

Universidad de Oviedo Area de Ingeniería de Sistemas y Automática



sumario

- 1 · introducción
- 2 · aplicaciones de los actuadores lineales neumáticos
- 3 · tipos de actuadores lineales neumáticos
- 4 · actuadores lineales
- 5 · selección de los actuadores lineales
- 6 · amortiguación
- 7 · consumo de aire
- 8 · diagramas de movimientos
- 9 · montaje del cilindro



introducción

el término actuadores neumáticos hace referencia a cilindros y actuadores rotativos, teniendo su mayor aplicación en la producción de movimiento lineal. Sus ventajas con relación a la electricidad son evidentes

movimiento directo. Los sistemas eléctricos ofrecen un movimiento rotativo, que en ocasiones es preciso transformar en lineal. Con los sistemas neumáticos no son necesarias estas transformaciones

fácil control de la velocidad. Para controlar la velocidad sólo es preciso actuar sobre el caudal, de forma sencilla; este factor permite regular la velocidad dentro de un amplio margen de valores y sin escalonamientos

fácil control de la fuerza. Si regulamos la presión de alimentación, podemos modificar la fuerza transmitida



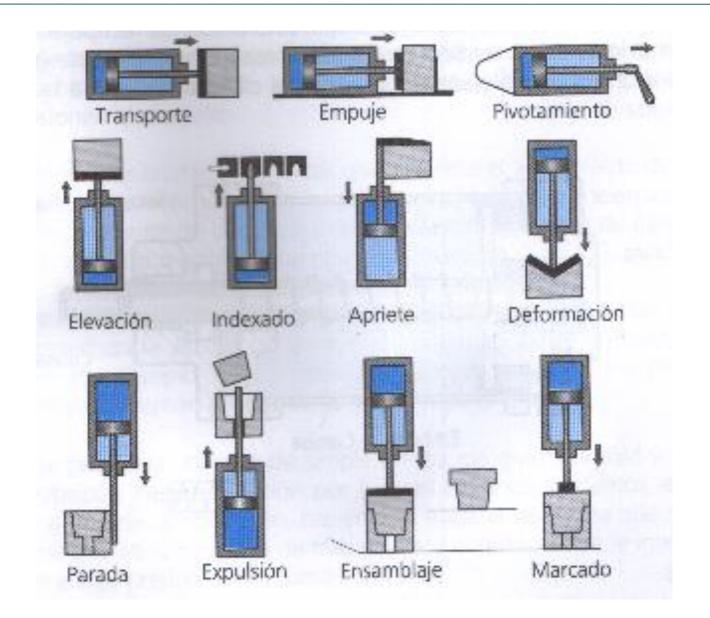
introducción

insensibilidad a las sobrecargas. La detención por efecto de una carga excesiva no causa daños al sistema, que reanudará su movimiento tan pronto desaparezca la carga que lo detiene

toleran condiciones adversas como alta humedad y ambientes polvorientos



aplicaciones de los actuadores lineales neumáticos





tipos de actuadores lineales neumáticos

hay una amplia gama de actuadores en cuanto a tipos y dimensiones

- cilindros de simple efecto
- cilindros de doble efecto

sin amortiguación

amortiguación fija

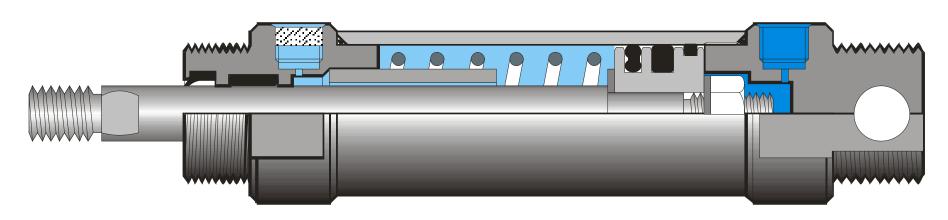
amortiguación regulable

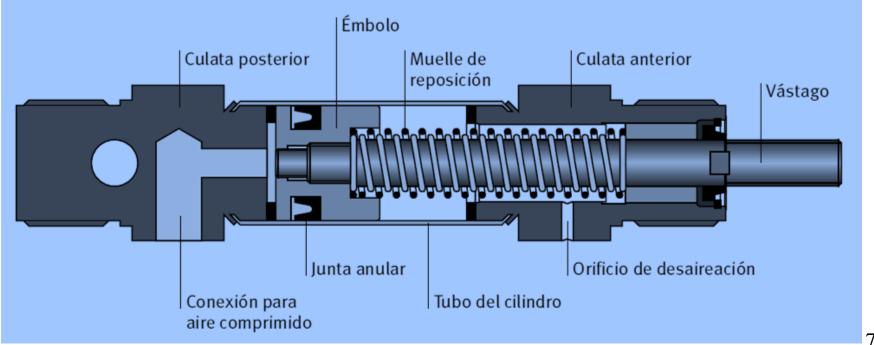
imán

- cilindros sin vástago
- actuador rotativo
- cilindros compactos



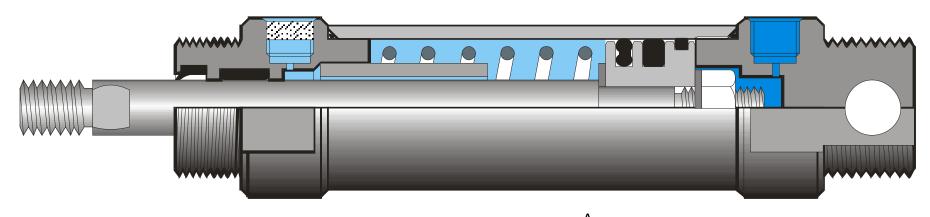
actuadores lineales · cilindro de simple efecto



