



## 01 - Conceptos básicos de la neumática

- La presión y el vacío
- Ley Boyle/Mariotte
- Ley Gay/Lussac
- Características del flujo
- Coeficientes "C" y "b"
- Coeficiente Kv
- Caudal nominal Q.Nn



# Conceptos básicos de la neumática

## PRESIÓN

La presión es la relación entre una fuerza y la superficie sobre la que se aplica

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

Unidad de medida del sistema internacional:  $P = \frac{N \text{ (Newton)}}{m^2} = Pa \text{ (Pascal)}$

Siendo el Pa una unidad muy pequeña se prefiere utilizar el bar: **1bar = 10<sup>5</sup>Pa (100kPa)**

(para las tablas de conversión de la presión en otras unidades de medida, ver página 3.1)

**Presión atmosférica:** es la presión que ejerce el aire presente en la atmósfera sobre la superficie terrestre.

A 20° C, con 65 % de humedad, sobre el nivel del mar, la presión atmosférica corresponde a 1,013 bar y varía en función de la altitud. En los cálculos este valor se redondea a 1 bar sin considerar la altitud.

**Presión relativa:** es la presión que viene indicada por los instrumentos en los circuitos neumáticos.

**Presión absoluta:** es la suma de las presiones atmosférica y relativa (utilizada para el cálculo del consumo de los cilindros).



## VACÍO

Se entiende como un espacio o un volumen cerrado privado de materia. Se tiene vacío cuando el valor de la presión es inferior a la atmosférica y se define como vacío absoluto cuando la presión absoluta y la atmosférica son iguales a cero.

Unidades de medida: El vacío se expresa como presión negativa en diversas unidades de medida: bar, Pa, Torr, mmHg, % de vacío.

Campo de empleo: - hasta el 20 % de vacío para ventilación, enfriamiento, limpieza.

- del 20 % al 99 % "Vacío industrial" para elevación, manipulación, automatización
- Más del 99 % "Vacío de procesos" para laboratorios, elaboración de microchips, revestimientos con depósitos moleculares...

## LEY DE BOYLE - MARIOTTE

A temperatura constante, el volumen de un gas perfecto encerrado en un recipiente, es inversamente proporcional a la presión absoluta.

Por tanto, para una determinada cantidad de gas el producto del volumen por la presión absoluta es constante.

$$P1 \times V1 = P2 \times V2 = P3 \times V3 = \text{etc.}$$

## LEY DE GAY Y LUSSAC

- a **presión** constante

$$V1 : V2 = T1 : T2$$

el volumen de una determinada cantidad de gas es directamente proporcional a la **temperatura\***

- a **volumen** constante

$$P1 : P2 = T1 : T2$$

la presión de una determinada cantidad de gas es directamente proporcional a la **temperatura\***  
(\*en grados absolutos Kelvin: 0° C = 273° K)

En base a todo esto se deduce que **para llenar** por ejemplo **la cámara de un cilindro son necesarios tantos litros de aire como los que contiene la misma cámara multiplicados por la presión** (a temperatura constante)

Una eventual variación de la temperatura que se verificase durante la fase de llenado, no variaría sustancialmente el valor obtenido (V.P) porque si entre la temperatura del aire de red y la temperatura del aire en el cilindro hubiera 20° C de diferencia, se tendría, aplicando la ley de GAY y LUSSAC:

- hipótesis de cámara del cilindro con volumen 100 l.

$$V1 : V2 = T1 : T2$$

- temperatura aire de red 30° C a 6 bar de presión.

$$V2 = \frac{100 \times 283}{303} = 93,4l.$$

- temperatura aire en el cilindro 10° C (final)

$$100 : V2 = 273 + 30 : 273 + 10$$

Del mismo modo para la presión:

$$P1 : P2 = T1 : T2$$

$$6 : P2 = 273 + 30 : 273 + 10$$

$$P2 = \frac{6 \times 283}{303} = 5,6 \text{ bar}$$

En los dos casos como se ve existe una variación a menos de solamente el 6,6%.

Para el cálculo del consumo de aire en litros minuto de un cilindro, ver sección 8

# Conceptos básicos de la neumática

## Características del flujo

Cada cilindro, para realizar un determinado empuje y conseguir la carrera en el tiempo requerido, necesita de un determinado caudal que atraviese la válvula de mando.

Es necesario por tanto conocer las leyes del flujo de las válvulas, o sea, las relaciones existentes entre las presiones, caídas de presión y caudales, para comprobar que una válvula está en condiciones de suministrar, a la presión de alimentación prefijada, el flujo requerido por el cilindro con una caída de presión admisible.

Para esta verificación no es necesario tener datos precisos de funcionamiento.

Estos casos vienen presentados de manera diversa, según varias normas y varios métodos experimentales de medida, y consisten sobre todo en coeficientes numéricos que aplicados a oportunas fórmulas definen muy aproximadamente el caudal de las válvulas.

Para comprender el significado de estas fórmulas es necesario examinar cual es el movimiento del flujo en las válvulas neumáticas.

Supongamos que tenemos una válvula alimentada con una presión absoluta a monte  $P_1$  constante y conectamos la utilización de válvula a un regulador de flujo.

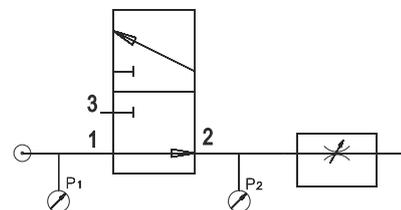
Condiciones iniciales: regulador de flujo cerrado

- caudal nulo ( $Q=0$ )

- presión a valle igual a la presión a monte ( $P_2=P_1$ )

Condiciones intermedias: regulador de flujo en apertura

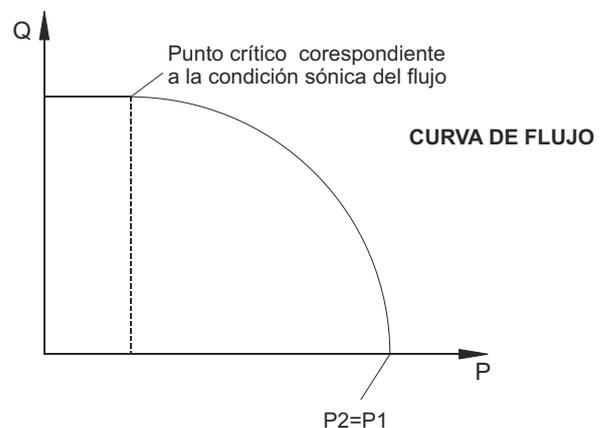
Abriendo progresivamente el regulador de flujo se tendrá una caída de la  $P_2$  y un aumento de caudal hasta un punto crítico a partir del cual, incluso abriendo el regulador de flujo, el caudal permanece constante. El punto crítico corresponde a la condición sónica del flujo.



Condiciones finales: regulador de flujo completamente abierto

- caudal máximo (permanece constante a partir del punto crítico)

- presión a valle  $P_2=0$



Al variar  $P_1$  las curvas mantienen el mismo comportamiento y se desplazan a campos de caudal superiores o inferiores según suba o baje  $P_1$ . En el segundo caso podría faltar el tramo horizontal con flujo de la válvula que no alcance el punto crítico. La línea que mayormente interesa en el uso corriente de las válvulas neumáticas es la línea subsónica anterior al logro de las condiciones críticas del flujo. De esta línea se derivan diversas expresiones que se aproximan al curso efectivo y que permiten expresar de modo simple el flujo, utilizando coeficientes experimentales.



# Conceptos básicos de la neumática

## COEFICIENTE DE VÁLVULA "C" Y "b"

La recomendación CETOP RP50P (tomada de la normativa ISO 6358) nos da una expresión del caudal en base a dos coeficientes experimentales:

- La conductibilidad "C"
- Relación crítica de la presión "b"

**La conductividad  $C = Q^*/P_1$**  es la relación entre el caudal máximo Q y la presión absoluta de la entrada  $P_1$  en condiciones de flujo sónico y una temperatura del aire de 20°C.

**El grado crítico  $b = P^*/P_1$**  es la correlación entre la presión absoluta de salida  $P_2$  y la presión absoluta de entrada  $P_1$  por el que el flujo se hace sónico.

La fórmula que representa una aproximación de tipo elíptico de la relación que existe entre la presión y el caudal es la siguiente:

$$Q_N = C \cdot P_1 \cdot K_t \cdot \sqrt{1 - \left(\frac{r-b}{1-b}\right)^2} \quad [1]$$

donde:  $Q_N$  ( $\text{dm}^3/\text{s}$ ) es el caudal expresado en condiciones normales correspondientes a 1,013 bar y 20°C;

$C$  ( $\frac{\text{dm}^3}{\text{s} \cdot \text{bar}}$ ) es la conductividad de la válvula;

$P_1$  (bar) es la presión absoluta de alimentación en bar;

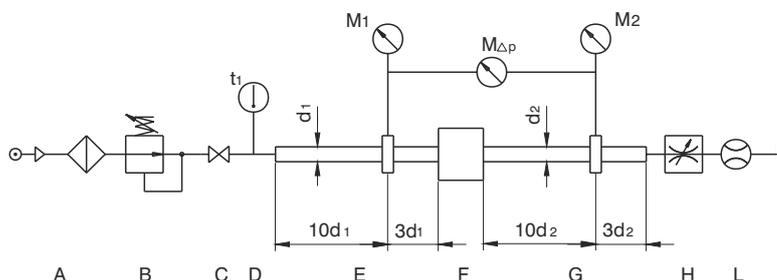
$r$  es la relación entre presión de la válvula y la presión de punta ( $P_2/P_1$ );

$b$  es la relación crítica de las presiones;

$K_t = \sqrt{293/T_1}$  es un factor correctivo que tiene en cuenta la temperatura absoluta de entrada  $T_1$ ;

$T_1 = 273 + t_1$  (°K) es la temperatura absoluta ( $t_1$  es la temperatura en °C).

La determinación experimental de los coeficientes "C" y "b" de la válvula se efectúa con aire comprimido de acuerdo con procedimientos estandarizados y utilizando el circuito de prueba reflejado a continuación.



Circuito de prueba CETOP

- A Fuente de aire comprimido.
- B Reductor de presión para la regulación de la presión de cresta  $P_1$ .
- C Llave de paso.
- D Medidor de la temperatura de entrada  $t_1$ , situado en la zona en la que el flujo lleva baja velocidad.
- E Tubo de medición de la presión en cresta.
- F Válvula de prueba.
- G Tubo de medida de la presión a valle.
- H Regulador de caudal para variar la presión de salida  $P_2$ .
- L Medidor de caudal.
- $M_1, M_2$  Instrumentos de medida de las presiones respectivas de entrada y salida.
- $M_{\Delta P}$  Instrumentos de medida de la caída de presión en el caso de que  $P_1 - P_2 < 1$  bar.

En particular, para la medida de las presiones a monte y a valle de las válvulas es necesario utilizar tubos de medida previstos por la norma, cuyas dimensiones varían en función de las conexiones roscadas de la válvula, y en los puntos de medida de la presión se encuentran en una posición muy precisa en función del diámetro interno del tubo.

La conductividad "C" se determina con la fórmula siguiente, midiendo el caudal crítico  $Q^*$  que atraviesa la válvula con una presión en cresta  $P_1$  constante y superior a 3 bar absolutos y con una temperatura del aire de entrada  $T_1$ .

$$C = \frac{Q^*}{P_1 \cdot K_t} \quad [2]$$

# Conceptos básicos de la neumática

La relación crítica de las presiones “b” se determina teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

$$b = 1 - \frac{\Delta P}{P_1 \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{Q'}{Q^*} \right)^2} \right]} \quad [3]$$

Para una determinada presión  $P_1$  constante, se mide el caudal  $Q'$  correspondiente a una caída de presión  $\Delta P = P_1 - P_2 = 1$  bar.

Para determinar la relación crítica “b”, se utiliza la fórmula [3] porque experimentalmente no es fácil probar con precisión  $P_2$  por la que el flujo se hace sónico.

Tanto los valores de la conductibilidad “C” como los de la relación crítica “b” se obtienen como media entre los datos experimentales de numerosas pruebas. La fórmula [1] se utiliza, conocidos los coeficientes “C” y “b” y las condiciones operativas de la válvula ( $P_1, P_2, T_1$ ), para calcular el caudal cuando el régimen es subsónico  $P_2 > b \cdot P_1$ .

En las condiciones sónicas,  $P_2 \leq b \cdot P_1$ , la fórmula [1] se simplifica y el caudal máximo se obtiene de:

$$Q^* = C \cdot P_1 \cdot k_t \quad [4]$$

## COEFICIENTE HIDRÁULICO $K_v$

El coeficiente hidráulico permite calcular el caudal de líquido que atraviesa una válvula utilizando la siguiente relación:

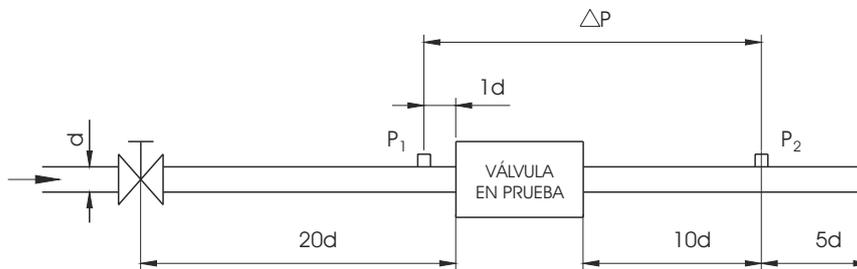
$$Q = K_v \sqrt{\frac{\Delta p}{\rho}} \quad (\text{l/min}) \quad [5]$$

donde:

- Q es el caudal del líquido en l/min
- $\Delta p$  es la caída de presión a través de la válvula en bar ( $P_1 - P_2$ )
- $\rho$  Es la densidad del líquido en  $\text{Kg}/\text{dm}^3$
- $K_v$  el coeficiente hidráulico en  $\frac{\text{l}}{\text{min}} \left( \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3 \cdot \text{bar}} \right)^{1/2}$

Con esta unidad el coeficiente de flujo “ $K_v$ ” representa el caudal de agua en litros por minuto que atraviesa la válvula con una pérdida de carga de 1 bar.

Para la medida se utiliza un circuito estandarizado en el que las tomas de presión se encuentran en posiciones fijas del diámetro “d” interno del tubo (Norma VDE/VDI 2173).



### Circuito hidráulico

En algunos casos el caudal se mide en  $\text{m}^3/\text{h}$ , al que corresponde un  $K_v$ ,

en este caso para obtener el  $K_v \frac{\text{l}}{\text{min}} \left( \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3 \cdot \text{bar}} \right)^{1/2}$  basta multiplicar el valor del  $K_v$  en  $\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \left( \frac{\text{kg}}{\text{dm}^3 \cdot \text{bar}} \right)^{1/2}$

por el coeficiente numérico 16,66.

La utilización del coeficiente hidráulico  $K_v$  es perfectamente idóneo para definir el caudal del líquido, mientras que nos aporta valores aproximados en el caso del aire comprimido.

La transferencia del caso hidráulico al del aire puede ser sin embargo hecho temiendo en cuenta la variación de densidad y con las hipótesis de que el aire produzca los mismos efectos que los del agua, con análogas pérdidas y contracciones del flujo.

Se pueden por tanto obtener expresiones válidas para el aire comprimido utilizando los mismos coeficientes del caudal medidos con agua.

# Conceptos básicos de la neumática

Entre varias fórmulas que nos dan el caudal QN que atraviesa una válvula para una presión P1 absoluta de entrada constante al variar la P2 absoluta a valle, se encuentra la siguiente:

$$Q_N = 28,6 \cdot K_v \sqrt{P_2 \cdot \Delta P} \sqrt{\frac{T_n}{T_1}} \quad [6]$$

donde:

- Qn es el caudal volumetrico en l/min;
- Kv es el coeficiente hidráulico en  $\frac{l}{min} \left( \frac{kg}{dm^3 \cdot bar} \right)^{1/2}$
- Tn es la temperatura absoluta de referencia;
- T1 es la temperatura absoluta de entrada en °K;
- P2 es la presión absoluta de salida en bar;
- ΔP es la caída de presión P1 - P2 en bar.

La ecuación [6] es válida hasta un valor de  $\Delta P = \frac{P_1}{2}$  o sea  $P_2 = \frac{P_1}{2}$

Para los valores de P2 inferiores se asume un caudal constante correspondiente a la sónica Q\*N dada por la fórmula:

$$Q^*_N = 14,3 \cdot K_v \cdot P_1 \sqrt{\frac{T_n}{T_1}} \quad [7]$$

## CAUDAL NOMINAL QNn

El caudal nominal es el flujo en volumen (expresado en las condiciones normales) que atraviesa la válvula con una presión relativa de entrada P1 = 6 bar (7 bar absolutos) y con una caída de presión de 1 bar, correspondiente a una presión relativa de salida P2 = 5 bar (6 bar absolutos). Habitualmente el caudal nominal viene dado en l/min y puede ser fácilmente obtenido por la curva experimental del flujo trazada para una presión en cresta de 6 bar relativos. El caudal nominal puede ser útil para una primera valoración de las prestaciones de las distintas válvulas, pero es directamente utilizable solo si las condiciones de empleo son afines a las mismas. Para poder comparar válvulas cuyas prestaciones están dadas con coeficientes distintos se pueden utilizar fórmulas de paso. Conocidos coeficientes "C" y "b" el correspondiente valor del caudal nominal se puede obtener de la fórmula:

$$Q_{Nn} = 420 \cdot C \cdot \sqrt{1 - \left( \frac{0,857 - b}{1 - b} \right)^2} \quad [8]$$

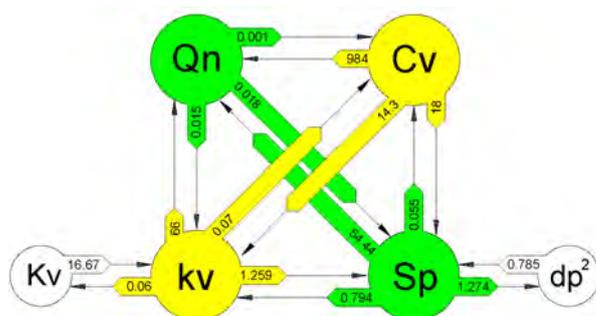
donde: QNn = es en l/min y C en  $\frac{dm^3}{s \cdot bar}$

La relación entre el coeficiente hidráulico KV y el correspondiente del caudal nominal es la siguiente:

$$Q_{Nn} = 66 K_v$$

donde: QNn es en l/min y KV en  $\frac{l}{min} \left( \frac{kg}{dm^3 \cdot bar} \right)^{1/2}$  [9]

Tabla conversiones



Qn	Caudal nominal	l/min
kv		l/min
Kv	Coeficiente hidráulico	m³/hora
Cv		galones USA/min
Sp	Sección nominal de paso	mm²
dp²	Diámetro² Nominal de paso *	mm⁴

\* para obtener el diámetro dp (mm²) ejecutar la raíz cuadrada de dp²



## 02 - Normativas

- Grado de protección IP
- Atex
- Homologación  **us**



## Grados de protección para bobinas o solenoides con conector

Por grado de protección se entiende la capacidad intrínseca de proteger y protegerse de un aparellaje eléctrico contra contactos accidentales o penetraciones de partículas sólidas y agua. Se define con la sigla "I.P." seguida de 2 números; el primero, del 0 al 6, clasifica la protección de contactos accidentales y penetraciones de polvo, el segundo, del 0 al 8, la protección contra el agua.

La tabla abajo reseñada describe los grados previstos.

