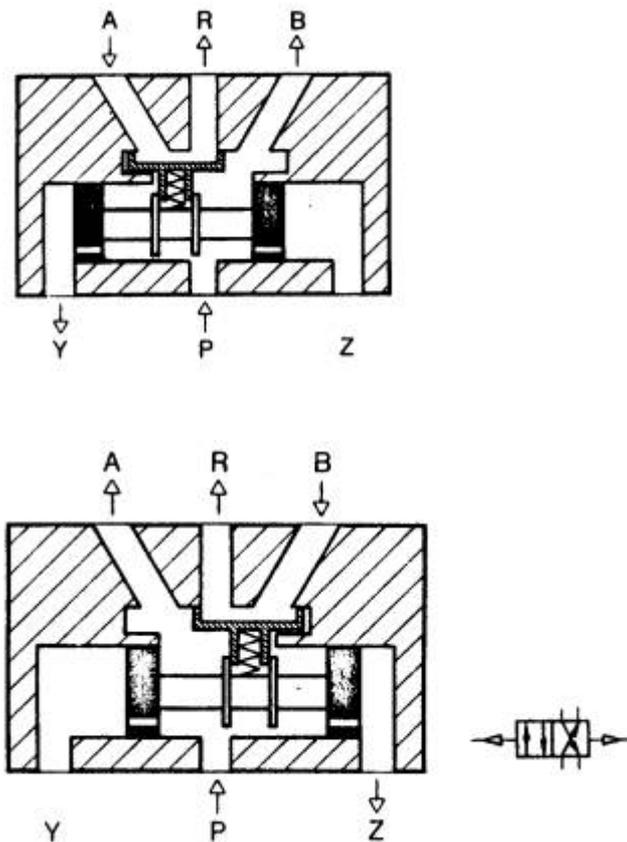
Cuando el empalme de mando Y abre el paso, en este lado disminuye la presión. En el otro lado Z reina una presión mayor, que empuja el émbolo de mando hacia el lado del que acaba de escapar aire. El

empalme P se une con el conducto de trabajo B, y el conducto de trabajo A con el de escape de aire R.

Después de cerrar el empalme de mando Y, en esta cámara se forma de nuevo presión, y el émbolo de mando permanece en la posición en que se encuentra hasta que se abre el empalme Z y tiene lugar una inversión en el otro sentido. La segunda tubería de trabajo A se une entonces con el empalme de presión P y B con R.

La estructura de un mando con estas válvulas es sencilla y económica, pero el mando no es seguro, porque en caso de rotura de una tubería la válvula invierte automáticamente. No pueden resolverse los mandos y las exigencias adicionales en todo caso. Si las longitudes de tubería de mando (volumen) son muy variadas, en el momento de conectar la presión puede producirse una inversión automática. Para garantizar una inversión correcta, es necesario que el volumen de aire de las dos cámaras sea lo más pequeño posible.

Figura 109: Válvula de corredera y cursor lateral (válvula distribuidora 4/2) . Mando por depresión



## Distribuidor de disco plano giratorio

Estas válvulas son generalmente de accionamiento manual o por pedal. Otros tipos de accionamiento son difíciles de incorporar a ellas. Se fabrican generalmente como válvulas distribuidoras 3/3 ó 4/3. Dos discos, al girar, unen los diversos conductos.

Idiomas : pide  
informes aquí  
:

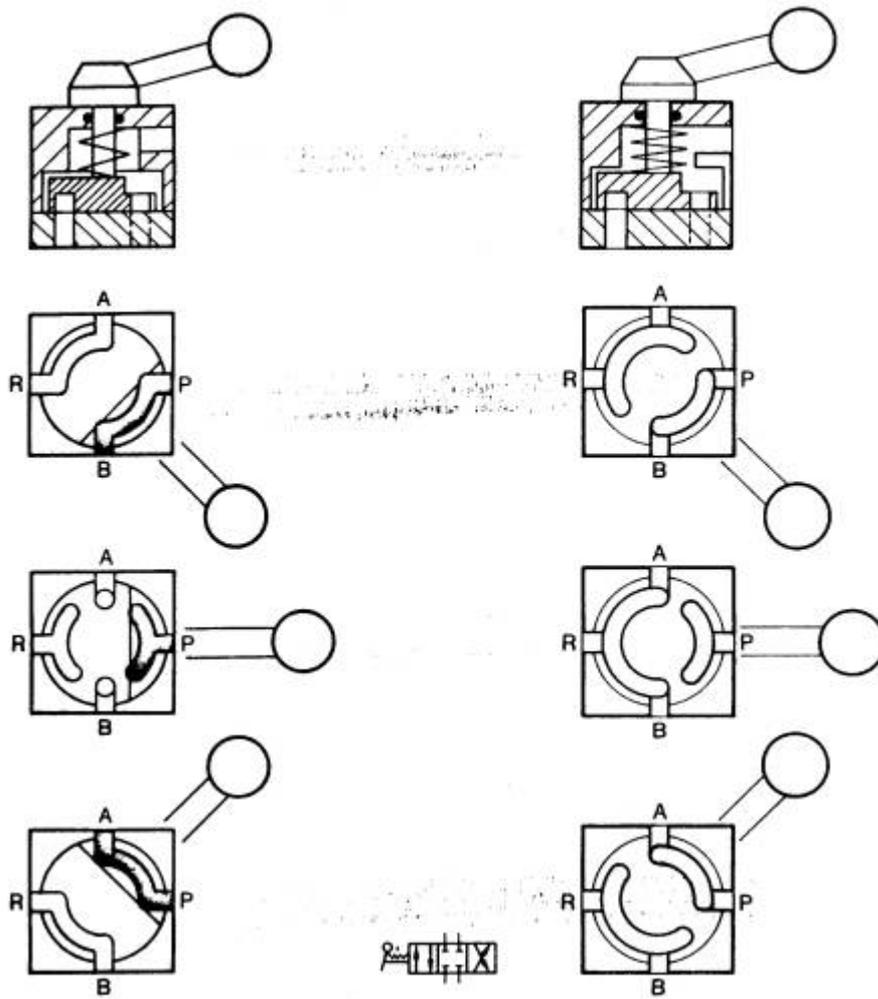
Como puede verse en la figura 110, todos los conductos están cerrados en la posición media, permitiendo inmovilizar el vástago de un cilindro en cualquier punto de su recorrido, pero no fijarlo en una determinada posición. Debido a la compresibilidad del aire comprimido, al variar la carga el vástago pasa a otra posición.

Prolongando los conductos en el interior de los discos se obtiene una segunda posición intermedia.

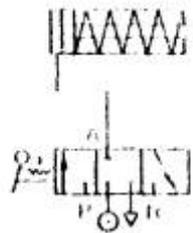
En la figura 111 todos los conductos están conectados a escape. En esta posición media, el émbolo puede ser movido por fuerza externa, hasta la posición que se desee. Esta posición se denomina posición de ajuste o de flotación.

Figura 110:  
Distribuidor de disco  
plano giratorio

Figura 111: Válvula de  
disco plano giratorio  
(posición central,  
desbloqueo)

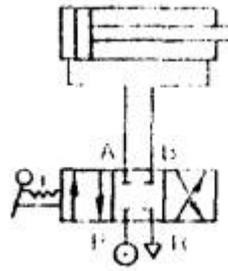


Mando de un cilindro de simple efecto por medio de una válvula distribuidora 3/3, cerrada en posición central. Un cilindro de simple efecto ha de ser parado entre las posiciones finales de carrera anterior y posterior. La posición central de la válvula cierra los empalmes P y A.

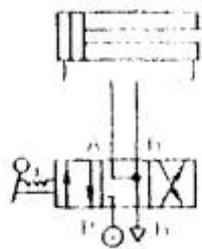


Inversión de un cilindro de doble efecto por medio de una válvula distribuidora 4/3, cerrada en

posición central. Se trata de; mismo ejemplo anterior, pero con un cilindro de doble efecto.



En este mando se utiliza una válvula distribuidora 4/3. En la posición central, todos los conductos están en escape. En la posición central se ponen en escape los dos conductos de trabajo; esto significa que ambas cámaras de; cilindro están sin presión. Es posible mover el vástago con la mano.



### ● 7.2.6 Caudal de válvulas

Los datos de pérdida de presión y de caudal de aire de válvulas neumáticas son muy interesantes para la persona que las aplique. Para la elección de las válvulas deben conocerse:

- Volumen y velocidad de; cilindro
- Cantidad de conmutaciones exigidas
- Caída de presión admisible

Es indispensable, pues, marcar las válvulas neumáticas con su caudal nominal VN. En el cálculo de los valores de paso deben tenerse en cuenta diversos factores.

Estos son:

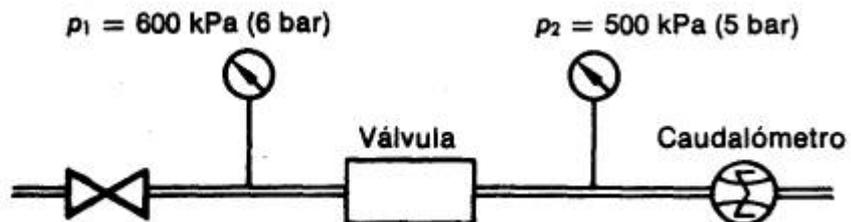
- $p_1$  = Presión en la entrada de la válvula (kPa/bar)
- $p_2$  = Presión en la salida de la válvula (kPa/bar)
- $\Delta p$  = Presión diferencial ( $p_1 - p_2$ ) (kPa/bar)
- $T_1$  = Temperatura (K)
- $\dot{V}_N$  = Caudal nominal (l/min)

En la medición,, el aire fluye a través de la válvula en un solo sentido. Se conoce la presión de entrada, y puede medirse la de salida. La diferencia entre estos dos valores es igual a la presión diferencial  $\Delta p$ . Con un caudalímetro se mide la cantidad de aire que pasa a través de la válvula.

El valor  $\dot{V}_N$  es un valor de calibración, referido a una presión de 600 kPa (6 bar), una caída de presión  $\Delta p = 100$  kPa (1 bar) y una temperatura de 293 K (20 C Si se trabaja con otras presiones, caídas de presión y temperaturas, hay que calcular con el valor  $\dot{V}_N$  (caudal de aire).

Al objeto de evitar pesadas operaciones de cálculo, los datos pueden tomarse de un monograma. La lectura de éste ha de mostrarse con ayuda de unos ejemplos.

Figura 112:



### Aplicación del diagrama para el cálculo del caudal:

- Paso 1** Uniendo los ejes A y C por los valores indicados, se obtiene en el eje B un punto de intersección, necesario para determinar el caudal  $V_N$ .
- Paso 2** Establecer la unión entre el valor  $Z = 1$  en el eje B y el valor correspondiente  $\dot{V}_N$  sobre el eje D.
- Paso 3** Trazar una paralela a esta línea por el punto antes determinado sobre el eje B. Se obtiene sobre el eje D el valor  $V_N$ .

#### Ejemplo 1:

Están dados:  $p_1 = 800$  kPa (8 bar)  $\Delta p = 20$  kPa (0,2 bar)  
 $p_2 = 780$  kPa (7,8 bar)  $\dot{V}_N = 200$  l/min

Se busca: El caudal  $V_N$

Solución: Unir  $\Delta p = 20$  kPa (0,2 bar) sobre el eje A y 880 kPa (8,8 bar) sobre el eje C (aquí debe anotarse siempre la presión absoluta). Unir luego el valor  $Z = 1$  sobre el eje B con el 200 del eje D. Trazar una paralela a esta línea por el punto 0,55 en el eje B. En el eje D podrá leerse entonces un valor de unos **110 l** aprox.

#### Ejemplo 2:

Están dados:  $p_1 = 700$  kPa (7 bar)  $\Delta p = 100$  kPa (1 bar)  
 $p_2 = 600$  kPa (6 bar)  $\dot{V}_N = 920$  l/min

Se busca: El caudal  $V_N$

Solución: Unir  $\Delta p = 100$  kPa (1 bar) sobre el eje A y 700 kPa (7 bar) sobre el eje C (presión absoluta). Unir  $Z = 1$  con  $\dot{V}_N = 920$  l/min. La paralela a la línea anterior por el punto de intersección determinado da un caudal  $V_N$  de **1080 l** aprox.

#### Ejemplo 3:

Están dados:  $p_1 = 1000$  kPa (10 bar)  $\Delta p = 200$  kPa (2 bar)  
 $p_2 = 800$  kPa (8 bar)  $\dot{V}_N = 1250$  l/min

Se busca: El caudal  $V_N$

Solución: Unir  $\Delta p = 200$  kPa (2 bar) sobre el eje A y 900 kPa (9 bar) sobre el eje C (presión absoluta). Unir el valor  $Z = 1$  con  $\dot{V}_N = 1250$  l/min. La paralela a la línea anterior por el punto de intersección determinado en el eje B da un caudal  $V_N$  de **2350 l**, aprox.

Figura 113: Diagrama para la determinación del caudal

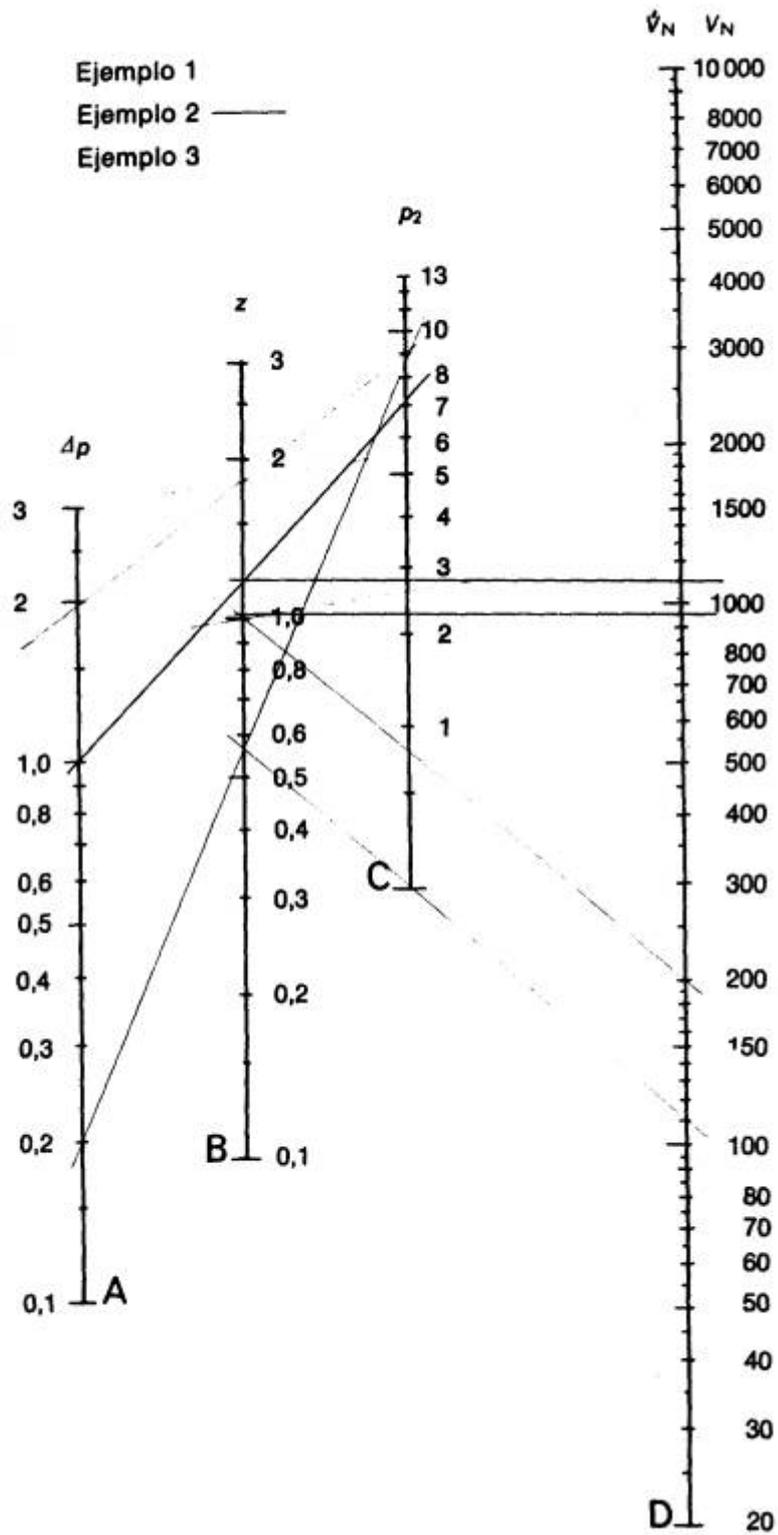
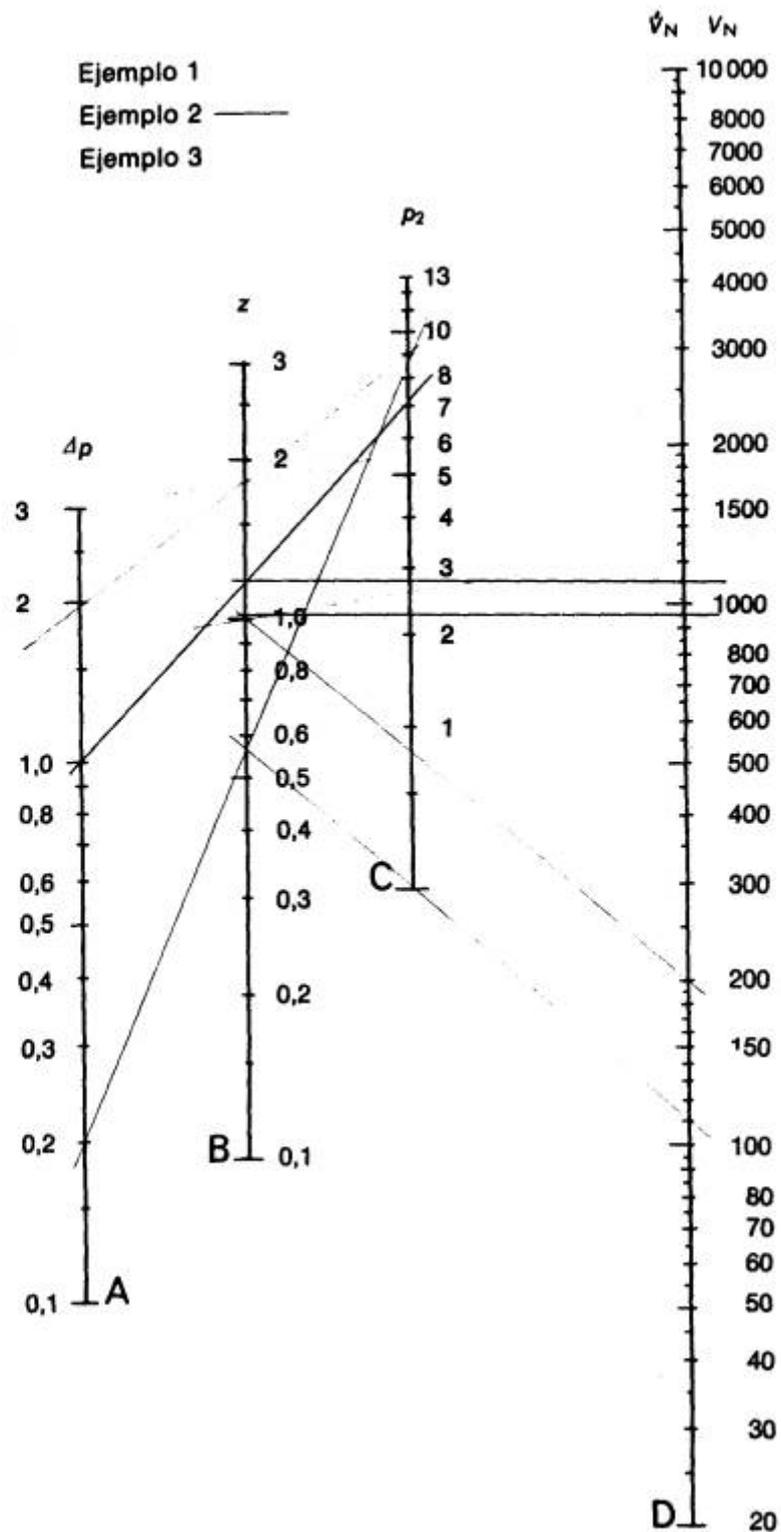


