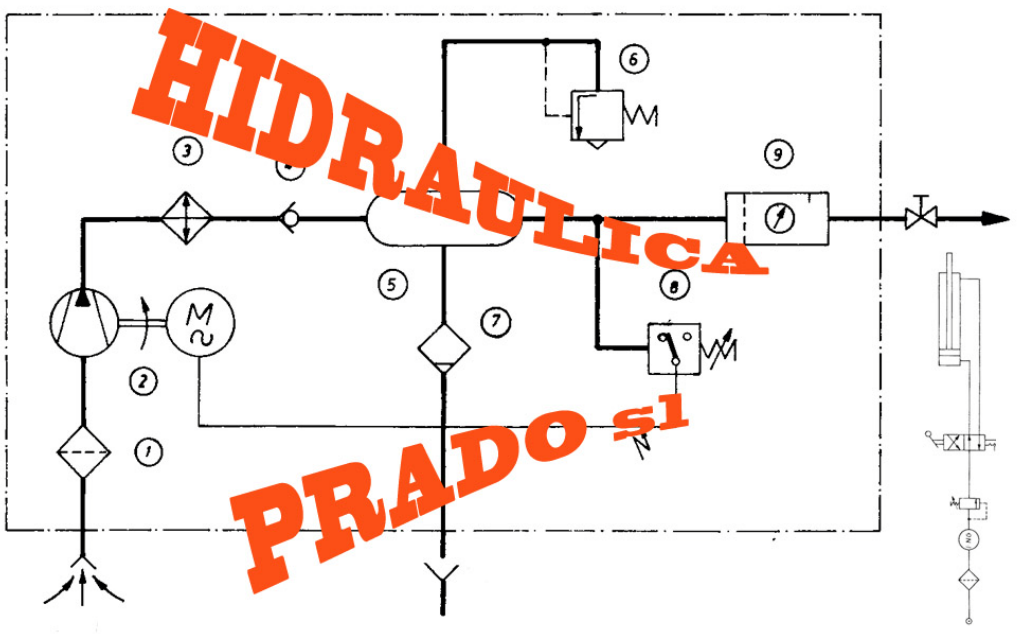
www.hidraulicaprado.com



ÍNDICE

- **OBJETIVOS 3**
- **INTRODUCCIÓN.....4**

3.1. Actuadores 5

3.2. Actuadores lineales 6

3.2.1. Cilindros de simple efecto 6
3.2.2. Cilindros de doble efecto.....8
3.2.2.2. Desfase fuerza / velocidad 11
3.2.3. Cilindros de doble vástago.....13
3.2.4. Amortiguación 15
3.2.5. Sistemas antigiro.....18
3.2.5.1. Sección no circular 18
3.2.5.2. Sistemas de guía.....19
3.2.5.3. Sistemas de doble vástago 21
3.2.6. Cilindros tándem 22
3.2.7. Cilindros multiposicionales.....23
3.2.8. Cilindros de vástago hueco.....25
3.2.9. Unidades de bloqueo 26
3.2.9.1. Estructura interna 27
3.2.10. Cilindros de fuelle.....29

3.3. Actuadores de giro 31

3.3.1. Actuador de paleta 31
3.3.2. Actuador piñón - cremallera 34
3.3.3. Motores de paletas.....35

3.4. Mecánica de un cilindro 37

3.5. Cálculos de cilindros 44

3.5.1. Fuerza del émbolo 44
3.5.2. Longitud de carrera 44
3.5.3. Velocidad del émbolo.....45
3.5.4. Consumo de aire.....45
3.5.5. Fijaciones 46

♦ **RESUMEN.....49**

♦ OBJETIVOS

Una vez finalizado el estudio de la presente Unidad Didáctica, se pretenden alcanzar los objetivos que se detallan a continuación:

- Conocer los diferentes tipos de actuadores existentes en el mercado (en su gama básica), con objeto de conocer las amplias posibilidades que ofrece la neumática de cara a la automatización de procesos industriales.

- Conocer los principios constructivos de los diferentes tipos de actuadores (clasificación simple, doble efecto, etc.). Se pretende dar la noción de funcionamiento genérica con independencia de la mecánica que emplee el fabricante para su consecución.

- Conocer cómo se dimensionan los actuadores en función de los esfuerzos que realizan (ciñéndonos a tablas de fabricante). La mecánica externa del sistema no se contempla ya que se estudiará en “Mecánica Aplicada”.

- Conocer los elementos fundamentales de un actuador, desarrollando internamente un cilindro de doble efecto convencional. Se analizarán aspectos como la “denominación” de cada uno de los elementos integrantes, funciones del mismo, materiales de construcción, etc.
- www.hidraulicaprado.com

♦ INTRODUCCIÓN

En esta unidad se explican detalladamente los diferentes tipos de actuadores, tanto los lineales como los de movimiento giratorio, prestando especial atención a su construcción interna, funcionamiento y campo de aplicación más usual.

También se describen todos los cálculos necesarios para la elección de un actuador para las condiciones de trabajo que nosotros le marquemos.

Es de suma importancia el conocimiento de dichos actuadores, ya que esto nos permitirá realizar la selección más adecuada a nuestras necesidades. No obstante, no podemos olvidar que la neumática es un campo en evolución constante por lo que este módulo sólo pretende ser un compendio de los actuadores clásicos más usuales.

Para una mayor información acerca las novedades en actuadores recomendaremos la consulta de catálogos comerciales actualizados.
www.hidraulicaprado.com

3.1. ACTUADORES

El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. El movimiento lineal se obtiene por cilindros de émbolo (éstos también proporcionan movimiento rotativo con variedad de ángulos por medio de actuadores del tipo piñón-cremallera). También encontramos actuadores neumáticos de rotación continua (motores neumáticos), movimientos combinados e incluso alguna transformación mecánica de movimiento que lo hace parecer de un tipo especial.