### Grados de protección contra los contactos accidentales y la penetración de cuerpos sólidos extraños

Primera cifra	Protección	Explicación
	Denominación	
0	Ninguna protección	Ninguna especial protección para las personas contra contactos accidentales con partes bajo tensión o bien partes en movimiento. Ninguna protección de los aparellajes contra la penetración de cuerpos sólidos extraños.
1	Protección contra la penetración de cuerpos sólidos de grandes dimensiones.	Protección contra contactos accidentales de grandes superficies con partes bajo tensión o bien en movimiento en el interior de los aparellajes, p. ej. contactos con las manos, pero ninguna protección contra el acceso voluntario a estas partes. Protección de los aparatos contra la penetración de cuerpos sólidos con un diámetro superior a 50 mm.
2	Protección contra la penetración de cuerpos sólidos de tamaño medio.	Protección contra contactos de los dedos con partes bajo tensión o bien en movimiento en el interior de los aparatos. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos con un diámetro superior a 12 mm. p. ej. un dedo de la mano.
3	Protección contra la penetración de cuerpos sólidos de pequeñas dimensiones.	Protección contra contactos de utensilios, cables o similares con un espesor superior a 2,5 mm. con partes bajo tensión o bien en movimiento en el interior de los aparatos. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos con un diámetro superior a 2,5 mm. p. ej. herramientas, hilos.
4	Protección contra la penetración de cuerpos sólidos de muy pequeñas dimensiones.	Protección contra contactos de utensilios, cables o similares con un espesor superior a 1 mm. con partes bajo tensión o bien en movimiento en el interior de los aparatos. Protección contra la penetración de cuerpos sólidos con un diámetro superior a 1 mm. p. ej. herramientas finas, cables delgados.
5	Protección contra depósitos de polvo.	Protección completa contra contactos con medios de cualquier género de las partes bajo tensión o bien en movimiento en el interior de los aparatos. Protección contra depósitos de polvo. La penetración del polvo no es totalmente suprimida pero se reduce de tal modo que asegura el buen funcionamiento del aparato.
6	Protección contra la penetración del polvo.	Protección completa contra contactos con medios de cualquier género de las partes bajo tensión o bien en movimiento en el interior del aparato. Protección total contra la penetración del polvo.

### Grados de protección contra la penetración del agua

Segunda cifra	Protección	Explicación
	Denominación	
0	Ninguna protección	Ninguna protección particular.
1	Protección contra gotas de agua con dirección perpendicular.	Las gotas de agua que caen perpendicularmente, no deben tener ningún efecto nocivo.
2	Protección contra gotas de agua con dirección oblicua.	Las gotas de agua que caen con una inclinación cualquiera hasta a 15° con respecto a la vertical, no deben tener ningún efecto nocivo.
3	Protección contra goteo continuo de agua.	El agua que cae con una inclinación cualquiera hasta 60° con respecto a la vertical no debe tener ningún efecto nocivo.
4	Protección contra pulverización de agua.	El agua pulverizada en cualquier dirección contra el aparato no debe tener ningún efecto nocivo.
5	Protección contra chorros de agua.	El chorro de agua lanzado en cualquier dirección contra el aparato no debe tener ningún efecto nocivo.
6	Protección contra inundaciones.	El agua que penetra en un aparato a causa de una inundación o un temporal, p. ej. con mar agitado no debe tener ningún efecto nocivo.
7	Protección contra la inmersión.	El agua no debe penetrar en tal cantidad que anegue el aparato en caso de inmersión del mismo durante tiempos y presiones preestablecidas.
8	Protección contra la sumersión.	El agua no debe penetrar en cantidad que anegue el aparato en caso de sumersión del mismo con una presión preestablecida y por un periodo de tiempo indeterminado.

# Normativas

## DIRECTIVA 94/9/CE - ATEX (Atmósferas Explosivas)

La directiva de la Unión Europea 94/9/CE (que entró en vigor el 1º de Julio 2003) concierne a toda la instrumentación y sistemas de protección destinados a su utilización en atmósfera potencialmente explosiva. Entre los aspectos innovativos de la Directiva que contempla todos los riesgos de explosión de cualquier naturaleza (eléctrica o no) hay que destacar: la introducción de los requisitos esenciales de seguridad (RES), la aplicación tanto a los materiales para minería como a los de superficie, la clasificación de los aparatos en categorías en función del nivel de protección asegurado y la vigilancia sobre la producción basada en los sistemas de calidad de la Empresa.

En la práctica, la nueva Directiva considera por primera vez el riesgo de explosión debido a un origen de tipo mecánico, como por ejemplo la generación de una chispa por contacto, utilización o sobrecalentamiento de componentes mecánicos y no solo eléctricos. Además prevé valorar muy atentamente el lugar de instalación, colocación y funcionamiento de la máquina, para clasificarlos en función de la probabilidad de presencia de atmósfera explosiva.

### Fin de la directiva:

Garantizar la seguridad y la salud de las personas y de los bienes muebles al afrontar los riesgos que se derivan del uso de los aparatos y sistemas de protección en "atmósfera potencialmente explosiva"

### Atmósfera explosiva:

Constituida por una mezcla de sustancias inflamables en estado gaseoso, vapores, nieblas o polvos con aire en determinadas condiciones atmosféricas (temperatura de 20º C a +40º C y gama de presión de 0,8 a 1,1 bar, como base de prueba en conformidad a las normas EN50014-EN13463-1) en la cual, después de provocarla, la combustión se propaga en el conjunto de la mezcla.

### Atmósfera potencialmente explosiva:

Atmósfera susceptible de transformarse en atmósfera explosiva a causa de las condiciones operativas locales.

### Definición de las áreas con riesgo de explosión según la directiva 1999/92/CE

Las áreas con riesgo de explosión se dividen en zonas en base a la frecuencia y la duración de la presencia de la atmósfera explosiva.

#### Zona 0

Área en la que está presente permanentemente o durante largos periodos o frecuentemente una atmósfera explosiva consistente en una mezcla de aire y de sustancias inflamables bajo forma de gas, vapor o niebla.

#### Zona 1

Área en la que la formación de una atmósfera explosiva, consistente en una mezcla de aire y de sustancias inflamables bajo forma de gas, vapor o niebla, es probable que ocurra ocasionalmente durante la actividad normal.

#### Zona 2

Área en la cual, durante la actividad normal no es probable la formación de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla de aire y de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla o, cuando se produzca, sea únicamente de corta duración.

#### Zona 20

Área en la cual está presente permanentemente o por largos periodos o frecuentemente una atmósfera explosiva bajo forma de nube de polvo combustible en el aire.

#### Zona 21

Área en la que la formación de una atmósfera explosiva bajo forma de nube en polvo combustible en el aire, es probable que se produzca ocasionalmente durante la actividad normal.

#### Zona 22

Área en la cual durante la actividad normal no es probable la formación de una atmósfera explosiva bajo forma de nube en polvo combustible o, en caso de que se produzca, sea únicamente por breve tiempo.

### Notas.

- 1) Estratos, depósitos o cúmulos de polvo combustible se consideran como cualquier otra fuente que pueda formar una atmósfera explosiva.
- 2) Por "actividad normal" se entiende la situación en la que las instalaciones se utilizan dentro de los parámetros previstos.
- 3) Para la clasificación de las áreas se puede hacer referencia a las normas técnicas armonizadas correspondientes a los sectores específicos, como:
  - E N60079-10 para atmósferas explosivas por presencia de gas.
  - EN50281-3 para atmósferas explosivas por presencia de polvos combustibles.

### Grupos y categorías de instrumentos



ATEX



NIVEL DE PROTECCIÓN	CATEGORÍA		PRESTACIONES REQUERIDAS	CONDICIONES DE TRABAJO
	GRUPO I	GRUPO II		
Muy elevado	M1		Dos medios de protección independientes o seguridad garantizada aún cuando se manifiesten averías independientes una de la otra	Los aparatos quedan alimentados y en funcionamiento incluso en presencia de atmósfera explosiva
Muy elevado		1	Dos medios de protección independientes o seguridad garantizada aún cuando se manifiesten averías independientes una de la otra	Los aparatos quedan alimentados y en funcionamiento en las zonas 0, 1, 2 (G) y/o 20, 21, 22 (D)
Elevado	M2		Protección adaptada al funcionamiento normal y en condiciones de funcionamiento adversas	Los aparatos deben de interrumpir la alimentación de energía en presencia de la atmósfera explosiva en las zonas 1, 2 (G) y/o 21, 22 (D)
Elevado		2	Protección adaptada al funcionamiento normal y a trastornos frecuentes o aparatos en los que se prevén averías	Los aparatos quedan alimentados y en funcionamiento en las zonas 1, 2 (G) y/o 21, 22 (D)
Normal		3	Protección adaptada al funcionamiento normal	Los aparatos quedan alimentados y en funcionamiento en las zonas 2 (G) y/o 22 (D)

Los datos indicados podrán ser cambiados sin previo aviso



## GRUPO I

### Categoría M1

Comprende los aparatos proyectados y dotados de medios de protección especiales suplementarios para funcionar de conformidad a los parámetros operativos establecidos por el fabricante y asegurar un nivel de protección muy elevado.

Los aparatos de esta categoría están destinados a trabajos en subterráneos, en la minería y en aquellas instalaciones de superficie expuestas al riesgo de irradiación de grisú y/o de polvos combustibles. Los aparatos de esta categoría deben quedar operativos en atmósfera explosiva, incluso en caso de averías excepcionales de los aparatos y se distinguen por medio de protecciones tales como:

- en caso de avería de uno de los medios de protección, un segundo medio independiente asegura el nivel de seguridad requerido, o bien:- al producirse dos averías independientes una de la otra, se garantiza el nivel de seguridad requerido.

### Categoría M2

Comprende los aparatos diseñados para funcionar conforme al los parámetros operativos establecidos por el fabricante y basados en un nivel de protección elevado.

Los aparatos de esta categoría están destinados a trabajos en subterráneos, en la minería y en aquellas instalaciones de superficie expuestas al riesgo de irradiación de grisú y/o de polvos combustibles en presencia de atmósfera explosiva, la alimentación de energía de estos aparatos debe poder ser interrumpida.

Los medios de protección correspondientes a los aparatos de esta categoría aseguran el nivel de protección requerido durante el funcionamiento normal, comprendidas las condiciones de trabajo adversa así como las resultantes de elevadas sollicitaciones y continuas variaciones ambientales.

### Clasificación de las máximas temperaturas de superficie ( grupo IIG )

Clase de temperatura	Máxima temperatura de superficie (° C)
T1	450
T2	300
T3	200
T4	135
T5	100
T6	85

## GRUPO II

### Categoría 1

Comprende los aparatos diseñados para funcionar conforme a los parámetros operativos establecidos por el fabricante y garantizar un nivel de protección muy elevado.

Los aparatos de esta categoría están destinados a ambientes en los que existen siempre, frecuentemente o por largos períodos, una atmósfera explosiva debida a mezclas de aire y gas, vapores y nieblas o mezclas de aire y polvos.

Los aparatos de esta categoría deben asegurar el nivel de protección requerido incluso en el caso de avería excepcional del aparato y se caracterizan por medidas de protección tales como:

- en caso de avería de uno de los medios de protección un segundo medio independiente garantiza el nivel de seguridad requerido  
- cuando se manifiestan dos avería independiente una de la otra, el nivel de seguridad requerido está garantizado.

### Categoría 2

Comprende los aparatos diseñados para funcionar conforme a los parámetros operativos establecidos por el fabricante y garantizar un nivel de protección elevado.

Los aparatos de esta categoría están destinados a ambientes en los cuales existe la posibilidad de que durante su funcionamiento normal, se manifiesten atmósferas explosivas debidos a gas, vapores, nieblas o mezclas de aire y polvos.

Las medidas de protección correspondientes a aparatos de esta categoría deben garantizar el nivel de protección requerido incluso en presencia de anomalías frecuentes o defectos de funcionamiento de los aparatos que conviene tener en cuenta habitualmente.

### Categoría 3

Comprende los aparatos proyectados para funcionar conforme a los parámetros operativos establecidos por el fabricante y garantizar un nivel de protección normal

Los aparatos de esta categoría están destinados a ambientes en los que existe una escasa probabilidad de que se manifiesten aunque sea por breve espacio de tiempo, atmósferas explosivas debidas a gas, vapores, nieblas o mezclas de aire y polvos.

Los aparatos de esta categoría deben garantizar el nivel de protección requeridos a funcionamiento normal.

### Correspondencia entre ZONAS y CATEGORÍAS (grupo II )

ZONA	0 G (gas) D (polvo)	20 D (polvo)	1 G (gas) D (polvo)	21 D (polvo)	2 G (gas)	22 D (polvo)
Atmósfera explosiva	Alta probabilidad siempre o frecuentemente		Media probabilidad a veces, de vez en cuando		Baja probabilidad, raramente, casi nunca	
CATEGORÍA Segunda directiva 94/9/CE ATEX	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>	

La clasificación en zonas, en un contexto industrial (al que corresponden los productos ATEX del Grupo II) en relación a la "potencial" presencia de gas, vapores o polvos explosivos, es competencia del utilizador, en los lugares de trabajo y actividades laborables que contengan o puedan dar lugar a peligros de explosión, en consecuencia de su valoración del riesgo.

El fabricante facilita todas las características correspondientes a los Grupos y a las Categorías del producto, a fin de que el utilizador pueda decidir en qué zona puede operar con seguridad el producto ATEX, incluso aunque no pueda prever donde y cómo operará efectivamente.

Ejemplo de clasificación de un componente eléctrico:

CE II 3GD EEx nA II T4 T125°C -5°C ≤ Ta ≤ 70°C

Ejemplo de clasificación de un componente no eléctrico:

CE II 3GD c T4 T125 °C -5°C ≤ Ta ≤ 70°C

Los datos indicados podrán ser cambiados sin previo aviso



# Normativas

## HOMOLOGACIÓN

El marcado  identifica los productos certificados por UL, una organización independiente líder en el sector de la certificación de seguridad, según los requisitos estadounidenses, de los productos destinados al mercado norteamericano (Estados Unidos y Canadá), la más reconocida y aceptada por el consumidor, por las autoridades supervisoras de las aplicaciones de los códigos y de las reglamentaciones locales y nacionales y por los productores.

Los componentes certificados por UL Recognised son productos que forman parte de un artículo más grande o de un sistema, tanto respecto a los requisitos canadienses como a los estadounidenses.

Las electroválvulas Pneumax serie 300 certificadas por UL, llevan sobre la etiqueta el marcado  C US (con validez para USA y Canadá, registro nº E206325-VAIU2, VAIU8) y se diferencian de las electroválvulas standard por el microsolenoides constituido por un bobinado de hilo de cobre sobreestampado en inyección de RYNITE® (hilo de cobre y RYNITED® entran en la clase de aislamiento "F")



## 03 - Unidades de medida tablas de conversión

- Tabla unidades de medida sistema internacional
- Tablas de conversión
- Tablas pesos específicos y temperaturas de fusión
- Tablas de roscas
- Tablas pesos de materiales



# Unidades de medida, tablas de conversión

## UNIDADES DE MEDIDA SISTEMA INTERNACIONAL

Unidades	Nombre	Símbolo
Longitud	Metro	m
Superficie	Metro cuadrado	m <sup>2</sup>
Volumen	Metro cúbico	m <sup>3</sup>
Fuerza	Newton	N
Masa	Kilogramo	kg
Presión	Pascal	Pa (N/m <sup>2</sup> )
Trabajo y energía	Julio	J (Nm)
Potencia	Watio	W (J/s)
Tiempo	Segundo	s
Velocidad	Metro/segundo	m/s
Aceleración	Metro/segundo <sup>2</sup>	m/s <sup>2</sup>
Caudal	Metro cúbico/segundo	m <sup>3</sup> /s
Temperatura	Kelvin	° K
Frecuencia	Herzio	Hz (1/s)
Corriente eléctrica	Amperio	A
Tensión eléctrica	Voltio	V (W/A)
Resistencia eléctrica	Ohmio	Ω (V/A)
Potencia eléctrica	Voltiamperio	VA (V x A)



## TABLAS DE CONVERSIÓN

Longitud	centímetro (cm)	metro (m)	pulgada (in)	pie (ft)	yarda (yd)
1 metro (m)	100	1	39,37	3,281	1,094
1 pulgada (In)	2,54	$2,54 \times 10^{-2}$	1	$8,33 \times 10^{-2}$	0,028
1 pie (ft)	30,48	0,3048	12	1	0,333
1 yarda (yd)	91,44	0,9144	36	3	1

Superficie	centímetro cuadrado (cm <sup>2</sup> )	metro cuadrado (m <sup>2</sup> )	pulgada cuadrado (sq in)	pie cuadrado (sq ft)	yarda cuadrada (sq yd)
1 centímetro cuadrado (cm <sup>2</sup> )	1	$1 \times 10^{-4}$	0,155	$1,08 \times 10^{-3}$	$1,2 \times 10^{-4}$
1 metro cuadrado (m <sup>2</sup> )	$1 \times 10^4$	1	1.550	10,764	1,2
1 pellica cuadrado (sq in)	6,452	$6,45 \times 10^{-4}$	1	$6,95 \times 10^{-3}$	$7,72 \times 10^{-4}$
1 pie cuadrado (sq ft)	929	$9,29 \times 10^{-2}$	144	1	0,111
1 yarda cuadrada (sq yd)	8.361	0,8361	1.296	9	1

Volumen	litro (l = dm <sup>3</sup> )	metro cubico (m <sup>3</sup> )	pulgada cubica (cu in)	pie cubico (cu ft)	Galón (gal - USA)	Galón (gal - GB)
1 litro (l) = 1dm <sup>3</sup>	1	$1 \times 10^{-3}$	61,02	$3,53 \times 10^{-2}$	0,2642	0,22
1 metro cubo (m3)	1.000	1	$6,102 \times 10^4$	35,31	264,2	220
1 pulgada cubica (sq In)	$1,64 \times 10^{-2}$	$1,64 \times 10^{-5}$	1	$5,8 \times 10^{-4}$	$4,33 \times 10^{-3}$	$3,6 \times 10^{-3}$
1 pie cubico (sq ft)	28,317	$2,83 \times 10^{-2}$	1.728	1	7,48	6,23
1 Galón (gai - USA)	3,785	$3,79 \times 10^{-3}$	231	0,1337	1	0,8327
1 Galón (gai - GB)	4,546	$4,55 \times 10^{-3}$	277,4	0,1605	1,2	1

Masa (Peso)	kilogramo (kg)	libra-pound (lb)	tonelada USA	tonelada GB
1 kilogramo (Kg)	1	2,205	$1,102 \times 10^{-3}$	$9,842 \times 10^{-4}$
1 libra-pound (lb)	0,4536	1	$5 \times 10^{-4}$	$4,464 \times 10^{-4}$
1 tonelada USA	907,2	2.000	1	0,8929
1 tonelada GB	1.016	2.240	1,12	1

Fuerza	Newton (N)	Kilopondio (kpg)	Poundal (pdl)
1 Newton (N)	1	0,102	7,23
1 Kilopondio (kp)	9,807	1	70,93
1 Poundal (poi)	0,1383	0,0141	1

Presión	Pascal (Pa)	Bar (bar)	Poundal/Pulgada <sup>2</sup> (psi)	Atmosfera Técnica (at = kg/cm <sup>2</sup> )	Atmosfera (atm)	Columna de mercurio (mmHg = Torr)	Columna de agua (mH <sub>2</sub> O)
1 Pascal (Pa)	1	$1 \times 10^{-5}$	$1,45 \times 10^{-4}$	$1,02 \times 10^{-5}$	$9,87 \times 10^{-6}$	$7,5 \times 10^{-3}$	$1,02 \times 10^{-4}$
1 Bar (bar)	$1 \times 10^5$	1	14,50	1,02	0,9869	750	10,2
1 Poundal/pulgada <sup>2</sup> (psi)	6.895	0,069	1	$7,03 \times 10^{-2}$	0,06805	51,72	0,703
1 Atmosfera Técnica (at = kgf/cm <sup>2</sup> )	$9,807 \times 10^4$	0,9807	14,22	1	0,9678	735,6	10
1 Atmosfera (atm)	$1,013 \times 10^5$	1,013	14,70	1,033	1	760	10,33
1 mm de mercurio (mmHg = Torr)	133,32	$1,34 \times 10^{-3}$	$1,934 \times 10^{-2}$	$1,36 \times 10^{-3}$	$1,316 \times 10^{-3}$	1	$1,36 \times 10^{-2}$
1 metro de agua (mhhO)	9.810	$9,81 \times 10^{-2}$	1,423	0,1	$9,682 \times 10^{-2}$	73,6	1

Trabajo y energía	Kilocaloría (kcal)	Kilogrametro (kgm)	Kilovatiohora (kWh)	Caballo vapor/hora no metrico (hph)	Julio (J)
1 Kilocaloría (kcal)	1	427	$1,163 \times 10^{-3}$	$1,561 \times 10^{-3}$	4.190
1 Kilogrametro (kgm)	$2,34 \times 10^{-3}$	1	$2,724 \times 10^{-6}$	$3,653 \times 10^{-6}$	9,806
1 Kilovatiohora (kWh)	860	367.122	1	1,341	$3,6 \times 10^5$
1 Caballo vapor/hora-no metrico (hph)	641	273.761	0,7457	1	$2,685 \times 10^6$
1 Julio (J)	$2,39 \times 10^{-4}$	0,102	$2,78 \times 10^{-7}$	$3,725 \times 10^{-7}$	1