Figura 113: Diagrama para la determinación del caudal



### 7.3 Válvulas de bloqueo

Son elementos que bloquean el paso M caudal

preferentemente en un sentido y lo permiten únicamente en el otro sentido. La presión de; lado de salida actúa sobre la pieza obturadora y apoya el efecto de cierre hermético de la válvula.

### 7.3.1 Válvula antirretorno

Las válvulas antirretorno impiden el paso absolutamente en un sentido; en el sentido contrario, el aire circula con una pérdida de presión mínima. La obturación en un sentido puede obtenerse mediante un cono, una bola, un disco o una membrana.

Símbolo:

Válvula antirretorno, que cierra por el efecto de una fuerza que actúa sobre la parte a bloquear.

Válvula antirretorno con cierre por contrapresión, p.ej., por muelle. Cierra cuando la presión de salida es mayor o igual que la de entrada.

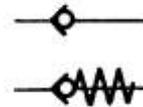
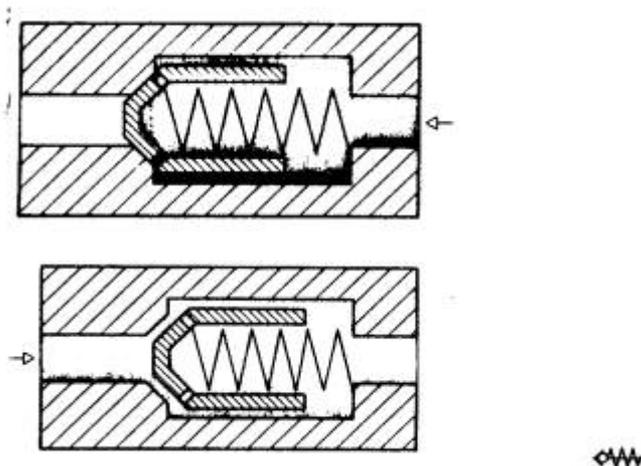


Figura 114: Válvula antirretorno



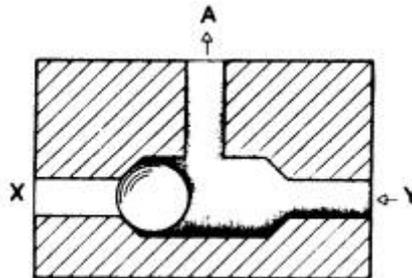
### 7.3.2 Válvula selectora de circuito

También se llama válvula antirretorno. de doble mando o antirretorno doble.

Esta válvula tiene dos entradas X y Y y una salida A. Cuando el aire comprimido entra por la entrada X, la bola obtura la entrada Y y el aire circula de X a A. Inversamente, el aire pasa de Y a A cuando la

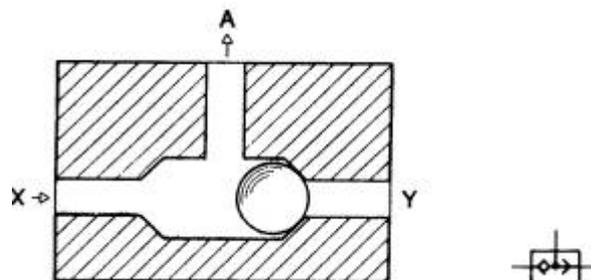
entrada X está cerrada. Cuando el aire regresa, es decir, cuando se desairea un cilindro o una válvula, la bola, por la relación de presiones, permanece en la posición en que se encuentra momentáneamente.

Figura 115: Válvula selectora de circuito



Esta válvula se denomina también «elemento 0 (OR)»; aísla las señales emitidas por válvulas de señalización desde diversos lugares e impide que el aire escape por una segunda válvula de señalización.

Si se desea mandar un cilindro o una válvula de mando desde dos o más puntos, será necesario montar esta válvula.

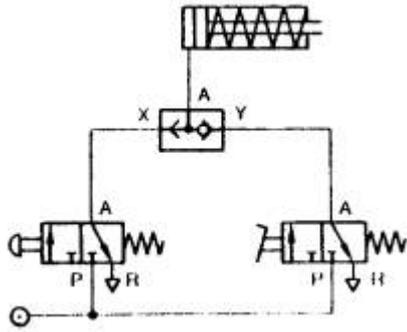


Ejemplo:

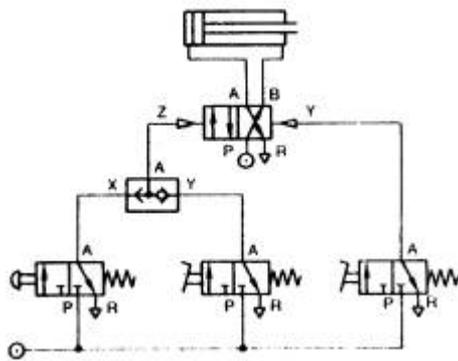
El vástago de un cilindro debe salir al accionar un mando manual o un pedal.

Mando de un cilindro de simple efecto





Mando de un cilindro de doble efecto

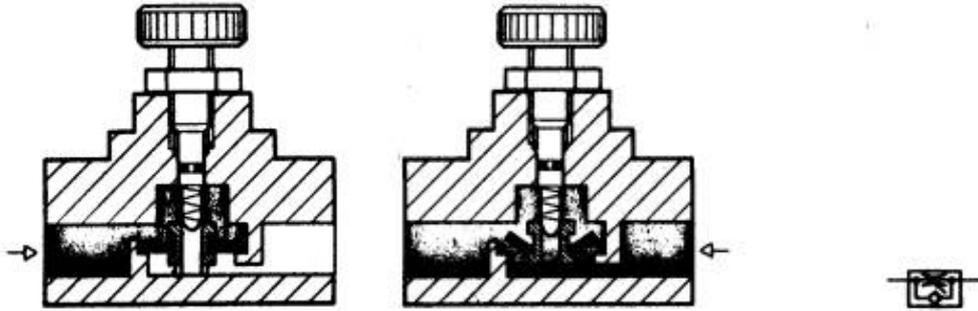


### 7.3.3 Válvula antirretorno y de estrangulación

También se conoce por el nombre de regulador de velocidad o regulador unidireccional. Estrangula el caudal de aire en un solo sentido. Una válvula antirretorno cierra el paso de; aire en un sentido, y el aire puede circular sólo por la sección ajustada. En el sentido contrario, el aire circula libremente a través de la válvula antirretorno abierta. Estas válvulas se utilizan para regular la velocidad de cilindros neumáticos.

Para los cilindros de doble efecto, hay por principio dos tipos de estrangulación. Las válvulas antirretorno y de estrangulación deben montarse lo más cerca posible de los cilindros.

Figura 116a: Regulador unidireccional



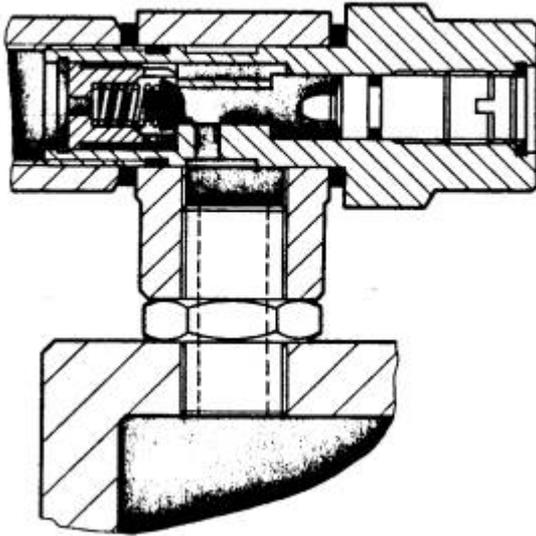
La figura siguiente muestra otro principio de construcción.

La función es la misma, sólo que en este caso el paso de; aire comprimido no se cierra mediante una membrana Se hace cargo de hermetizar una espiga con cabeza semirredonda.

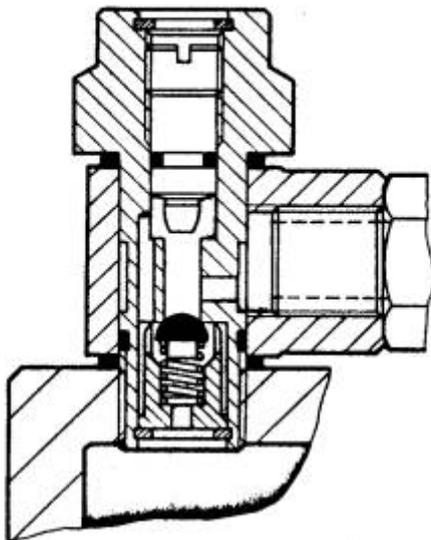
Estas válvulas se montan directamente en el cilindro. Pueden emplearse para limitar el caudal de ampo o también el caudal de alimentación. En este último caso, hay que montar adicionalmente dos racores.

Figura 116b: Regulador unidireccional

### Limitación del caudal de alimentación

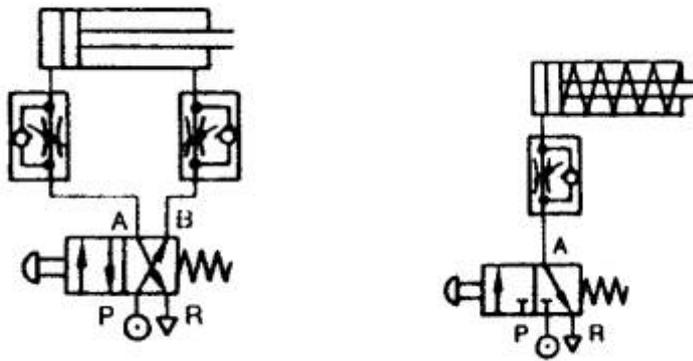


### Limitación del caudal de escape



Limitación de; caudal de alimentación:  
(estrangulación primaria)

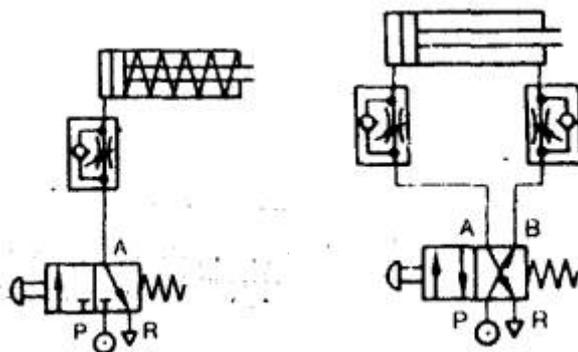
En este caso, las válvulas antirretorno y de estrangulación se montan de modo que se estrangule el aire que va al cilindro. El aire de escape puede escapar libremente por la válvula antirretorno. La más mínima variación de la carga, p.ej. el momento de pasar sobre un final de carrera, supone una gran variación de la velocidad de avance. Por eso, esta limitación de caudal se utiliza únicamente para cilindros de simple efecto y de volumen pequeño.



**Limitación del caudal de escape: (estrangulación secundaria)**

En este caso el aire de alimentación entra libremente en el cilindro; se estrangula el aire de escape. El émbolo se halla entro dos cojinetes de aire. Esta disposición mejora c considerablemente el comportamiento de; avance. Por esta razón, es el método más adecuado para cilindros de doble efecto.

En el caso de cilindros de volumen pequeño y de carrera corta, la presión en el lado de escape no puede formaras con la suficiente rapidez, por lo que en algunos casos habrá que emplear la limitación M caudal de alimentación junto con la de; caudal de escape.



**Regulador unidireccional, con estrangulador regulable mecánicamente (con rodillo)**

Estas válvulas se emplean para variar, durante el movimiento, la velocidad de los émbolos de cilindros de simple o doble efecto.

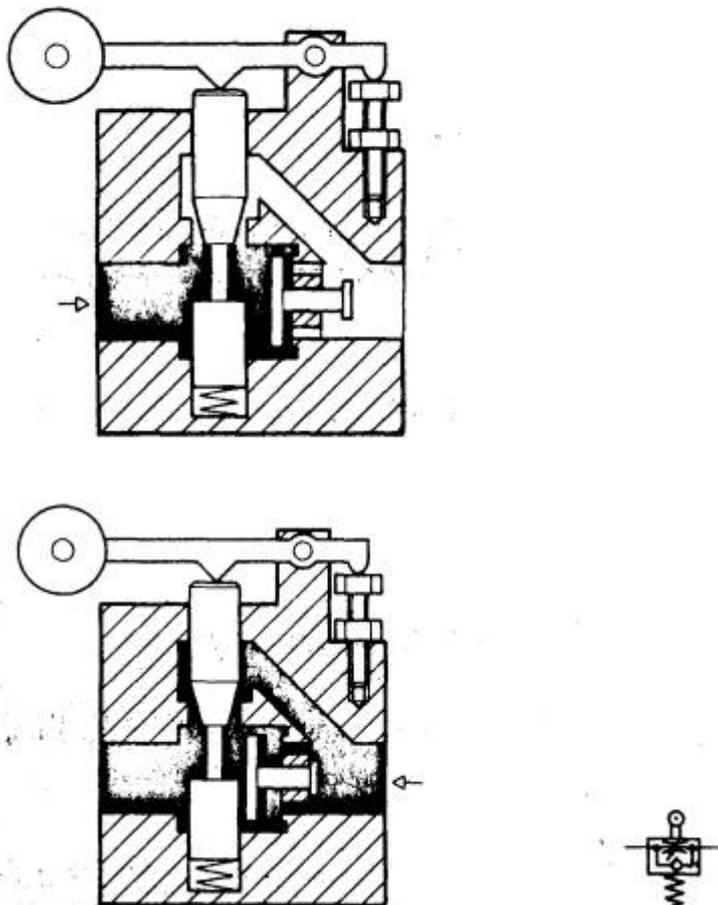
Para los cilindros de doble efecto, esta válvula puede servir de amortiguación final de carrera. Antes de alcanzar el cilindro su extremo, la masa M émbolo es frenada por obturación o aminoración oportuna de la sección de escape del aire. Este sistema se utiliza cuando el amortiguador interno del cilindro es insuficiente.

Por medio de un tornillo puede ajustarse la velocidad inicial del émbolo. La forma de la leva que acciona el rodillo, en su descenso, aminora correspondientemente la sección de paso.

Al purgar de aire el elemento de trabajo, un disco estanqueizante se levanta de su asiento, y el aire puede pasar libremente.

Esta válvula puede emplearse como válvula normalmente abierta o normalmente cerrada.