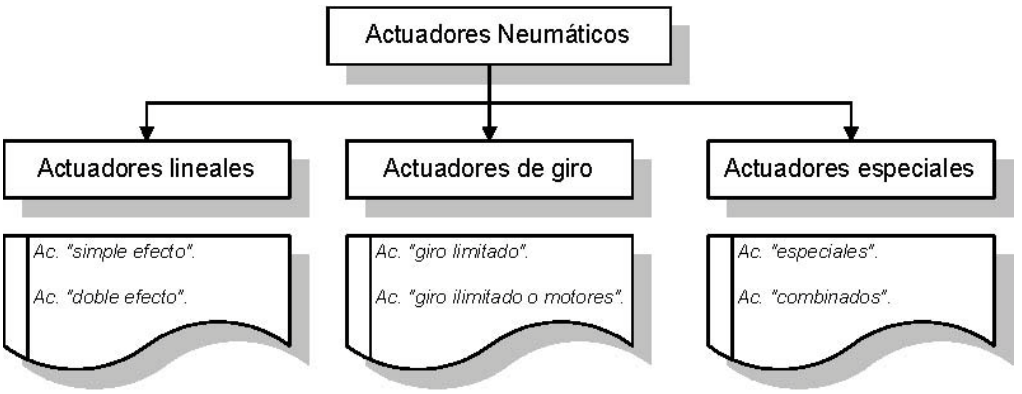


Figura 3.1. Clasificación genérica de actuadores.

A continuación, se detallan algunos de los actuadores más característicos...

3.2. ACTUADORES LINEALES

Los cilindros neumáticos independientemente de su forma constructiva, representan los actuadores más comunes que se utilizan en los circuitos neumáticos. Existen dos tipos fundamentales de los cuales derivan construcciones especiales.

- **Cilindros de simple efecto,** con una entrada de aire para producir una carrera de trabajo en un sentido.

- **Cilindros de doble efecto,** con dos entradas de aire para producir carreras de trabajo de salida y retroceso. Más adelante se describen una gama variada de cilindros con sus correspondientes símbolos.

3.2.1. CILINDROS DE SIMPLE EFECTO

Un cilindro de simple efecto desarrolla un trabajo sólo en un sentido. El émbolo se hace retornar por medio de un resorte interno o por algún otro medio externo como cargas, movimientos mecánicos, etc. Puede ser de tipo “normalmente dentro” o “normalmente fuera”.

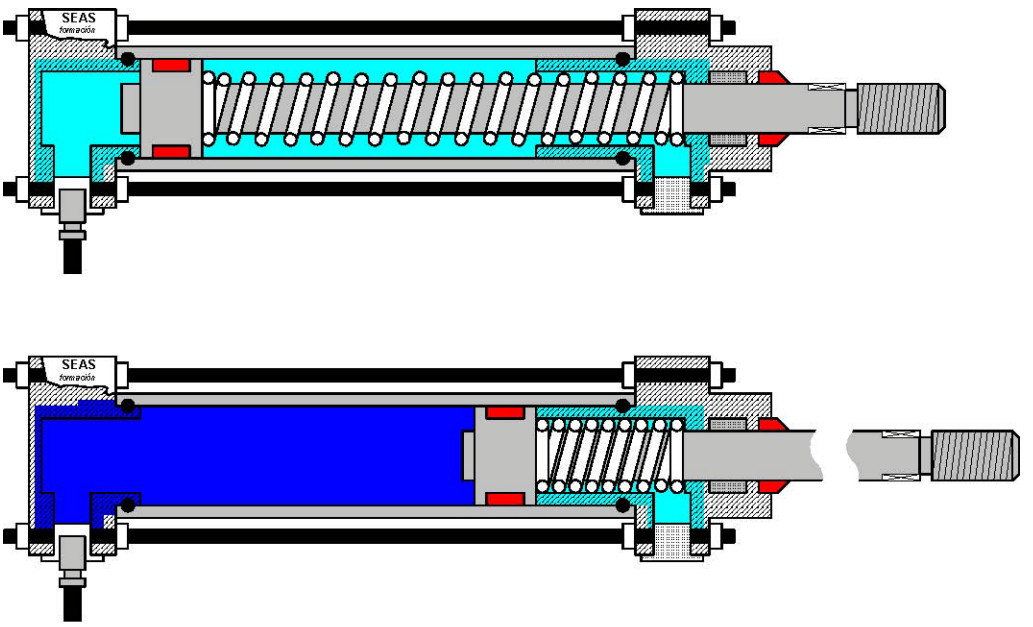


Figura 3.2. Cilindro de simple efecto tipo “dentro”.

Los cilindros de simple efecto se utilizan para sujetar, marcar, expulsar, etc. Tienen un consumo de aire algo más bajo que un cilindro de doble efecto de igual tamaño. Sin embargo, hay una reducción de impulso debida a la fuerza contraria del resorte, así que puede ser necesario un diámetro interno algo más grande para conseguir una misma fuerza. También la adecuación del resorte tiene como consecuencia una longitud global más larga y una longitud de carrera limitada, debido a un espacio muerto.

Cilindro de simple efecto "Normalmente dentro"

Cilindro de simple efecto "Normalmente dentro"

Recuperación por carga externa

Recuperación por resorte

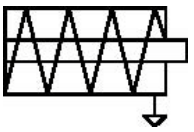
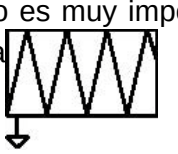


Figura 3.3. Simbología normalizada. Cilindro de simple efecto.