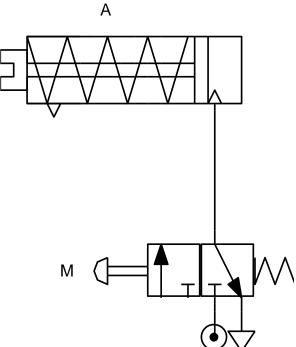




actuadores lineales · cilindro de simple efecto



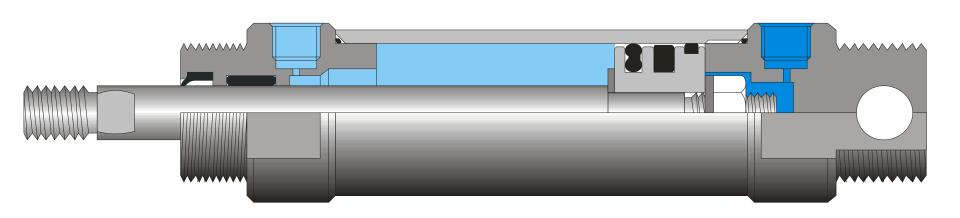
para que el, cilindro pueda volver a su posición de reposo se requiere que el aire pueda ir a escape

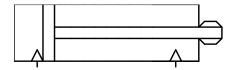




actuadores lineales · cilindro de doble efecto culatas embutidas

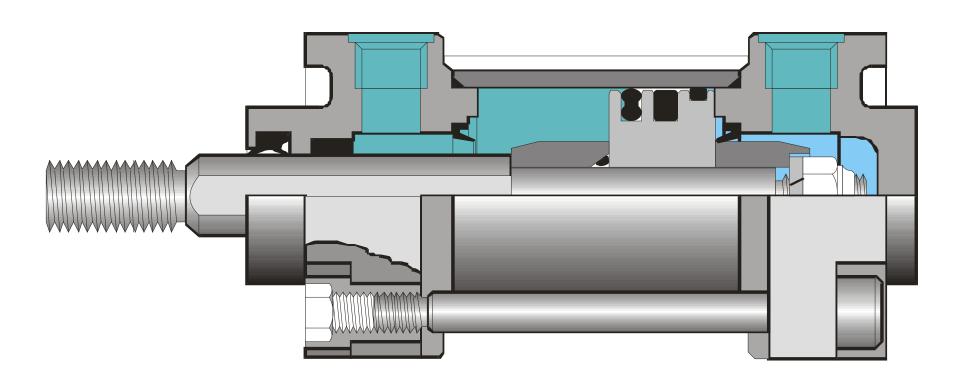
en el CDE el aire comprimido genera los dos movimientos de entrada y salida del vástago





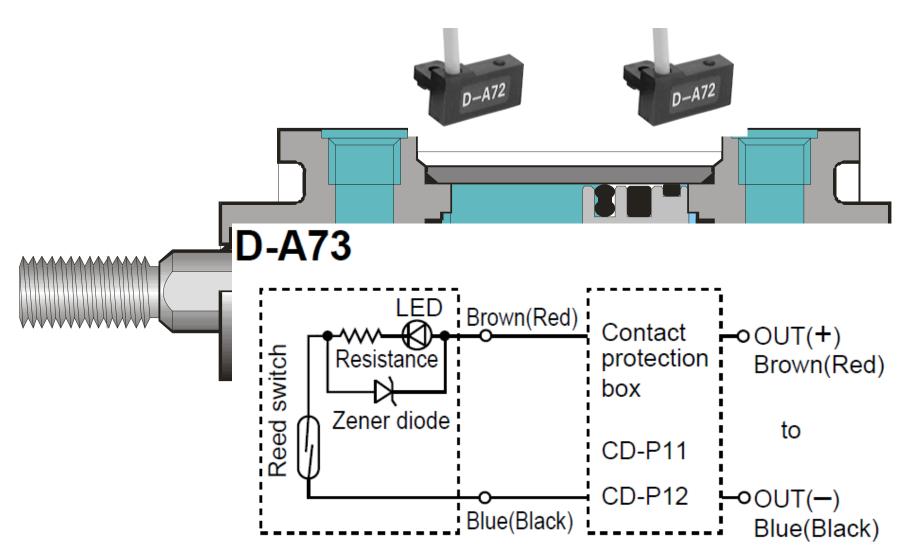


actuadores lineales · cilindro de doble efecto · culatas con tirantes



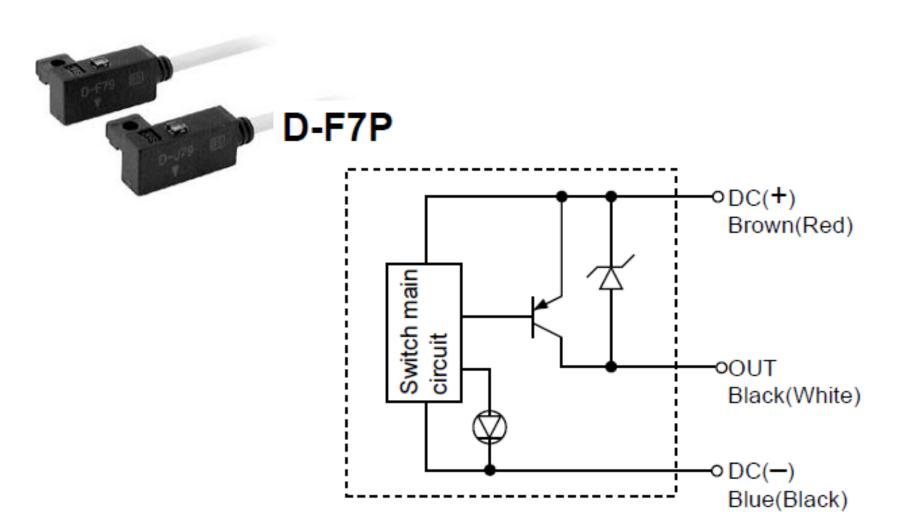


actuadores lineales · cilindro de doble efecto · detectores Reed



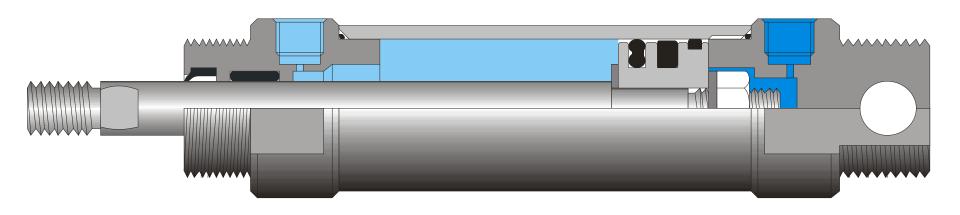


actuadores lineales · cilindro de doble efecto · detectores magnéticos Hall





actuadores lineales · cilindro de doble efecto · amortiguación

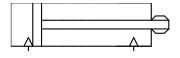


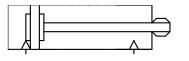
permiten un mayor control de la velocidad