Figura 117: Regulador unidireccional con estrangulador regulable mecánicamente (con rodillo)



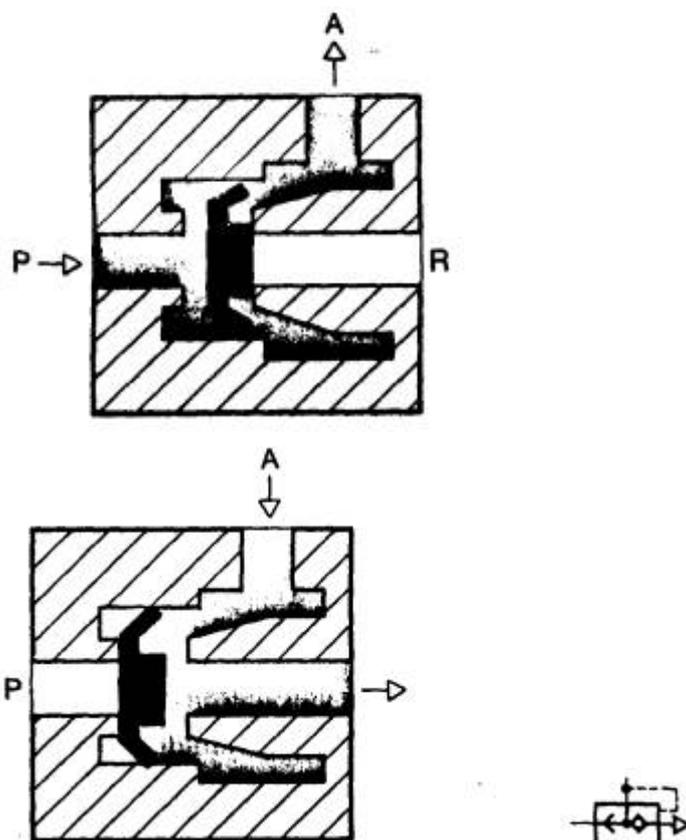
### 7.3.4 Válvula de escape rápido

Esta válvula permite elevar la velocidad de los émbolos de cilindros. Con ella se ahorran largos tiempos de retorno, especialmente si se trata de cilindros de simple efecto.

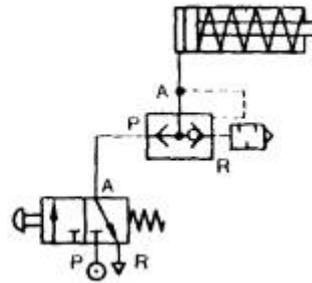
La válvula tiene un empalme de alimentación bloqueable P, un escape bloqueable R y una salida A.

Cuando se aplica presión al empalme P, la junta se desliza y cubre el escape R. El aire comprimido circula entonces hacia A. Si se deja de aplicar aire comprimido a P, el aire proveniente de A empuja la junta contra el empalme P cerrando éste. Puede escapar rápidamente por R, sin recorrer conductos largos y quizá estrechos hasta la válvula de mando. Se recomienda montar esta válvula directamente sobre el cilindro o lo más cerca posible de éste.

Figura 118: Válvula de escape rápido



### Esquema de circuito:



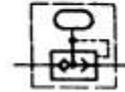
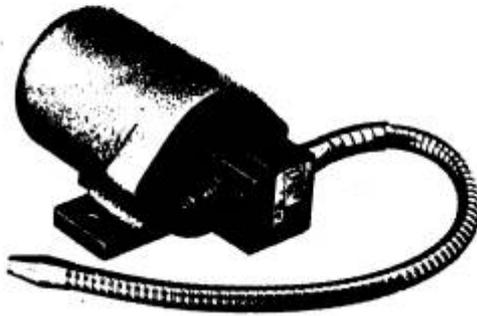
### Expulsor neumático

En la industria hace tiempo que el aire comprimido se utiliza para soplar y expulsar las piezas elaboradas. Entonces se produce un gran consumo de aire. En contraposición al método empleado hasta ahora, en el que se tomaba aire continuamente de la red de aire comprimido, se puede trabajar económicamente con un expulsor, puesto que se compone de un depósito y una válvula de escape rápido incorporado. El volumen de depósito se adapta a la cantidad de aire precisada.

Una válvula distribuidora 3/2, abierta en posición inicial, se emplea como elemento de señalización. El aire atraviesa dicha válvula y la válvula de escape rápido en el depósito, rellenando éste. Al accionar la válvula distribuidora 3/2 se cierra el paso hacia el depósito, y la tubería se pone a escape hacia la válvula de escape rápido. El aire del depósito escapa entonces rápidamente por la válvula de escape rápido al exterior. El chorro concentrado de aire permite expulsar piezas de dispositivos y herramientas de troquelado, de cintas de transporte, de dispositivos clasificadores y de equipos envasadores.

La señal de expulsión puede darse de forma manual o mediante medios mecánicos, neumáticos o eléctricos.

Figura 119: Expulsor neumático



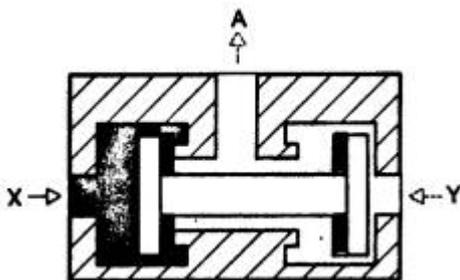
### 7.3.5 Válvula de simultaneidad

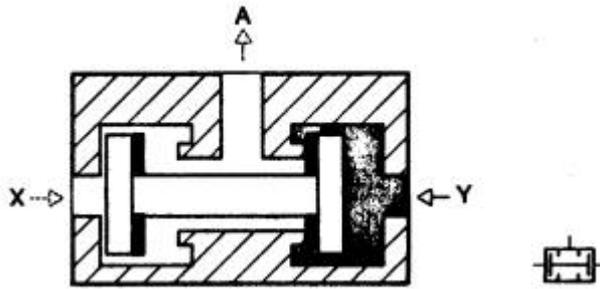
Aprende Idiomas

Esta válvula tiene dos entradas X o Y y una salida A. El aire comprimido puede pasar únicamente cuando hay presión en ambas entradas. Una señal de entrada en X ó Y interrumpe el caudal, en razón M desequilibrio de las fuerza que actúan sobre la pieza móvil. Cuando las señales están desplazadas cronológicamente, la última es la que llega a la salida A. Si las señales de entrada son de una presión distinta, la mayor cierra la válvula y la menor se dirige hacia la salida A.

Esta válvula se denomina también »módulo Y (AND)« .

Se utiliza principalmente en mandos de enclavamiento, funciones de control y operaciones lógicas.





Esquema de circuito:

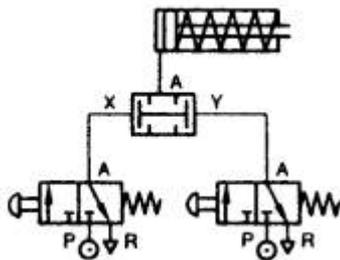


Figura 120: Válvula de simultaneidad

#### ● 7.4 Reguladores de presión

Estas válvulas influyen principalmente sobre la presión, o están acondicionadas al valor que tome la presión. Se distinguen:

- Válvulas de regulación de presión
- Válvulas de limitación de presión
- Válvulas de secuencia

##### ● 7.4.1 Válvula de regulación de presión

Tiene la misión de mantener constante la presión, es decir, de transmitir la presión ajustada en el manómetro sin variación a los elementos de trabajo o servo elementos, aunque se produzcan fluctuaciones en la presión de la red. La presión de entrada mínima debe ser siempre superior a la de salida.

##### **Regulador de presión sin orificio de escape**

El funcionamiento de esta válvula es igual al descrito en el capítulo 4.3. No tiene el segundo asiento de válvula en el centro de la membrana y por

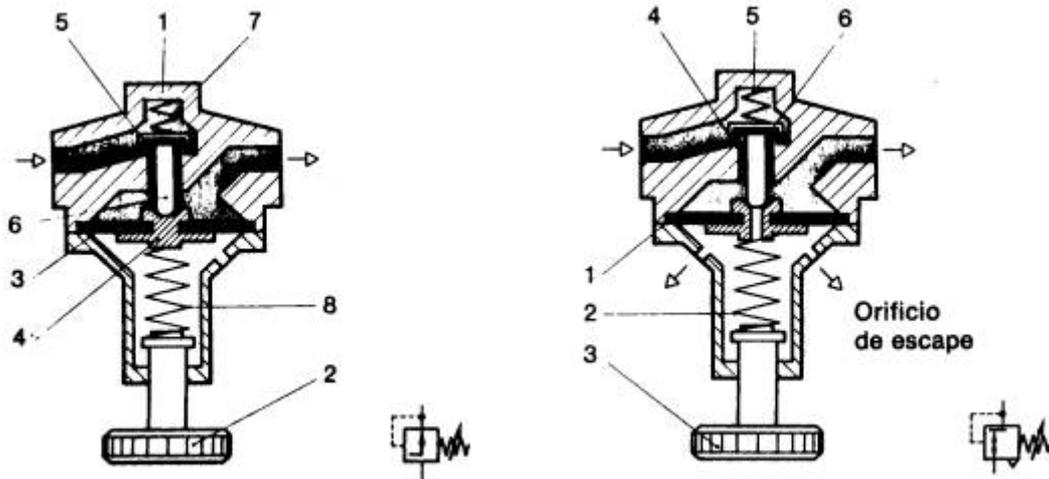
tanto, el aire no puede escapar cuando la presión secundaria es mayor.

### Regulador de presión con orificio de escape

El funcionamiento de esta válvula se ha descrito detalladamente en el capítulo 4.3. Al contrario de lo que sucede en la precedente, es posible compensar una sobrepresión secundaria. El exceso de presión en el lado secundario con respecto a la presión ajustada se elimina a través de; orificio de escape.

#### Regulador de presión sin orificio de escape

#### Regulador de presión con orificio de escape



### 7.4.2 Válvula limitadora de presión

Estas válvulas se utilizan, sobre todo, como válvulas de seguridad (válvulas de sobrepresión). No admiten que la presión en el sistema sobrepase un valor máximo admisible. Al alcanzar en la entrada de la válvula el valor máximo de presión, se abre la salida y el aire sale a la atmósfera. La válvula permanece abierta, hasta que el muelle incorporado, una vez alcanzada la presión ajustada en función de la característica del muelle, cierra el paso.

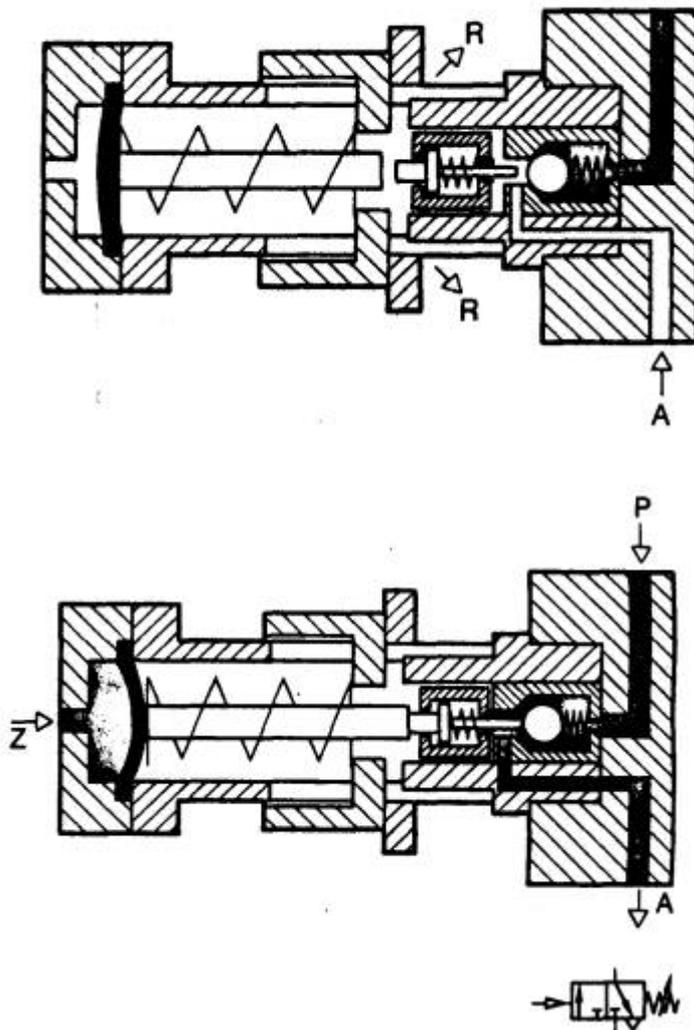
### 7.4.3 Válvula de secuencia

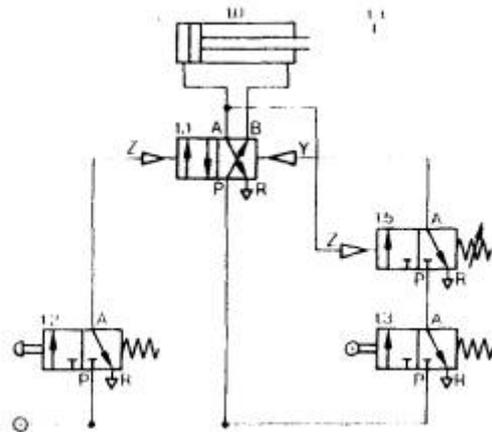
Su funcionamiento es muy similar al de la válvula limitadora de presión. Abre el paso cuando se alcanza una presión superior a la ajustada mediante el muelle. El aire circula de P hacia la salida A. Esta no se abre, hasta que en el conducto de mando Z

no se ha formado una presión ajustada. Un émbolo de mando abre el paso de P hacia A.

Estas válvulas se montan en mandos neumáticos que actúan cuando se precisa una presión fija para un fenómeno de conmutación (mandos en función de la presión). La señal sólo se transmite después de alcanzar la presión de sujeción.

**Figura 121: Válvula de secuencia**





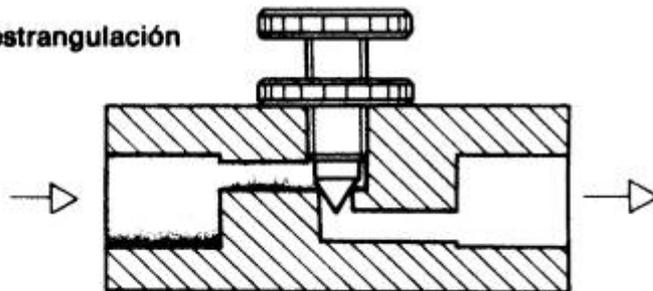
Ejemplo:

El vástago de; cilindro 1.0 no entra hasta que en la válvula de secuencia 1.5 la presión no haya alcanzado el valor ajustado.

## 7.5 Válvulas de caudal

Estas válvulas influyen sobre la cantidad de circulación de aire comprimido; el caudal se regula en ambos sentidos de flujo.

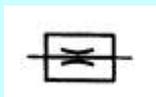
Figura 122: Válvula de estrangulación



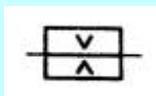
[CURSOS - CURSOS - CURSOS](#)

Válvulas reguladoras de caudal, de estrangulación constante:

Válvula de estrangulación En esta válvula, la longitud del tramo de estrangulación es de tamaño superior al diámetro.



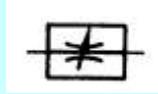
Válvula de restricción de turbulencia En esta válvula la longitud del tramo de estrangulación es de



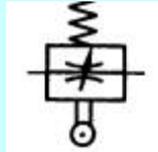
tamaño inferior al diámetro.

Válvulas reguladoras de caudal, de estrangulación variable:

Válvula de estrangulación regulable



Válvula de estrangulación de accionamiento mecánico, actuando contra la fuerza de un muelle. Resulta más conveniente incorporar las válvulas de estrangulación al cilindro.

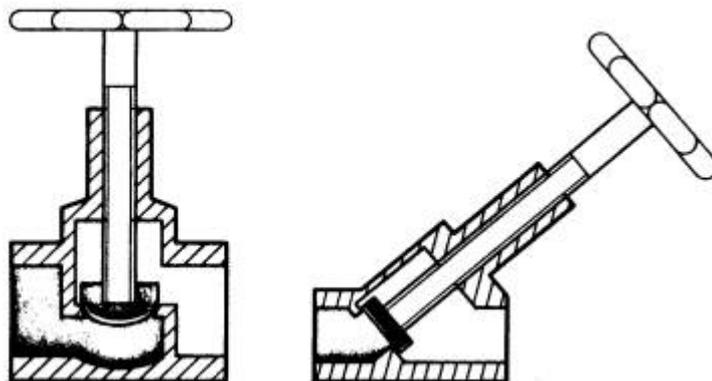


## 7.6 Válvulas de cierre

Son elementos que abren o cierran el paso de caudal, sin escalones.

Utilización sencilla: Grifo de cierre

Figura 123: Grifo de cierre



## 7.7 Válvulas combinadas

Bloque de mando

El bloque de mando consta de:

1 válvula distribuidora 5/2 (aplicación bilateral de presión)

2 válvulas distribuidoras 3/2 (accionamiento mecánico)

2 válvulas selectoras de circuito

2 válvulas reguladoras de caudal

El bloque de mando puede invertirse accionando mecánicamente las válvulas distribuidoras 3/2 o aplicando aire comprimido a través de las válvulas selectoras de circuito (módulos 0 [OR]).

La figura 124 muestra el estado cuando se acciona mecánicamente la válvula 2. Las dos válvulas distribuidoras 3/2 (válvulas 1 y 2) están unidas al conducto P. Al accionar la válvula 2, el aire de pilotaje pasa al lado Y. El aire comprimido circula de P hacia B. El conducto A se pone en escape hacia S. Al accionar la válvula 1 tiene lugar el mismo proceso en el lado izquierdo de; émbolo de mando. Este se conmuta, y se establece la unión de P hacia A, y de B hacia R.

Si esta válvula debe ser conmutada desde otro punto y no directamente desde ella misma, mandamos la señal a Z ó Y, a través de las válvulas selectoras de circuito. El proceso dentro de la válvula es idéntico al de accionamiento directo.