Temperatura	Kelvin (K)	Celsius (°C)	Fahrenheit (°F)
Kelvin (K)	/	K-273 = °C	(K-273)x1,8 = °F
Celsius (°C)	°C+273 = K	/	(°Cx1,8)+32 = °F
Fahrenheit (°F)	$273 + [(\text{°F}-32):1,8] = K$	(°F-32):1,8 = °C	/



# Unidades de medida, tablas de conversión

## PESOS ESPECIFICOS Y TEMPERATURAS DE FUSIÓN

### Sustancias SÓLIDAS

Sustancia	Simbolo químico	Peso específico (kg/dm <sup>3</sup> )	Temperatura de fusión (°C)
Acero al tungsteno		7,8	1480
Acero inoxidable		7,8	1450
Acero sin mezcla		8,7	1450
Alpaca	Al	2,7	660
Aluminio		8,6	1050
Antimonio	Sb	6,67	630
Bronce	Ag	10,5	960
Bronce para fundir	94 Cu 6 Sn	7,4- 8,9	900
Cadmio		8,78	990
Calcio	Cd	8,64	321
Cemento	Ca	1,55	851
Cobalto		1,65	-
Cobre		8,9	1490
Corindón		3,9 - 4,0	2050
Cromo	Cr	7,1	1890
Diamante	C	3,51	~ 3500
Esmeril	Fe	7,86	1539
Estaño		7,25	1150 - 1250
Goma		1,1	-
Hierro	Mn	7,3	1260
Hierro colado	Mg	1,75	650
Latón 63/37		7,5 - 10,1	300 ... 400
Magnesio		14,7	> 2000
Manganeso		11,1	> 2000
Metal blando		2,6 - 3,6	~ 1300
Metal duro K10	Mo	10,2	2600
Metal duro P10	Ni	8,85	1450
Mica	Au	19,83	1063
Molibdeno		5,1	1565
Niquel		8,5	900 - 1000
Oro		0,92	54
Oxido de hierro	Pb	11,34	327
Parafina		1,4 - 1,5	-
Plástico técnico		21,45	1775
Plata	Cu	8,93	1085
Platino		4	2200
Plomo	Sn	7,28	232
Titanio	Ti	4,6	3380
Vanadio	W	19,3	3370
Wolframio	V	6,1	1800
Zinc	Zn	7,15	420
Zinc prensado		6,8	390

### Sustancias LÍQUIDAS

Sustancia	Simbolo químico	Peso específico (kg/dm <sup>3</sup> )	Temperatura de fusión (°C)
Agua destilada		1	0
Alcohol etílico		0,79	-117
Gasolina		0,68 - 0,75	-30 - -50
Benzeno puro		0,88	64
Gasoleo		0,88 - 1	-5
Mercurio	Hg	13,59	-38,9
Aceite lubricante		0,91	-20
Aceite para máquinas		0,91	-5
Petroleo		0,81	-70
Percloroetileno		1,62	

### Sustancias GASEOSAS

Sustancia	Simbolo químico	Poids spécifique (kg/dm <sup>3</sup> )	Temperatura de fusión (°C)
Acetileno	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	0,91	-81
Anhidrido carbónico	CO <sub>2</sub>	1,53	-57
Aire		1	-220
Nitrógeno	N <sub>2</sub>	0,97	-210
Gas iluminante		0,47	-230
Hidrógeno	H <sub>2</sub>	0,07	-257
Neon	Ne	0,69	-249
Oxido de carbonio	CO	0,97	-205
Oxígeno	O <sub>2</sub>	1,1	-218
Vapor de agua 100 °C		0,62	0



## Roscas MÉTRICAS UNI 4535-64

## ISO de paso grueso

Rosca	Paso (mm)	Ø taladro (mm)	Ø punta (mm)
M 1,6	0,35	1,321	1,20
M 1,8	0,35	1,521	1,45
M 2	0,40	1,679	1,60
M 2,2	0,45	1,838	1,75
M 2,5	0,45	2,138	2,05
M 3	0,50	2,599	2,5
M 3,5	0,60	3,010	2,9
M 4	0,70	3,422	3,3
M 4,5	0,75	3,878	3,7
M 5	0,80	4,334	4,2
M 6	1	5,153	5
M 7	1	6,153	6
M 8	1,25	6,912	6,8
M 9	1,25	7,912	7,8
M 10	1,5	8,676	8,5
M 11	1,5	9,676	9,5
M 12	1,75	10,441	10,2
M 14	2	12,210	12
M 16	2	14,210	14
M 18	2,5	15,744	15,5
M 20	2,5	17,744	17,5
M 22	2,5	19,744	19,5
M 24	3	21,252	21
M 27	3	24,252	24
M 30	3,5	26,771	26,5
M 33	3,5	29,771	29,5
M 36	4	32,270	32
M 39	4	35,270	35
M 42	4,5	37,799	37,5
M 45	4,5	40,799	40,5
M 48	5	43,297	43
M 52	5	47,297	47
M 56	5,5	50,796	50,5
M 60	5,5	54,796	54,5
M 64	6	58,305	58
M 68	6	62,305	62

## ISO de paso fino

Rosca	Paso (mm)	Ø taladro (mm)	Ø punta (mm)
M 3	0,35	2,721	2,65
M 4	0,50	3,599	3,5
M 5	0,50	4,599	4,5
M 6	0,75	5,378	5,2
M 7	0,75	6,378	6,2
M 8	0,75	7,378	7,2
M 8	1	7,153	7
M 9	1	8,153	8
M10	0,75	9,378	9,2
M 10	1	9,153	9
M 10	1,25	8,912	8,8
M 11	1	10,153	10
M 12	1	11,153	11
M 12	1,25	10,912	10,8
M 12	1,5	10,676	10,5
M 14	1	13,153	13
M 14	1,25	12,912	12,8
M 14	1,5	12,676	12,5
M 15	1	14,153	14
M 15	1,5	13,676	13,5
M 16	1	15,153	15
M 16	1,5	14,676	14,5
M 18	1	17,153	17
M 18	1,5	16,676	16,5
M 18	2	16,210	16
M 20	1	19,153	19
M 20	1,5	18,676	18,5
M 20	2	18,210	18
M 22	1	21,153	21
M 22	1,5	20,676	20,5
M 21	2	20,210	20
M 24	1	23,153	23
M 24	1,5	22,676	22,5
M 24	2	22,210	22
M 24	1	24,153	24
M 25	1,5	23,676	23,5
M 26	1,5	24,676	24,5
M 27	1,5	25,676	25,5
M 27	2	25,210	25
M 28	1,5	26,676	26,5
M 30	1,5	28,676	28,5
M 30	2	28,210	28
M 32	1,5	30,676	30,5
M 33	2	31,210	31
M 35	1,5	33,676	33,5
M 36	1,5	34,676	34,5
M 36	2	34,210	34
M 36	3	33,252	33
M 38	1,5	36,676	36,5
M 39	3	36,252	36
M 40	1,5	38,676	38,5
M 42	1,5	40,676	40,5
M 45	1,5	43,676	43,5
M 50	1,5	48,676	48,5



# Unidades de medida, tablas de conversión

## Roscas WHITWORTH UNI 2709

«W»

Rosca	Ø externo (mm)	Ø Taladro (mm)	Ø punta (mm)
W 1/16" - 60	1,588	1,18	1,2
W 3/32" - 48	2,381	1,87	1,9
W 1/8" - 40	3,175	2,56	2,6
W 5/32" - 32	3,969	3,21	3,2
W 3/16" - 24	4,762	3,74	3,8
W 7/32" - 24	5,556	4,54	4,6
W 1/4" - 20	6,350	5,13	5,2
W 5/16" - 18	7,938	6,58	6,6
W 3/8" - 16	9,525	8,01	8,0
W 7/16" - 14	11,112	9,37	9,4
W 1/2" - 12	12,700	10,66	10,5
W 9/16" - 12	14,288	12,25	12,0
W 5/8" - 11	15,875	13,66	13,5
W 3/4" - 10	19,050	16,61	16,5
W 7/8" - 9	22,225	19,51	19,5
W 1" - 8	25,400	22,35	22,5
W 1 1/8" - 7	28,575	25,09	25,0
W 1 1/4" - 7	31,750	28,26	28,0
W 1 3/8" - 6	34,925	30,86	31,0
W 1 1/2" - 6	38,100	34,03	34,0
W 1 5/8" - 5	41,275	36,39	36,5
W 1 3/4" - 5	44,450	39,56	39,5
W 1 7/8" - 4,5	47,625	42,20	42,0
W 2" - 4,5	50,800	45,37	45,5
W 2 1/4" - 4	57,150	51,04	51,0
W 2 1/2" - 4	63,500	57,39	57,5
W 2 3/4" - 3,5	69,850	62,87	63,0
W 3" - 3	76,200	69,22	69,5

«BSF»

Rosca	Ø externo (mm)	Ø Taladro (mm)	Ø punta (mm)
W 3/16" - 32	4,762	4,00	4,0
W 7/32" - 28	5,556	4,69	4,7
W 1/4" - 26	6,350	5,41	5,4
W 5/16" - 22	7,938	6,83	6,8
W 3/8" - 20	9,525	8,30	8,3
W 7/16" - 18	11,113	9,76	9,8
W 1/2" - 16	12,700	11,17	11,0
W 9/16" - 16	14,288	12,76	12,5
W 5/8" - 14	15,875	14,13	14,0
W 3/4" - 12	19,050	17,01	17,0
W 7/8" - 11	22,225	20,00	20,0
W 1" - 10	25,400	22,96	23,0
W 1 1/8" - 9	28,575	25,86	26,0
W 1 1/4" - 9	31,750	29,04	29,0
W 1 3/8" - 8	34,925	31,87	32,0
W 1 1/2" - 8	38,100	35,05	35,0
W 1 5/8" - 8	41,275	38,22	38,0
W 1 3/4" - 7	44,450	40,96	41,0
W 1 7/8" - 7	47,625	44,14	44,0
W 2" - 7	50,800	47,31	47,5
W 2 1/4" - 6	57,150	53,08	53,0
W 2 1/2" - 6	63,500	59,43	59,5
W 2 3/4" - 6	69,850	65,78	66,0
W 3" - 5	76,200	71,32	71,5

03

## Roscas GAS

«G» UNI 338-66

Rosca	Ø externo (mm)	Ø Taladro (mm)	Ø punta (mm)
G 1/8" - 28	9,73	8,68	8,70
G 1/4" - 19	13,16	11,62	11,75
G 3/8" - 19	16,66	15,12	15,25
G 1/2" - 14	20,95	18,86	19,00
G 5/8" - 14	22,91	20,82	21,00
G 3/4" - 14	26,44	24,35	24,50
G 7/8" - 14	30,20	28,11	28,25
G 1" - 11	33,25	30,59	30,50
G 1 1/8" - 11	37,90	35,24	35,50
G 1 1/4" - 11	41,91	39,25	39,50
G 1 3/8" - 11	44,32	41,66	41,50
G 1 1/2" - 11	47,80	45,14	45,00
G 1 5/8" - 11	51,32	48,67	48,50
G 1 3/4" - 11	53,75	51,08	51,00
G 2" - 11	59,61	56,95	57,00
G 2 1/4" - 11	65,71	63,05	63,00
G 2 1/2" - 11	75,18	72,52	72,50
G 2 3/4" - 11	81,53	78,87	79,00
G 3" - 11	87,88	85,22	85,50
G 3 1/4" - 11	93,98	91,32	91,50
G 3 1/2" - 11	100,33	97,67	97,50
G 3 3/4" - 11	106,68	104,02	104,00
G 4" - 11	113,03	110,37	110,50

«Gc» UNI 339-66

Rosca	Ø externo (mm)	Ø Taladro (mm)	Ø punta (mm)
Gc 1/8"-28	8,5	4,9	3,1
Gc 1/4"-19	11,5	7,3	4,7
Gc 3/8"-19	15,0	7,7	5,1
Gc 1/2"-14	18,5	10,0	6,4
Gc 3/4"-14	23,5	11,3	7,7
Gc 1"-11	30,0	12,7	8,1
Gc 1 1/4"-11	38,0	15,0	10,4
Gc 1 3/8"-11	41,0	15,0	10,4
Gc 1 1/2"-11	44,5	15,0	10,4
Gc 2"-11	56,0	18,2	13,6
Gc 2 1/2"-11	72,0	21,0	14,0
Gc 3"-11	85,0	24,1	17,1
		máx	mín



## Roscas AMERICANAS

## normal «NC» y «UNC»

Rosca	Ø externo (mm)	Ø Taladro (mm)	Ø punta (mm)
UNC No. 1-64	1,854	1,425	1,582
UNC No. 2-56	2,184	1,694	1,872
UNC No. 3-48	2,515	1,941	2,136
UNC No. 4-40	2,845	2,156	2,383
UNC No. 5-40	3,175	2,487	2,697
UNC No. 6-32	3,505	2,647	2,909
UNC No. 8-32	4,166	3,307	3,515
UNC No. 10-24	4,826	3,680	3,960
UNC No. 12-24	5,486	4,341	4,575
UNC 1/4"-20	6,350	4,976	5,232
UNC 5/16"-18	7,938	6,411	6,680
UNC 3/8"-16	9,525	7,805	8,087
UNC 7/16"-14	11,112	9,149	9,451
UNC 1/2"-13	12,700	10,584	10,896
UNC 9/16"-12	14,288	11,996	12,319
UNC 5/8"-11	15,875	13,376	13,709
UNC 3/4"-10	19,050	16,299	16,644
UNC 7/8"-9	22,225	19,169	19,530
UNC 1"-8	25,400	21,963	22,339
UNC 1 1/8"-7	28,575	24,648	25,039
UNC 1 1/4"-7	31,750	27,823	28,214
UNC 1 3/8"-6	34,925	30,343	30,800
UNC 1 1/2"-6	38,100	33,518	33,975

## fina «NF» y «UNF»

Rosca	Ø externo (mm)	Ø Taladro (mm)		Ø punta (mm)
UNF No. 0-80	1,524	1,181	1,306	1,3
UNF No. 1-72	1,854	1,473	1,613	1,6
UNF No. 2-64	2,184	1,755	1,913	1,9
UNF No. 3-56	2,515	2,024	2,174	2,1
UNF No. 4-48	2,845	2,271	2,438	2,35
UNF No. 5-44	3,175	2,550	2,713	2,65
UNF No. 6-40	3,505	2,817	2,995	2,9
UNF No. 8-36	4,166	3,401	3,561	3,5
UNF No. 10-32	4,826	3,967	4,125	4
UNF No. 12-28	5,486	4,503	4,466	4,6
UNF 1/4"-28	6,350	5,367	5,519	5,4
UNF 5/16"-24	7,938	6,792	6,957	6,7
UNF 3/8"-24	9,525	8,379	8,545	8,4
UNF 7/16"-20	11,112	9,738	9,921	9,8
UNF 1/2"-20	12,700	11,326	11,509	11,4
UNF 9/16"-18	14,288	12,761	12,954	12,8
UNF 5/8"-18	15,875	14,348	14,542	14,4
UNF 3/4"-16	19,050	17,330	17,534	17,4
UNF 7/8"-14	22,225	20,261	20,477	20,3
UNF 1"-12	25,400	23,109	23,338	23,2
UNF 1 1/8"-12	28,570	26,284	26,513	26,4
UNF 1 1/4"-12	31,750	29,459	29,688	29,6
UNF 1 3/8"-12	34,920	32,634	32,863	32,7
UNF 1 1/2"-12	38,100	35,809	36,038	35,9
		máx	mín	

## gas cilíndrica «NPS»

Rosca	Ø externo (mm)	Ø Taladro (mm)	Ø punta (mm)
NPS 1/8"-27	10,27	8,92	8,9
NPS 1/4"-18	13,57	11,54	11,5
NPS 3/8"-18	17,05	15,03	15,0
NPS 1/2"-14	21,22	18,61	18,5
NPS 3/4"-14	26,56	23,95	24,0
NPS 1"-11½	33,22	30,05	30,0
NPS 1¼"-11½	41,98	38,80	39,0
NPS 1½"-11½	48,05	44,87	45,0
NPS 2"-11½	60,09	56,91	57,0
NPS 2½"-8	72,70	68,13	68,0
NPS 3"-8	88,60	84,04	84,0

## Cónica «NPT»

Rosca	Ø Taladro (mm)
NPS 1/8"-27	8,5
NPS 1/4"-18	11,0
NPS 3/8"-18	14,5
NPS 1/2"-14	18,0
NPS 3/4"-14	23,0
NPS 1"-11½	29,0
NPS 1¼"-11½	38,0
NPS 1½"-11½	44,0
NPS 2"-11½	56,0
NPS 2 1/2"-8	67,0
NPS 3"-8	83,0



# Unidades de medida, tablas de conversión

## PESO MATERIALES en Kg por metro

**ACERO** (peso específico 7,85 Kg/dm<sup>3</sup>)

Dimensiones (mm.)	●	⬡	■	Dimensiones (mm.)	●	⬡	■	Dimensiones (mm.)	●	⬡	■	Dimensiones (mm.)	●	⬡	■
2	0,024	0,027	0,031	22	2,98	3,29	3,80	46	12,93	14,40	16,60	100	61,62	67,98	78,50
2,5	0,038	0,042	0,049	23	3,26	3,57	4,12	48	14,20	15,67	18,09	110	74,60	82,26	94,99
3	0,055	0,061	0,070	24	3,55	3,92	4,52	50	15,40	17,00	19,60	120	88,80	97,90	113
3,5	0,075	0,083	0,096	25	3,85	4,21	4,91	52	16,70	18,51	21,22	130	104	114,9	132,7
4	0,098	0,109	0,126	26	4,17	4,60	5,26	53	17,30	19,10	22,05	140	121	133,3	153,9
4,5	0,125	0,138	0,159	27	4,49	4,96	5,72	54	17,96	19,81	22,89	150	139	153	176,6
5	0,154	0,170	0,196	28	4,83	5,29	6,10	55	18,70	20,60	23,70	160	158	174	201
6	0,222	0,245	0,283	29	5,14	5,67	6,54	56	19,30	21,31	24,62	170	178	196,5	226,9
7	0,302	0,333	0,385	30	5,55	6,12	7,06	58	20,70	22,87	26,41	180	200	220,3	254,3
8	0,395	0,435	0,502	31	5,87	6,46	7,54	60	22,20	24,47	28,30	190	223	245,4	283,4
9	0,499	0,551	0,636	32	6,31	6,96	8,04	62	23,69	26,13	30,17	200	247	271,9	314
10	0,617	0,680	0,785	33	6,71	7,32	8,55	64	25,24	27,84	32,15	210	272	299,8	346,2
11	0,746	0,823	0,950	34	7,06	7,86	9,07	65	26,00	28,72	33,20	220	298	329	379,9
12	0,888	0,979	1,130	35	7,55	8,33	9,62	66	26,84	29,61	34,19	230	326	359,6	415,3
13	1,04	1,140	1,33	36	7,99	8,81	10,20	68	28,50	31,43	36,30	240	355	391,6	452,2
14	1,21	1,33	1,54	37	8,37	9,30	10,75	70	30,20	33,30	38,50	250	385	424,9	490,6
15	1,39	1,52	1,77	38	8,90	9,81	11,34	72	31,84	35,24	40,69	260	417	459,6	530,7
16	1,58	1,73	2,01	39	9,38	10,34	11,94	74	33,74	37,23	42,98	270	449	495,6	572,3
17	1,78	1,96	2,27	40	9,86	10,88	12,60	75	34,70	38,20	44,20	280	483	533	615,4
18	2,00	2,18	2,54	41	10,28	11,40	13,20	76	35,60	39,26	45,34	300	554,8	611,8	706,5
19	2,23	2,45	2,83	42	10,91	12,00	13,85	78	37,50	41,36	47,75				
20	2,47	2,70	3,14	44	11,83	13,16	15,20	80	39,50	43,50	50,20				
21	2,72	3,00	3,44	45	12,50	13,77	15,90	90	49,90	55,07	63,58				