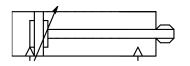
pueden ser: sin amortiguación

amortiguación fija

amortiguación regulable

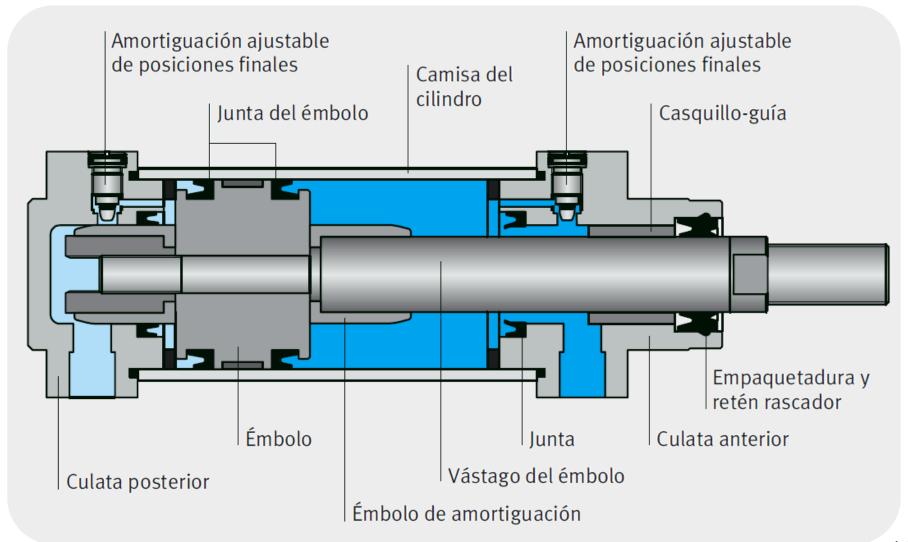






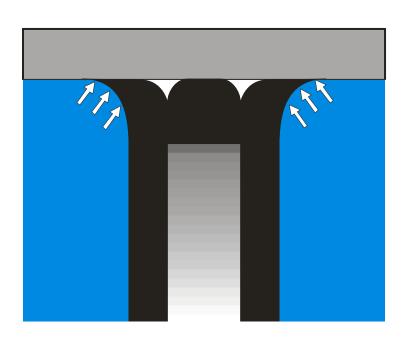


actuadores lineales · cilindro de doble efecto · construcción

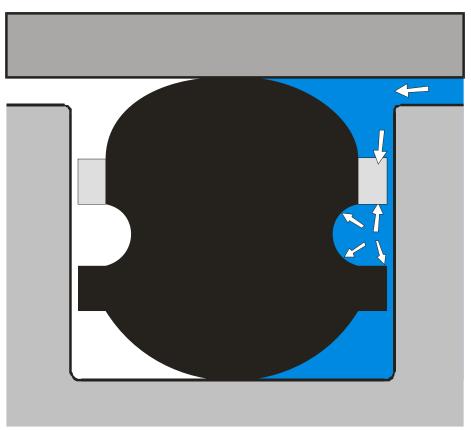




actuadores lineales · estanqueidad



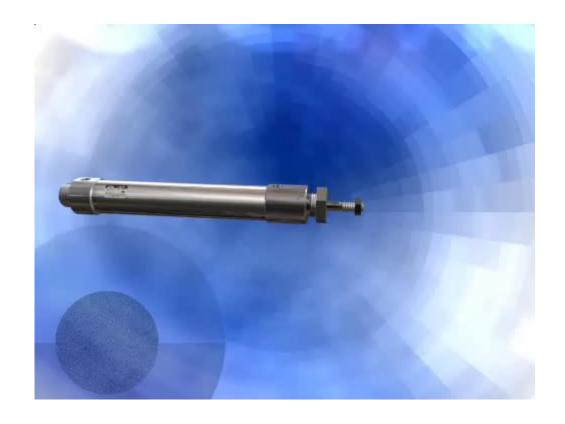
junta de doble labio



junta de características mejoradas



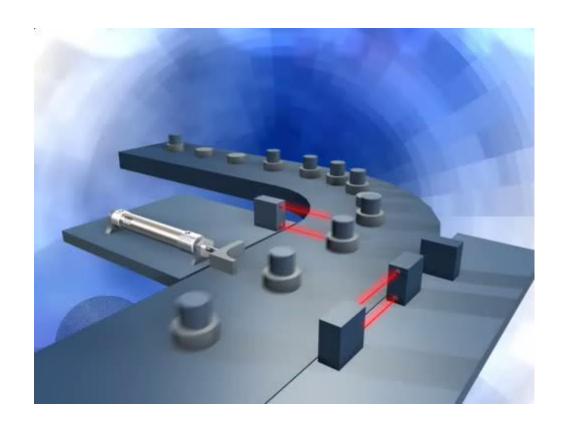
actuadores lineales · cilindro redondo sellado metal metal MQM



- Altísima frecuencia
- Rozamiento casi nulo
- Larga duración



actuadores lineales · aplicación del cilindro MQM





actuadores lineales · aplicación del C compacto sellado metal metal MQQ



- Altísima frecuencia
- Control preciso de fuerzas



actuadores lineales · cilindro de acero de doble efecto CG5



- lubricación conforme a estándares sanitarios
- mayor resistencia frente a agentes químicos
- alta resistencia a proyecciones de agua