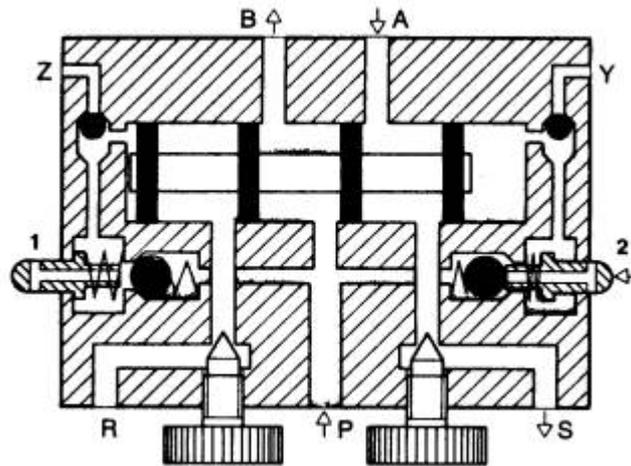
En el bloque de mando están incorporados dos reguladores de caudal. Con ellos se puede limitar el aire de escape en las salidas R ó S.

Con esta válvula y otra de doble efecto se pueden efectuar movimientos individuales o alternativos.

Ejemplo:

Unidad de avance autónoma Unidad de

Figura 124: Bloque neumático de mando (pilotaje a



presión)

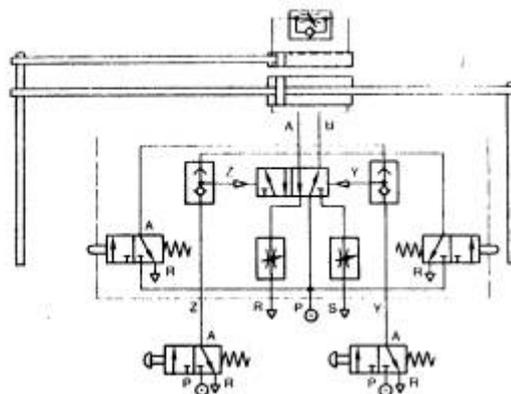
**Mando neumático de Inversión retardado (temporizador)**

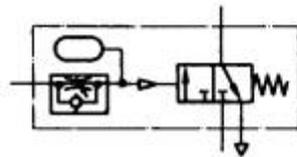
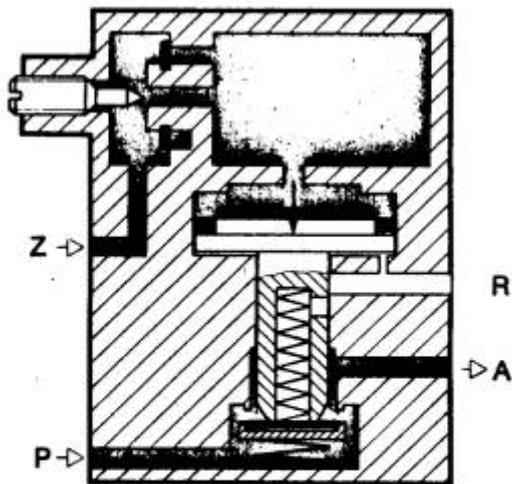
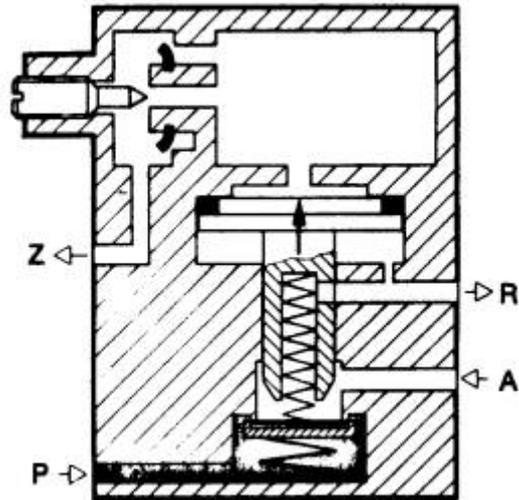
Estas válvulas se componen de una válvula distribuidora 3/2, de accionamiento neumático, un regulador unidireccional (válvula antirretorno y de estrangulación) y un depósito pequeño de aire.

Temporizador (cerrado en posición de reposo)

Figura 125: Temporizador (cerrado en posición de reposo)

Esquema de circuito:



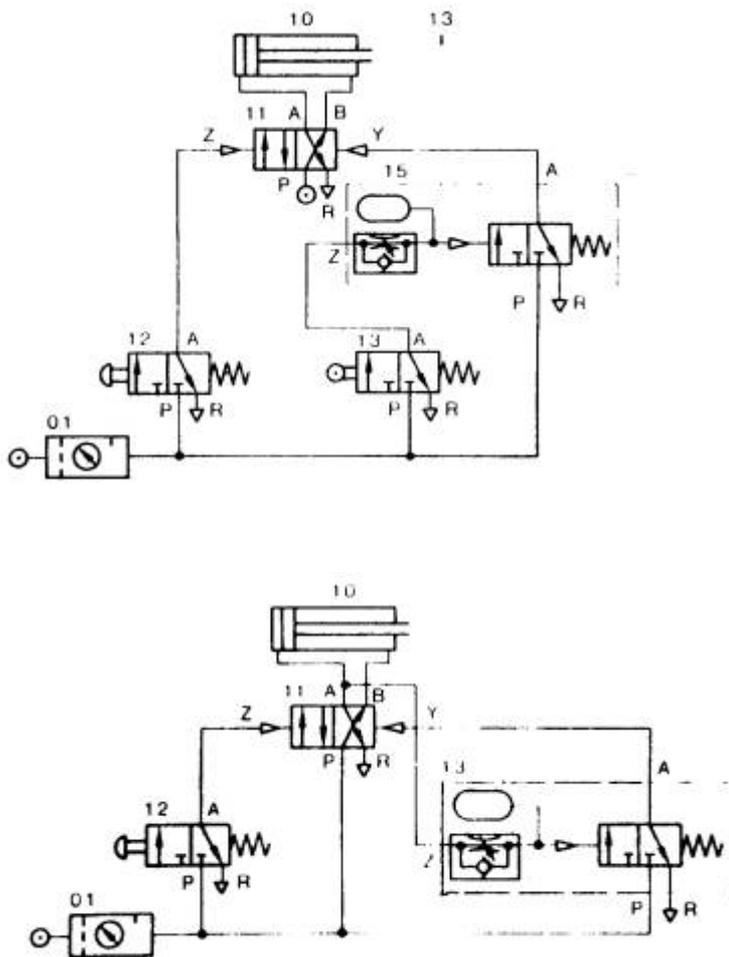


**Funcionamiento:**

El aire comprimido entra en la válvula por el empalme P. El aire de mando entra en la válvula por el empalme Z y pasa a través de un regulador unidireccional; según el ajuste del tornillo de éste, pasa una cantidad mayor o menor de aire por unidad de tiempo al depósito de aire incorporado.

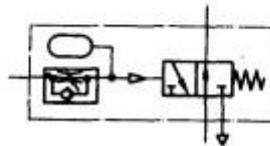
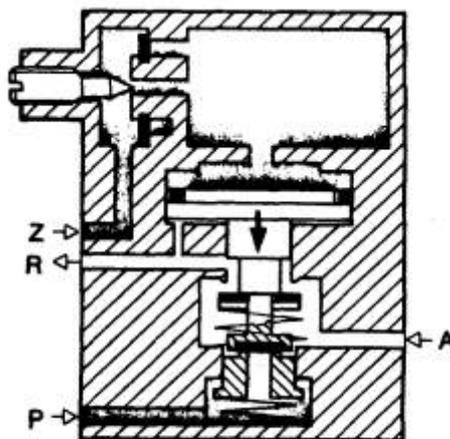
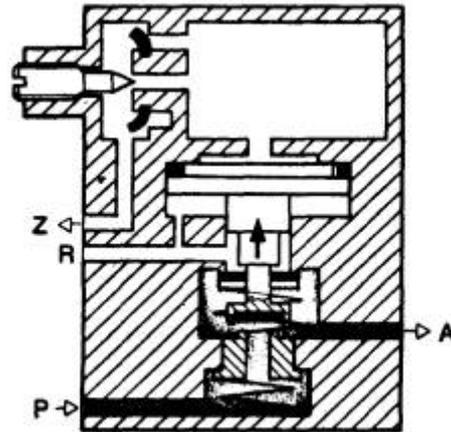
Una vez que existe la suficiente presión de mando en el depósito, se mueve el émbolo de mando de la válvula distribuidora 3/2 hacia abajo. Este émbolo cierra el escape de A hacia R. El disco de válvulas se levanta de su asiento, y el aire puede pasar de P hacia A. El tiempo en que se forma presión en el depósito corresponde al retardo de mando de la válvula.

Para que el temporizador recupere su posición inicial, hay que poner en escape el conducto de mando Z. El aire del depósito escapa a través de; regulador unidireccional y del conducto de escape de la válvula de señalización a la atmósfera. Los muelles de la válvula vuelven el émbolo de mando y el disco de la válvula a su posición Inicial. El conducto de trabajo A se pone en escape hacia R, y P se cierra.



## Temporizador (abierto en posición de reposo)

Figura 126: Temporizador (abierto en posición de reposo)

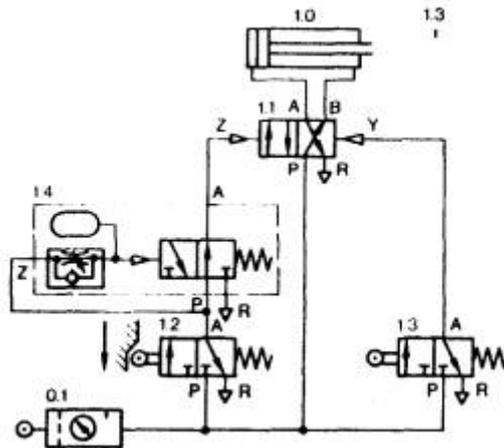


### Funcionamiento:

Aquí también tenemos una combinación de elementos: Una válvula distribuidora 3/2, un regulador unidireccional (válvula antirretorno y de estrangulación) y un depósito de aire. La válvula distribuidora 3/2 está normalmente abierta en posición de reposo.

El aire de mando entra también aquí por el empalme Z. Cuando se ha formado la presión de mando necesaria en el depósito, se pilota la válvula 3/2. Esta cierra el paso de P hacia A. El conducto de trabajo A se pone en escape a través de R. El tiempo de retardo corresponde nuevamente al tiempo en que se forma presión en el acumulador. Cuando se evacua el aire del empalme Z, la válvula 3/2 adopta su posición inicial.

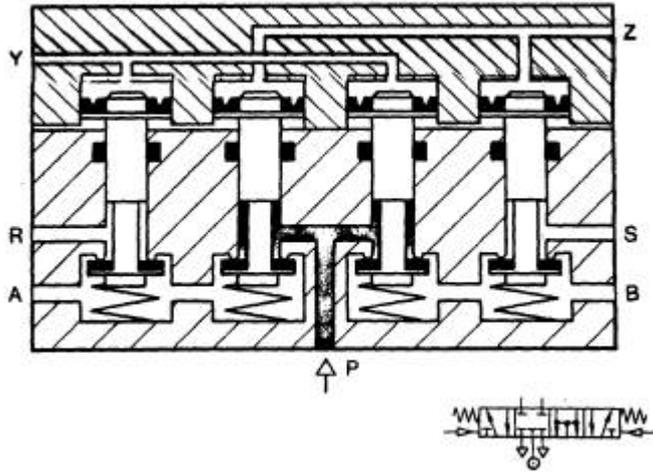
En ambos tipos de temporizadores, el tiempo de retardo normal es de 0 a 30 segundos. Este tiempo puede prolongarse con un depósito adicional. Si el aire es limpio y la presión constante, se obtiene una temporización exacta.



#### Válvula distribuidora 5/4

Esta combinación de elementos consta de cuatro válvulas distribuidoras 2/2 normalmente cerradas en posición de reposo. En la posición inicial, todos los conductos están bloqueados.

Figura 127:



Cuando entra aire comprimido por Z, las válvulas ocupan la siguiente posición: El aire pasa de P hacia A, y el conducto B se pone en escape hacia S.

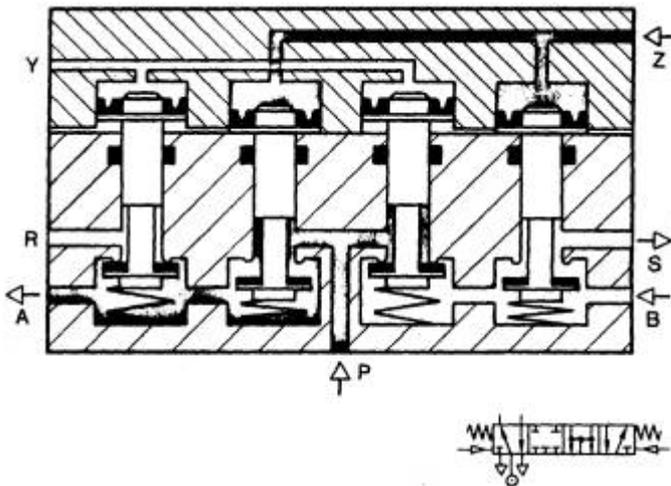
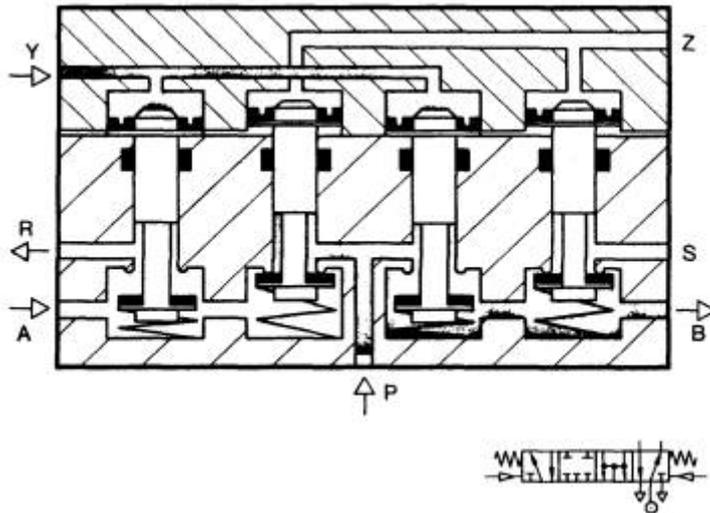


Figura 128:

Cuando entra aire comprimido por Y, se obtiene la siguiente posición: El aire pasa de P hacia B, y el conducto A se pone en escape hacia R.

Figura 129:





Para obtener la cuarta posición, debe aplicarse aire comprimido en las dos entradas de señal Z y Y. En esta posición, los conductos A, B y P se ponen en escape hacia R y S.

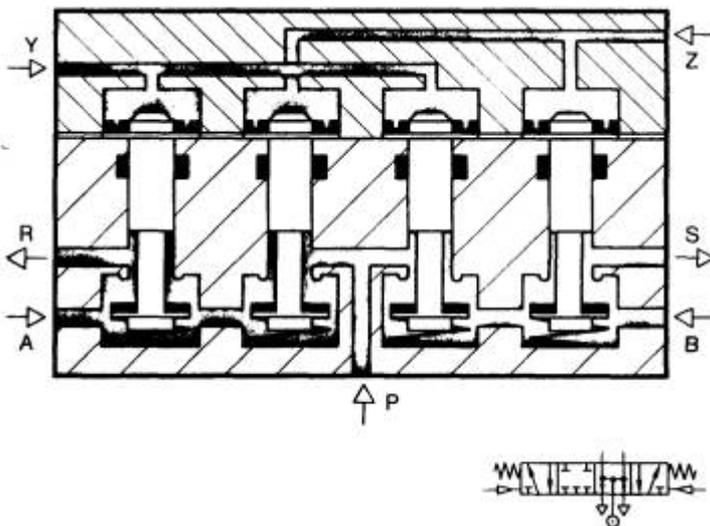


Figura 130:

Este tipo de válvulas es especialmente apropiado para detener un cilindro de doble efecto en la posición que se desee, para posicionar elementos y para efectuar el paro de emergencia.

Se obtiene la posición básica por medio de muelles centradores; todos los conductos están cerrados.

Al fallar el aire comprimido en el empalme P, en la posición básica los émbolos de; cilindro permanecen sometidos a presión. La válvula puede invertirse mediante aire comprimido o por medio de un electroimán y aire comprimido.

Válvula distribuidora 8/2, de accionamiento neumático

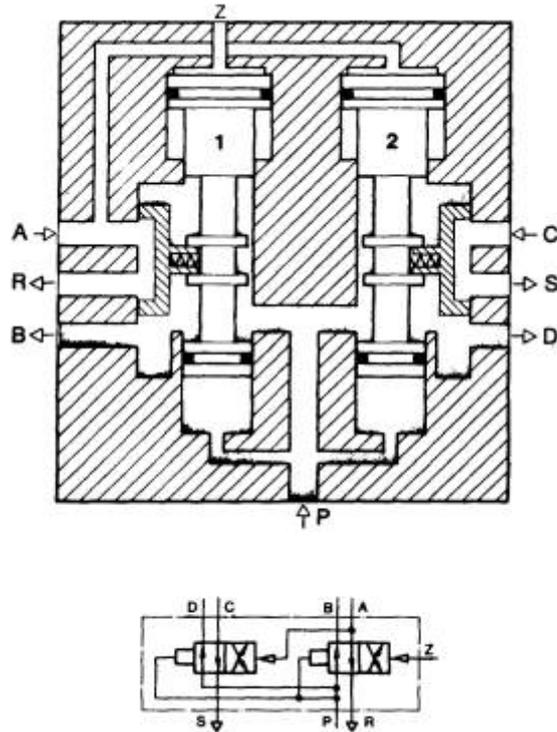
(dos válvulas distribuidoras 4/2)

Esta combinación de válvulas se aplica para el mando de alimentadores neumáticos., Consiste en dos válvulas de corredera con émbolo diferencia;

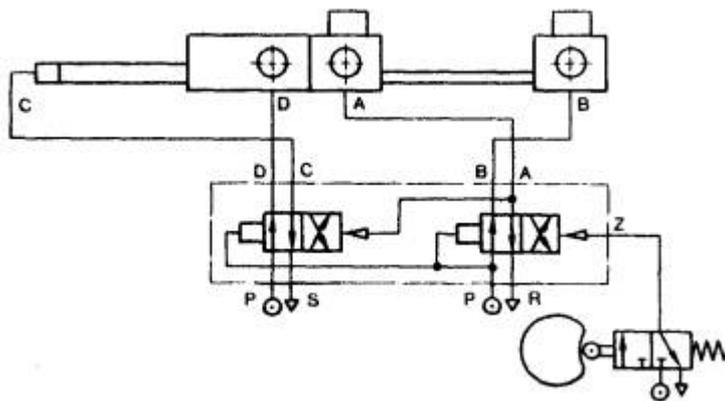
En la posición básica, el conducto P está comunicado con B y D; los conductos A y C están en escape a través de R y S respectivamente. Al pilotar el primer émbolo de mando (1), se establece a través de Z, la unión de P hacia A y de 8 hacia R. En combinación con un alimentador neumático, la pinza de transporte del carro elevador se pone en escape. Después de un corto tiempo de retardo [inversión del émbolo de mando (1)] también se invierte el émbolo de mando (2). El conducto de P hacia C recibe aire, y D se pone en escape hacia S.