**ALUMINIO** (peso específico 2,7 Kg/dm<sup>3</sup>)

Dimensiones (mm.)	●	⬡	■	Dimensiones (mm.)	●	⬡	■	Dimensiones (mm.)	●	⬡	■	Dimensiones (mm.)	●	⬡	■
2	0,026	0,028	0,034	22	3,231	3,564	4,114	46	14,126	15,585	17,988	100	66,759	73,658	85,011
2,5	0,041	0,045	0,052	23	3,532	3,897	4,497	48	15,385	16,974	19,591	110	80,829	88,587	102,928
3	0,060	0,066	0,076	24	3,845	4,242	4,896	50	16,690	18,414	21,253	120	96,135	106,070	122,419
3,5	0,081	0,089	0,103	25	4,173	4,604	5,313	52	18,051	19,916	22,986	130	112,820	124,479	143,665
4	0,106	0,116	0,134	26	4,513	4,979	5,746	53	18,752	20,689	23,878	140	130,849	144,371	166,165
4,5	0,135	0,148	0,159	27	4,867	5,369	6,197	54	19,466	21,455	24,788	150	150,203	165,725	191,269
5	0,167	0,184	0,212	28	5,234	5,774	6,665	55	20,196	22,283	25,717	160	170,901	188,562	217,626
6	0,240	0,264	0,305	29	5,614	6,194	7,148	56	20,935	23,098	26,658	170	192,933	212,871	245,682
7	0,327	0,360	0,416	30	6,009	6,629	7,651	58	22,457	24,777	28,596	180	216,299	238,652	275,436
8	0,428	0,472	0,545	31	6,416	7,079	8,170	60	24,033	26,516	30,603	190	241,000	265,906	306,891
9	0,542	0,598	0,690	32	6,835	7,541	8,703	62	25,662	28,314	32,627	200	267,036	294,632	340,045
10	0,667	0,735	0,849	33	7,270	8,021	9,257	64	27,344	30,169	34,820	210	294,406	324,831	374,899
11	0,809	0,892	1,030	34	7,717	8,514	9,826	65	28,205	31,119	35,916	220	323,110	356,501	411,450
12	0,963	1,062	1,226	35	8,178	9,023	10,413	66	29,080	32,085	37,030	230	353,464	389,992	450,103
13	1,128	1,244	1,436	36	8,652	9,546	11,017	68	30,869	34,059	39,308	240	384,561	424,270	489,664
14	1,308	1,443	1,665	37	9,139	10,083	11,637	70	32,716	36,097	41,660	250	417,239	460,358	531,315
15	1,502	1,657	1,912	38	9,639	10,635	12,274	72	34,607	38,183	44,068	260	451,290	497,928	574,676
16	1,709	1,885	2,176	39	10,154	11,203	12,930	74	36,556	40,333	46,550	270	486,676	536,971	619,737
17	1,929	2,128	2,456	40	10,684	11,788	13,605	75	37,553	41,433	47,820	280	523,387	577,476	665,992
18	2,163	2,386	2,754	41	11,222	12,381	14,290	76	38,560	42,544	49,102	300	600,831	662,923	765,103
19	2,410	2,659	3,068	42	11,776	12,992	14,995	78	40,616	44,813	51,708				
20	2,670	2,946	3,400	44	12,924	14,259	16,457	80	42,725	47,140	54,406				
21	2,944	3,248	3,748	45	13,518	14,915	17,213	90	54,074	59,662	68,858				

**LATÓN** (peso específico 8,5 Kg/dm<sup>3</sup>)

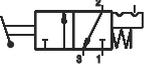
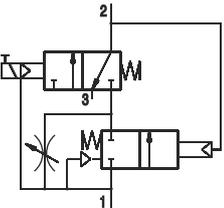
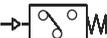
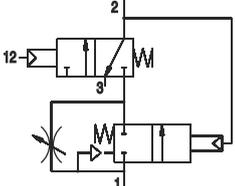
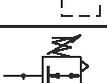
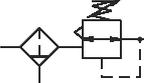
Dimensiones (mm.)	●	⬡	■	Dimensiones (mm.)	●	⬡	■	Dimensiones (mm.)	●	⬡	■	Dimensiones (mm.)	●	⬡	■
2	0,008	0,009	0,011	22	1,026	1,131	1,307	46	4,487	4,947	5,715	100	21,206	23,384	27,000
2,5	0,013	0,014	0,016	23	1,122	1,237	1,429	48	4,886	5,387	6,224	110	25,659	28,294	32,670
3	0,019	0,021	0,024	24	1,223	1,347	1,555	50	5,302	5,845	6,570	120	30,536	33,672	38,900
3,5	0,025	0,028	0,031	25	1,326	1,462	1,689	52	5,734	6,322	7,304	130	35,810	39,488	45,617
4	0,034	0,037	0,043	26	1,434	1,581	1,826	53	5,957	6,568	7,588	140	41,564	45,833	52,947
4,5	0,043	0,047	0,054	27	1,546	1,704	1,968	54	6,184	6,819	7,877	150	47,712	52,612	60,800
5	0,053	0,058	0,068	28	1,663	1,833	2,118	55	6,415	7,069	8,168	160	54,300	59,877	69,171
6	0,077	0,084	0,097	29	1,783	1,966	2,271	56	6,650	7,333	8,471	170	61,300	67,596	78,089
7	0,104	0,115	0,132	30	1,909	2,104	2,430	58	7,134	7,866	9,087	180	68,700	75,756	87,480
8	0,136	0,150	0,173	31	2,038	2,247	2,596	60	7,634	8,420	9,720	190	76,600	84,468	97,579
9	0,172	0,189	0,219	32	2,171	2,394	2,765	62	8,152	8,989	10,384	200	84,800	93,510	108,000
10	0,212	0,234	0,270	33	2,309	2,546	2,941	64	8,686	9,578	11,064	210	93,500	103,104	119,108
11	0,257	0,283	0,327	34	2,451	2,702	3,122	65	8,960	9,880	11,414	220	102,600	113,138	130,700
12	0,306	0,337	0,389	35	2,598	2,864	3,308	66	9,237	10,185	11,766	230	112,200	123,724	142,929
13	0,358	0,395	0,456	36	2,748	3,029	3,500	68	9,806	10,813	12,491	240	122,150	134,696	155,605
14	0,416	0,458	0,529	37	2,903	3,201	3,698	70	10,391	11,458	13,230	250	132,600	146,220	168,917
15	0,477	0,526	0,608	38	3,062	3,376	3,900	72	10,933	12,056	13,927	260	143,350	158,074	182,611
16	0,543	0,599	0,691	39	3,226	3,557	4,109	74	11,612	12,804	14,792	270	154,600	170,480	196,942
17	0,613	0,675	0,780	40	3,393	3,736	4,320	75	11,928	13,153	15,194	280	166,250	183,326	211,783
18	0,687	0,757	0,865	41	3,565	3,930	4,541	76	12,249	13,507	15,603	300	190,900	210,508	243,184
19	0,766	0,844	0,975	42	3,741	4,125	4,765	78	12,902	14,227	16,435				
20	0,848	0,935	1,080	44	4,105	4,526	5,229	80	13,572	14,966	17,280				
21	0,935	1,031	1,191	45	4,294	4,735	5,468	90	17,177	18,941	21,870				



## 04 - Simbología neumática

- FRL
- Válvulas y Electroválvulas,  
Válvulas complementarias,  
Conducciones y conexiones
- Cilindros

## TRATAMIENTO DE AIRE

Aparatos para el tratamiento del aire	Aparatos varios	
Acumulador neumático (capacidad) 	Manómetro 	
Separador de condensación de purga manual 	Válvula de cierre 	
Separador de condensación de purga automática 		
Lubricador 	Arranque progresivo de mando eléctrico 	
Filtro 		
Filtro separador de condensación de purga manual 		
Filtro separador de condensación de purga automática 		
<b>Válvulas de control de la presión</b>		
Presostato 	Arranque progresivo de mando neumático 	
Válvula limitadora de presión a escape libre 		
Válvula limitadora de presión pilotada a escape libre 		
Válvula de secuencia 		
Reductor de presión 		
Regulador de presión sin válvula de escape 		
Regulador de presión pilotado sin válvula de escape 		
Regulador de presión sin válvula de escape (libre) 		
Regulador de presión diferencial 		
<b>Grupos completos</b>		
Filtro - Reductor de presión 		
Filtro - Reductor - Lubricador 		

# Simbología neumática

## VÁLVULAS Y ELECTROVÁLVULAS

### Términos y definiciones

**Las conexiones** son las entradas y las salidas sobre las válvulas ( y sus símbolos neumáticos) y se dividen en:

**Conexiones principales:**

- de alimentación indicada con el número 1
- de utilización indicadas con los números 2 y 4
- de escape indicadas con los números 3 y 5

**Conexiones de mando:**

- conexión 10 de reposicionamiento válvulas 2/2 y 3/2
- conexión 12 de accionamiento válvulas 2/2 y 3/2 y reposicionamiento válvulas 5/2 y 5/3
- conexión 14 de accionamiento válvulas 5/2 y 5/3

**Accionamiento** se entiende la conmutación de la válvula mediante un mando externo mecánico, neumático o eléctrico.

**Reposicionamiento** se entiende la puesta en condiciones de reposo de la válvula mediante un mando externo mecánico, neumático, eléctrico o interno de tipo neumático (diferencial) o mecánico (muelle).

Las **vías** son el número de conexiones presentes sobre la válvula y su símbolo neumático.

Las **posiciones** corresponden al número de posiciones que la válvula puede asumir y son los cuadrados indicados en el símbolo neumático.

La **función** indica el funcionamiento de la válvula en condiciones de reposo (corresponde a la parte derecha del símbolo)

### Simbología de la válvula

Vías	Pos.	Función	Símbolo
2	2	Normalmente cerrada	
2	2	Normalmente abierta	
3	2	Normalmente cerrada	
3	2	Normalmente abierta	
5	2	Escapes separados	
5	3	Centros cerrados	
5	3	Centros abiertos	
5	3	Centros en presión	

### Accionamientos y reposicionamientos

Mecánicos		Neumáticos	
Esfera		Neumático	
Esfera sensible		Neumático - retorno al centro	
Rodillo		Neumático en depresión	
Rodillo unidireccional		Diferencial (muelle neumático)	
Rodillo sensible		Diferencial alimentación externa	
Pedal		Diferencial sensible	
Pedal retorno muelle		<b>Eléctricos</b>	
Pulsador		Solenoide directo	
Pulsador sensible		Solenoide biestable	
Pulsados 2 posiciones		Solenoide (autoalimentado)	
Palanca		Solenoide alimentación externa	
Palanca retorno muelle		Solenoide - retorno al centro	
Palanca sensible		Solenoide con pilotaje suplementario	
Paro mecánico 2 posiciones			
Paro mecánico 3 posiciones			
Muelle			

### Válvulas complementarias

Válvula de estrangulación		Silenciador	
Regulador de flujo bidireccional		Válvula antirretorno sin muelle	
Regulador de flujo unidireccional		Válvula antirretorno con muelle	
Válvula de escape rápido		Válvula antirretorno controlada en cierre	
Válvula selectora		Válvula antirretorno controlada en apertura	

### Conductores y conexiones

Línea de presión	—	Acoplamiento rotativo de una vía	
Línea de mando	-----	Acoplamiento rotativo de tres vías	
Línea de escape	-----	Toma de aire tapada	
Línea flexible	~	Toma de aire con conexión intercalada	
Línea eléctrica	⚡	Racor de enchufe rápido sin válvula antirretorno	
Conexión de tuberías	+ ⊥	Racor de enchufe rápido con válvula antirretorno	
Cruce de tuberías	+ +	Escape de aire conexión no roscada	
Acometida principal de aire	○	Escape de aire conexión no roscada	

## CILINDROS

### Cilindros simple efecto

retorno con fuerza externa	
retorno con muelle	

### Cilindros con blocavástago

con pistón magnético con amortiguaciones regulables	
con pistón no magnético con amortiguaciones regulables	

### Cilindros doble efecto

vástago simple	
doble vástago (pasante)	
con amortiguaciones no regulables	
con amortiguaciones regulables	
con pistón magnético	
con pistón magnético con amortiguaciones regulables	

### Cilindros sin vástago

con pistón magnético con amortiguaciones regulables	
cilindros de cable con pistón magnético	
cilindros de cable con pistón no magnético	

### Cilindros montados en tándem

en empuje vástago común	
en empuje vástagos independientes	
vástagos contrapuestos	
contrapuestos vástago común	

### Cilindros telescópicos

Simple efecto	
Doble efecto	

### Cilindros varios

Cilindros de giro	
Cilindros con ángulo de rotación limitado	
Cilindros de fuelle	

### Cilindros antiguos

doble efecto vástago simple	
doble efecto vástagos gemelos	
doble efecto vástagos gemelos vástago pasante	
doble efecto vástagos gemelos pasantes	
cilindros compactos guiados	

### Multiplicadores de presión

aire / aire	
aire / aceite	
acumulador oleoneumático	



## 05 - Informaciones técnicas sobre materiales

05

- Tablas de elastómeros y materiales plásticos



# Informaciones técnicas sobre materiales

## ELASTÓMEROS Y MATERIALES PLÁSTICOS

Sigla (según ISO 1629)	Temperatura de ejercicio	Designación química
<b>ELASTÓMEROS</b>		
<b>EPDM</b>	-40°C ÷ +100°C	Etileno-propileno
<b>FFPM - FFKM</b>	-5°C ÷ +200°C	Elastómero perfluorurado
<b>FPM - FKM</b>	-5°C ÷ +150°C	Elastómero fluorurado-Goma fluorurada
<b>HNBR</b>	-5°C ÷ +120°C	Elastómero hidrogenado
<b>NBR</b>	-5°C ÷ +70°C	Elastómero nitrílico
<b>PUR</b>	-30°C ÷ +80°C	Poliuretano colado
<b>EU</b>	-30°C ÷ +80°C	Poliuretano para estampación e inyección
<b>MATERIALES PLÁSTICOS</b>		
<b>PTFE</b>	-150°C ÷ +200°C	Politetrafluoroetileno
<b>POM</b>	-40°C ÷ +110°C	Poliacetalico-Resina Acetálica
<b>PA</b>	-40°C ÷ +120°C	Poliamida (Nylon)
<b>PC</b>	-100°C ÷ +130°C	Policarbonato
<b>PBT</b>	-40°C ÷ +130°C	Polibutentereftalato



## 06 - Unidades tratamiento del aire

- Conceptos básicos
- Componentes tratamiento del aire
- Curvas de caudal

# Unidades de tratamiento del aire

Una vez comprimido, es necesario tratar el aire, mejorando la calidad, medida en clases según la normativa ISO 8573-1 donde se relacionan los tres tipos de impurezas que perjudican la duración de los equipos neumáticos:

- cantidad de agua en el aire
- cantidad de aceite en el aire
- cantidad de partículas sólidas en el aire

	<b>CANTIDAD de AGUA</b>	<b>CANTIDAD de ACEITE</b>
<b>CLASE</b>	Máximo punto de rocío bajo presión (C°)	Máxima concentración de aceite (mg/m <sup>3</sup> )
1	-70	0,01
2	-40	0,1
3	-20	1
4	+3	5
5	+7	>5
6	+10	/
7	/	/

<b>CANTIDAD de PARTÍCULAS SÓLIDAS</b>					
<b>Dimensiones de las partículas (d) [µm]</b>					
	≤ 0,10	0,10 < d ≤ 0,5	0,5 < d ≤ 1,0	1,0 < d ≤ 5,0	5,0 < d ≤ 50
<b>CLASE</b>	<b>Número máximo de partículas por m<sup>3</sup></b>				
1	No especificado	100	1	0	0
2	No especificado	100 000	1 000	10	1
3	No especificado	No especificado	10 000	500	10
4	No especificado	No especificado	No especificado	1 000	100
5	No especificado	No especificado	No especificado	20 000	1 000
6	No especificado	No especificado	No especificado	No especificado	20 000

El funcionamiento y la duración de una instalación neumática se mantiene con el empleo de los grupos de tratamiento del aire colocados por delante de los equipos neumáticos, compuestos por el filtro, el regulador de presión y el lubricador.

# Unidades de tratamiento del aire

## FILTRO

Elimina del aire comprimido la humedad condensada, polvo, partículas sólidas, gases corrosivos, vapores de aceite, etc.

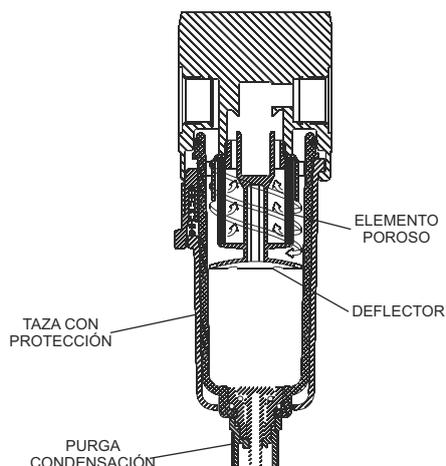
En la parte inferior del vaso existe un dispositivo de escape de la condensación que puede ser automático o manual.

En este último caso debe ponerse atención a que el agua acumulada en el vaso no supere el deflector y sea aspirada a la red.

El aire deshumificado se hace después pasar a través de un elemento filtrante compuesto de un material poroso que retiene las restantes impurezas. Las dimensiones de las partículas que el tabique poroso ( así se define el elemento filtrante) llega a retener, define el umbral de filtración del filtro : 5  $\mu\text{m}$  - 20  $\mu\text{m}$  - 50  $\mu\text{m}$ .

Otro tipo de filtro de doble acción filtrante (**llamado de dos etapas**) es capaz de eliminar del aire las partículas sólidas orgánicas e inorgánicas al 99,7 % y de favorecer el agrupamiento de las partículas líquidas hasta formar gotas que se precipitan sobre el fondo del vaso.

Dicho agrupamiento se llama sínfisis y los correspondientes filtros: **filtros coalescentes**.



## REGULADOR (O REDUCTOR) DE PRESIÓN

Permite reducir, regular y estabilizar la presión del aire disponible en la red, adaptándola a las exigencias de los aparatos a alimentar.

El aire comprimido, tanto en los depósitos como en las redes de distribución está sujeto a continuas oscilaciones de presión debidas a los consumos inconstantes de utilización y a la intermitencia de funcionamiento de los compresores, por lo que es siempre necesaria una regulación para reducir la presión primaria a los valores deseados y para nivelar las oscilaciones.

La regulación de la presión en salida del regulador se realiza accionando sobre el pomo externo: atornillando se obtiene un aumento de la presión, al revés, desatornillando, se obtiene una disminución.

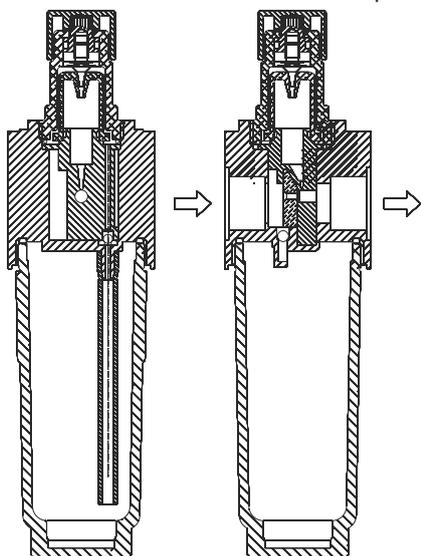
Función RELIEVING: es un sistema que descarga el aire sobrante en el caso de que la presión de salida esté por encima de los valores fijados (por ejemplo para un empuje externo ejercido por un cilindro actuador).

Todos los reguladores tienen conexión para montar los manómetros que permiten la lectura de la presión en salida. Pneumax dispone también de reguladores con el manómetro incorporado en el pomo reduciendo espacio sobre las máquinas y tiempos/costos de montaje respecto al empleo del regulador tradicional. Además Pneumax ha proyectado un sistema de conexión por bayoneta que permite montar en batería, de manera rápida y segura, varios reguladores (incluso los de manómetro incorporado) alimentados así con una sola presión común a todos.

## LUBRICADOR

En condiciones normales de empleo los componentes Pneumax no requieren lubricación suplementaria. Si las condiciones resultan sin embargo especiales y el velo lubricante puesto al principio en el montaje de los componentes neumáticos llega a faltar, éstos podrían dañarse. En estas condiciones resulta necesario el empleo del lubricador que, automáticamente, durante la utilización del aire, mete constantemente aceite nebulizado en el circuito, que va a depositarse en parte sobre las superficies con rozamientos de los componentes neumáticos.