La variedad constructiva de los cilindros de simple efecto es muy importante, pero todos ellos presentan la misma mecánica de trabajo. Se muestran a continuación algunos ejemplos de los mismos:



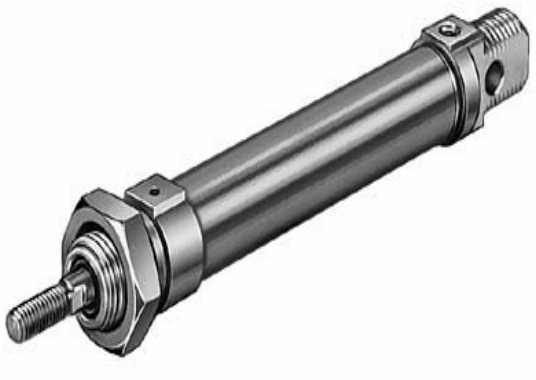
Cilindro de simple efecto Recuperación por carga externa "Normalmente fuera"

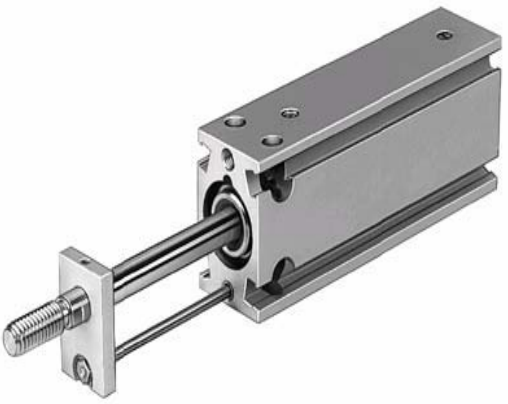
Cilindro de simple efecto Recuperación por resorte "Normalmente fuera"

Figura 3.4. Simple efecto "tradicional", normalmente dentro.

Figura 3.5. Simple efecto con guiado y camisa plana, normalmente fuera.

Figura 3.6. Compacto simple efecto. Figura 3.7. Micro cilindro simple efecto.





Figuras 3.4, 3.5, 3.6 y 3.7. Por gentileza de FESTO Pneumatic S.A

Como se puede observar, los fabricantes ofertan soluciones para casi todas las

Figura 3.6. Compacto simple efecto.

Figura 3.7. Micro cilindro simple efecto.

necesidades que se puedan presentar en el diseño del automatismo neumático. Conviene repasar la gama genérica de actuadores de los principales fabricantes.

3.2.2. CILINDROS DE DOBLE EFECTO

La simbología neumática no suele representar las características mecánicas de un componente sino tan sólo su principio de funcionamiento y por tanto su aplicación.

Los cilindros de doble efecto son aquellos que realizan tanto su carrera de avance como la de retroceso por acción del aire comprimido. Su denominación se debe a que emplean las dos caras del émbolo (aire en ambas cámaras), por lo que estos componentes sí que pueden realizar trabajo en ambos sentidos.

Sus componentes internos son prácticamente iguales a los de simple efecto, con pequeñas variaciones en su construcción. Algunas de las más notables las encontramos en la culata anterior, que ahora ha de tener un orificio roscado para poder realizar la inyección de aire comprimido (en la disposición de simple efecto este orificio no suele prestarse a ser conexionado, siendo su función la comunicación con la atmósfera con el fin de que no se produzcan contrapresiones en el interior de la cámara).

El perfil de las juntas dinámicas también variará debido a que se requiere la estanqueidad entre ambas cámaras, algo innecesario en la disposición de simple efecto.

El campo de aplicación de los cilindros de doble efecto es mucho más extenso que el de los de simple, incluso cuando no es necesaria la realización de esfuerzo en ambos sentidos. Esto es debido a que, por norma general (en función del tipo de válvula empleada para el control), los

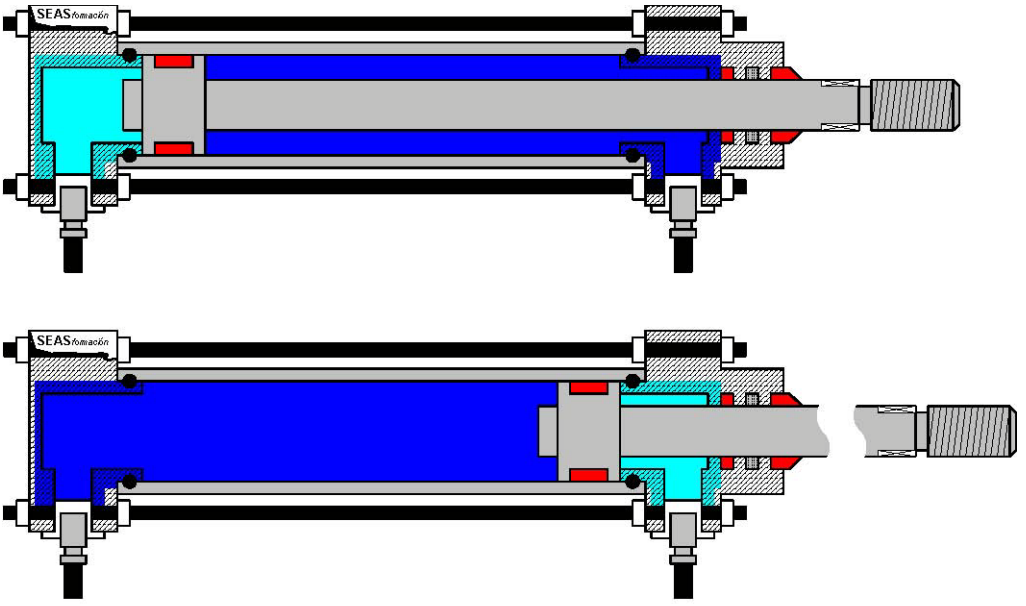


Figura 3.8. Cilindro de doble efecto.

cilindros de doble efecto siempre contienen aire en una de sus dos cámaras, por lo que se asegura el posicionamiento. El concepto queda más claro con un ejemplo:

Imaginemos que una carga se coloca en el extremo del vástago de un cilindro, el cual ha sido montado con una disposición vertical. Cuando el vástago del cilindro tenga que encontrarse en mínima posición podemos encontrarnos 2 casos:

Cilindro de doble efecto: el vástago mantiene la mínima posición debido a que ésta se encuentra en ella debido a la presión introducida en la cámara. La carga se encuentra en posición correcta. La disposición escogida es satisfactoria.