El carro se desliza hacia adelante. Al anular la señal en Z, las dos válvulas distribuidoras 4/2 vuelven a su posición inicial, por la presión proveniente del empalme P, que actúa sobre las superficies pequeñas de los émbolos de mando (1) y (2). La pinza de sujeción recibe aire y sujeta el material. La pinza de transporte se pone en escape, y el carro retrocede a su posición inicial trasera.

Figura 131: Válvula distribuidora 8/2 (émbolo diferencial)



Alimentador neumático (válvula distribuidora 8/2)



### Multivibrador

Esta combinación de válvulas consiste en:

- 1 válvula distribuidora 3/2 cerrada en posición de reposo
- 1 válvula distribuidora 3/2 abierta en posición de reposo
- 2 reguladores de caudal (válvulas antirretorno y de estrangulación).

**Funcionamiento:**

En la posición de reposo, el aire pasa de P hacia B: el conducto A se pone en escape a través de R. Por un conducto de mando que se encuentra dentro de la válvula, el aire pasa de B hacia el émbolo de mando (1) de la otra válvula 3/2 (cerrada en posición de reposo), a través de; regulador unidireccional (2). El émbolo (1) cierra el escape hacia R y deja circular el aire de P hacia A. Por el conducto de mando de; empalme A, el aire pasa por el regulador unidireccional (1) y llega al émbolo de mando (2), cerrando el paso de aire de P hacia B. El conducto B se pone en escape a través de R.

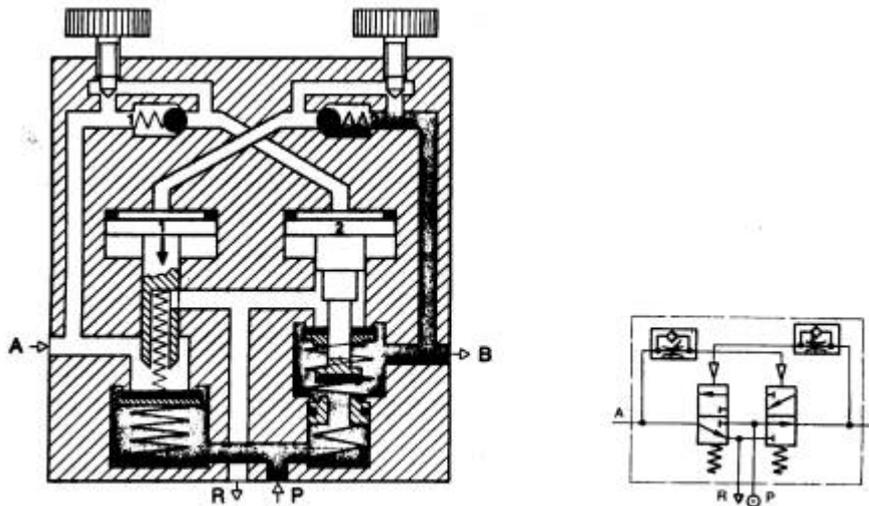
La presión que actúa sobre el émbolo de mando (1) disminuye cuando el conducto B está en escape. Se cierra el paso de aire de P hacia A (A se pone en escape a través de R). Debido a esto, no actúa más aire sobre el émbolo de mando (2), y la válvula abre el paso de P hacia B. En la salida B hay aire a presión, y el proceso empieza nuevamente.

Según el ajuste de los dos reguladores unidireccionales, se pueden obtener diferentes intervalos de mando.

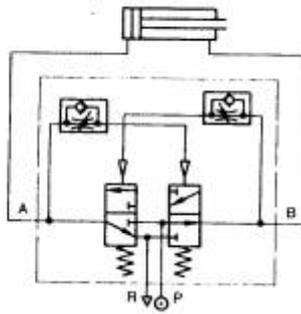
El multivibrador se emplea para generar rápidos movimientos en los cilindros (transportadores oscilantes, cribas vibratorias).

La cadencia del multivibrador depende de la presión y de la carga que actúa en el cilindro.

Figura 132: Multivibrador



Esquema de circuito:



### Válvula distribuidora 3/2 con divisor binario

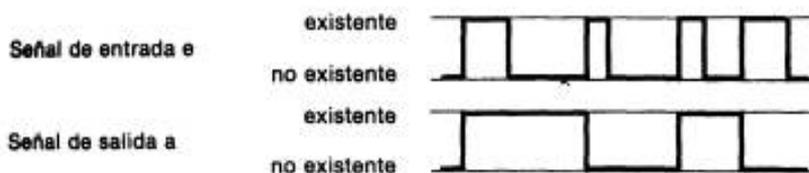
Este elemento consiste en una válvula distribuidora 3/2 cerrada en posición de reposo, un émbolo de mando con una biela solidaria y un disco de leva. Se acciona por medio de aire comprimido.

Cuando no actúa éste sobre el émbolo de mando, la biela se encuentra fuera del alcance de la leva (figura 1). Al mandar aire a presión a través del empalme de mando Z, el émbolo de mando se mueve con la biela hacia la válvula distribuidora 3/2. La biela ataca en el rebajo del disco de leva y acciona el émbolo de mando de la válvula 3/2. Así se establece la unión de P hacia A y se cierra el escape R (figura 2).

Al quitar el aire del empalme de mando Z, el émbolo vuelve junto con la biela a su posición inicial. El disco de leva se autorretiene (por fricción) y permanece en esta posición; la válvula 3/2 se mantiene abierta (figura 3).

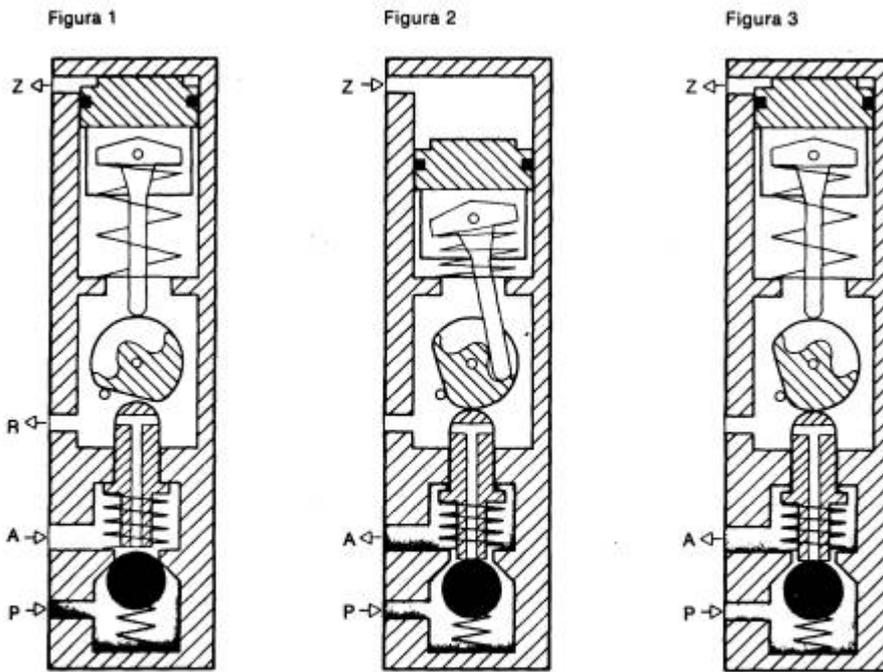
Al presentarse una nueva señal en Z, la biela entra en el segundo rebajo del disco de leva. Al borrar la señal en Z, el émbolo vuelve junto con la biela a la posición inicial. Así se libera el vástago de la válvula 3/2. Esta cierra el paso de P hacia A, y el conducto de trabajo A se pone en escape a través de R (figura 1).

Aplicación al avance y retroceso alternativos de un cilindro.



El registro de las señales de entrada y salida muestra claramente que se necesita dos veces la señal de entrada e, para que desaparezca la de salida a.

Figura 133: Divisor binario



## 7.8 Programador

Con programas se pueden mandar determinados procedimientos de mando desde una estación central. Por medio de árboles motrices con levas circulares o rejillas se pueden accionar diferentes válvulas de mando.

En neumática, por medio de las llamadas levas circulares se accionan válvulas distribuidoras 3/2 ó 4/2. Esas levas consisten en dos segmentos giratorios uno en sentido contrario al del otro. El recorrido de accionamiento puede ajustarse sin escalones entre 180° y 360°

Las válvulas distribuidoras y finales de carrera se montan en una placa base en batería. Según el caso, pueden montarse en calidad de válvulas normalmente abiertas o normalmente cerradas.

El árbol de levas puede propulsarse a elección:

- Con un accionamiento independiente
- Con un motor reductor
- Con un accionamiento regulable (con motor

ajustable sin escalonamiento)

Si se necesitan mandos neumáticos que realicen un programa que se desarrolle en un determinado orden, lo más adecuado es emplear programadores de rejilla de levas. Estas rejillas pueden ser sustituidas rápidamente para hacer desarrollar los más diversos programas.

La rejilla está constituida por diversos eslabones y varillas de unión. Se acciona mediante un motor reductor ajustable sin escalonamiento

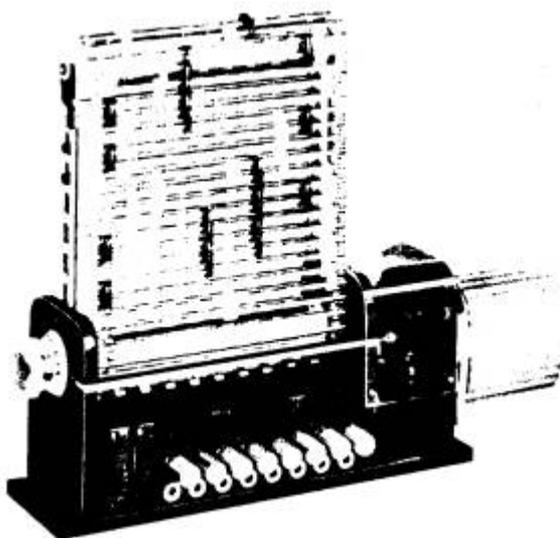
Al igual que en el programador de levas circulares, también aquí se utilizan elementos neumáticos (válvulas distribuidoras 3/2 ó 4/2) o interruptores finales eléctricos, sobre una placa base.

La duración de los programas es de 9 segundos hasta 24 horas.

Con ambas variantes (levas circulares o rejillas) se pueden realizar mandos directos e indirectos.

Aplicación: Taladradoras revólver, taladradoras y tornos automáticos

Figura 134: Programador de rejilla



## ● 8. Captadores de posición sin contacto

La tendencia de aumentar la rentabilidad de las instalaciones de producción y montaje, la seguridad para el hombre y la fiabilidad de la máquina impone cada vez nuevas exigencias a los medios de automatización. En numerosos casos, sólo es posible transmitir señales sin contacto. Al efecto se pueden emplear captadores neumáticos.

Estos captadores pueden ser de dos tipos:

- Detectores de paso
- Detectores de proximidad

### ● 8.1 Detector de paso (barrera de aire)

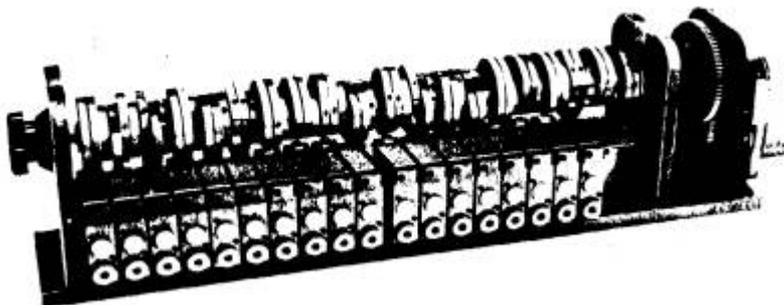
El detector de paso consta de un emisor y un receptor. Ambos se alimentan de aire, exento de agua y aceite, por el empalme Px. La presión de alimentación es de 10 a 20 kPa (0,1 a 0,2 bar). El consumo de aire es, por eso, reducido ( $V = 0,5 \sim 0,8$  m<sup>3</sup>/h)

Para mantener el aire de alimentación exento de agua y aceite, antes de la instalación se emplea un filtro regulador de presión baja. Al objeto de garantizar un funcionamiento exacto, la distancia entre emisor y receptor no debe ser superior a 100 mm.

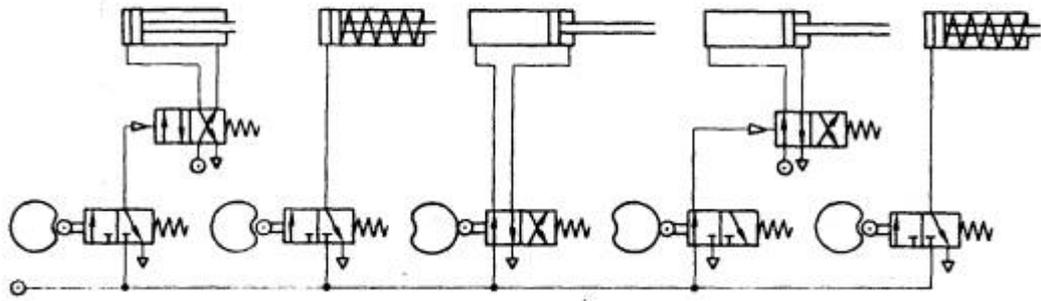
Funcionamiento:

Se emite aire de ambas toberas (emisor y receptor). La tobera receptora emite aire para reducir el peligro de ensuciamiento y recibir una señal impecable en la conmutación. Por lo tanto, el chorro de aire de la tobera emisora perturba la salida libre del aire de la tobera receptora. Se crea una

Figura 135: Programador de levas circulares



### Esquema de circuito: Programador



turbulencia, que produce una señal en la salida X de la tobera receptora [- 0,5 kPa (0,005 bar)] Mediante un amplificador se refuerza esta señal hasta la presión deseada. Si se introduce un objeto entro ambas toberas, desaparece la señal en X de la tobera receptora y la válvula postconectada puede conmutar (la señal X es vuelve 0).

El detector de paso es sensible a las corrientes de aire, pues producen una desviación en el flujo que sale con poca energía. Por este motivo, debería instalarse en un lugar lo más protegido posible.

Aplicación :

Contactor en máquinas, puestos de montaje, control de objetos - hay pieza/ no hay pieza -, montaje en salas en que existe el riesgo de explosiones.

Figura 136: Detector de paso

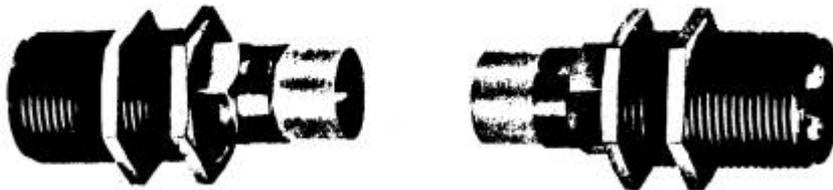
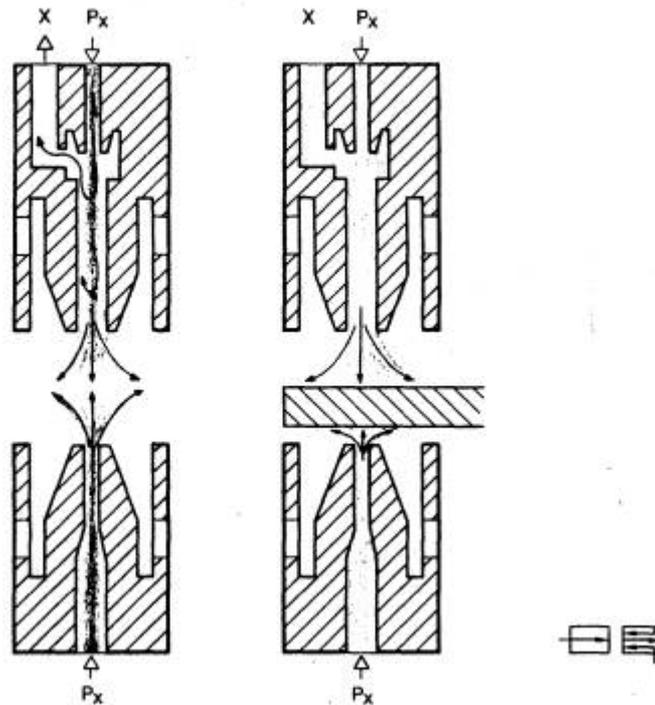


Figura 137: Detector de paso



Detector de paso (de horquilla)

Funcionamiento

El detector de paso se alimenta de aire comprimido por el empalme  $P_x$ . Cuando no se encuentra ningún obstáculo entre el receptor y el emisor, aparece en la salida  $X$  una corriente de aire (señal). Cuando un objeto interrumpe el flujo de aire de  $P_x$  a  $X$ , desaparece dicha señal en  $X$ . Esto permite realizar la conmutación de una válvula conectada.