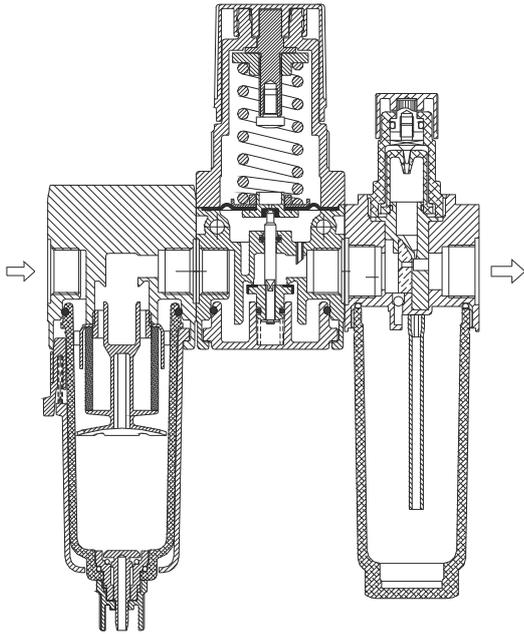
Ese dispositivo va montado si es posible cerca de los componentes utilizados, evitando depósitos de aceite en los tubos curvos de conexión.



# Unidades de tratamiento del aire

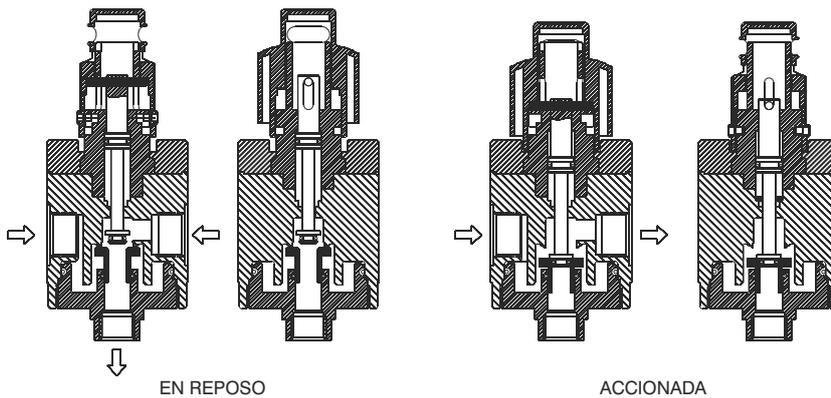
## GRUPO DE ACONDICIONAMIENTO FRL

Son los 3 elementos precedentemente expuestos montados en un grupo siguiendo el orden indicado por la abreviatura: Filtro - Regulador de presión - Lubricador.



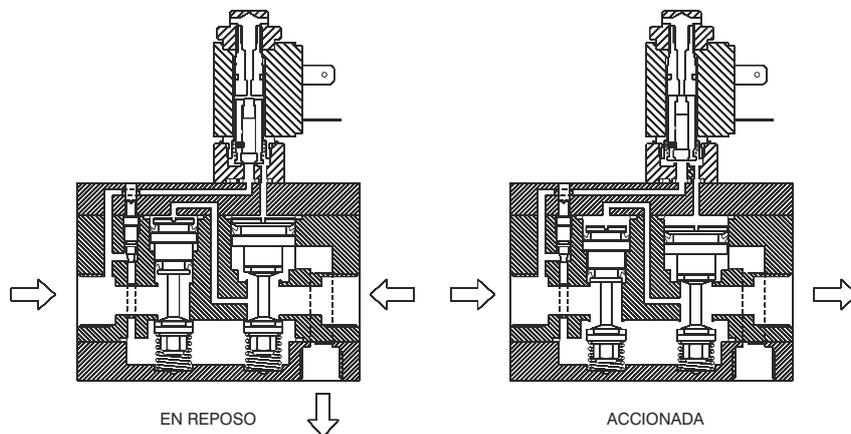
## VÁLVULAS DE CIERRE

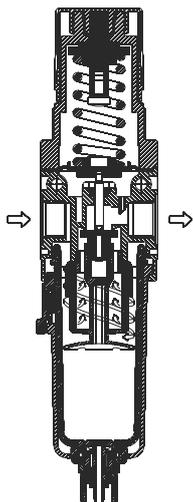
Es una válvula de obturador 3/2 NC mandada con un pomo y sirve como grifo para dar o quitar el aire de entrada al grupo FRL (en efecto, va siempre colocado por delante del mismo). Puede ser bloqueado en la posición de escape para impedir la presurización accidental del montaje, utilizando la versión "candable" mediante un candado apropiado.



## ARRANQUE PROGRESIVO

Al alimentar un circuito el aire comprimido no llega de inmediato a todos los componentes neumáticos conexonados al mismo valor, sino que lo hacen con tiempos distintos que debemos uniformar. Este tiempo necesario para la estabilización de la presión es breve pero podría producir peligrosos movimientos de los cilindros no previstos comprometiendo incluso el funcionamiento del montaje. Para evitar tales situaciones es necesario meter el aire en el circuito de forma progresiva y gradual, al menos hasta alcanzar los 3 bar a partir de los cuales es posible subir rápidamente la presión. El arranque progresivo, montado al final del grupo FRL, tiene precisamente esta función y puede ser mandado neumáticamente o con un impulso eléctrico.





## FILTRO-REGULADOR

El filtro regulador es un aparato que integra en el mismo cuerpo un filtro y un regulador de presión.

Las características técnicas de esta unidad combinada son las mismas de los correspondientes aparatos simples.

Como se puede ver en el diseño la parte inferior está constituida por un filtro que filtra el aire con las mismas prestaciones que el de su respectiva talla, unido por su parte superior a un regulador de presión que envía hacia la salida el aire con presión regulada.

La unidad así constituida permite un ahorro en términos de costos y una reducción de dimensiones.

## MULTIPLICADOR DE PRESIÓN

El multiplicador de presión bombea aire continuamente hasta alcanzar, en el circuito a valle, un valor de presión doble respecto a la presión de entrada, en cuyo momento y puesto que se han creado las condiciones de equilibrio, se para.

Cuando la presión a valle desciende, el multiplicador reemprende su movimiento alternativo hasta que se cree de nuevo el equilibrio.

Los multiplicadores se suministran también con un regulador de presión en la entrada para poder regular mejor la presión de salida.

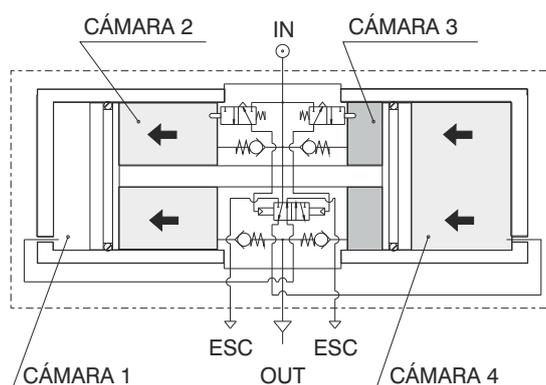
Conviene recordar que el multiplicador de presión realiza la relación 1:2 cuando el consumo de aire es nulo. Esto significa que es posible presurizar un depósito con dicha relación.

Cuando intervienen consumos de aire la relación puede variar en función de los caudales requeridos y de las presiones en juego.

A veces, el empuje generado por un cilindro neumático es insuficiente para cumplir la función que se le ha asignado. Es necesario por tanto, donde sea posible, aumentar la presión de ejercicio o bien, compatiblemente con la estructura de la máquina, emplear un cilindro de diámetro superior.

Cuando no sea posible utilizar un cilindro de mayores dimensiones es útil emplear el multiplicador de presión que puede utilizar como fluido motor el mismo aire comprimido de la instalación.

Este componente tiene una relación de compresión 1:2.





## 07 - Válvulas y electroválvulas

- Conceptos básicos, esquemas internos de funcionamiento, terminología, funcionamiento, distintas tipologías de utilización
- Curvas de caudal



# Válvulas y electroválvulas

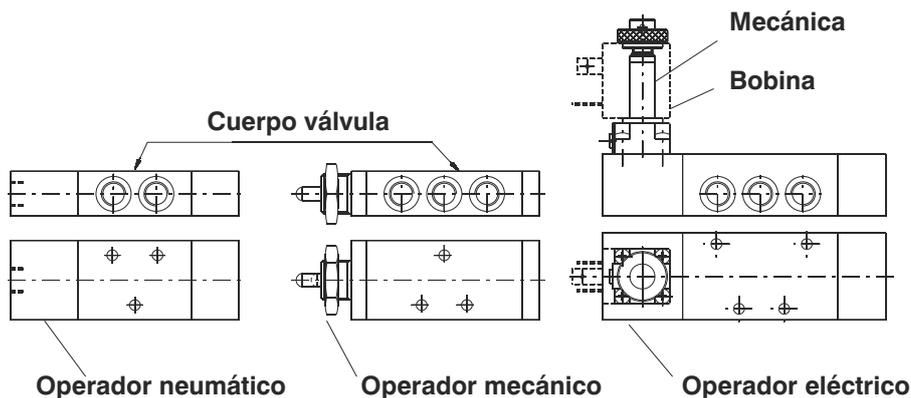
## CONCEPTOS BÁSICOS

En neumática la válvula es el dispositivo que intercepta y distribuye el aire comprimido o regula su caudal.

Se pueden agrupar en tres familias:

- **válvulas de interceptación:** bloquean o cambian el sentido del aire comprimido en base a las necesidades (ejem. ver elementos lógicos OR o AND).
- **válvulas de regulación:** varían el flujo del aire comprimido en base a las necesidades regulando presión y/o caudal. (ejem. Ver los reguladores de flujo).
- **válvulas de distribución:** desvían el flujo del aire comprimido sin variar la presión ni el caudal.

Las válvulas de distribución están compuestas de dos partes: la **operativa** de distribución del aire (el **cuerpo de válvula**), y la de **mando** (el **operador**) que acciona la primera y hace de transmisión entre el utilizador y el dispositivo neumático comandado (un cilindro por ejemplo).



## EL CUERPO DE LA VÁLVULA

Es la parte operativa de la válvula y comprende las conexiones, los orificios de fijación y las partes en movimiento para la distribución del aire.

Existen dos distintos sistemas de funcionamiento: de obturador y de corredera.

### Funcionamiento de OBTURADOR

El sistema de distribución en movimiento interno en el cuerpo de válvula, está compuesto por dos obturadores de goma que hacen estanqueidad directamente sobre la sección de paso, elevándose o apoyándose sobre la misma.

#### Ventajas

- carrera de las partes en movimiento corta: tiempos de respuesta reducidos.
- grandes secciones de paso: alto caudal

#### Desventajas

- Funcionamiento monoestable: necesita de la señal continua para el accionamiento: el reposicionamiento es factible solo con retorno por muelle.
- El sistema de las presiones no es compensado en cuanto que la presión actúa directamente sobre el obturador aplicando una fuerza a contrastar con el muelle con las consiguientes altas presiones de accionamiento.
- función 5/3 no factible.

### Funcionamiento de CORREDERA

La parte en movimiento en este sistema es la corredera que en su movimiento de translación, al tener diferentes diámetros, hace o no hace estanqueidad con las juntas fijadas al cuerpo de válvula, permitiendo o no el paso del flujo del aire.

#### Ventajas

- simplicidad de montaje/instalación/mantenimiento.
- funciones 5/3 factibles
- dimensiones reducidas
- posibilidad de utilizar el mismo cuerpo de válvula con distintos operadores
- posibilidad de montaje en batería

#### Desventajas

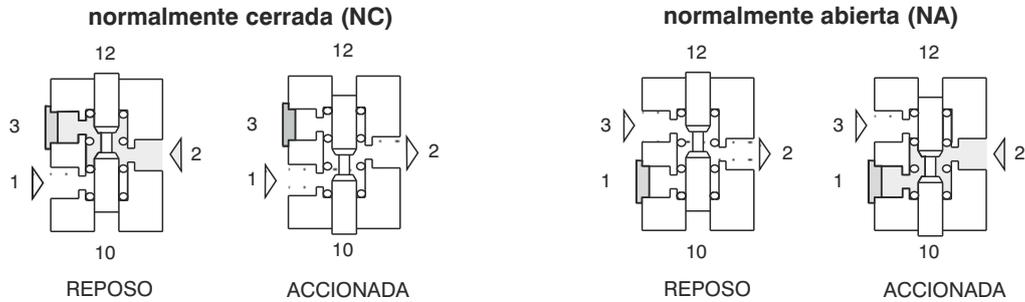
- carrera de las partes en movimiento larga: tiempos de respuesta mayores.
- necesidad de atención y cuidado en el montaje y realización de los componentes.
- pasos/caudales inferiores

# Válvulas y electroválvulas

Existen diversas tipologías de válvulas de distribución, según la función que desempeñen (nos limitamos al funcionamiento de corredera y omitiendo el de obturador).

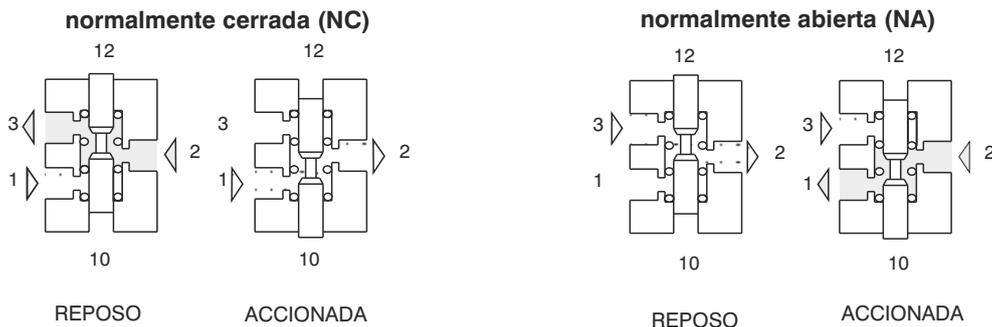
## 2/2 - 2 vías 2 posiciones

2 conexiones roscadas (alimentación y utilización, sin escape)



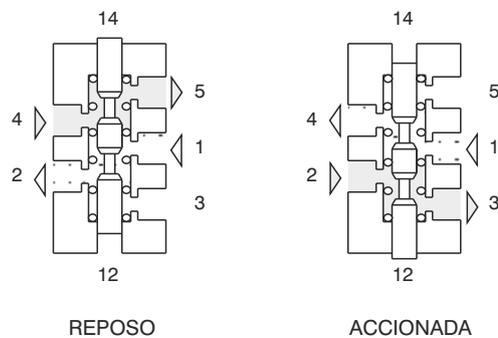
## 3/2 - 3 vías 2 posiciones

3 conexiones roscadas (alimentación, utilización y escape)



## 5/2 - 5 vías 2 posiciones

5 conexiones roscadas (alimentación, utilizaciones y sus correspondientes escapes)

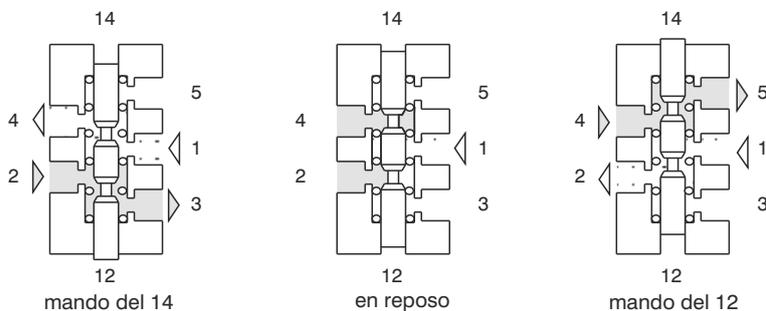


## 5/3 - 5 vías 3 posiciones

5 conexiones roscadas (alimentación, 2 utilidades y sus correspondientes escapes)

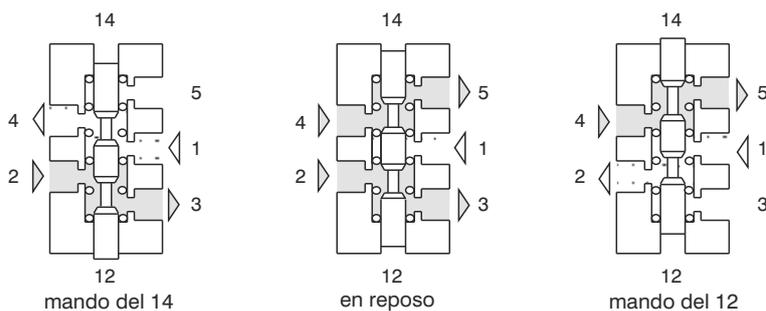
### Centros Cerrados (CC)

(condiciones de reposo : todos los pasos cerrados)



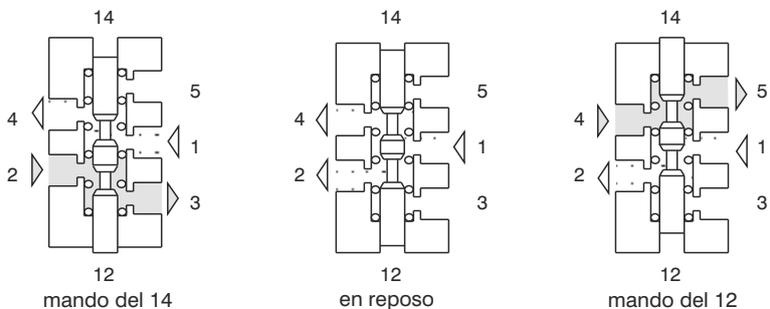
### Centros Abiertos (CA)

(condiciones de reposo: paso 1 cerrado, pasos del 4 al 5 y del 2 al 3 abiertos)



### Centros en Presión (CP)

(condiciones de reposo: paso del 1 al 2 y al 4 abierto, pasos 5 y 3 cerrados)



# Válvulas y electroválvulas

## LOS OPERADORES

Son las partes de mando de las válvulas y pueden ser de **accionamiento** (conmutación de la válvula) o **reposicionamiento** (vuelta de la válvula a la posición de reposo).

Si la señal con la que se pilota el operador es de tipo manual o mecánico estamos hablando de una válvula, si es eléctrico de una **electroválvula**.

### Operadores mecánicos/manuales

Constituidos por palancas, rodillos, pulsadores, pedales, etc. actúan directamente sobre el sistema interno de distribución del aire (corredera).

### Operadores neumáticos

Utilizado cuando no es posible mandar directamente la válvula; constituidos por un pistón que accionado a distancia por un impulso neumático hace desplazar el sistema interno de distribución del aire (corredera).

### Operadores electroneumáticos

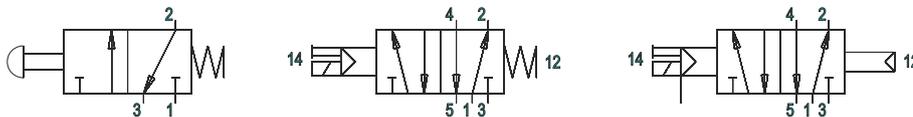
Son operadores que reciben una señal de tipo eléctrico y la transforman en una neumática de mando.

## VÁLVULAS MONOESTABLES Y BIESTABLES

Según el número de señales necesario para su funcionamiento, las válvulas se dividen en monoestables y biestables.

**Válvulas o electroválvulas monoestables:** para su funcionamiento necesitan de una sola señal externa.

Son válvulas con el operador de reposicionamiento de tipo inestable que no necesita señal externa sino que se reposiciona por sí misma al faltar la señal del operador opuesto.

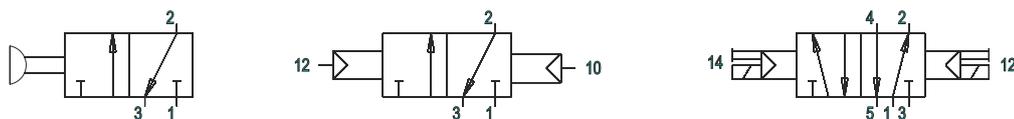


Los operadores inestables más comunes son los mecánicos (el muelle) y los neumáticos (el diferencial).

El primero es un simple muelle que desplaza longitudinalmente la corredera. El diferencial es un pistón neumático con una sección de empuje inferior a la del operador neumático opuesto. Como se ve en el símbolo del ejemplo abajo reseñado, en caso de faltar la señal 12 la válvula vuelve a la posición de reposo.