actuadores lineales · aplicación del CDE CG5 en la industria alimentaria

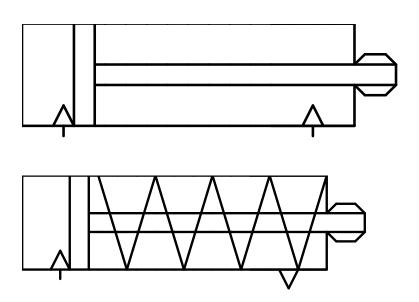


- industria láctea
- industria cárnica
- sector bebidas
- proyecciones de aguas



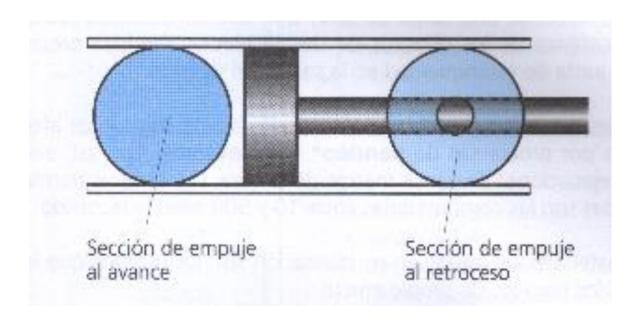
selección de los actuadores lineales · cálculo de la fuerza

la fuerza desarrollada por un cilindro es función del diámetro del émbolo, de la presión del aire de alimentación, de la resistencia producida por el rozamiento y de la fuerza opositora del muelle si lo hubiera





selección de los AALL · fuerza teórica ejercida por un cilindro



$$F_{\text{avance}} = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{40} - F_{\text{rozamiento}}$$

$$F_{\text{retroceso}} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot p}{40} - F_{\text{rozamiento}}$$

donde:

D= diámetro del cilindro en mm

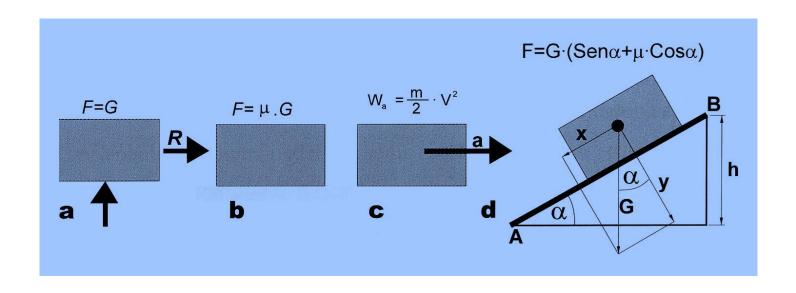
d = diámetro del vástago en mm

p = presión de alimentación en bar

F = fuerza en Newtons



selección de los AALL · composición de fuerzas

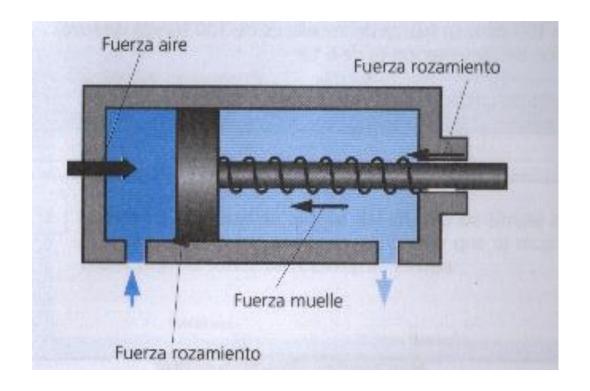




selección de los AALL · fuerza teórica de los cilindros - tabla

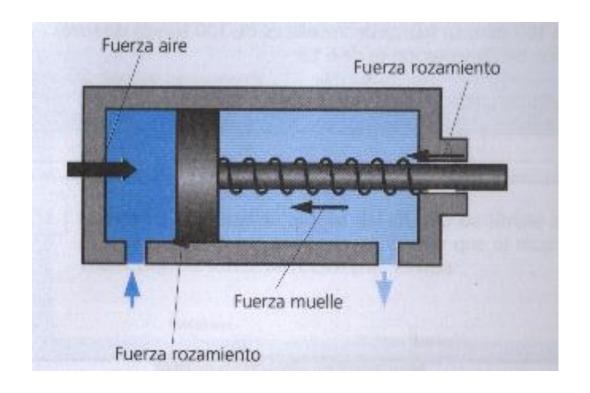
Diámetro cilindro mm	Diámetro Vástago mm	A+ N a 6 bar	A- N a 6 bar
10	4	47	39
12	6	67	50
16	6	120	103
20	8	188	158
25	10	294	245
32	12	482	414
40	16	753	633
50	20	1178	989
63	20	1870	1681
80	25	3015	2721
100	25	4712	4418
125	32	7353	6881
160	40	12063	11309
200	40	18849	18095
250	50	29452	28274





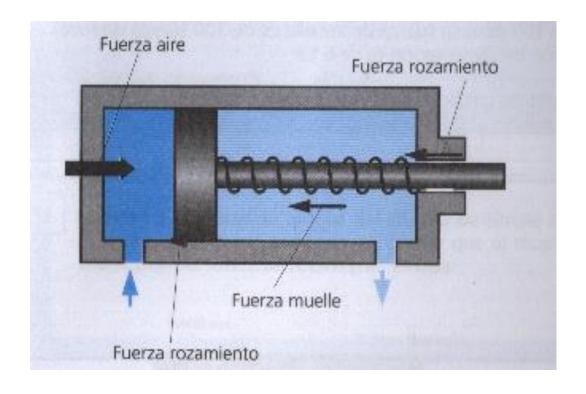
F_{aire} = presión · superficie





 $F_{aire} = presión \cdot superficie = p \cdot \pi \cdot R^2$



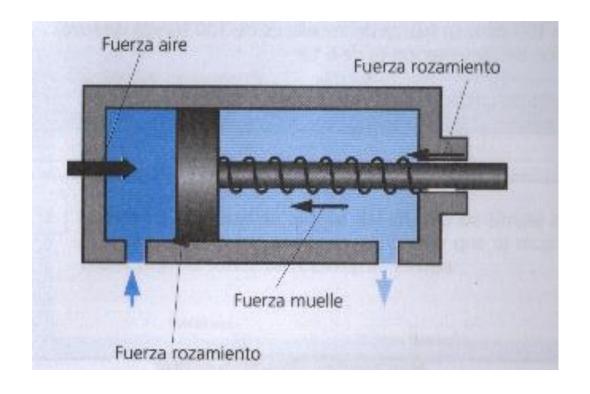


$$F_{aire} = presión \cdot superficie = p \cdot \pi \cdot R^2$$

$$F_{\text{avance}} = F_{\text{aire}} - F_{\text{muelle}} - F_{\text{rozamiento}}$$