Para poder realizar un determinado movimiento (avance o retroceso) en un actuador de doble efecto, es preciso que entre las cámaras exista una diferencia de presión. Por norma general, cuando una de las cámaras recibe aire a presión, la otra está comunicada con la atmósfera, y viceversa. Este proceso de conmutación de aire entre cámaras nos ha de preocupar poco, puesto que es realizado automáticamente por la válvula de control asociada (disposiciones de 4 ó 5 vías con 2 ó 3 posiciones).

Cilindro de simple efecto: al no asegurar la posición mediante aire, el propio peso de la carga vencerá la fuerza del muelle de recuperación, por lo que el vástago será arrastrado a la máxima posición. La carga no se encuentra en posición correcta y se hace evidente la mala disposición escogida.

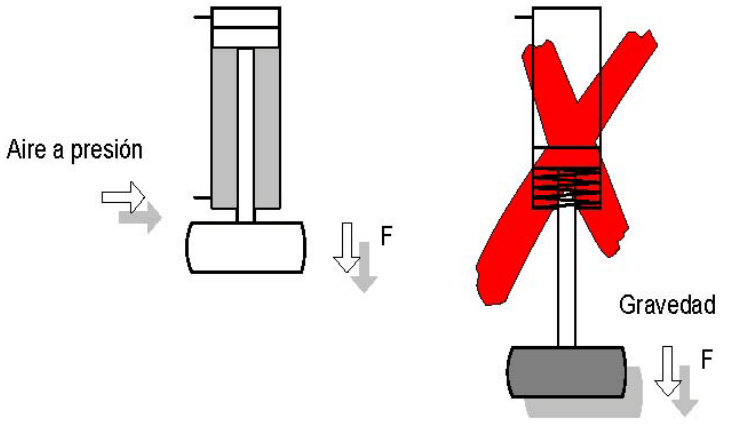


Figura 3.9. Selección de cilindros. Simple / Doble efecto.

En definitiva, podemos afirmar que los actuadores lineales de doble efecto son los componentes más habituales en el control neumático. Esto es debido a:

- Se tiene la posibilidad de realizar trabajo en ambos sentidos (carreras de avance y retroceso).
- No se pierde fuerza en el accionamiento debido a la inexistencia de muelle en oposición.
- Para una misma longitud de cilindro, la carrera en doble efecto es mayor que en disposición de simple, al no existir volumen de alojamiento.

No debemos olvidar que estos actuadores consumen prácticamente el doble que los de simple efecto, al necesitar inyección de aire comprimido para producir tanto la carrera de avance como la de retroceso. También presentan un pequeño desfase entre fuerzas y velocidades en las carreras, aspecto que se detalla a continuación **3.2.2.2. DESFASE FUERZA / VELOCIDAD**

En los actuadores lineales de doble efecto, se produce un desfase entre la fuerza provocada a la salida y a la entrada del vástago, y lo mismo ocurre con la velocidad. Este efecto se debe a la diferencia que hay entre los volúmenes de las cámaras formadas (en consecuencia, del volumen ocupado por el vástago del cilindro).

Cuando aplicamos aire en la cámara que fuerza la salida del vástago, éste actúa sobre una superficie conocida, que denominamos A_1. Es conocido que el valor de la fuerza provocada responde a la fórmula:

$$F = P \cdot A$$

Así pues, para calcular el valor de la fuerza de salida, realizaríamos la siguiente operación:

$$F_{salida} = P \cdot A_1, \text{ resultando un valor } F_1$$

Para el cálculo de la fuerza provocada en el retroceso, aplicaremos la misma fórmula y valor de presión, pero deberemos tener en cuenta que el área sobre la cual se aplica ya no es A1, sino A1 menos el área del vástago (ya que ésta no es efectiva). Nosotros la denominaremos A2.

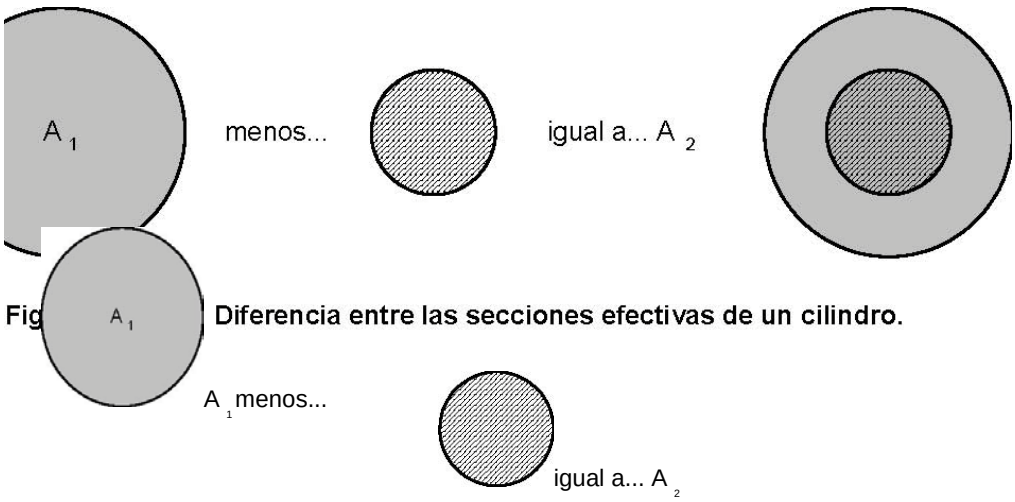


Figura 3.10. Diferencia entre las secciones efectivas de un cilindro.

Con esto tenemos que:

$$F_{retorno} = P \cdot A_2, \text{ resultando un valor } F_2$$

Como podemos deducir, a igualdad de valor de presión, y debido a la desigualdad de áreas, el valor de la fuerza de salida (F1) es mayor que el valor de la fuerza de retroceso (F2).