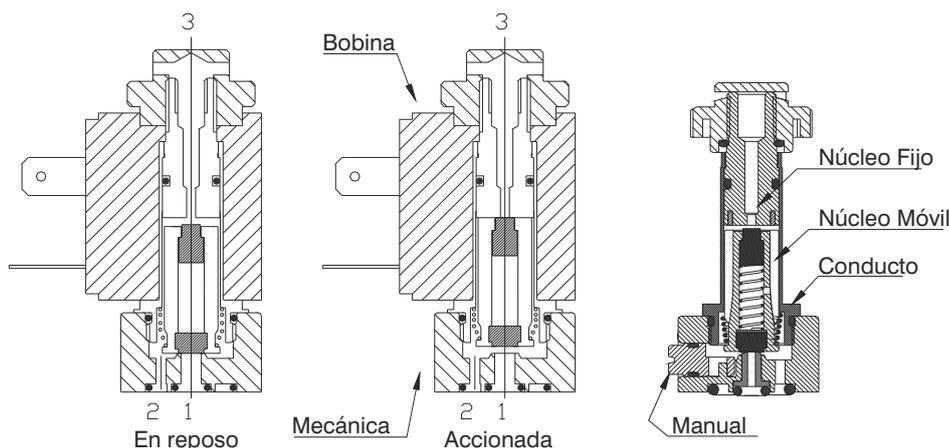
**Válvulas o electroválvulas biestables:** Para el funcionamiento necesitan de dos señales externas. Son válvulas con operadores del tipo estable, como el neumático o el pulsador de 2 posiciones, que al faltar la segunda señal externa, permanecen en la posición en la que se encuentran.



## LAS ELECTROVÁLVULAS

**Electroválvulas de mando directo:** Como indica el término mandan directamente el aire comprimido de la alimentación a la utilización y pueden definirse también como de tipo de obturador. Están compuestas por la **Mecánica**, un conducto en latón o acero inox sobre el cual se ensarta la **bobina**. En el conducto se desliza el **núcleo móvil** que porta los obturadores de estanqueidad y es accionado por el campo magnético de la bobina bajo tensión. En el extremo de la mecánica está el **núcleo fijo** que amplifica el campo magnético y en caso de utilización con corriente alterna, lleva un **anillo de cobre** llamado de desfase que limita las vibraciones causadas por la corriente (los núcleos son de acero especial de bajo magnetismo residual).

Estas electroválvulas, siempre provistas de un accionamiento mecánico suplementario útil para accionar la electroválvula en cualquier momento (ejem. en caso de búsqueda de averías), pueden ser solo 2/2 y 3/2 (normalmente abiertas o cerradas).



**Electroválvulas de mando indirecto:** Como su nombre indica, la electroválvula en cuestión está provista de una electroválvula de mando directo que bajo tensión alimenta un operador neumático.

Se trata efectivamente de un distribuidor neumático mandado por una señal eléctrica.

Se pueden distinguir dos variantes:

- **servoasistidas** (o autoalimentadas): el operador se alimenta del aire de la conexión de alimentación principal 1 del distribuidor; excitando la bobina el aire de la conexión 1 pasa al operador neumático que acciona la electroválvula.

Presión de accionamiento y de alimentación de electroválvula iguales

- **alimentadas externamente:** conceptualmente iguales a las servoasistidas pero con la alimentación externa del operador

Presión de accionamiento y de trabajo de la electroválvula diferentes

## TÉRMINOS Y DEFINICIONES

**Presión mínima de accionamiento:** indicada para las válvulas neumáticas y eléctricas, es la presión por debajo de la cual el dispositivo neumático no se acciona.

**Fuerza mínima de accionamiento:** para las válvulas de accionamiento mecánico o manual indica el valor mínimo de la fuerza necesaria para accionar la válvula.

**Presión máxima de ejercicio:** es la presión límite de funcionamiento a la que el dispositivo neumático funciona sin riesgo de daño.

**Diámetro nominal de paso:** corresponde a la sección mínima de paso de las salidas / entradas de la válvula o electroválvula, pero no se toma como valor para elección de la misma. En efecto, para una comparación entre tallas en catálogo, se toma en consideración el caudal nominal.

**Temperatura mínima y máxima:** son las temperaturas dentro de las cuales el dispositivo neumático funciona regularmente y fuera de los cuales podría sufrir daños.



## 08 - Cilindros

- Informaciones básicas sobre cilindros
- Ciclos de trabajo del cilindro
- Consumos de aire
- Cargas en punta
- Capacidad de amortiguación de final de carrera
- Fuerza de empuje y tracción del cilindro
- Las cargas del muelle en los cilindros de simple efecto
- Par máximo de apriete tornillos de fijación cilindros

## INFORMACIONES BÁSICAS SOBRE EL CILINDRO

### -Función

Los cilindros neumáticos son los componentes finales de un sistema automático que transforman la energía neumática en trabajo.

$$T = F \times d$$

(Trabajo= Fuerza x desplazamiento)

La **fuerza teórica** del cilindro es directamente proporcional a la presión de alimentación y a la superficie sobre la que actúa (es decir la superficie del pistón).

$$F = P \times S$$

(Fuerza= Presión x superficie)

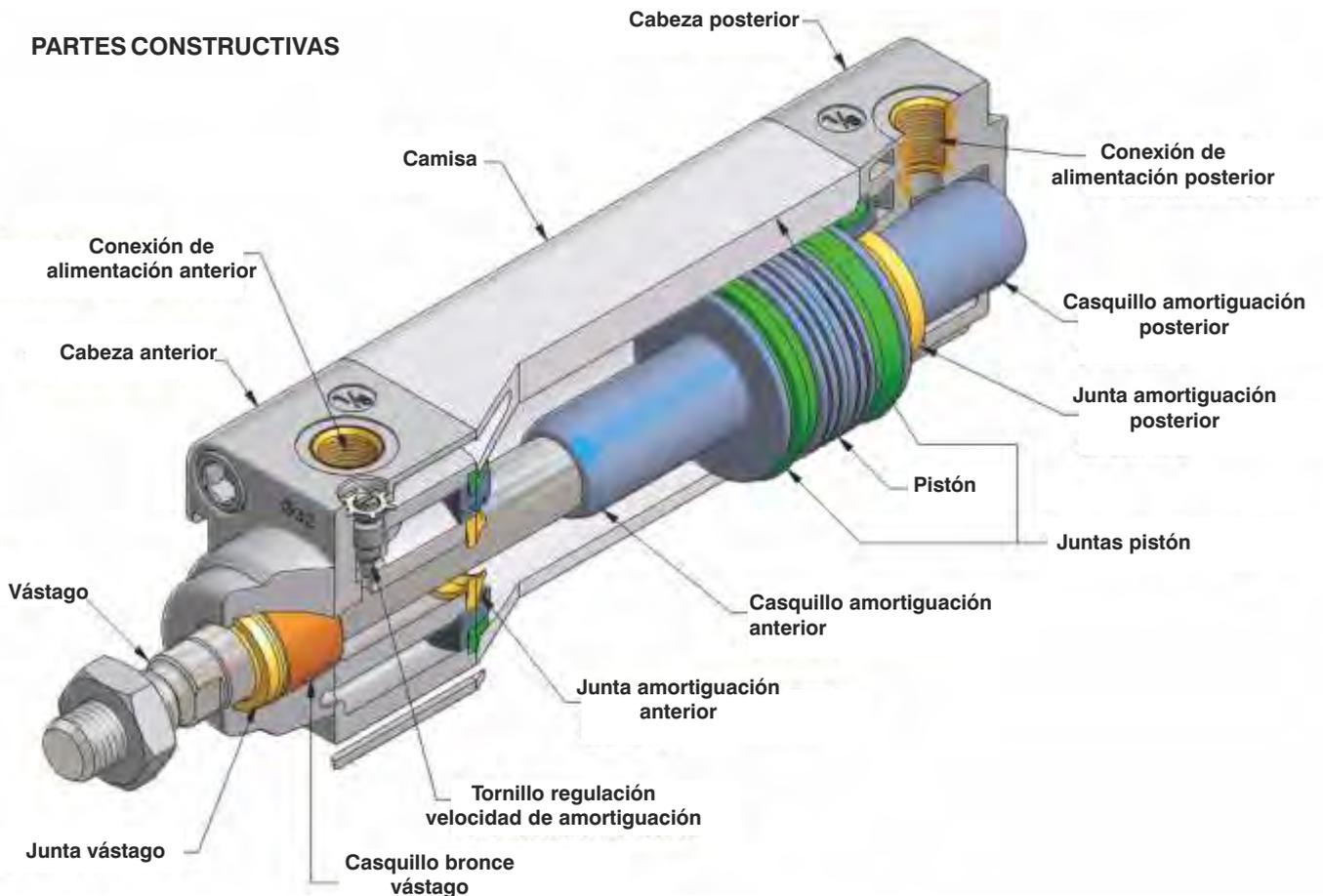
(es evidente que en la fase de retroceso del vástago, la sección de empuje disminuye tanto como sea la sección del vástago).

La **fuerza real** del cilindro se calcula teniendo en cuenta que:

- existen pérdidas por el rozamiento de las juntas de estanqueidad durante el movimiento.
- en la partida el cilindro debe vencer el rozamiento estático del primer despegue, superado el cual el cilindro comienza a moverse.
- cuando el pistón se estaciona por un cierto período de tiempo en la misma posición, la compresión de las juntas de estanqueidad contra la pared de la camisa, desplaza el velo de lubricante interpuesto entre sí y la superficie de deslizamiento. En ese punto la lubricación cesa y el pistón, al partir, debe superar una superficie "seca".

Por todos estos motivos, la fuerza real del cilindro es igual a la fuerza teórica reducida en un 10-15%.

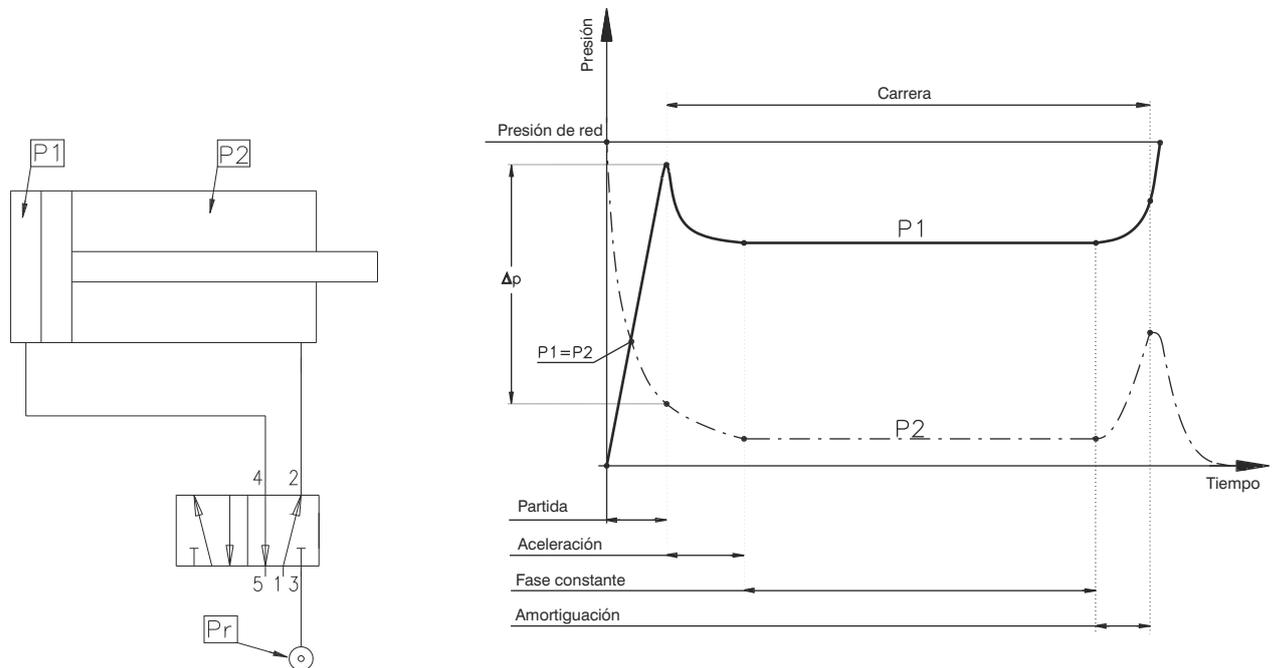
### PARTES CONSTRUCTIVAS



# Cilindros

## EL CICLO DEL TRABAJO DEL CILINDRO

El ciclo del trabajo de un cilindro está compuesto de 4 fases: partida, aceleración, fase constante y amortiguación. Consideremos el circuito abajo indicado con el cilindro en posición de reposo (vástago todo adentro) conectado a un  $P_1$  = presión atmosférica  $P_2$  = presión de red ( $P_r$ ).



### Partida:

- accionando el distribuidor 5/2, el aire del 2 pasa al 4, presurizando la cámara posterior del cilindro;  $P_1$  hace salir el vástago mientras que la cámara anterior evacua la presión a través de las conexiones 2->3 con  $P_2$  que baja.
- tan pronto como la  $P_1$  supere el punto de equilibrio entre las dos presiones, el cilindro podría partir pero necesita una presión suficiente para vencer los rozamientos y la carga aplicada al cilindro. Cuando esta  $\Delta p$  es mayor que los rozamientos y las cargas aplicadas, el cilindro comienza a moverse.

### Aceleración:

La máxima velocidad del cilindro se alcanza en torno al 15-30% de la carrera y es directamente proporcional al volumen de la cámara en escape y por tanto a la carrera. De ello se desprende que, a igualdad de diámetro de cilindro, mayor será la aceleración cuanto menor sea la carrera.

### Fase constante:

Una vez alcanzado un equilibrio entre las dos cámaras, el pistón corre hasta la siguiente fase. La velocidad de translación no es siempre constante y depende de muchos factores entre los cuales se encuentran los rozamientos internos, la carga aplicada, la posición de montaje del cilindro, el caudal del distribuidor, etc... Regulando el caudal en escape es posible controlar la velocidad del cilindro, teniendo en cuenta utilizar un distribuidor con máximo caudal posible (ver "Dimensionamiento / elección del cilindro y de la válvula" sección 09) en cuanto que la regulación de la velocidad será para valores inferiores a la máxima velocidad del distribuidor.

### Amortiguación:

Es la fase final de la carrera con el escape de la cámara anterior estrangulado haciendo así que la  $P_2$  salga oponiéndose a la  $P_1$  y ralentizando la carrera del pistón hasta el fin de la carrera cuando  $P_1$  sale al valor máximo suministrado por la red y  $P_2$  = presión atmosférica.



# Cilindros

## CONSUMO DE AIRE DE LOS CILINDROS

El consumo de aire del cilindro es el volumen de aire que el cilindro consume por cada ciclo completo de trabajo ejecutado (salida y entrada del vástago), en proporción a la presión de alimentación.

$$\text{Consumo} = Pa \times C \times (A+b)$$

- Pa** = Presión absoluta (bar)  
**C** = Carrera cilindro (dm)  
**A** = ver tabla 1 (dm<sup>2</sup>)  
**b** = ver tabla 2 (dm<sup>2</sup>)

El consumo se mide en Normal-Litros (NI) que corresponde al volumen que ocuparía una determinada cantidad (masa) de gas si fuera insuflado a la presión atmosférica.

Ejemplo de cálculo:

Consideremos un cilindro ISO 15552 serie 1319:

- Alimentación a 6 bar (Pa = 7 bar)  
 Carrera 50 mm. (C = 0,5 dm)  
 Ø 63 (A = 0,31157 dm<sup>2</sup>)  
 Ø vástago = 20 mm. (b = 0,28017 dm<sup>2</sup>)

$$\text{Consumo} = 7 \text{ (bar)} \times 0,5 \text{ (dm)} \times (0,31157 + 0,28017) = 2,072 \text{ NI}$$

(para conocer el consumo en un determinado número de ciclos del cilindro bastará multiplicar el consumo obtenido de la fórmula por el número de ciclos ejecutados).

Area pistón cilindro		Diferencia area pistón cilindro / Ø vástago	
Ø cilindro	A	Ø cilindro - Ø vástago	b
Ø 8	0,00502 dm <sup>2</sup>	Ø 8 - Ø 4	0,00377 dm <sup>2</sup>
Ø 10	0,00785 dm <sup>2</sup>	Ø 10 - Ø 4	0,00659 dm <sup>2</sup>
Ø 12	0,01130 dm <sup>2</sup>	Ø 12 - Ø 6	0,00848 dm <sup>2</sup>
Ø 16	0,02010 dm <sup>2</sup>	Ø 16 - Ø 6	0,01727 dm <sup>2</sup>
Ø 20	0,03140 dm <sup>2</sup>	Ø 20 - Ø 8	0,02638 dm <sup>2</sup>
Ø 25	0,04906 dm <sup>2</sup>	Ø 25 - Ø 10	0,04121 dm <sup>2</sup>
Ø 32	0,08038 dm <sup>2</sup>	Ø 32 - Ø 12	0,06908 dm <sup>2</sup>
Ø 40	0,12560 dm <sup>2</sup>	Ø 40 - Ø 14	0,11021 dm <sup>2</sup>
Ø 50	0,19625 dm <sup>2</sup>	Ø 40 - Ø 16	0,10550 dm <sup>2</sup>
Ø 63	0,31157 dm <sup>2</sup>	Ø 40 - Ø 18	0,10017 dm <sup>2</sup>
Ø 80	0,50240 dm <sup>2</sup>	Ø 50 - Ø 14	0,18086 dm <sup>2</sup>
Ø 100	0,78500 dm <sup>2</sup>	Ø 50 - Ø 18	0,17082 dm <sup>2</sup>
Ø 125	1,22656 dm <sup>2</sup>	Ø 50 - Ø 20	0,16485 dm <sup>2</sup>
Ø 160	2,00960 dm <sup>2</sup>	Ø 63 - Ø 20	0,28017 dm <sup>2</sup>
Ø 200	3,14000 dm <sup>2</sup>	Ø 63 - Ø 22	0,27357 dm <sup>2</sup>
		Ø 80 - Ø 22	0,46441 dm <sup>2</sup>
		Ø 80 - Ø 25	0,45334 dm <sup>2</sup>
		Ø 100 - Ø 25	0,73594 dm <sup>2</sup>
		Ø 100 - Ø 30	0,71435 dm <sup>2</sup>
		Ø 125 - Ø 30	1,15591 dm <sup>2</sup>
		Ø 125 - Ø 32	1,14618 dm <sup>2</sup>
		Ø 160 - Ø 40	1,88400 dm <sup>2</sup>
		Ø 200 - Ø 40	3,01440 dm <sup>2</sup>

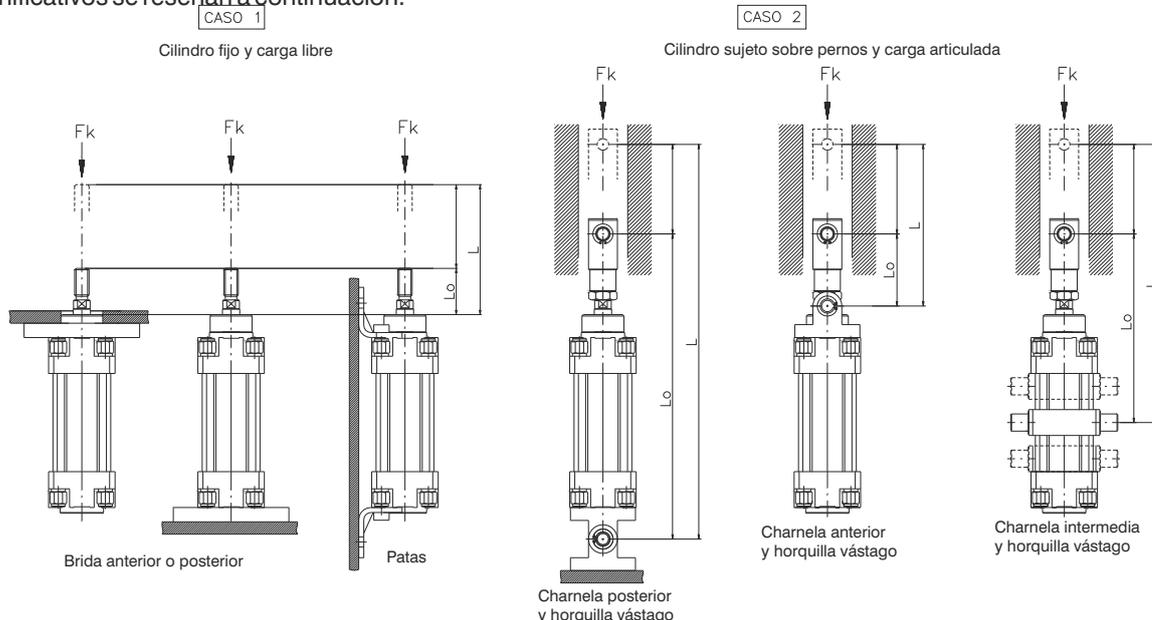
tabla 1

tabla 2

# Cilindros

## CARGA DE PUNTA ADMISIBLE (carga de límite de flexión)

La carga de punta es la carga máxima aplicable axialmente al vástago de los cilindros a partir de la cual podría producirse la flexión del vástago por compresión. Los factores que influyen sobre la carga de punta son la entidad de la carga, el diámetro del vástago, la longitud máxima sobre la que se aplica la carga (longitud de límite de flexión) y las condiciones de trabajo exigidas al vástago (tipo de fijación cilindro). Entre los distintos casos de exigencias, los más significativos se reseñan a continuación.