$$F_{\text{muelle}} = K \cdot X$$





$$F_{aire} = presión \cdot superficie = p \cdot \pi \cdot R^2$$

$$F_{\text{avance}} = F_{\text{aire}} - F_{\text{muelle}} - F_{\text{rozamiento}}$$

$$F_{retorno} = F_{muelle} - F_{rozamiento}$$

$$F_{\text{muelle}} = K \cdot X$$



selección de los AALL · fuerza útil de los cilindros

para seleccionar un cilindro y la presión de trabajo, se debe hacer una estimación de la fuerza real que se necesita

luego se toma esta fuerza como un tanto por ciento de la fuerza teórica que debe realizar el cilindro seleccionado

como norma general, el esfuerzo estimado debe quedar entre el 50% y el 75% del esfuerzo teórico del cilindro escogido



selección de los AALL · fuerza útil de los cilindros · ejemplo

Los diámetros de secciones normalizadas de cilindros son: 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160 mm. Que sección de cilindro se debe escoger para mover una masa de 80 Kg en una pendiente de 45°, con factor de rozamiento de 0,08 durante 25 cm a una velocidad de 50 cm/s con una presión de trabajo de 6 Kg/cm².

$$(F_{avance} - \sum F_{resistentes}) \cdot L = 1/2 M \cdot v^2$$

$$(P \cdot S - 80 \text{ Kg} \cdot 9.81 \frac{N}{Kg} \cdot \text{sen } 45 - 0.08 \cdot 80 \text{Kg} \cdot 9.81 \frac{N}{Kg} \cdot \cos 45) \cdot L = 1/2 \text{ M} \cdot \text{v}^2$$

$$\left[6\frac{Kg}{cm^2} * 9,81\frac{N}{Kg} * 10.000\frac{cm^2}{1m^2} * S - 554,94N - 44,4N\right] * 0,25m = \frac{1}{2}80Kg * (0,5\frac{m}{s})^2$$

$$(147.150 \cdot S - 149.8) = 10 \rightarrow S = \frac{(10+149.8)}{147.150} m^2 = 0.001086 m^2 = 1.086 m^2$$

$$D = \sqrt{\left(\frac{4 \cdot S}{\pi}\right)} = 37,19 \ mm$$



selección de los AALL · fuerza útil de los cilindros · ejemplo

Los diámetros de secciones normalizadas de cilindros son: 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160 mm. Que sección de cilindro se debe escoger para mover una masa de 80 Kg en una pendiente de 45°, con factor de rozamiento de 0,08 durante 25 cm a una velocidad de 50 cm/s con una presión de trabajo de 6 Kg/cm².

$$D_{te\acute{o}rico} = 37,19 mm$$

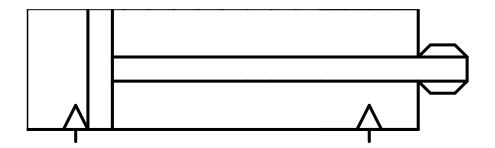
Sobredimensionamos D · 1,2 = 44,63 elegimos D= 50 mm

$$\frac{Sreal}{Ste\'orica} = \frac{1963}{1086} = 1,80 \rightarrow$$
 Sección 80% mayor



amortiguación · CDE sin amortiguación

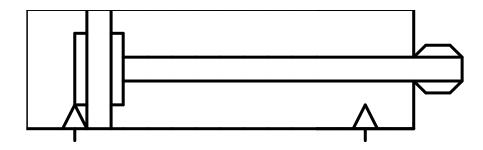
- los cilindros sin amortiguación están diseñados para aplicaciones con cargas ligeras y baja velocidad
- para mayores velocidades se requiere amortiguación externa





amortiguación · CDE con amortiguación fija

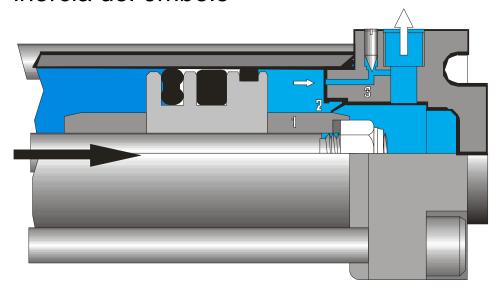
- los cilindros neumáticos pueden tener una velocidad muy elevada y se pueden desarrollar fuerzas de choque considerables al final de la carrera
- la amortiguación fija, p.e. amortiguadores de goma, está destinada a cilindros de pequeño diámetro y cargas ligeras

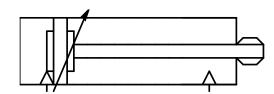




amortiguación · CDE amortiguación regulable

en los cilindros más grandes, la amortiguación neumática decelera el émbolo en la parte terminal de la carrera. El amortiguador se apropia de parte del aire de escape cerca del punto de final de carrera y lo evacua más lentamente a través de una restricción regulable. El escape normal del aire al orificio de salida, se cierra en cuanto el casquillo de amortiguación 1 entra en la junta de amortiguación 2, de forma que el aire puede escaparse sólo a través del orificio de restricción regulable 3. El aire atrapado se comprime a una presión relativamente elevada que absorbe la inercia del émbolo

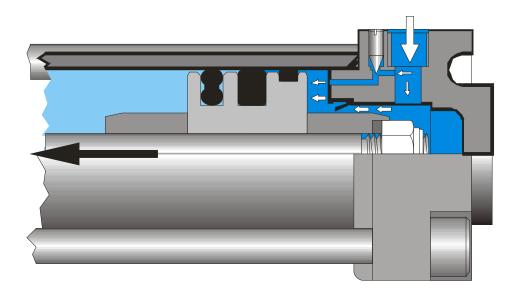






amortiguación · CDE amortiguación regulable

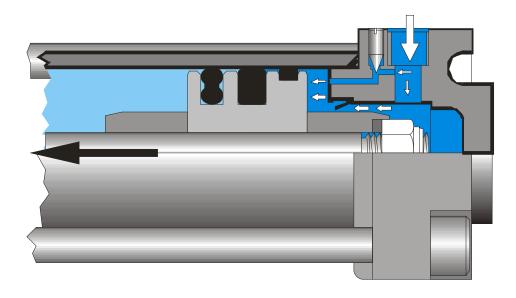
cuando el cilindro inicia la carrera contraria, la junta de amortiguación actúa como una válvula antiretorno para permitir el paso de aire al émbolo. De cualquier forma, restringe el flujo de aire y retrasa la aceleración del émbolo, la zona de amortiguación deberá ser entonces tan corta como sea posible





amortiguación · CDE amortiguación regulable

cuando el cilindro inicia la carrera contraria, la junta de amortiguación actúa como una válvula antiretorno para permitir el paso de aire al émbolo. De cualquier forma, restringe el flujo de aire y retrasa la aceleración del émbolo, la zona de amortiguación deberá ser entonces tan corta como sea posible