Este mismo efecto es aplicable a la velocidad para el vástago, ya que si el volumen de la cámara de retorno es menor, para una igualdad de caudal le costará menos llenarse, y por ello la velocidad de retorno será mayor.

En consecuencia podemos afirmar que en los actuadores de doble efecto, para igualdad de presión y caudal:

- La velocidad de retorno es mayor que la de avance.
- La fuerza provocada a la salida es mayor que la fuerza de retorno.

F salida > F retorno ; V retorno > V salida

Figura 3.11. Cilindro de doble efecto convencional.

Un cilindro de doble efecto convencional presenta desfases de fuerza y velocidad. Este efecto puede ser corregido mecánicamente o bien por automatismo.

Los desfases comentados pueden corregirse fácilmente mediante la utilización de cilindros de doble vástago. Éstos disponen de vástago a ambos lados del émbolo, consiguiendo así igualdad entre las áreas de acción y volúmenes. Debido a ello se consigue igualdad de fuerzas y velocidades en las carreras (pérdida de fuerza y aumento de la velocidad para cilindros de igual tamaño).

3.2.3. CILINDROS DE DOBLE VÁSTAGO

Este tipo de cilindros tiene un vástago corrido hacia ambos lados. La guía del vástago es mejor, porque dispone de dos cojinetes y la distancia entre éstos permanece constante. Por eso, este cilindro puede absorber también cargas laterales pequeñas. Los emisores de señales, pueden disponerse en el lado libre del vástago.

La fuerza es igual en los dos sentidos (las superficies del émbolo son iguales), al igual que sucede con la velocidad de desplazamiento. Este tipo de cilindros recibe también la denominación de cilindro compensado y es importante recordar el equilibrio entre fuerzas y

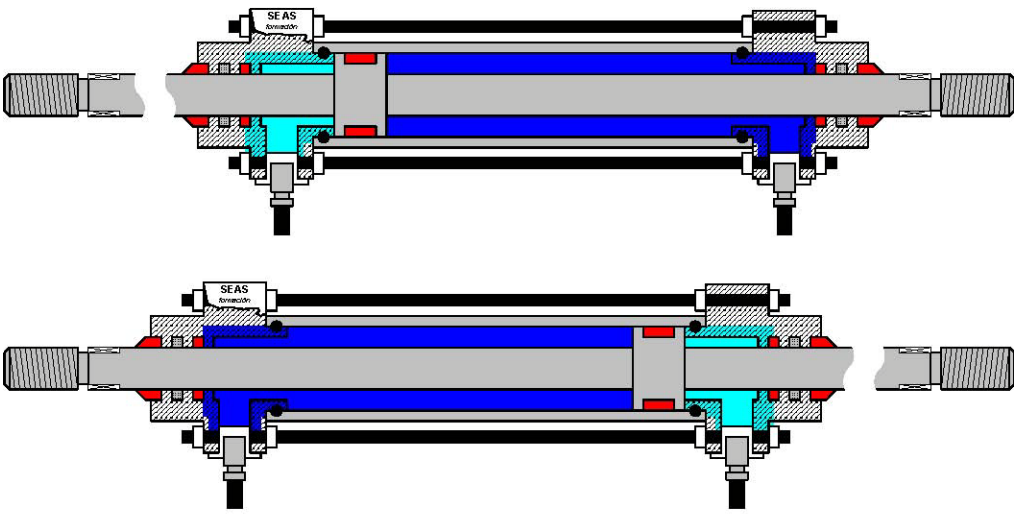


Figura 3.12. Cilindro compensado o de doble vástago.

velocidad de lo que puede considerarse como “teóricos” avances y retornos de vástago.

Evidentemente, para cumplirse esta corrección de desfases los diámetros de los vástagos han

Con el empleo de cilindros de doble vástago...

Fuerza de avance = Fuerza de retorno

Velocidad de avance = Velocidad de retorno

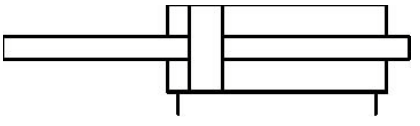
de ser iguales.

Figura 3.13. Cilindro de doble vástago o compensado.

Simbólicamente, los cilindros de doble efecto muestran su doble punto de conexión. En el caso de los doble vástago (efecto compensador), también se puede apreciar su mecánica doble efecto.

Cilindro de doble efecto Cilindro de doble efecto y doble vástago

Figura 3.14. Simbología normalizada.



3.2.4. AMORTIGUACIÓN

En los accionamientos neumáticos que son ejecutados a velocidades importantes y la masa trasladada es representativa, se producen impactos del émbolo contra la camisa que liberan gran cantidad de energía que tiende a dañar el cilindro. En estos casos, es evidente que la regulación de velocidad alargaría la vida del componente pero al mismo tiempo restaría eficacia al sistema.

Como solución, se presentan los actuadores con amortiguación interna. Estos disponen e unos casquillos de amortiguación concebidos para ser alojados en las propias culatas del cilindro. Como particularidad, se observa que se dispone de forma integrada de unos pequeños reguladores de caudal de carácter unidireccional.

Cuando el cilindro comienza a mover, el aire puede fluir por el interior del alojamiento de la culata y por el regulador. En estos momentos, la velocidad desarrollada es la nominal.

Aire desalojado libremente

Cuando el casquillo de recrecimiento entra en contacto con el alojamiento, se obtura el punto de fuga más importante y el poco aire que todavía queda en el interior del cilindro, se ve obligado a escapar a través del regulador de caudal. En consecuencia, se obtiene una regulación de velocidad en los últimos milímetros de carrera del cilindro.