Los controles ligados a la carga de punta se pueden hacer de modo empírico (ver fórmulas) o leyendo el gráfico siguiente referido a las peores exigencias de prestaciones (caso 1 y 2).

Para todos los demás sistemas de fijación del cilindro, la carga admisible será seguramente mayor.

$$F_k = \frac{\pi^3 \times E \times d^4}{64 \times L^2 \times C} \quad (N.)$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{F_k \times 64 \times L^2 \times C}{\pi^3 \times E}} \quad (Cm.)$$

$$L = \sqrt[4]{\frac{\pi^3 \times E \times d^4}{F_k \times 64 \times C}} \quad (Cm.)$$

### Ejemplo: Verificación carga de punta

Cilindro ø80 mm.  
Diámetro vástago ø20 mm.  
Carrera 600 mm.  
Fijación CASO 2 charnela intermedia: L0=290 mm.  
Carga 2000 N.  
L (longitud de límite de flexión) = 29+60=89 cm.  
 $F_k = (\pi^3 \times 2,1 \times 10^7 \times 2^4) : (64 \times 89^2 \times 5) = 4104 \text{ N}$   
(por encima de los 2000 N aplicados)

Consultado el gráfico a continuación reseñado, se podrá obtener el mismo resultado: siguiendo la línea horizontal de la longitud de límite de presión de 900 mm. hasta cruzarse con la línea del Ø20 del vástago y bajando verticalmente se obtiene una carga máxima de casi 4000 N.

E= módulo de elasticidad material Vástago (N/cm<sup>2</sup>)  
(acero= 2,1x10 N/cm<sup>2</sup>.)

d= diámetro vástago (cm.)

L=longitud de límite de flexión (cm.)  $d = \sqrt[4]{(4000 \times 64 \times 89^2 \times 5) / (\pi^3 \times 2,1 \times 10^7)} = 2 \text{ cm}$

C= factor de seguridad (de 2,5 a 5)

Considerando el mismo cilindro del caso anterior, buscar el diámetro del vástago apropiado para soportar la carga de 4000 N.

Por tanto se utilizará el diámetro inmediatamente superior: Ø25 mm.

### Ejemplo: Determinación del diámetro vástago

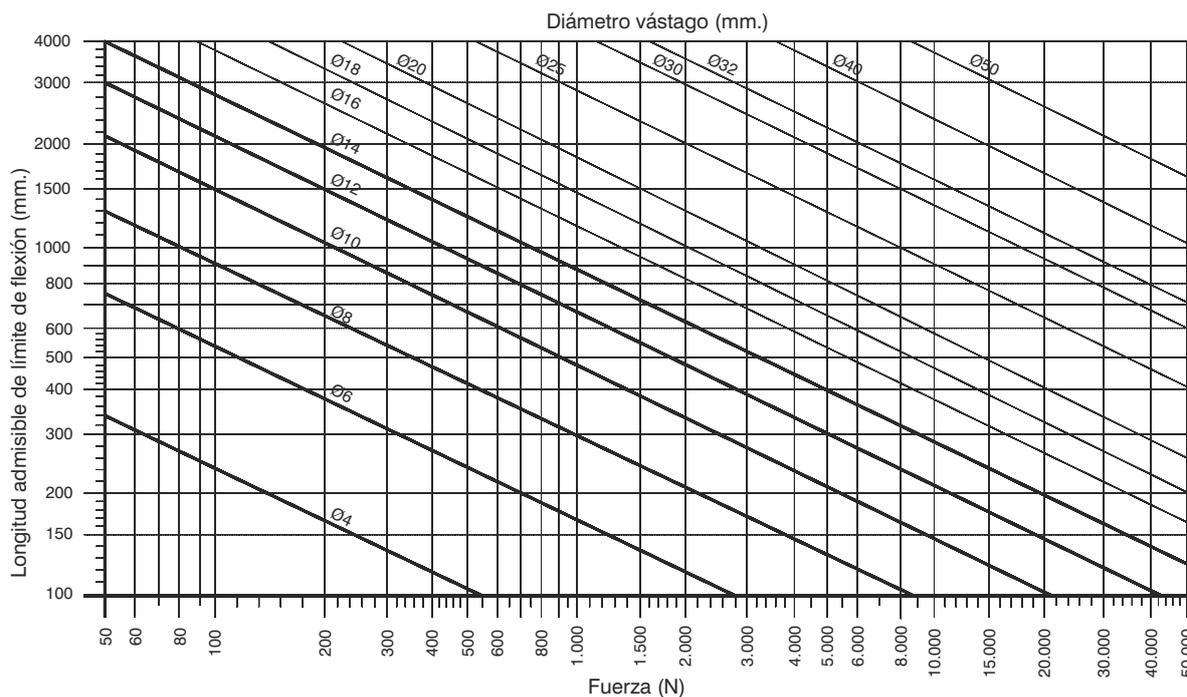
También en este caso, el gráfico siguiente, se obtendrá el mismo resultado: la línea horizontal de la longitud de límite de flexión de 900 mm. y la línea vertical de la carga máxima de casi 4000 N. se cruzan justamente sobre la línea del Ø 20 mm.

Del mismo modo se puede calcular la longitud del límite de flexión con la tercera fórmula o utilizando el gráfico.



# Cilindros

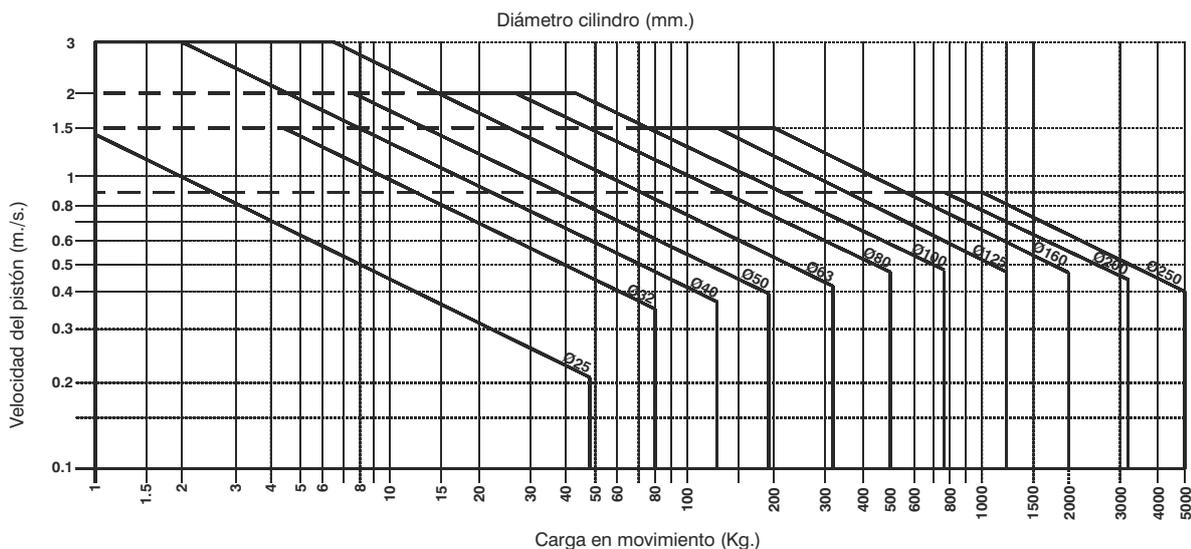
## Gráfico carga de punta



## CAPACIDAD DE AMORTIGUACIÓN DE FIN DE CARRERA

Retrayéndonos al diagrama del ciclo de trabajo del cilindro, la última fase, la amortiguación, tiene la función expresa de reducir al mínimo la energía cinética de la carga en movimiento evitando golpes del pistón contra la cabeza al final de la carrera comprometiendo el funcionamiento y la gobernabilidad del actuador. En efecto, los cilindros desprovistos de un sistema de amortiguación neumático, no se aconsejan para empleos con alta velocidad (a menos que se adopten paragolpes o amortiguadores externos).

La carga máxima amortiguable depende de la velocidad de traslación de la carga y de la capacidad de amortiguación del cilindro. En el gráfico siguiente se indican las líneas para cada diámetro del cilindro ISO 1552 bajo las cuales se deben encontrar los valores de carga y velocidad de funcionamiento del cilindro elegido (el diagrama se refiere al movimiento en salida del vástago, alimentación a 6 bar).



# Cilindros

## FUERZA TEÓRICA DE EMPUJE DE LOS CILINDROS (N) fase salida de vástago

Diámetro (mm)	Sección de empuje (mm <sup>2</sup> )	Presión de ejercicio en bar									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ø6	28	2,5	5,5	8	11	13,5	16,5	19	22	24,5	27,5
Ø8	50	4,5	9,5	14,5	19,5	24,5	29,5	34	39	44	49
Ø10	79	7,5	15	23	30,5	38	46	53,5	61,5	69	76,5
Ø12	113	11	22	33	44	55	66	77	88	99	110
Ø16	201	19	39	59	78	98	118	137	157	177	197
Ø20	314	30	61	92	123	153	184	215	246	277	307
Ø25	491	48	96	144	192	240	288	336	384	433	481
Ø32	804	78	157	236	315	394	472	551	630	709	788
Ø40	1.256	123	246	369	492	615	739	862	985	1.108	1.231
Ø50	1.963	192	384	577	769	962	1.154	1.347	1.539	1.732	1.924
Ø63	3.116	305	611	916	1.222	1.527	1.833	2.138	2.444	2.749	3.055
Ø80	5.024	492	985	1.478	1.970	2.463	2.956	3.448	3.941	4.434	4.926
Ø100	7.850	769	1.539	2.309	3.079	3.849	4.618	5.388	6.158	6.928	7.698
Ø125	12.266	1.202	2.405	3.608	4.811	6.014	7.217	8.419	9.622	10.825	12.028
Ø160	20.096	1.970	3.941	5.912	7.882	9.853	11.824	13.795	15.765	17.736	19.707
Ø200	31.400	3.079	6.158	9.237	12.317	15.396	18.475	21.555	24.634	27.713	30.792
Ø250	49.063	4.811	9.622	14.434	19.245	24.056	28.868	33.679	38.491	43.302	48.113

Para el cálculo de la fuerza en la fase de entrada del vástago, seguir la siguiente fórmula:  
**F = (sección Cilindro - sección Vástago) x Presión** (sección en cm<sup>2</sup> y presión en bar)

Para la fuerza real del cilindro quitar 10-15% del valor teórico.

### Diferencia área - pistón cilindro / Ø vástago

Ø cilindro - Ø stelo	b
Ø 8 - Ø 4	0,377 cm <sup>2</sup>
Ø 10 - Ø 4	0,659 cm <sup>2</sup>
Ø 12 - Ø 6	0,848 cm <sup>2</sup>
Ø 16 - Ø 6	1,727 cm <sup>2</sup>
Ø 20 - Ø 8	2,638 cm <sup>2</sup>
Ø 25 - Ø 10	4,121 cm <sup>2</sup>
Ø 32 - Ø 12	6,908 cm <sup>2</sup>
Ø 40 - Ø 14	11,021 cm <sup>2</sup>
Ø 40 - Ø 16	10,550 cm <sup>2</sup>
Ø 40 - Ø 18	10,017 cm <sup>2</sup>
Ø 50 - Ø 14	18,086 cm <sup>2</sup>
Ø 50 - Ø 18	17,082 cm <sup>2</sup>
Ø 50 - Ø 20	16,485 cm <sup>2</sup>
Ø 63 - Ø 20	28,017 cm <sup>2</sup>
Ø 63 - Ø 22	27,357 cm <sup>2</sup>
Ø 80 - Ø 22	46,441 cm <sup>2</sup>
Ø 80 - Ø 25	45,334 cm <sup>2</sup>
Ø 100 - Ø 25	73,594 cm <sup>2</sup>
Ø 100 - Ø 30	71,435 cm <sup>2</sup>
Ø 125 - Ø 30	115,591 cm <sup>2</sup>
Ø 125 - Ø 32	114,618 cm <sup>2</sup>
Ø 160 - Ø 40	188,400 cm <sup>2</sup>
Ø 200 - Ø 40	301,440 cm <sup>2</sup>

tabla 2



# Cilindros

## CARGA INICIAL Y FINAL DE LOS MUELLES DE LOS CILINDROS DE SIMPLE EFECTO

Microcilindros ISO 6431 serie 1260			Diámetro						
			muelle anterior	muelle posterior	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25	Ø32
Carga inicial (N) muelle extendido			9,9	10,8	10,8	7,9	19,7	39,3	39,3
Carga final (N) muelle comprimido			26,5	22,6	22,6	49,1	53,0	106,0	106,0

(carrera 0-40 mm)

Microcilindros ISO 6431 - serie 1280 "MIR"			Diámetro						
			muelle anterior	muelle posterior	Ø8	Ø10	Ø12	Ø16	Ø20
Charge initiale (N) muelle extendido			2,2	2,2	4,0	7,5	11,0	16,5	23,0
Carga final (N) muelle comprimido			4,2	4,2	8,7	21,0	22,0	30,7	52,5

(carrera 0-50 mm)

Cilindros ISO 15552 - serie 1319-20-21			Diámetro					
			muelle anterior	muelle posterior	Ø32	Ø40	Ø50	Ø63
Charge initiale (N) muelle extendido			17,2	24,6	51,0	51,0	98,1	98,1
Carga final (N) muelle comprimido			41,7	83,4	114,8	114,8	194,2	194,2

(carrera 0-50 mm)

Cilindros compactos de carrera corta			Diámetro							
			muelle anterior	muelle posterior	Ø20	Ø25	Ø32	Ø40	Ø50	Ø63
Charge initiale (N) muelle extendido			7,9	9,9	34,4	34,4	50,1	54,0	117,7	108,9
Carga final (N) muelle comprimido			27,5	26,5	59,9	63,8	79,5	85,4	157,0	134,4

(carrera 0-10 mm)

Cilindros compactos serie "EUROPE"			Diámetro									
			muelle anterior	muelle posterior	Ø12	Ø16	Ø20	Ø25	Ø32	Ø40	Ø50	Ø63
Charge initiale (N) muelle extendido			3,9	4,4	4,9	9,8	12,3	16,7	27,5	37,3	59,4	101,3
Carga final (N) muelle comprimido			9,3	17,7	18,1	25,5	34,3	44,1	51,0	63,8	99,4	141,9

(Ø 12 carrera 0 ÷ 10 mm. - Ø 16 ÷ Ø 100 carrera 0 ÷ 25 mm.)

## PAR DE APRIETE PARA TORNILLOS DE FIJACIÓN CILINDROS

Diámetro	Par (Nm)
Ø32	8
Ø40	8
Ø50	16
Ø63	16
Ø80	22
Ø100	22
Ø125	30
Ø160	85
Ø200	85



## 09 - Dimensionamiento / elección del cilindro y de la válvula

- Pérdidas de carga en los tubos
- Dimensionamiento de una válvula
- Dimensionamiento de un cilindro



# Dimensionamiento elección del cilindro y la válvula

## PERDIDAS DE CAUDAL EN LOS TUBOS

### Caudal Qn

En este capítulo, el caudal está expresado como volumen en condiciones normales (presión atmosférica, temperatura 20°C) relacionada con la unidad de tiempo.

La unidad de medida es el normal litro al minuto (NI/min).

Se recuerda que el NI es la cantidad de aire comprimido contenido en un cierto ambiente e indica el volumen que el mismo ocuparía si se aportara a presión atmosférica.

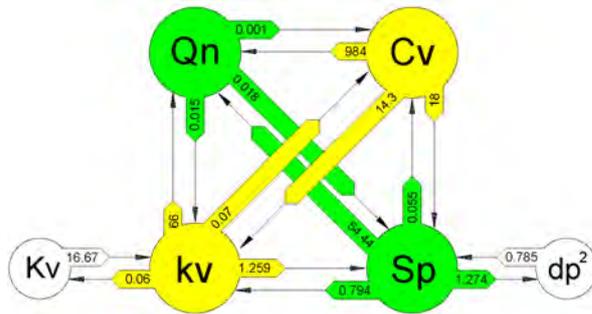
El caudal se determina con dispositivos de medida estandarizados como hemos ilustrado y define parámetros como:

Kv (l/min) se mide con agua para  $\Delta P = 1 \text{ bar}$

Kv (m<sup>3</sup>/hora) se mide con agua para  $\Delta P = 1 \text{ bar}$

Cv (galones USA/min) se mide con agua para  $\Delta P = 1 \text{ psi (0,07 bar)}$

A continuación reseñamos una tabla de conversión de los caudales.



Qn	Caudal nominal	NI/min
kv		l/min
Kv	Coefficiente hidráulico	M <sup>3</sup> /hora
Cv		Galon USA/min.
Sp	Sección nominal de paso	mm <sup>2</sup>
dp <sup>2</sup>	Diámetro <sup>2</sup> nominal de paso *	mm <sup>2</sup>

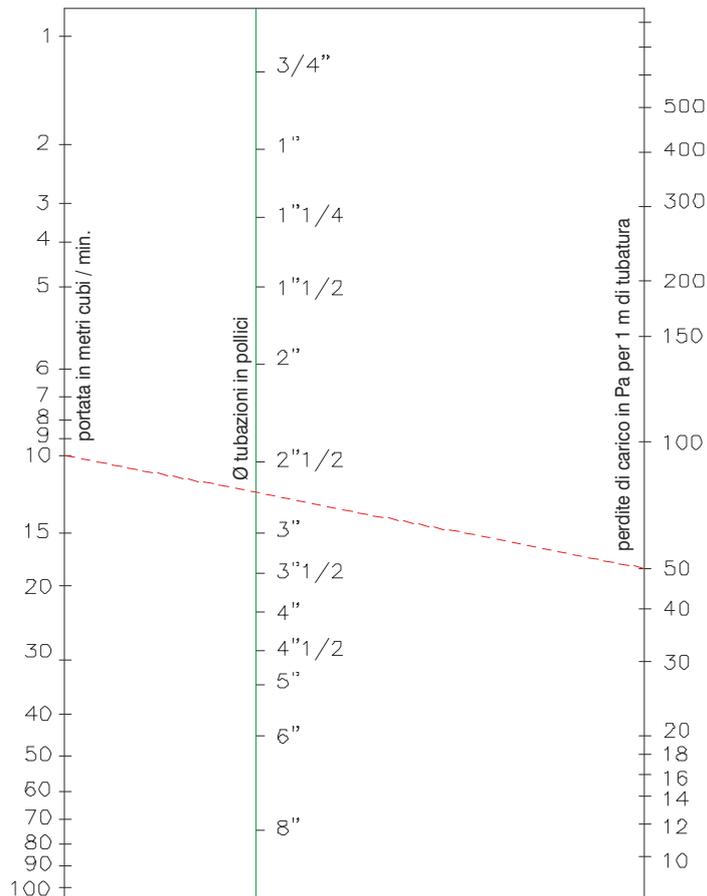
\*para hallar el diámetro dp (mm) realizar la raíz cuadrada de dp<sup>2</sup>

### Caída de presión en los tubos

La capacidad de conducir de un tubo está determinada por el parámetro C (l/s) y la relación entre el caudal máximo y la presión absoluta (ISO 6358).

La capacidad de conducir disminuye progresivamente al aumentar la longitud del tubo a causa de las caídas de presión que se producen por rozamiento del aire contra las paredes del mismo tubo. Por tanto contra más largo sea el tubo, menor será el caudal. En el diagrama que sigue se indica el caudal en los tubos de diversos diámetros externos /internos en función de su longitud.

Por comodidad de utilización se ha procedido a la conversión en NI/min.