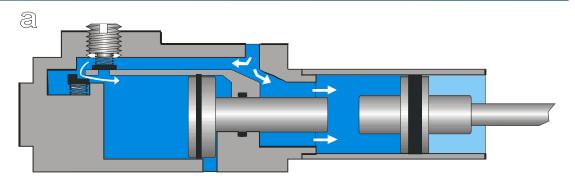
para acelerar grandes cargas o altas velocidades del cilindro, se necesita un amortiguador externo. Si la velocidad del émbolo supera los 500 mm/s, será necesario un tope mecánico externo, también en los casos en que tenga amortiguación incorporada

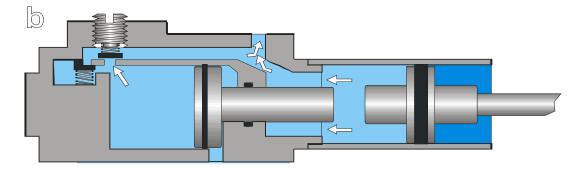
36

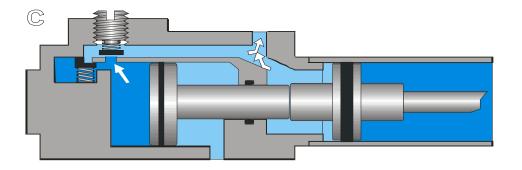


amortiguación · superamortiguación

cuando sale el émbolo principal, el émbolo amortiguador es presurizado en su parte posterior por medio de una válvula de retención y se desplaza en la misma dirección que el principal (fig a). Esto ayuda al émbolo principal a acelerar el arranque

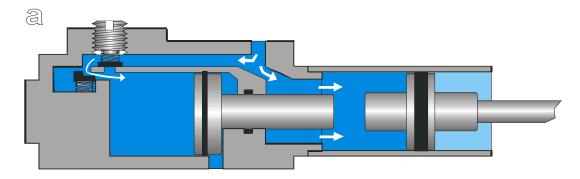




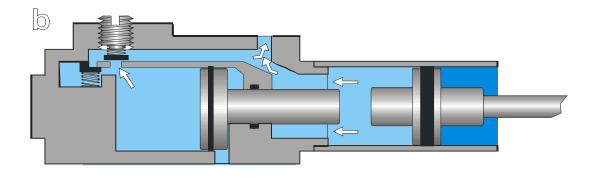


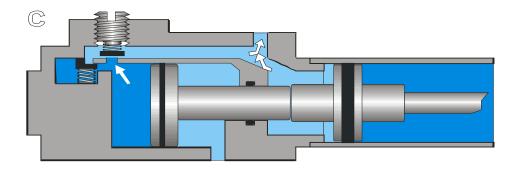


amortiguación · superamortiguación



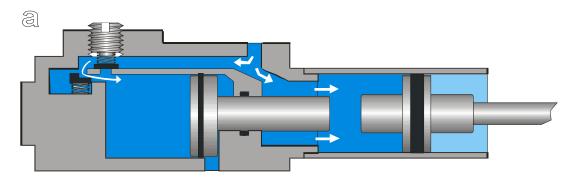
la válvula de retención se cierra tan pronto como el émbolo principal alcanza el extremo opuesto y la presión iguala a la del sistema. Esto mantiene el émbolo amortiguador presurizado mientras retrocede el émbolo principal (fig b).





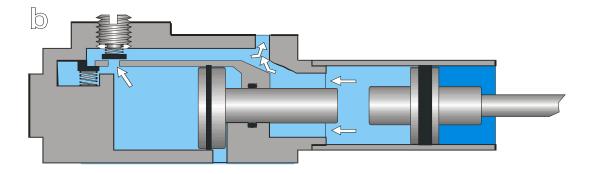


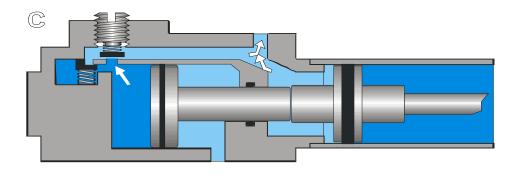
amortiguación · superamortiguación



finalmente la proyección cilíndrica del EP golpea al émbolo A, que comprime el aire ubicado en la cámara de amortiguación estándar. La restricción del resorte que actúa sobre la válvula de asiento limita la presión para no dañar los retenes.

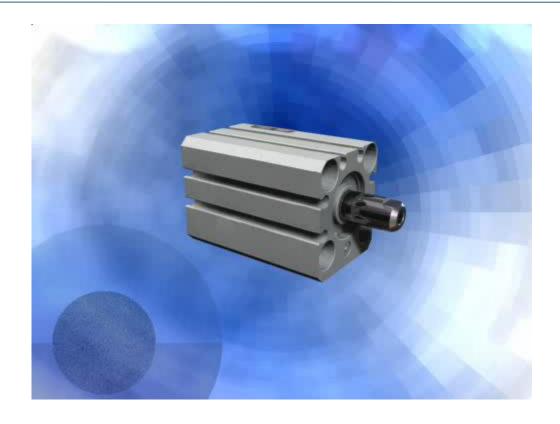
Este sistema de amortiguación puede decelerar masas hasta un valor de 20G, teniendo una velocidad en torno a 2,2 m/s