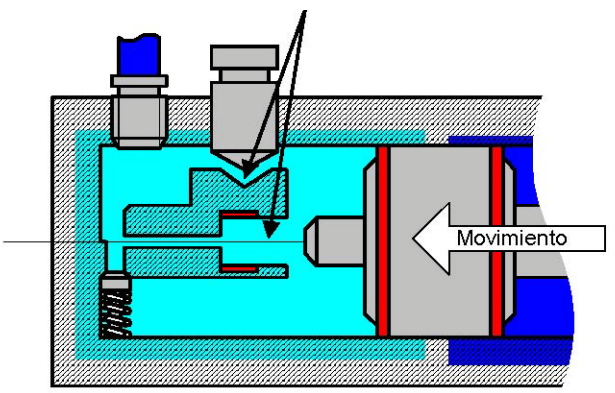


Figura 3.15. Cilindro con amortiguación en finales de carrera (detalle I).

Aire desalojado con restricción

Cuando se invierte el movimiento, el aire puede circular a través del interior del alojamiento del casquillo y también por el antirretorno, lo cual hace que el sistema tenga función unidireccional.

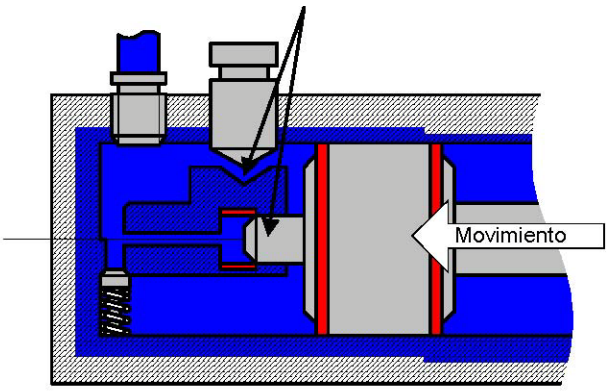


Figura 3.16. Cilindro con amortiguación en finales de carrera (detalle II).

La obturación, genera una contrapresión en la cámara opuesta, originándose de este modo la regulación de velocidad.

Aire con circulación libre

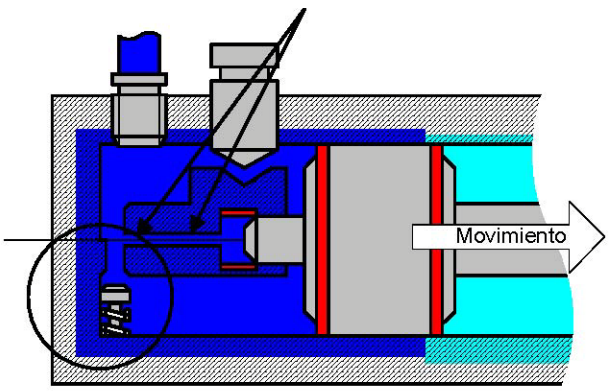


Figura 3.17. Cilindro con amortiguación en finales de carrera (detalle III).

Los amortiguadores neumáticos no son propios de los cilindros clásicos sino de prácticamente la totalidad de actuadores. De este modo encontramos unidades convencionales, unidades de doble vástago, unidades sin vástago e incluso actuadores de giro limitado que incorporan el recurso en sus mecánicas. Como ejemplo para la representación simbólica, tenemos...

Doble efecto con amortiguación. Doble efecto con amortiguación. Sin posibilidad de regulación. Con posibilidad de regulación.

Figura 3.18. Simbología normalizada (ejemplos).

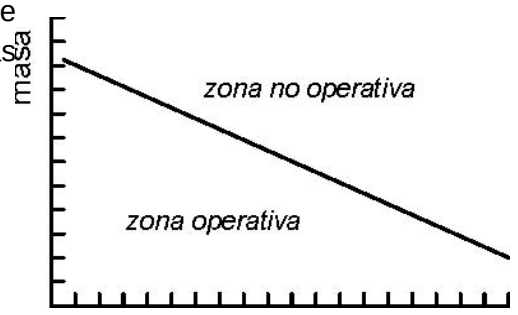
Los límites para el empleo de las amortiguaciones neumáticas vienen establecidos por gráficas y fabricante, haciendo referencia a la velocidad máxima de desplazamiento y la carga trasladada. Una curva delimitará con total claridad los límites de funcionamiento para este tipo de amortiguaciones.

En caso de no ser suficientes, se requerirá la colocación de amortiguadores hidráulicos exteriores (también en caso de limitar la carrera del cilindro mecánicamente).

velocidad

Figura 3.19. Ejemplo de gráfico (amortiguación neumática).

Existen fórmulas para el cálculo de las velocidades máximas de los actuadores pero desde aquí siempre se recomienda el empleo de las tablas de fabricante, ya que las mismas hacen referencia a las series de actuadores específicas y no a las generalidades de la formulación.



3.2.5. SISTEMAS ANTIGIRO

Uno de los principales problemas que plantean los cilindros de émbolo convencionales es el movimiento de giro que puede sufrir el vástago sobre sí mismo, ya que tanto el émbolo como el vástago, habitualmente son de sección circular al igual que la camisa, y por ello ningún elemento evita la rotación del conjunto pistón.

En determinadas aplicaciones, esto puede tener efectos negativos y se hace necesaria la incorporación de actuadores o elementos exterior que realicen un efecto antigiro.

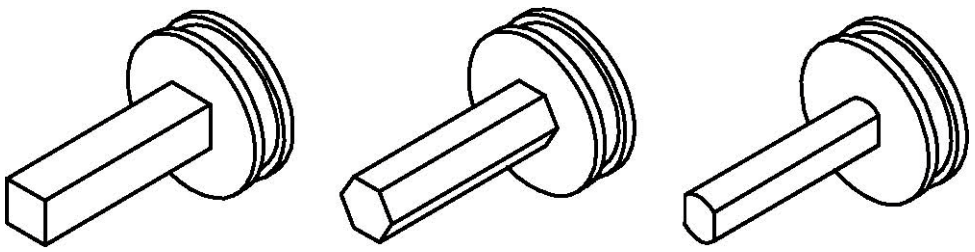
Existen múltiples posibilidades, de las cuales detallamos las más extendidas.