La presión de alimentación en el empalme  $P$ , es de 10 a 800 kPa (0,1 a 8 bar). Para reducir el consumo de aire cuando las presiones son altas, recomendamos montar en la tubería de aire  $P$ , un regulador de caudal (válvula de estrangulación).

Aplicación:

Detección sin contacto de objetos de hasta 5 mm de anchura, conteo y control de objetos.

## ● 8.2 Detector de proximidad (detector réflex)

Más simple o insensible a toda influencia perturbadora proveniente del ambiente es el principio de detección por reflexión. El detector de

proximidad trabaja según este principio. Las toberas receptora y emisora están reunidas y forman un solo elemento. El detector de proximidad consiste en una tobera receptora, una tobera emisora, un estrangulador y una vaina protectora.

El empalme P, se alimenta de aire comprimido (presión de alimentación, 10-20 kPa/0,1 -0,2 bar). Esta presión sale a la atmósfera por el canal anular exterior. Por la salida del aire comprimido se produce una depresión en la tobera interior.

Esquema de circuito:

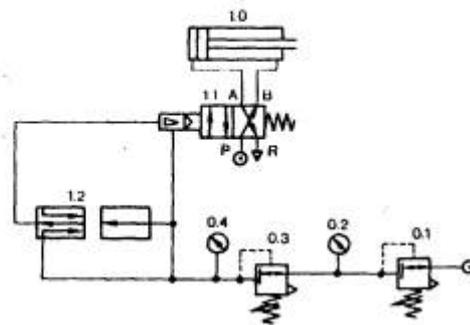
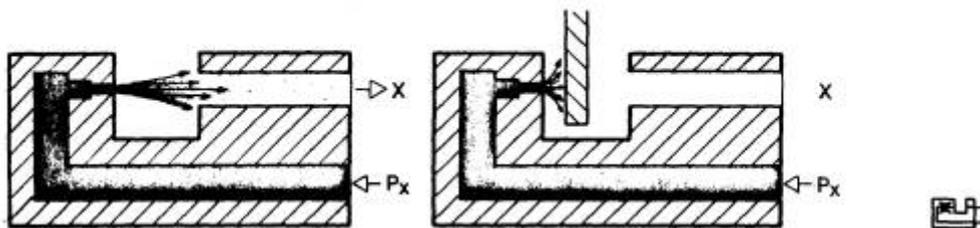


Figura 138: Detector de paso (de horquilla)



Cuando un objeto interrumpe la salida de aire delante de; canal anular, se forma una sobrepresión en la tobera receptora. En la salida X aparece una señal. Un amplificador capta esta señal y la transmite amplificada. Así se pueden mandar otras válvulas. El estrangulador garantiza una transmisión Impecable de la señal. La separación entre la tobera y el objeto es, según la ejecución, de 1 a 6 mm.

En ejecuciones especiales, la separación es de 20 mm.

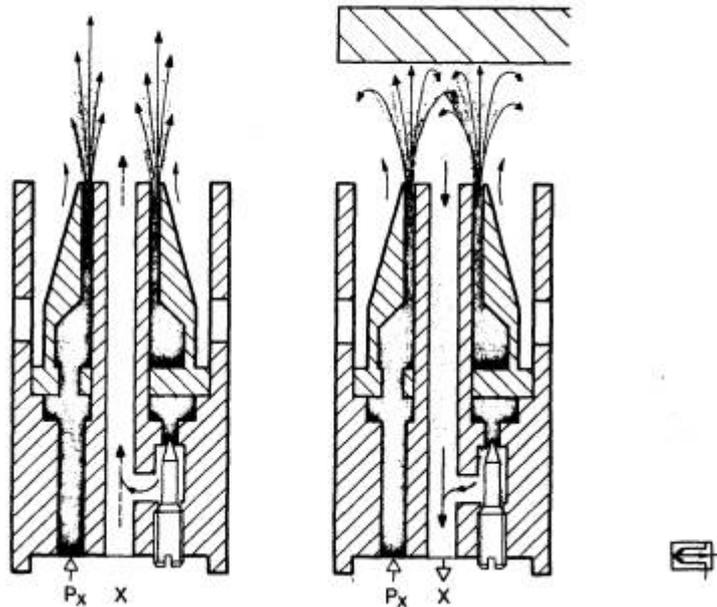
Las suciedades, ondas sonoras, peligros de explosión, oscuridad, objetos - transparentes o antimagnéticos no tienen ninguna influencia desfavorable sobre su funcionamiento.

Este detector se utiliza en todos los sectores de la industria, por ejemplo, en los dispositivos de control de herramientas de prensado y estampado, en mandos de centrado automático, de conteo y control de objetos, ya sea en la Industria textil o de envases, como control de cargadores y detector de partes chapadas de muebles en la Industria maderera.

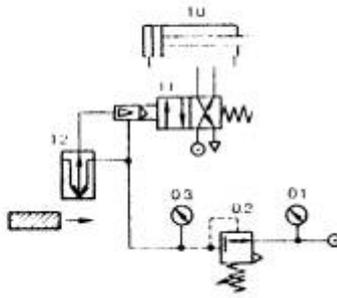
Figura 139: Detector de proximidad



Figura 140: Detector de proximidad



**Esquema de circuito:**



Características de detectores de proximidad En los dos diagramas se representa la presión de mando en función de la separación. La figura 1 muestra la precisión de la detección axial con una presión de alimentación de  $p = 15 \text{ kPa}$  (0,15 bar). La figura 2 muestra la precisión de la detección radial también con una presión de alimentación de  $p = 15 \text{ kPa}$  (0,15 bar).

Figura 141: Características de detectores de proximidad

Figura 1:

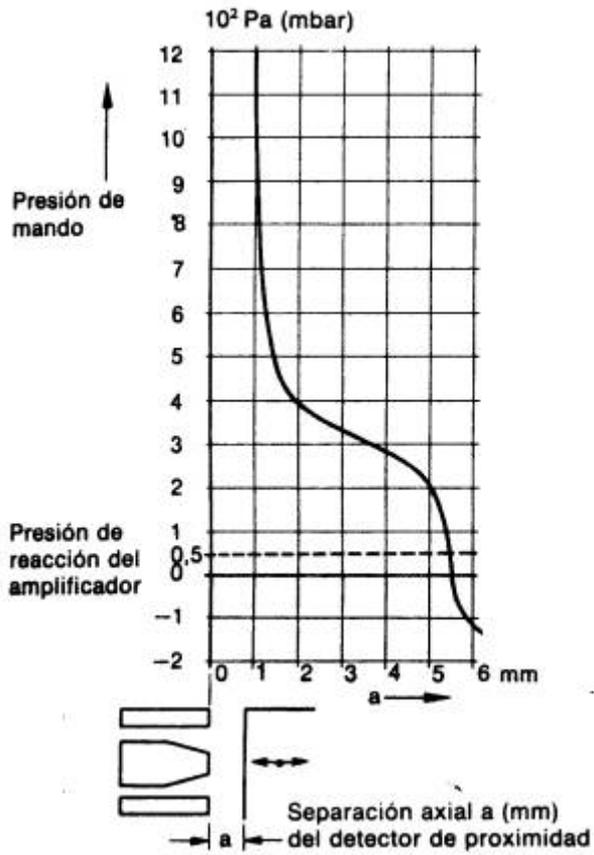
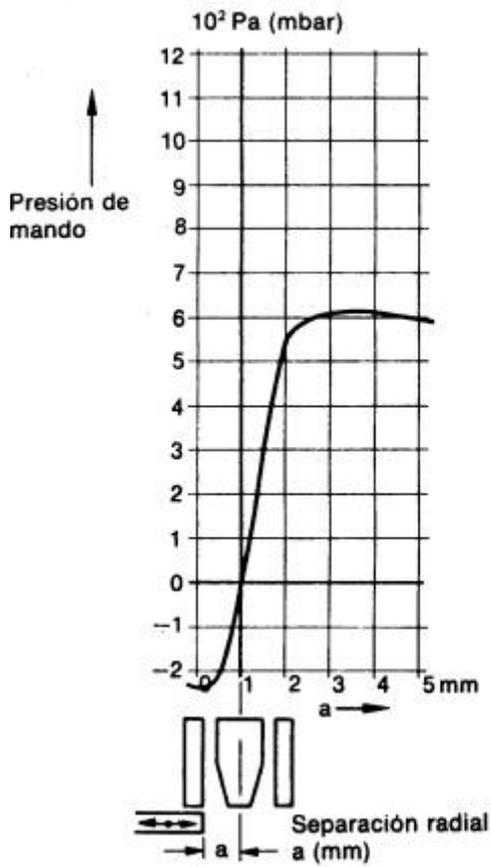


Figura 2:



## Tobera de aspiración por depresión

Esta tobera se emplea junto con la ventosa como elemento de transporte. Con ella se pueden transportar las más diversas piezas. Su funcionamiento se basa en el principio de Venturi (depresión).

La presión de alimentación se aplica a la entrada P. Por el estrechamiento de la sección, la velocidad del aire hacia R aumenta y en el empalme A, o sea, en la ventosa, se produce una depresión (efecto de succión).

Con este efecto se adhieren piezas y pueden transportarse. La superficie debe estar muy limpia, al objeto de alcanzar un buen efecto de succión.

## Cabezal de aspiración por depresión

El funcionamiento de este cabezal también se basa en el mismo principio (Venturi).

Se diferencia del elemento anterior en un depósito incorporado adicionalmente. Este depósito se llena de aire durante el proceso de succión. Al quitar la presión de la entrada, el aire de este depósito sale a través de una válvula de escape rápido, por encima de la ventosa, produciendo un golpe de presión y separando la pieza adherida a la ventosa.

Figura 142: Tobera de aspiración por depresión

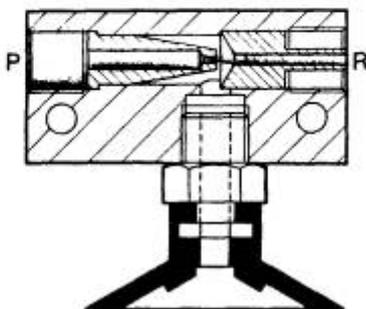
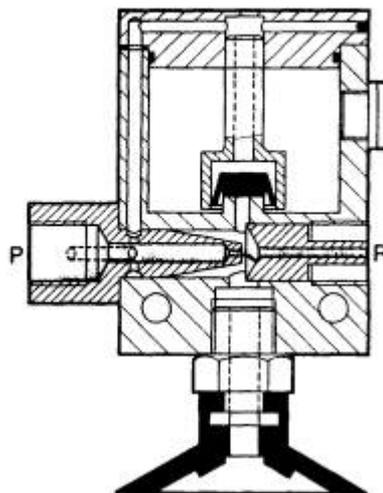
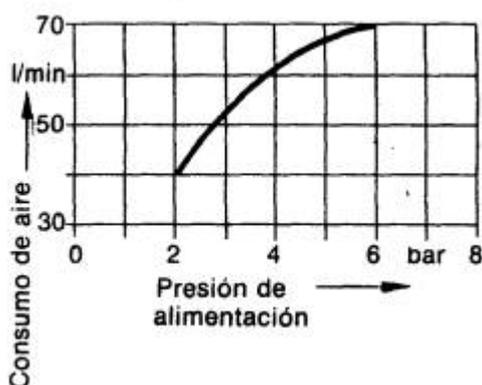
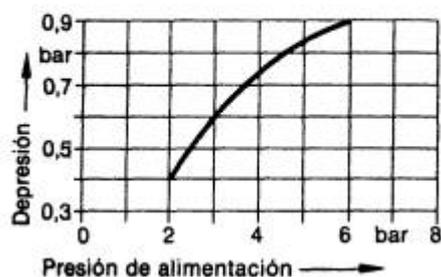


Figura 143: Cabezal de aspiración por depresión



#### Características:



Estos dos elementos tienen las ventajas siguientes:  
- Gran depresión - Favorable consumo de aire - Poco ruido

### ● 8.3 Detector por obturación de fuga

Una corriente continua de aire pasa por el empalme de alimentación P hasta la salida del detector (presiones de 10 a 800 kPa/0,1 a 8 bar). El estrangulador incorporado limita el caudal de flujo de aire.

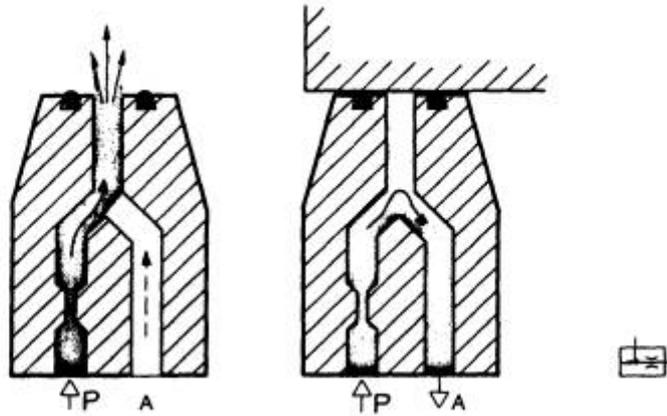
Al cerrar la fuga de aire, aparece una señal en la salida A. Estando completamente cerrada dicha fuga, la presión de la señal sube hasta alcanzar el valor de la presión de alimentación P. Generalmente no se necesita amplificarla.

Al objeto de que no se produzca una gran pérdida de aire, el detector por obturación de fuga se puede alimentar de aire únicamente cuando se debe dar una señal. Incorporando adicionalmente una válvula de estrangulación en el conducto de aire P, se puede ajustar exactamente la sensibilidad del detector.

Aplicación:

Emisor de señal en función del recorrido, como final de carrera o tope fijo. Es muy apropiado para utilizarlo como final de carrera y en el control de posiciones.

Figura 144: Detector por obturación de fuga



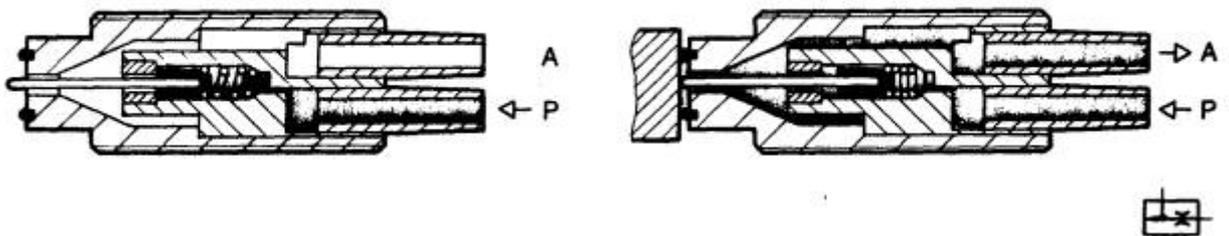
Detector por obturación de fuga con mando de taqué

Este detector, en comparación con la ejecución normal, tiene adicionalmente un taqué móvil con un elemento estanqueizador.

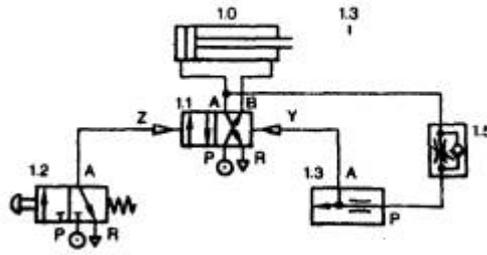
Cuando se acciona el taqué, no pasa aire de P hacia A. El aire comprimido escapa a la atmósfera, hasta que la tobera está completamente cerrada. No se forma una presión en A hasta que la tobera no está completamente cerrada.

Este taqué y el elemento de junta reducen considerablemente el consumo de aire.

Figura 145:



Esquema de circuito:



### Cilindro de conmutación sin contacto

En muchas máquinas e Instalaciones el colocar señalizadores (finales de carrera) representa un problema. A menudo falta espacio, el tamaño de los elementos es demasiado pequeño o los finales de carrera no deben tener contacto con suciedad, agua refrigerante, aceite, etc.

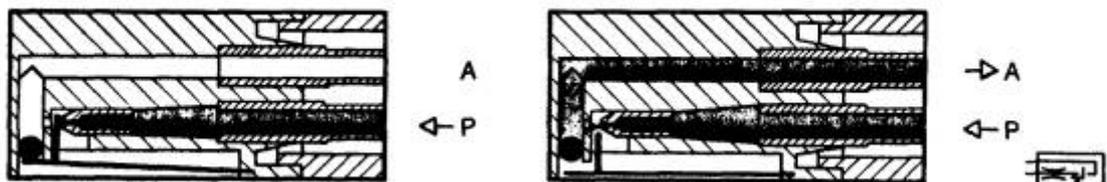
Estas dificultades pueden superarse en gran parte mediante interruptores neumáticos o eléctricos de proximidad.

### Interruptor neumático de proximidad

Este elemento corresponde en su funcionamiento a una barrera neumática. En un cuerpo está dispuesta una lengüeta de mando. Esta lengüeta interrumpe el paso de la corriente de aire de P hacia A. Al acercarse el émbolo con el imán permanente, la lengüeta es atraída hacia abajo y abre el paso de la corriente de P hacia A.

La señal en A es una señal de baja presión y, por eso, todavía tiene que ser amplificada. Al retirar el émbolo con el imán permanente, la lengüeta regresa a su posición inicial. El paso de P hacia A se cierra de nuevo.