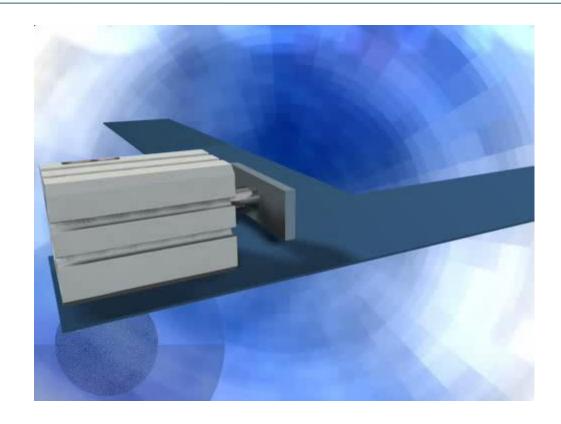
amortiguación · cilindro con amortiguación neumática RQ



- contacto metálico en posiciones finales
- tamaños de diámetro 20 hasta 50
- longitud total del cilindro reducida
- reducción del ruido
- 3 veces la Ec de contacto sin amortiguación



amortiguación · aplicación del cilindro con amortiguación neumática RQ

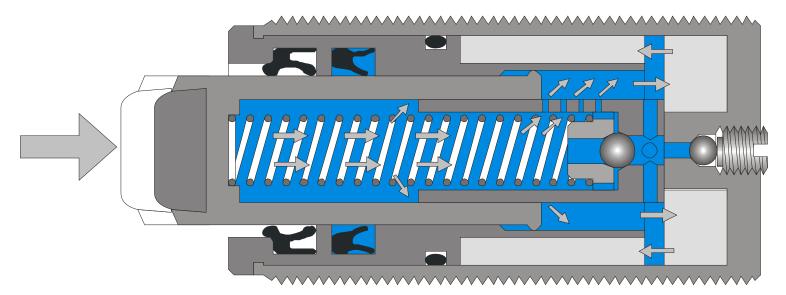


- manipulación de grandes masas a grandes velocidades
- máquinas de envase y embalaje
- animátronica
- industria vidriera



amortiguación · amortiguadores hidráulicos

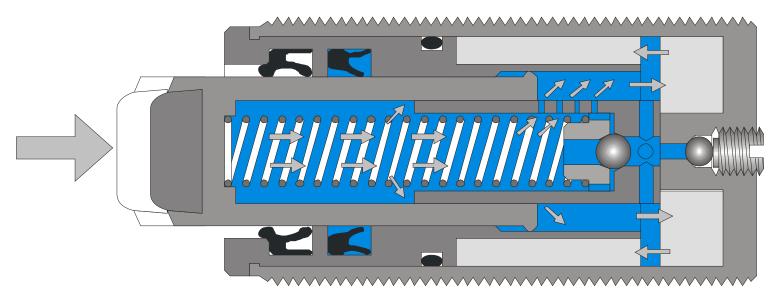
el principio de operación se basa en una restricción progresiva de caudal inicialmente el pistón se empuja fácilmente. El aceite se desplaza a través de varios orificios. A medida que la carrera avanza se dispone cada vez de menos orificios





amortiguación · amortiguadores hidráulicos

el principio de operación se basa en una restricción progresiva de caudal inicialmente el pistón se empuja fácilmente. El aceite se desplaza a través de varios orificios. A medida que la carrera avanza se dispone cada vez de menos orificios



aplicaciones: amortiguación de brazos de robots, líneas de transferización, amortiguación de masas en caída libre

43

consumo de aire

hay que tener en cuenta:

- el volumen de aire desplazado por el pistón multiplicado por la presión absoluta
- el volumen muerto en las cavidades de las culatas, pistón, puertos del cilindro, tubo y cavidades de la válvula, todos ellos multiplicados por la presión manométrica. Este volumen puede considerarse alrededor de un 5% del anterior

Aplicando Boyle-Mariotte $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$

$$V = V_{c\acute{a}mara} \cdot \frac{P_{atm} + P_{rel}}{P_{atm}}$$



consumo de aire

el volumen de aire libre de un ciclo completo de un cilindro de doble efecto es:

$$V_{avance} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \cdot \frac{(P_m + P_{atm})}{P_{atm}}$$

$$V_{retroceso} = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} \cdot L \cdot \frac{(P_m + P_{atm})}{P_{atm}}$$

$$V_{muerto} = 0.05 \cdot (V_{avance} + V_{retroceso})$$

donde:

D= diámetro del cilindro

d = diámetro del vástago

V = volumen de aire libre

L = carrera

 P_m = presión manométrica

P_{atm} = presión atmosférica



consumo de aire · volumen muerto

el volumen de aire necesario para llevar los volumenes muertos a la presión de trabajo, teniendo en cuenta que esos volumenes tienen aire a la presión atmósferica es:

$$V_{necesario} = V_{muerto} \cdot \frac{P_{rel} + P_{atm}}{P_{atm}} = V_{muerto} \cdot \frac{P_{rel}}{P_{atm}} + V_{muerto}$$

El volumen total necesario será ese calculado menos la cantidad correspondiente a ese volumen muerto que ya tenemos lleno a la presión atmosférica

$$V_{total} = V_{necesario} - V_{muerto} = V_{muerto} \cdot \frac{P_{rel}}{P_{atm}}$$



consumo de aire · problema 1 - enunciado

calcular el consumo de aire en un minuto de un cilindro de

- diámetro 25 mm
- diámetro vástago 10 mm
- presión de alimentación 6 bar
- carrera 150 mm
- 10 ciclos de ida y vuelta por minuto

$$V_{avance} = \frac{\pi \cdot D^{2}}{4} \cdot L \cdot \frac{(P_{m} + P_{atm})}{P_{atm}}$$

$$V_{retroceso} = \frac{\pi \cdot (D^{2} - d^{2})}{4} \cdot L \cdot \frac{(P_{m} + P_{atm})}{P_{atm}}$$

$$V_{muerto} = 0.05 \cdot (V_{avance} + V_{retroceso})$$

consumo de aire · problema 1- solución A

$$V_{avance} = \frac{\pi \cdot 0.025^2}{4} \cdot 0.15 \cdot \frac{(6+1.013)}{1.013} \rightarrow 0.509 \ l$$

$$V_{\text{retroceso}} = \frac{\pi \cdot (25^2 - 10^2)}{4 \cdot 10^6} \cdot 150 \cdot \frac{(6 + 1,013)}{1,013} = 0,428 \text{ lN} \qquad 1l = 10^6 mm^3$$

$$V_{\text{muerto}} = 0.05 \cdot (V_{\text{avance}} + V_{\text{retroceso}}) = 0.04685 lN$$



consumo de aire · problema 1- soluciones B y C

B - de una forma simplificada podemos suponer $P_{atm} = 1$ bar y que los volúmenes muertos se compensan con el volumen del vástago

$$V = 2 \cdot \frac{\pi \cdot 25^2}{4 \cdot 10^6} \cdot 150 \cdot (6+1) = 1,030 \text{ IN}$$

consumo = V · ciclos = 10,30 lN/min

C - si lo hacemos mirando una tabla de consumos:



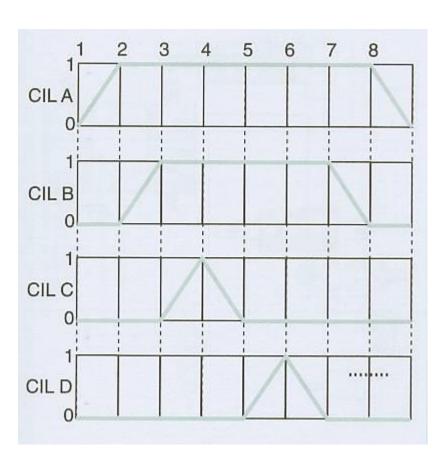
consumo de aire · tablas de consumo de aire

Diám mm	Vás mm	A+ IN/mm de carrera a 6 bar	A- IN/mm de carrera a 6 bar	Consumo IN/mm de carrera /ciclo
10	4	0.00054	0.00046	0.00100
12	6	0.00079	0.00065	0.00144
16	6	0.00141	0.00121	0.00262
20	8	0.00220	0.00185	0.00405
25	10	0.00344	0.00289	0.00633
32	12	0.00563	0.00484	0.01047
40	16	0.00880	0.00739	0.01619
50	20	0.01374	0.01155	0.02529
63	20	0.02182	0.01962	0.04144
80	25	0.03519	0.03175	0.06694
100	25	0.05498	0.05154	0.10652
125	32	0.0859	0.08027	0.16617
160	40	0.14074	0.13195	0.27269
200	40	0.21991	0.21112	0.43103
250	50	0.34361	0.32967	0.67348



diagramas de movimiento · diagrama de espacio-fase

se representa el estado de los cilindros en cada fase en función del espacio



Fase: es el cambio de estado de un elemento de trabajo

En este diagrama se considera que los tiempos de actuación de todos los cilindros son iguales; **sólo atiende a movimientos**.

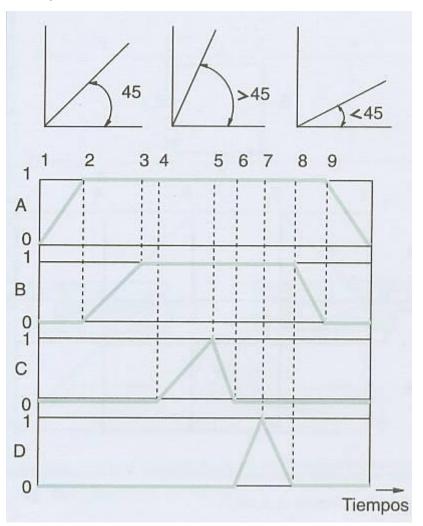
En este diagrama las fases se representan horizontalmente y con distancias idénticas.

Cuando las secuencias comprenden varios elementos de trabajo, se trazan los diagramas de cada elemento, uno debajo de otros.



diagramas de movimiento · diagrama de espacio-tiempo

se representa el estado de los cilindros en cada fase en función del tiempo

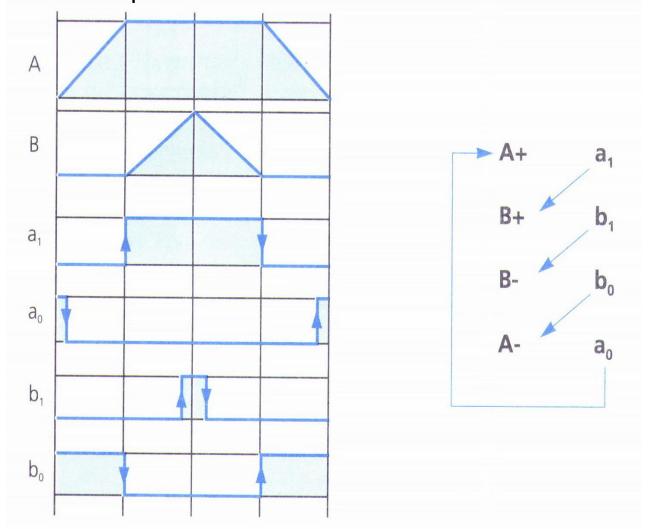




diagramas de movimiento · diagrama de mando

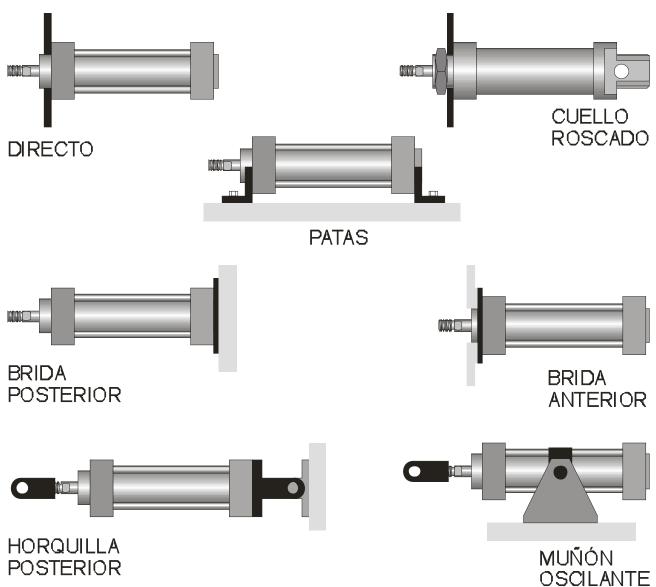
en este diagrama se incluyen los campos de activación de cada uno de los

finales de carrera que intervienen





montaje del cilindro





montaje del cilindro · junta flotante (rótula)

una junta flotante en el extremo del vástago corrige la desalineación entre el movimiento del vástago del cilindro y el objeto guiado