# Dimensionamiento elección del cilindro y la válvula

## DIMENSIONAMIENTO DE UNA VÁLVULA

Para garantizar la prestación deseada de uno o varios cilindros previamente dimensionados correctamente, debemos elegir una o más válvulas de control direccional de tamaño adecuado.

Es indispensable conocer el tiempo en el que el cilindro debe completar su carrera de avance y retroceso y, en base al consumo previamente calculado, proceder al cálculo del coeficiente **T** que deberá ser el multiplicador del valor atribuido al consumo.

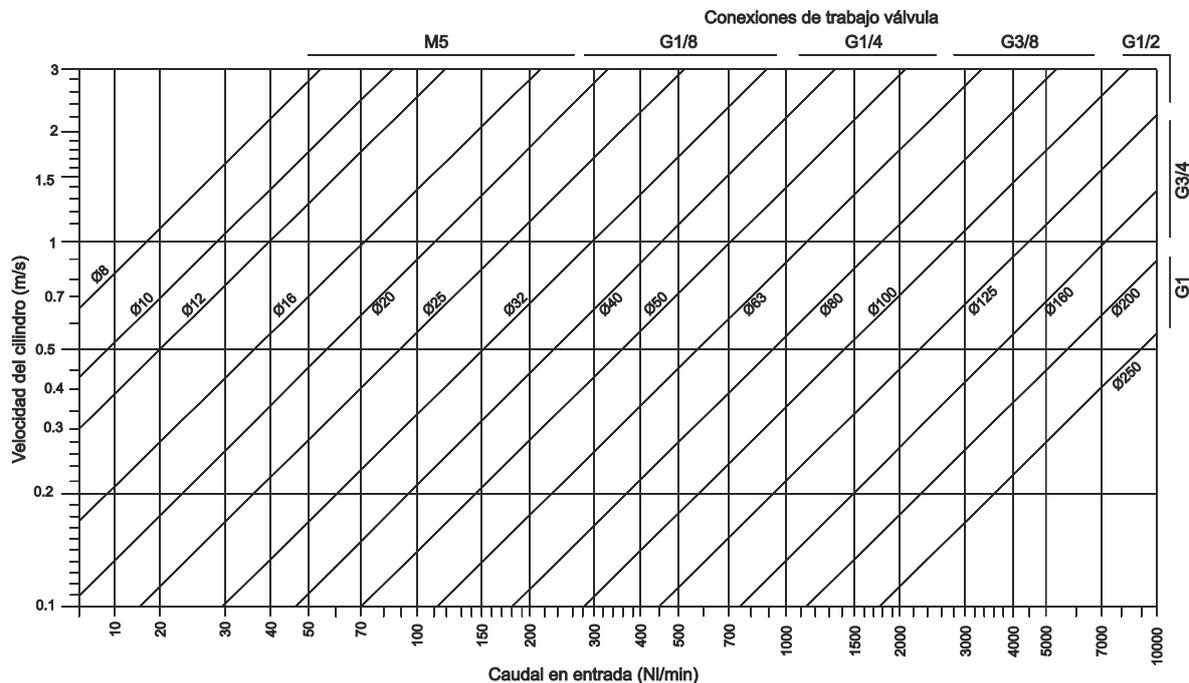
$$T = \frac{60}{\text{tiempo ciclo}} \quad Q_n = T \times \text{Consumo}$$

El valor obtenido expresado en NI/min es el mínimo caudal necesario en condiciones estándar (6 bar en alimentación y 5 bar en caudal efectivo) apto para garantizar la prestación deseada. Multiplicar el valor obtenido por un coeficiente de seguridad de 1,2.

Los tubos de conexión entre válvula/cilindro y el tubo de alimentación no debe influir en la prestación de caudal de la válvula por lo que su diámetro interior debe ser al menos 1,5 veces superior al diámetro nominal de la válvula para evitar caídas de presión indeseadas. En el diagrama de los caudales en los tubos se puede apreciar cual es la diferencia de capacidad del flujo con un coeficiente de seguridad 1,5. También los racores utilizados deben seguir este criterio porque no deben ser puntos de estrangulación que falsifiquen el cálculo realizado.

Controlar siempre que el orificio del paso de aire de los racores sea superior o al menos igual al diámetro del tubo conexionado.

El diagrama que sigue muestra el caudal necesario en cilindros de diferentes diámetros para alcanzar la velocidad deseada e indica además la talla de la válvula idónea para suministrar en las condiciones descritas el caudal suficiente.





# Dimensionamiento elección del cilindro y la válvula

## DIMENSIONAMIENTO DEL CILINDRO

El dimensionamiento de un cilindro neumático requiere una cierta atención y debe tener en cuenta los siguientes parámetros.

**Fuerza desarrollada:** se calcula considerando el área del pistón y el valor de la presión que incide sobre ella.

$$F = \text{área} \times \text{presión} \quad (\text{daN}) = (\text{cm}^2) \times (\text{bar})$$

A la fuerza teórica así calculada es necesario detraer 10-15% por la pérdida de carga debida a los rozamientos. Recordamos que en un cilindro de vástago simple la fuerza desarrollada en tracción es inferior a la de empuje a causa del vástago.

**Peso de la carga:** el cilindro debe desarrollar una fuerza suficiente, en la dirección deseada, para mover la carga respetando el tiempo de ciclo. A tal fin respetar la relación de carga (RdC) que no debe superar el 70%.

$$\frac{\text{Fuerza requerida (peso de la carga)}}{\text{Fuerza disponible (desarrollada)}} \times 100 = \text{RdC}$$

## POSICIÓN DEL CILINDRO

**Elevación vertical (empuje hacia arriba):** la fuerza real del cilindro deberá ser capaz de equilibrar el peso de la carga y poseer la fuerza necesaria para acelerarlo.

Ejemplo:

Carga a elevar 120Kg

Presión de ejercicio 6 bar

Relación de carga 70%

Partiendo de la fórmula correspondiente a la relación de carga, se obtiene la fuerza disponible (necesaria) para elevar la carga.

$$\text{Fuerza disponible} = \frac{\text{Carga}}{\text{Rdc}} \times 100 \quad \text{en nuestro caso el resultado es } 171,4 \text{ daN}$$

Un cilindro Ø63 que desarrolla una fuerza teórica de 187 daN resulta idóneo para el objetivo.

Una relación de carga similar permite un buen control de la velocidad mediante válvulas reguladoras de flujo unidireccionales.

Recordamos que no se obtienen buenos controles por debajo de 20 mm/seg.

Para el control de bajas velocidades es aconsejable disminuir la relación de carga hasta el 50%.

Para velocidades inferiores y/o constantes utilizar dispositivos de control oleohidráulicos.

Para el control de una carga descendente tener presente que la fuerza peso en vez de oponerse al movimiento, lo favorece e incrementa la fuerza que produce aceleración. Es casi siempre indispensable la utilización de reguladores del flujo.

**Empuje horizontal o sobre plano inclinado:** si la carga es sostenida y la posición de trabajo es horizontal la fuerza resistente que incide sobre el plano debe ser multiplicado por el coeficiente de rozamiento.

El coeficiente de rozamiento  $\mu$  varía según los materiales que entran en contacto.

Si tenemos por ejemplo  $\mu = 0,4$

Carga a desplazar 120 Kg

Presión de ejercicio 6 bar

Relación de carga 70%

Siempre partiendo de la fórmula de la relación de carga, se obtiene la fuerza disponible:

$$\text{Fuerza disponible} = \frac{\text{Carga}}{\text{RdC}} \times 100 \times \mu \quad \text{en nuestro caso el resultado es } 68,57 \text{ daN}$$

Un cilindro Ø 40, que desarrolla en empuje una fuerza teórica de 75,4 daN es idóneo para el objetivo.

En todas las demás situaciones intermedias, es decir, asimilables al desplazamiento sobre plano inclinado, la fuerza necesaria aumenta al aumentar el ángulo de aplicación.

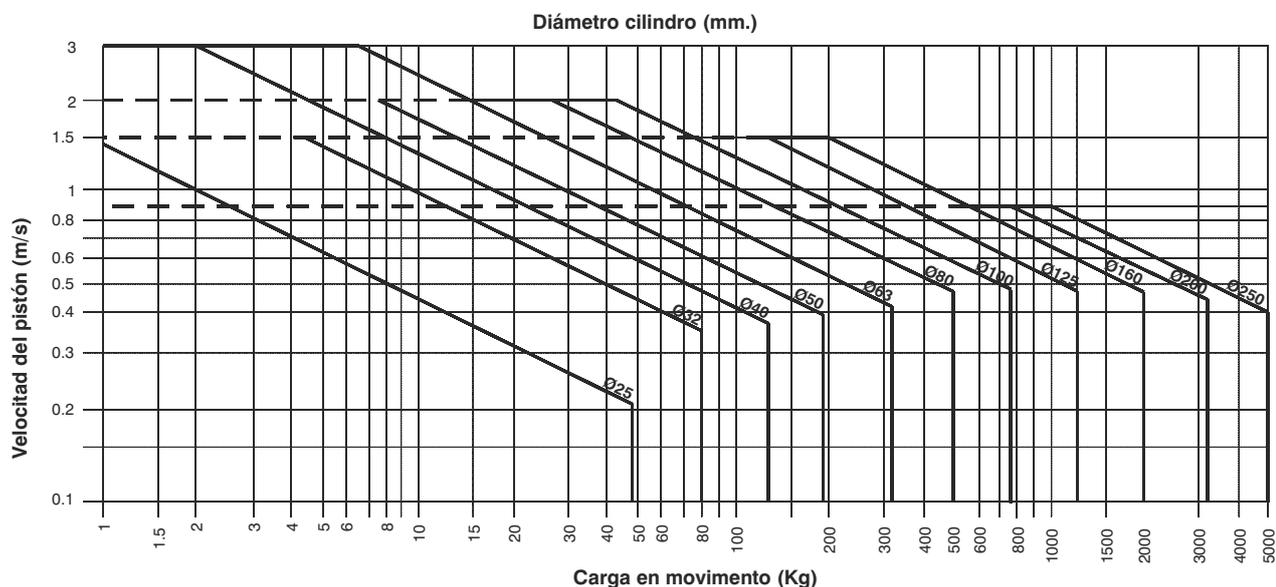
También en estos casos la fuerza resistente debe ser multiplicada por el coeficiente de rozamiento.

# Dimensionamiento elección del cilindro y la válvula

## Capacidad de absorción a los choques

La amortiguación por colchón de aire tiene la misión de absorber la energía cinética final para evitar choques perjudiciales al final de la carrera.

Una vez elegido el cilindro en función de cuanto se ha dicho anteriormente, controlar que dicho cilindro sea capaz de absorber la energía, de no ser así elegir otro cilindro de talla superior y de igual carrera capaz de soportarla. Todos los valores cruzados de velocidad de impacto y de carga aplicada que caen dentro del área delimitada de cada cilindro simple son correctos. La presión de alimentación es de 6 bar



## Cargas de punta

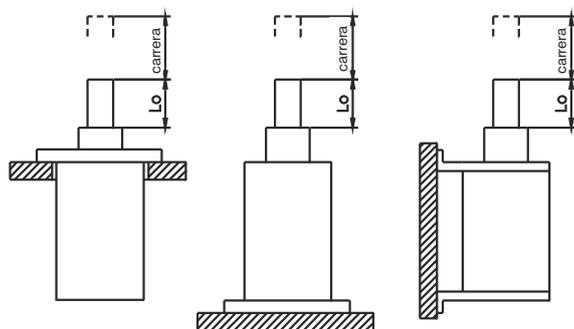
La carga de punta es la carga ajustada de límite de flexión que se manifiesta sobre un eje, en nuestro caso de un cilindro, de una cierta delgadez cuando se carga con una fuerza de compresión coincidente con el mismo eje. El efecto que se manifiesta es una flexión lateral. La entidad de dicha flexión depende:

- de la carga aplicada
- de la longitud del eje y del diámetro
- del tipo de vínculo aplicado

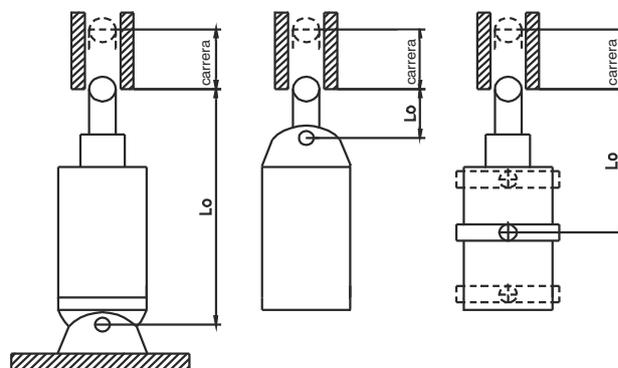
El vínculo más crítico es el de un cilindro sujeto con charnelas en los dos extremos. Con todos los demás tipos de fijación las cargas permitidas son superiores hasta el 50%. La longitud a considerar es:

$$L_{tot} = L_o + \text{carrera}$$

SITUACIÓN A



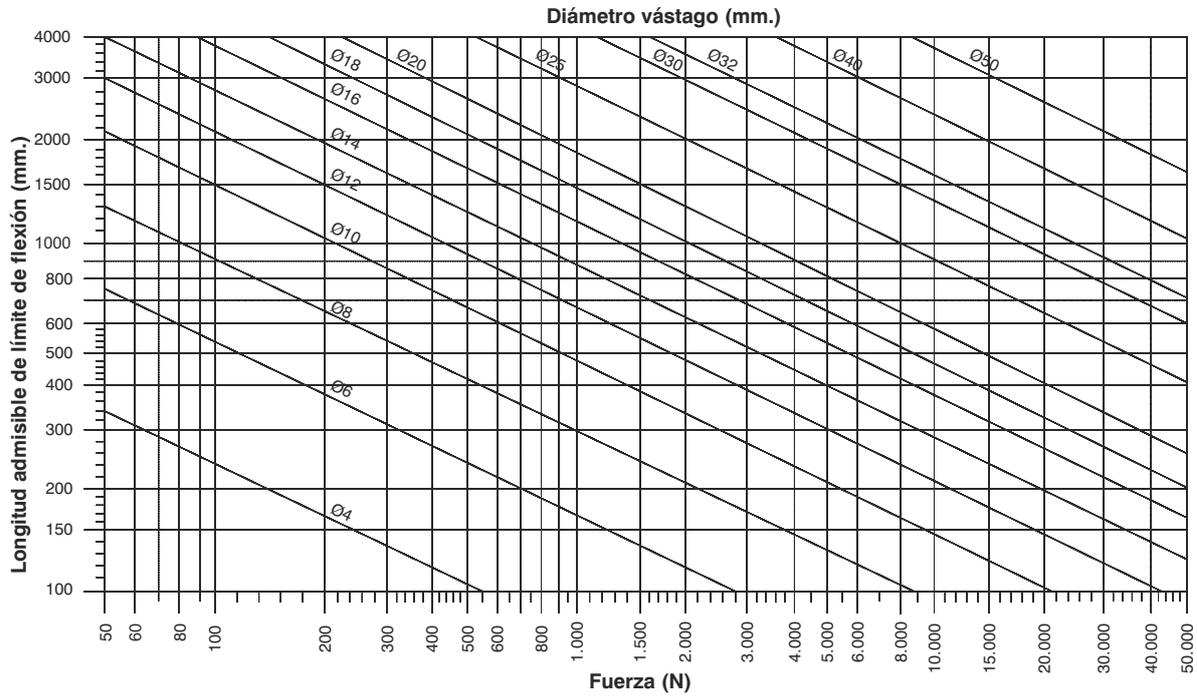
SITUACIÓN B





# Dimensionamiento elección del cilindro y la válvula

En el diagrama, los puntos de cruce entre fuerza y longitud que caen en el interior del área delimitada por el diámetro del vástago del cilindro correspondiente deben considerarse correctos.





## **10 - Conceptos básicos y terminología sobre la corriente eléctrica**



# Conceptos básicos y terminología sobre la corriente eléctrica

**La tensión**, medida en Voltios (V), es la diferencia de potencial existente entre dos cables de un conductor. Sin esta diferencia no sería posible el paso de corriente. Es semejante a dos depósitos de agua unidos entre sí. Si el nivel de agua es el mismo en los dos recipientes no existe ningún flujo de un depósito al otro.

Si uno de los dos depósitos tiene un nivel de agua superior al otro, el agua fluye del nivel más alto hacia el más bajo.

**La corriente**, medida en Amperios (A), es el flujo de carga eléctrica a través de un hilo metálico. Es semejante al flujo de agua entre dos depósitos a distinto nivel (o al caudal del aire en un tubo).

El instrumento para medir la corriente es el amperímetro que se conecta en serie al circuito eléctrico.

La potencia, medida en Vatios (W) es el producto entre la tensión y la intensidad de corriente.  $W = V \times I$

Ejemplo: Electroválvula 15 mm. absorbe 2,3W a 24VCC

Corriente absorbida =  $2,3/24 = 0,095A = 95mA$

Potencia absorbida =  $24 \times 0,095 = 2,3W$

**La frecuencia**, medida en Hercios (Hz) es el número de ciclos de ida y vuelta realizados en un segundo. En Europa la frecuencia es de 50 Hz, en América de 60 Hz.

Efectos de la frecuencia: la utilización de una bobina de 50 Hz para su uso a 60 Hz, necesita una corrección de la tensión de un factor 60/50 respecto a la tensión inicial de 50 Hz y viceversa.

$$V(60Hz) = V(50Hz) \cdot (60/50)$$

$$V(50Hz) = V(60Hz) \cdot (50/60)$$

**La corriente alterna (CA)** está caracterizada por un flujo de corriente variable en el tiempo a intervalos regulares y el curso en forma de ola. La energía eléctrica distribuida tiene una forma de onda sinusoidal. El número de repeticiones del mismo módulo en un segundo es la frecuencia.

**La corriente continua (CC)** está caracterizada por un flujo de corriente de dirección constante en el tiempo. En un sistema de corriente continua, a diferencia de uno en alterna, es importante respetar el sentido de la corriente, o sea la polaridad.

**La resistencia (R)**, medida en Ohmios ( $\Omega$ ) es la capacidad que posee un conductor de oponerse al paso de corriente.

Es comparable a la conductividad, o sea su contraria, en el trayecto de un tubo de aire comprimido.

En un hilo conductor largo y de pequeña sección la resistencia será más alta que en uno de sección superior y de longitud inferior, así como un tubo de pequeña sección y largo tiene una conductividad inferior al de uno de sección superior y más corto.

## Solenoides

Un hilo conductor enrollado alrededor de un núcleo tubular de material no magnético concentra, una vez alimentado, las líneas de fuerza del propio campo magnético a lo largo del eje central de la bobina.

Si en el interior del núcleo tubular se introduce un núcleo de hierro, el flujo aumenta notablemente. Los puntos en los que las líneas del flujo entran y salen son los polos magnéticos de la bobina, justamente como un imán. En este principio se base el funcionamiento de la electroválvula.

## Traferro

Se llama traferro la distancia existente entre el núcleo en hierro móvil y el armazón fijo de un sistema electromagnético. En corriente alterna la impedancia máxima se obtiene cuando el traferro es nulo y la mínima cuando el traferro es máximo.

Como consecuencia de la ley de Ohm la absorción de corriente es más alta en punta y más baja durante el mantenimiento.

## Anillo de desfase

En corriente alterna el flujo electromagnético generado por el bobinado para periódicamente de un valor máximo a un valor cero y origina la vibración del núcleo móvil. Este defecto se elimina insertando un anillo de cobre cerrado en el interior del operador que ejerce de bobinado secundario justamente como en un transformador. La corriente generada en el anillo cerrado crea a su vez un flujo magnético desfasado retardadamente respecto al principal. La resultante magnética no será ya nula y la vibración no será perceptible.

## Fórmulas útiles

Tensión	$V = R \times I$	Volt (V)	Producto entre Resistencia y Corriente
Corriente	$I = V / R$	Ampere (A)	Relación entre Tensión y Resistencia
Potencia	$W = V \times I$	Watt (W)	Producto entre Tensión y Corriente
	$W = R \times I^2$		Producto entre Resistencia y Corriente <sup>2</sup>
	$W = V^2 / R$		Relación entre Tensión <sup>2</sup> y resistencia
Resistencia	$R = V / I$	Ohm ( $\Omega$ )	Relación entre Tensión y Corriente
	$R = V^2 / W$		Relación entre Tensión <sup>2</sup> y Potencia