Figura 146:



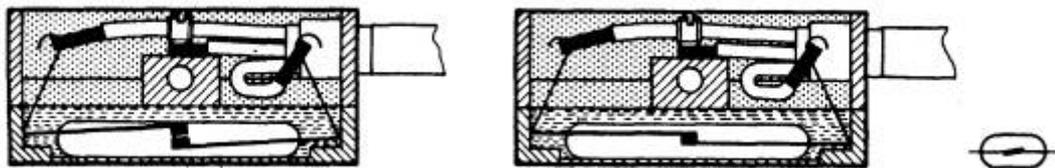
Interruptor eléctrico de aproximación

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

Cuando el émbolo con el imán permanente se acerca a las lengüetas de contacto, éstas son atraídas y se tocan repentinamente. Este contacto proporciona una señal eléctrica. Al retirar el émbolo, las lengüetas se desmagnetizan y vuelven a su posición final.

La velocidad de sobrepaso de ambos interruptores de aproximación depende de los elementos postconectados

Figura 147:



#### 8.4 Amplificador de presión (de una etapa)

Muchos de los elementos que hemos enseñado, tales como detectores de paso, detectores de proximidad, etc., trabajan con bajas presiones. Por lo tanto, las señales deben ser amplificadas.

El amplificador de presión es una válvula distribuidora 3/2, dotada de una membrana de gran superficie en el émbolo de mando.

Para mandos neumáticos que trabajan con baja presión y que tienen una presión de mando de 10 a 50 kPa (0,1 a 0,5 bar), se emplean amplificadores simples.

En la posición de reposo, el paso de P hacia A está cerrado. El conducto de A está en escapeo hacia R. A P puede aplicarse la presión normal (de hasta 800 kPa/8 bar). Al dar una señal X, la membrana recibe directamente presión. El émbolo de mando invierte su movimiento, y abre el paso de P hacia A. Esta señal obtenida en A se emplea para accionar elementos que trabajan con presiones altas. Al desaparecer la señal X, el émbolo de mando cierra el paso de P

hacia A; el conducto A se puede poner en escape a través de R. Este amplificador no necesita alimentación adicional.

### Amplificador de presión (de dos etapas)

Este elemento se compone de; amplificador anteriormente descrito y de un preamplificador. Se aplica en caso de que haya de trabajar con señales de presión de mando muy débiles.

No habiendo realizado ningún accionamiento, la válvula distribuidora 312 cierra el paso de P hacia A. En la entrada P, está presente aire continuo de alimentación (presión  $P_x$  10-20 kPa/0,1 - 0,2 bar); este aire sale por R, a la atmósfera (consumo continuo de aire). Cuando hay una señal en la entrada de mando X, la membrana del amplificador cierra el paso de aire de P, hacia R,. El aire comprimido de alimentación presente en  $P_x$  actúa por eso sobre la membrana de mando del amplificador. Debido a este contacto. el émbolo de mando abre el paso de P hacia A. Cuando desaparece la señal X, el muelle de compresión que actúa en la membrana y en el émbolo de mando cierra el paso de P hacia A. El aire comprimido de alimentación P, escapa entonces de nuevo a la atmósfera por R .

Figura 148: Amplificador

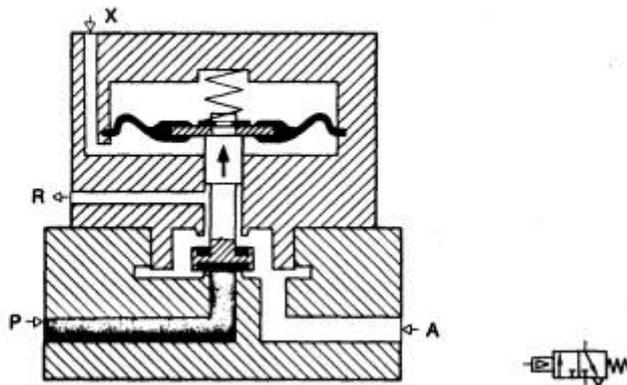
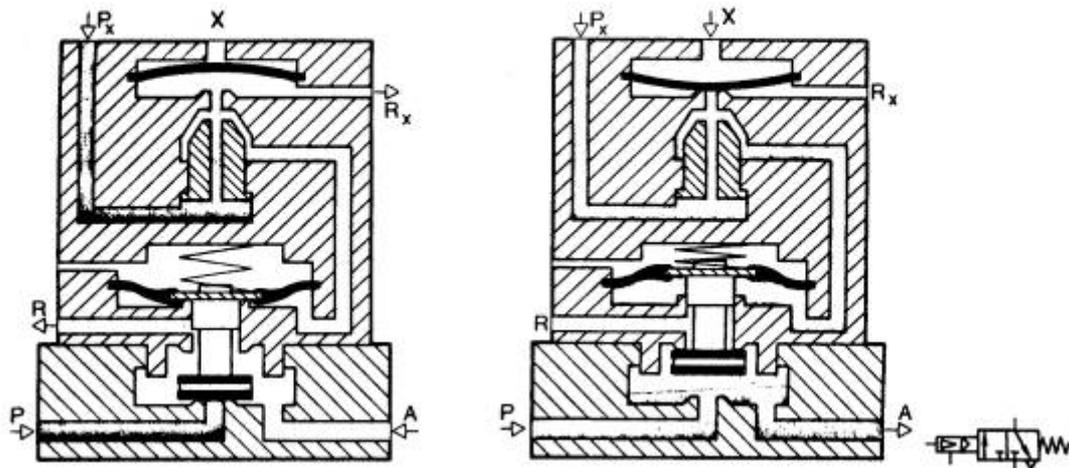


Figura 149: Amplificador de presión (con preamplificador)



## ● 9. Convertidor de señal neumático-eléctrico

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

### ● 9.1 Convertidor de señal

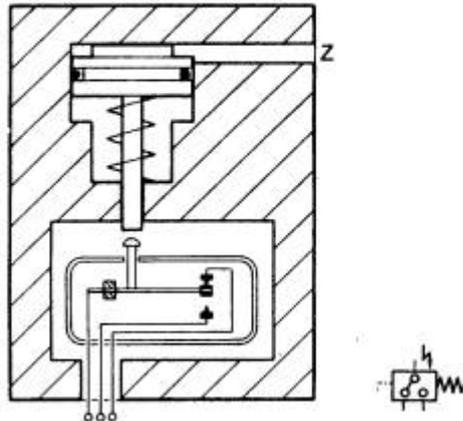
La combinación más simple es un interruptor final de carrera eléctrico, accionado por medio de un cilindro neumático de simple efecto.

Al aplicar aire comprimido al cilindro de simple efecto, éste conmuta el interruptor final de carrera. Los dos elementos están montados en un bloque. Según la conexión, el interruptor final de carrera puede emplearse como contacto normalmente abierto, normalmente cerrado o como conmutador.

La escala de presiones de esta combinación es de 60 a 1000 kPa (0,6 a 10 bar).

Para baja presión existen elementos especiales (con otro bloque) , que trabajan con una presión de reacción de 10 kPa ó 0,05 kPa (0,1 ó 0,0005 bar), respectivamente.

Figura 150: Convertidor de señal neumático-eléctrico



## 9.2 Contactor neumático

El contactor neumático se compone de:

- Cámara de conexiones (parte eléctrica)
- Cilindro de simple efecto (parte neumática)
- Embolo de mando

Las señales provenientes de mandos neumáticos pueden usarse para accionar directamente los contactores. Estos contactores convertidores de señal se pueden incorporar directamente en el mando neumático.

Estos contactores se utilizan para accionar elementos eléctricos (electroválvulas, acoplamientos electromagnéticos), vigilar neumáticamente piezas en la fabricación, desconectar Motores de accionamiento (detector de paso, detector de aproximación).

Mando o inversión de motores eléctricos:

Para invertir motores eléctricos o en casos de aplicación similares se utilizan pares de contactores reversibles. Al aplicar esta combinación es necesario asegurarse de que los contactos de ambos no estén nunca cerrados simultáneamente. Cuando un contactor está accionado, evita mediante un bloqueo neumático el accionamiento del otro contactor.

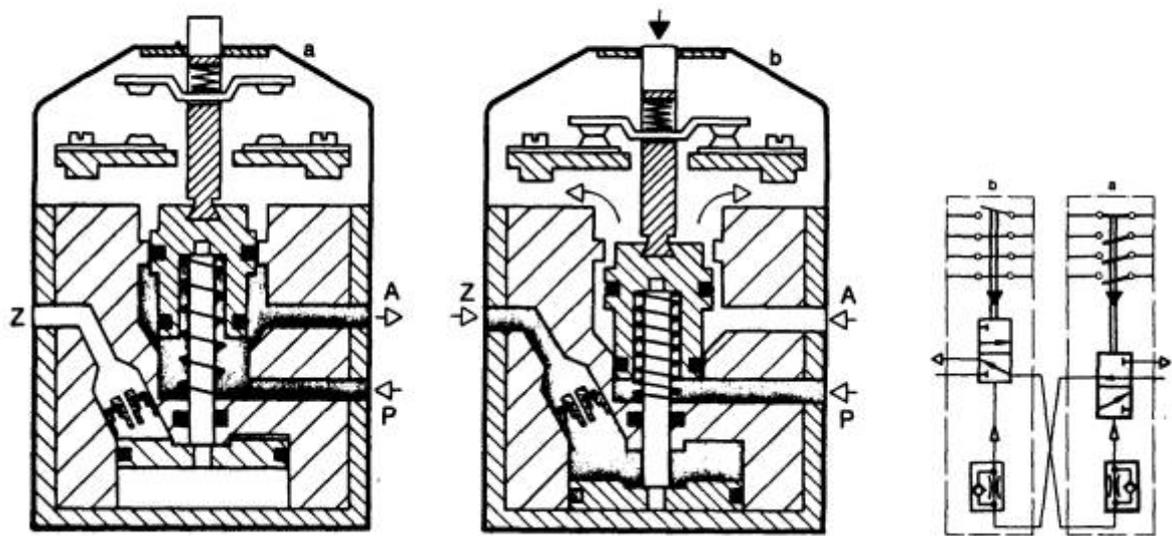
Funcionamiento:

Cuando en la entrada Z aparece una presión de mando (150-800 kPa/1,5-8 bar), el aire comprimido actúa sobre el cilindro de simple efecto.

En la cámara de conexiones se cierran los contactos. Para el bloqueo del otro contactor, el émbolo situado en el cilindro de simple efecto cierra el paso de aire de P hacia A.

Al disminuir la presión en Z, el cilindro de simple efecto abre los contactos y se dispone nuevamente de paso de P hacia A.

Figura 151: Contactor neumático

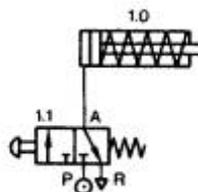


## 11 Esquemas básicos

### ● 11.1 Mando de un cilindro de simple efecto

Ejercicio:

El vástago de un cilindro de simple efecto debe salir al accionar un pulsador y regresar inmediatamente al soltarlo.



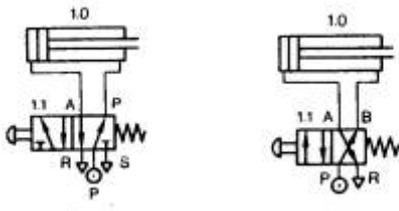
solución:

Para realizar este mando se precisa una válvula distribuidora 3/2 cerrada en posición de reposo. Al accionar dicha válvula, el aire comprimido pasa de P hacia A; el conducto R está cerrado. Por el efecto del muelle de reposición de la válvula, el cilindro es pone en escape de A hacia R; el empalme de alimentación P se cierra.

### ● 11.2 Mando de un cilindro de doble efecto

Ejercicio:

El vástago de un cilindro de doble efecto debe salir o entrar según se accione una válvula.



Solución:

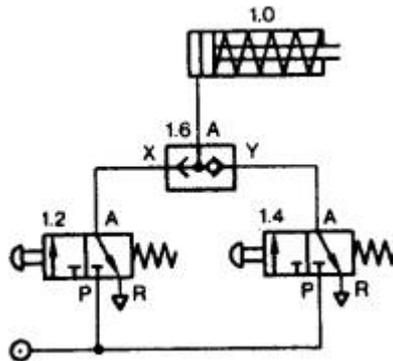
Este mando de cilindro puede realizarse tanto con una válvula distribuidora 4/2 como con una 5/2. La unión de los conductos de P hacia B y de A hacia R en la 4/2 mantiene el vástago entrado en la posición final de carrera. Al accionar el botón de la válvula se establece la unión de P hacia A y de B hacia R. El vástago del cilindro se mueve hasta la posición final de carrera. Al soltar el botón, el muelle recuperador de la válvula hace regresar ésta a la posición inicial. El vástago del cilindro vuelve a entrar hasta la posición final de carrera.

Si se emplea una válvula distribuidora 5/2, el escape se realiza por R ó S. Para regular la velocidad, basta incorporar válvulas de estrangulación.

### ● 11.3 Mando con selector de circuito

Ejercicio:

El vástago de un cilindro debe poderse hacer salir de dos puntos diferentes.

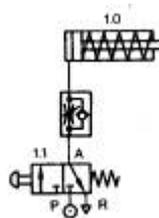


Al accionar la válvula 1.2 el aire comprimido circula de P hacia A, y en el selector de circuito de X hacia A y pasa al cilindro. Lo mismo ocurre cuando se invierte la válvula 1.4. En ausencia del selector, en el circuito arriba montado al pulsar 1.2 ó 1.4, el aire saldría por el conducto de escape de la otra válvula distribuidora 3/2, que no ha sido accionada.

### ● 11.4 Regulación de la velocidad en cilindro de simple efecto

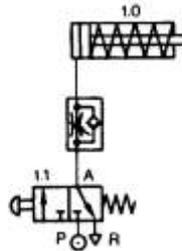
Ejercicio

Debe poderse regular la velocidad de salida del vástago de un cilindro de simple efecto.



Solución: En el caso de cilindros de simple efecto, la velocidad sólo puede aminorarse estrangulando el aire de alimentación.

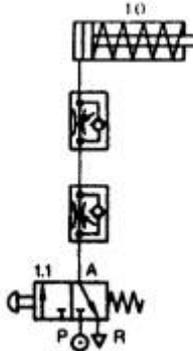
Ejercicio: Debe poderse ajustar la velocidad de retorno del vástago del cilindro.



solución: En este caso hay que aplicar forzosamente la estrangulación del aire de escape.

Ejercicio:

Debe poderse ajustar y aminorar separadamente la velocidad del vástago de un cilindro de simple efecto, en la salida y en el retorno.



Solución:

En este caso, para efectuar un ajuste exacto y separado se necesitan dos reguladores unidireccionales (válvulas antirretorno y de estrangulación).

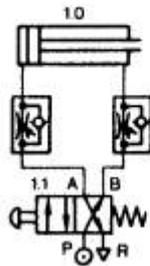
### ● 11.5 Regulación de la velocidad en cilindro de doble efecto

Ejercicio:

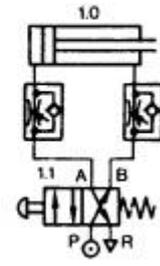
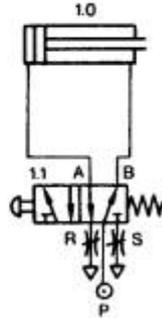
Debe poderse regular las velocidades de salida y

entrada del vástago de un cilindro de doble efecto.

a:



b:



Solución a:

Estrangulación del aire de escape, regulable separadamente para la salida y el retorno. Se produce una sacudida en el arranque hasta que se equilibran las fuerzas; luego se dispone empero de una mejor posibilidad de regulación (independientemente de la carga). Si se emplea una válvula distribuidora 5/2, es pueden disponer simples estranguladores en los empalmes de escape de la válvula.

Solución b:

Estrangulación del aire de alimentación, ajustable separadamente, para la salida y el retorno. El arranque es más suave, pero sin precisión en la regulación. No puede aplicarse si se trata de cargas de tracción. Se emplea cuando hay que empujar cargas con cilindros de pequeño volumen.

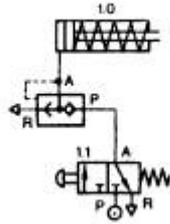
### ● 11.6 Aumento de la velocidad en cilindros de simple y doble efecto

Ejercicio a:

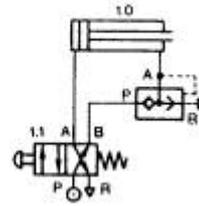
La velocidad de retorno del vástago de un cilindro de simple efecto ha de ser elevada por medio de una válvula de escape rápido.

Ejercicio b:

a:



b:



Ha de elevarse la velocidad de salida del vástago de un cilindro de doble efecto.

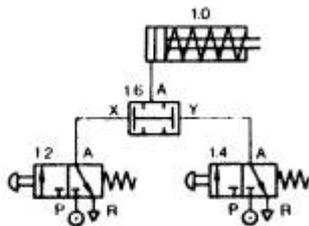
solución:

Al invertir la válvula 1.1, el aire debe escapar muy rápidamente de la cámara delantera del cilindro. La válvula de escape rápido hace salir el aire inmediatamente a la atmósfera. El aire no tiene que recorrer toda la tubería ni atravesar la válvula.

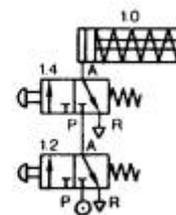
### ● 11.7 Mando con una válvula de simultaneidad

Ejercicio: El vástago de un cilindro de simple efecto ha de salir sólo cuando se accionan simultáneamente dos válvulas distribuidoras 3/2.

a:



b:



Solución a:

Al accionar las válvulas 1.2 y 1.4 se emiten señales a X e Y, y aire comprimido pasa al cilindro.

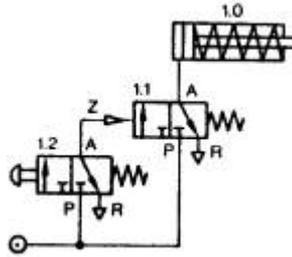
Solución b: Hay que accionar las válvulas 1.2 y 1.4 para que el vástago del cilindro de simple efecto pueda salir (montaje en serie).