- Sistemas de sección no circular (embolo – camisa o vástago – casquillo).
- Sistemas de guía (simple o doble).
- Sistemas doble vástago.

3.2.5.1. SECCIÓN NO CIRCULAR

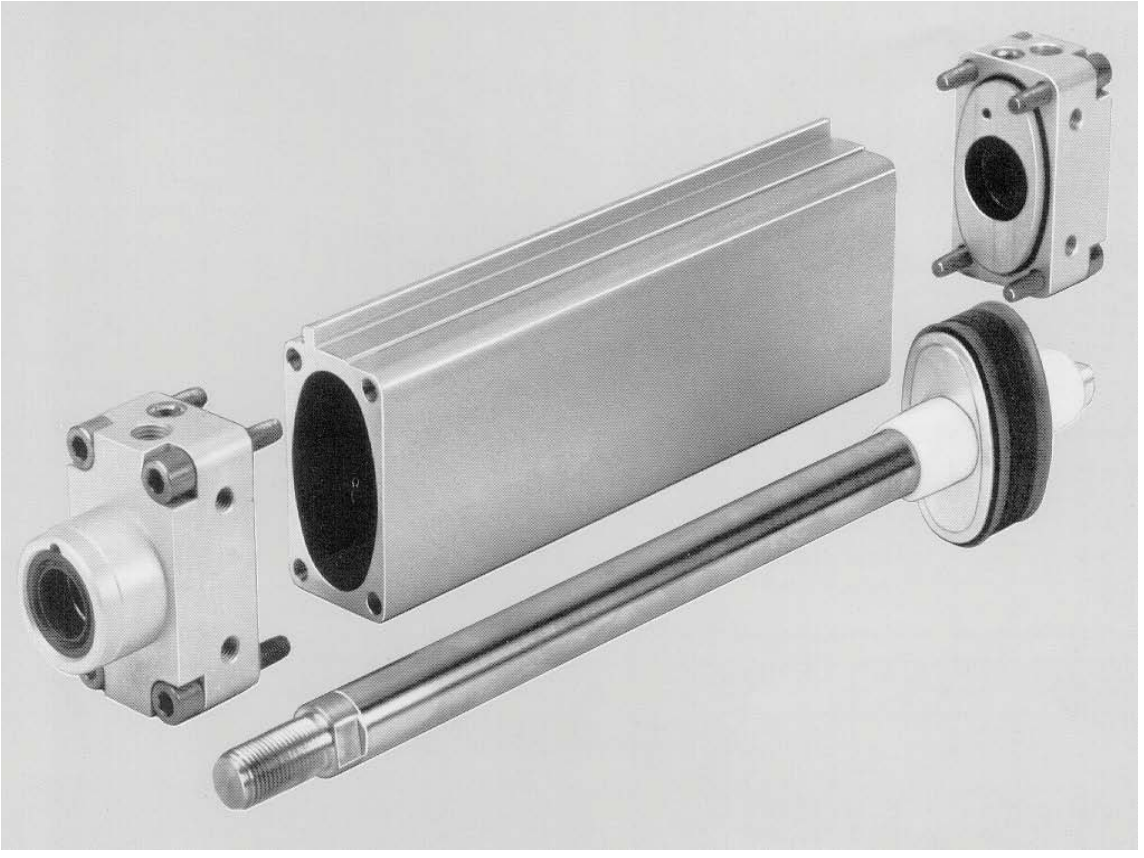
Una de las primeras soluciones adoptadas, fue sustituir la clásica sección del vástago (circular) por otros perfiles que no permitan el giro sobre sí mismo. Algunos de estos perfiles fueron los cuadrados, ovales, etc., pero presentaban el problema de una difícil mecanización (y por ello precio un excesivo del componente), además de presentar un grado de estanqueidad bastante bajo, ya que el perfil de la juntas dinámicas y estáticas no es el más adecuado.

Figura 3.20. Secciones de vástago para funciones antigiro.



Otra solución corresponde al trabajo mediante secciones de vástago circulares (y en consecuencia del casquillo guía) pero marcando la función antigiro sobre el perfil interior de la camisa del cilindro (y en consecuencia del émbolo).

Figura 3.21. Sistema antigiro de vástago oval.



2.5.2. SISTEMAS DE GUÍA

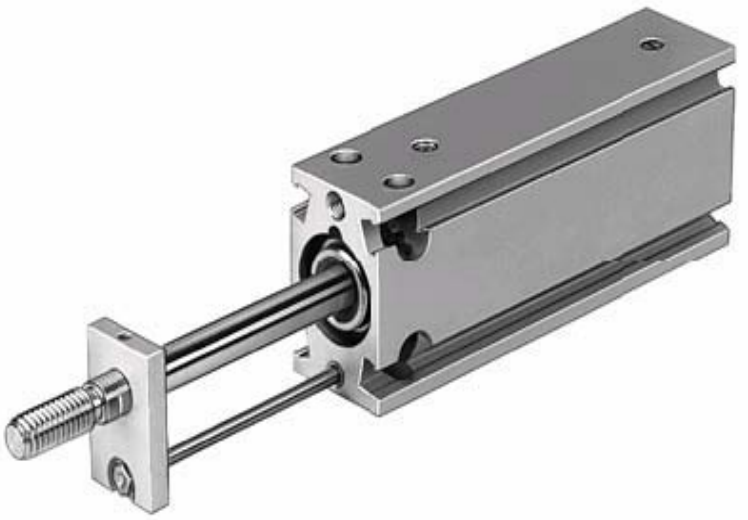
Las unidades de guiado son elementos mecánicos exteriores que aseguran la función de guiado del vástago al mismo tiempo que protegen al vástago de las fuerzas de giro y flexión exteriores.

Se fabrican en acero y se acoplan sobre la culata anterior de los cilindros normalizados. En su interior se encuentran unos cojinetes de bronce sintetizado por los cuales se deslizan las varillas de guiado (en ocasiones pueden ser rodamientos lineales, los cuales aportan una mayor fiabilidad, reducen el rozamiento pero incrementan el coste de la unidad).