### ● 11.8 Mando Indirecto de un cilindro de simple efecto

Ejercicio:

El vástago de un cilindro de simple efecto, de gran volumen (diámetro grande, carrera grande y tuberías largas) debe salir tras accionar una válvula y

regresar inmediatamente a su posición final de carrera al soltar dicha válvula.



Solución:

Al accionar la válvula 1.2, el aire pasa de P hacia A. La válvula 1.1 recibe una señal en Z, que la invierte. Los empalmes P y A se unen, y el vástago del cilindro sale.

## ● 12. Ejemplos prácticos

### ● 12.1 Ejercicio: Sujeción de piezas

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

Esquema de posición: Esquema de circuito:



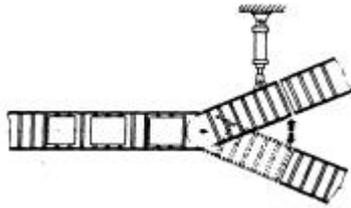
Solución:

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

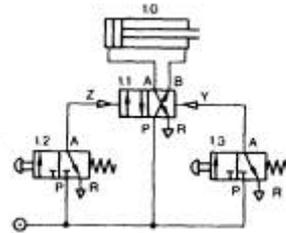
### ● 12.2 Ejercicio: Distribución de cajas

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

Esquema de posición:  
circuito:



Esquema de



Solución:

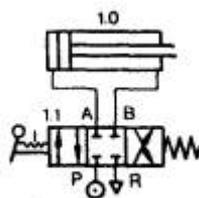
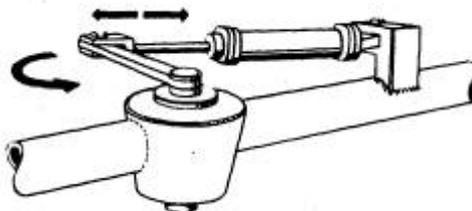
Al accionar la válvula 1.2, la 1.1 se invierte por la entrada de pilotaje Z. El cilindro de doble efecto desplaza la bancada de la cinta de rodillos a la segunda posición. Esta se conserva hasta que se da la siguiente señal por medio de la válvula 1.3.

### 12.3 Ejercicio: Accionamiento de una válvula dosificadora

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

Esquema de posición:  
circuito:

Esquema de



Solución:

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

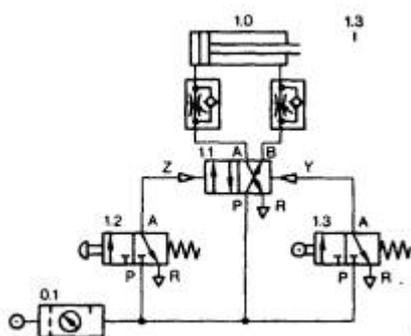
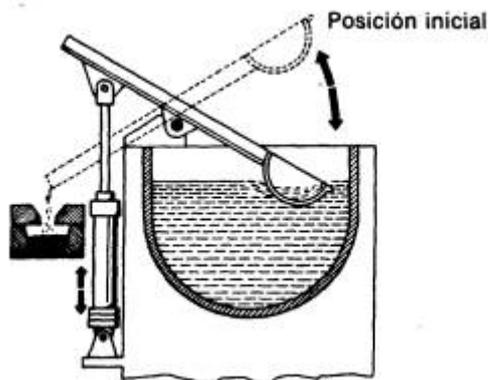
### ● 12.4 Ejercicio: Accionamiento de una cuchara de colada

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

Esquema de posición:

Esquema de

circuito:



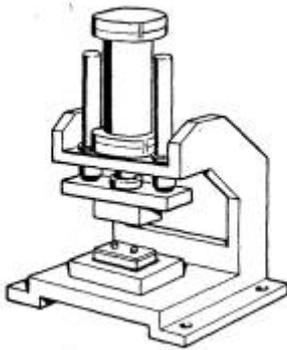
Solución:

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

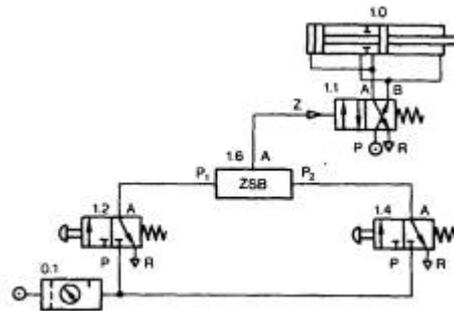
## ● 12.5 Ejercicio: Remachado de placas

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

Esquema de posición:



Esquema de circuito:



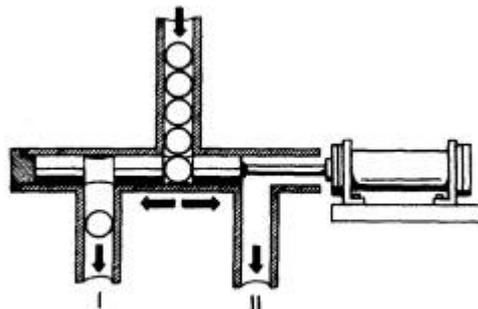
solución:

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

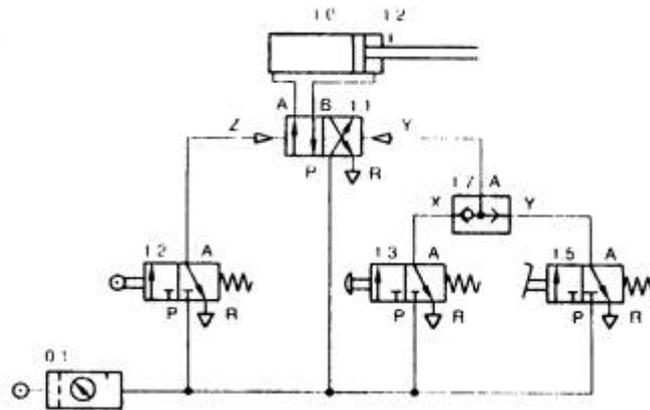
## ● 12.6 Ejercicio: Distribución de bolas de un cargador por gravedad

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

Esquema de posición:



Esquema de circuito:



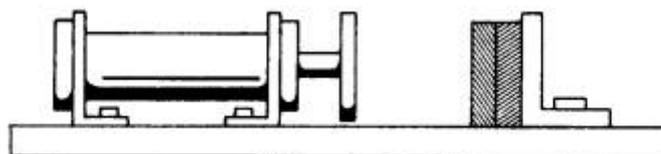
solución:

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

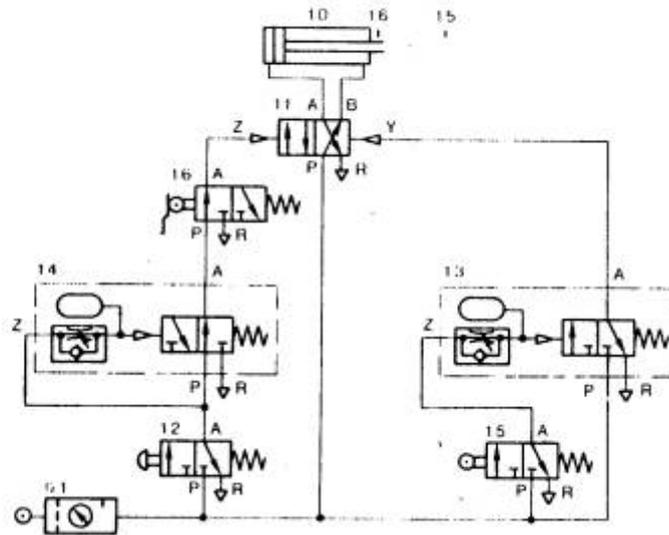
### ● 12.7 Ejercicio: Dispositivo para pegar piezas de plástico

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

Esquema de posición:



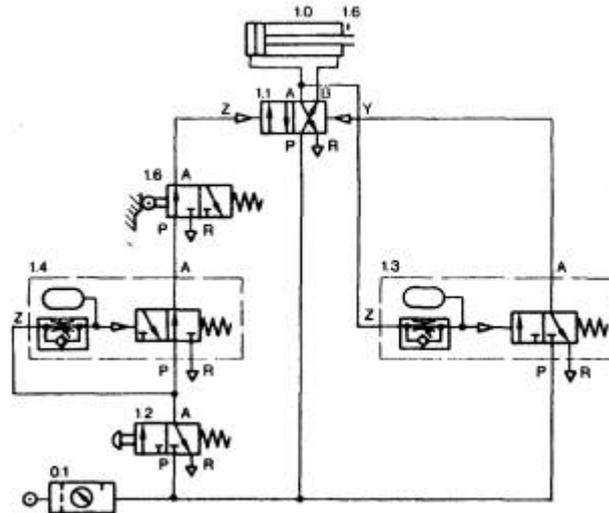
**Esquema de circuito:**



solución a:

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

**Esquema de circuito:**



Solución b:

Sin control en la posición final de carrera.

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

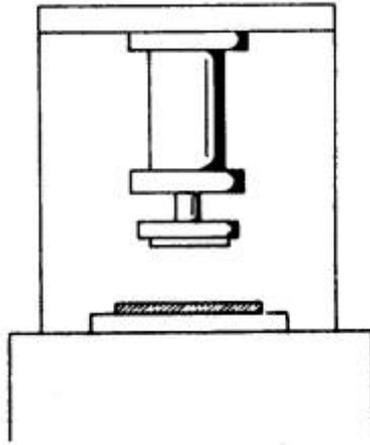
Ventaja: Se ahorra una válvula

Desventaja: Menos seguridad (se realiza la inversión sin la seguridad de que el cilindro haya recorrido toda su carrera).

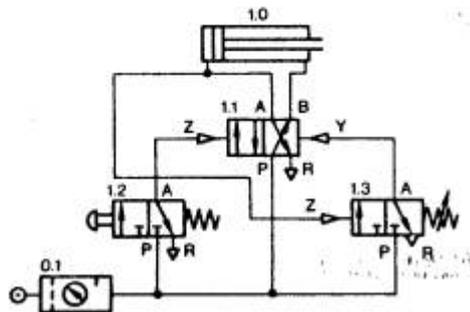
### ● 12.8 Ejercicio: Estampado de reglas de cálculo

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

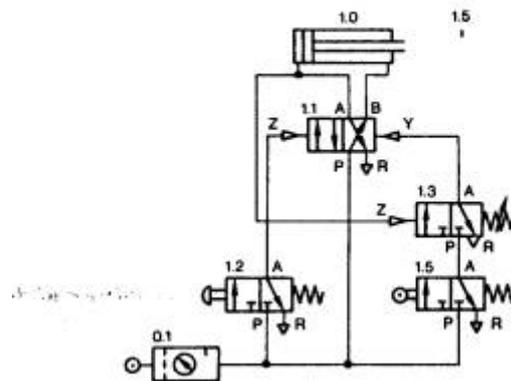
Esquema de posición:



**Esquema de circuito a:**



**Esquema de circuito b:**



solución a:

Todas las válvulas se alimentan de aire comprimido desde la unidad de mantenimiento 0.1. El pulsador 1,2 invierte la válvula distribuidora 1.1 por Z. El cilindro estampa la regla de cálculo. En el conducto de trabajo A aumenta la presión necesaria para estampar. Una vez alcanzada la presión ajustada en la válvula de secuencia 1.3, se invierte la válvula

distribuidora 3/2. La 1.1 se Invierte por Y, y el cilindro de estampación vuelve a su posición inicial.

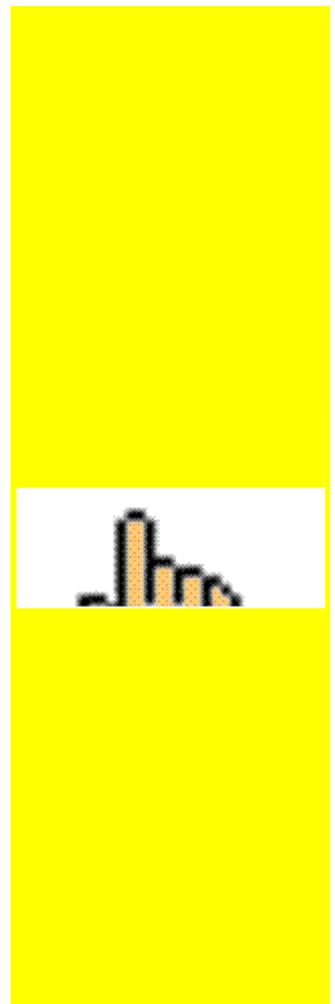
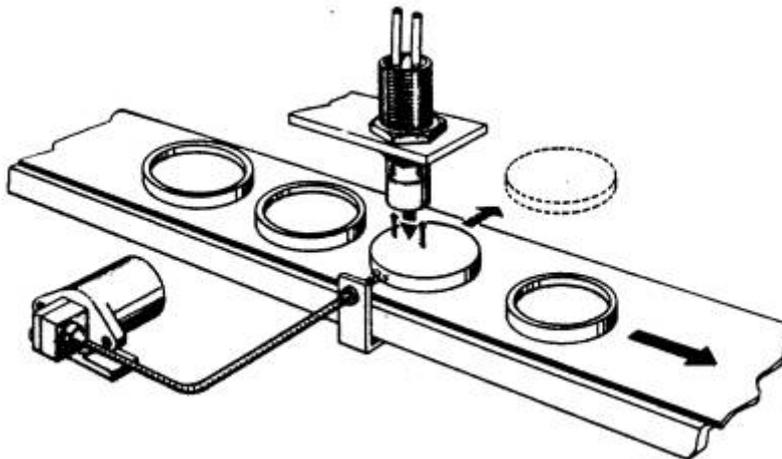
Solución b:

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

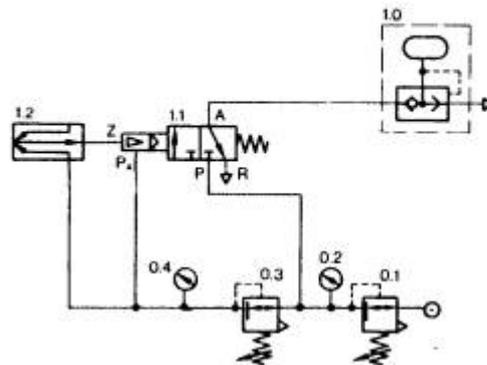
### 12.9 Ejercicio: Control de tapas para vasos de requesón

Sobre una cinta se llevan las tapas hasta la máquina de embalaje. Las tapas tienen que estar correctamente colocadas sobre la cinta. Un detector de proximidad controla cada una de ellas. Un expulsor recibe una señal cuando una tapa está mal colocada y expulsa ésta de la cinta.

Esquema de posición:



### Esquema de circuito:



solución:

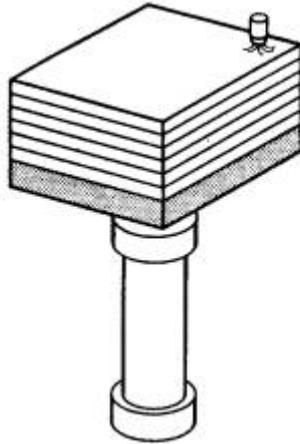
El aire comprimido entra por el regulador 0.1. La válvula 1.1 está abierta en posición de reposo. El depósito del expulsor está lleno de aire comprimido. El regulador 0.3 reduce la presión normal a baja presión. Cuando una de las tapas está mal colocada, la válvula 1.1 recibe una señal a través del detector de proximidad, se invierte y el expulsor echa la pieza fuera de la cinta.

### ● 12.10 Ejercicio: Apilado de tableros de madera

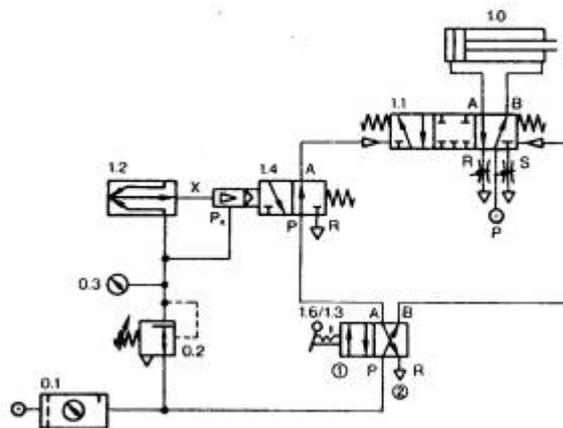
Los tableros de madera, pesados, deben introducirse manualmente en un dispositivo, en que han de ser trabajados. Para poderlos colocar con más facilidad, se pregunta la distancia exacta por medio de un detector de proximidad.

Al retirar un tablero de la pila, el cilindro levanta los otros tableros automáticamente hasta su posición correcta. Cuando los tableros se agotan, una válvula hace regresar el cilindro.

Esquema de posición:



**Esquema de circuito:**



**Solución :**

Los elementos se alimentan de aire comprimido limpio a través de la unidad de mantenimiento 0.1. El detector de proximidad 1.2 y el amplificador 1.4 reciben baja presión a través del regulador 0.2.

El cilindro 1.0 se halla en posición básica cuando el vástago está en la posición final trasera, hallándose la válvula 1.6/1.3 en la posición 2. El vástago del cilindro sale (hasta su posición final delantera) al colocar sobre el cilindro los tableros de madera y ajustar en dicha válvula la posición 1.

El detector de proximidad 1.2 sirve para detectar siempre una distancia uniforme. Al alcanzar ésta entro el detector 1.2 y los tableros de madera, se conecta la válvula amplificadora 1.4. Esta válvula se invierte cerrando el paso al retirar la señal Z de la válvula 1.1; el cilindro permanece en la posición en que se encuentra. Cuando se retira otro tablero, la válvula 1.1 establece de nuevo la misma distancia. Una vez agotados los tableros, en la

posición 2 de la válvula 1.6/1.3 , el vástago del cilindro se desplaza hasta su posición inicial.