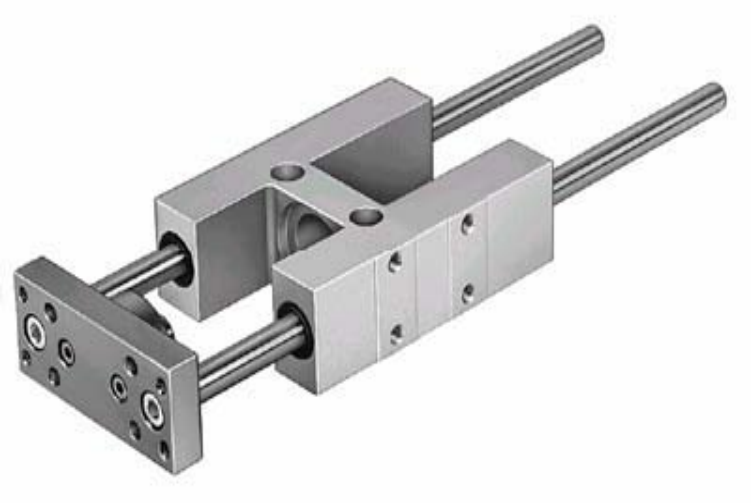
Figura 3.22. Unidad de guiado para cilindros (doble guía).

Figura 3.23. Sistema de guiado integrado (simple guía).

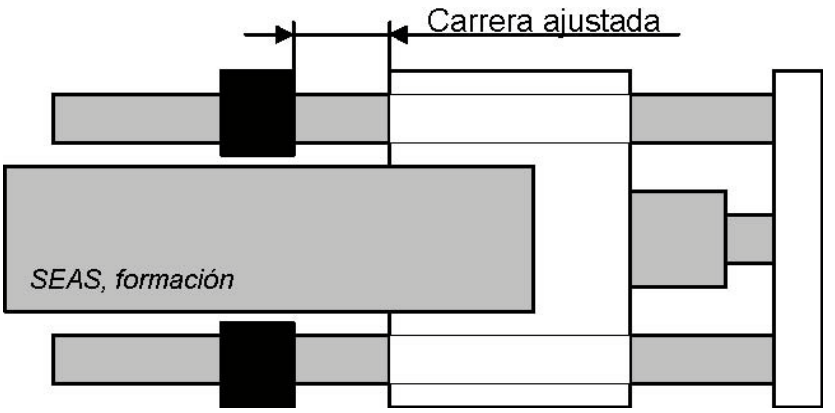
Figuras 3.22 y 3.23. de las ventajas adicionales que presentan los sistemas de guía es la posibilidad de limitar la carrera de un cilindro de forma rápida, sencilla y sin intervención sobre el mismo. Esta limitación suele ser muy frecuente ya que rara vez coincidirá la carrera deseada en o con las ofertadas comercialmente.



Esta limitación de carrera se ejecuta mediante un disco colocado directamente sobre la guía (golpeando antes de la ejecución completa de la carrera). Se pueden colocar amortiguadores hidráulicos sobre el bloque si el fabricante lo ha previsto.



3.2.5.3. SISTEMAS DE DOBLE VÁSTAGO



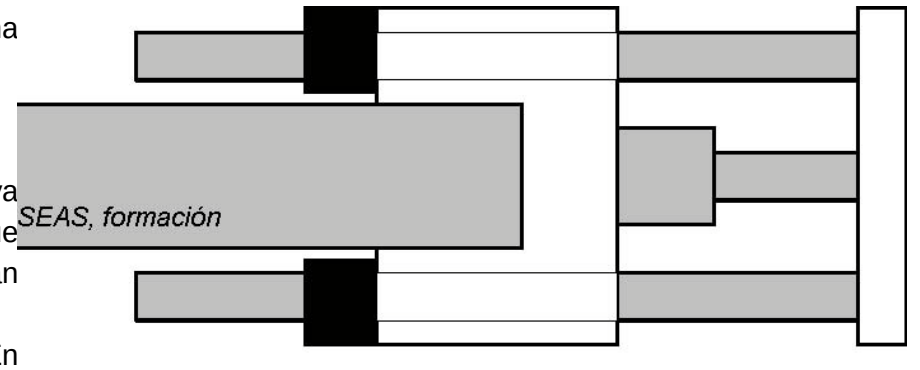


Figura 3.24. Ejemplo limitación de carrera.

Como ya se ha indicado, algunos actuadores incorporan ya unas guías que le proporcionan función antigiro. En estos actuadores se dispone de un solo émbolo y vástago efectivos; los restantes vástagos tienen función exclusiva de antigiro, no siendo solidarios a ningún émbolo, y desplazándose exclusivamente por arrastre (no tienen contacto con la presión de alimentación).

Estos actuadores no deben confundirse con los denominados de vástago paralelo. En éstos también se dispone de 2 vástagos pero la diferencia se encuentra en que cada uno de ellos dispone de su propio émbolo.

Este tipo de actuadores tiene función antigiro, y presentan mayor prestación en cuanto a la absorción de cargas exteriores, si bien, la principal ventaja de estos actuadores es que al disponer de un doble émbolo, desarrollan el doble de fuerza que uno convencional de igual tamaño.

Figura 3.25. Vástagos paralelos (función antigiro).

Existen más sistemas que aportan a los actuadores funciones antigiro, pero quizá los tres expuestos anteriormente constituyen los más representativos. Seguiremos analizando otras unidades.

3.2.6. CILINDROS TÁNDEM

Está constituido por dos cilindros de doble efecto que forma una unidad. Gracias a esta disposición, al aplicar simultáneamente presión sobre los dos émbolos se obtiene en el vástago una fuerza de casi el doble de la de un cilindro normal para el mismo diámetro.

Figura 3.26. Cilindro tándem.

www.hidraulicaprado.com

utiliza cuando se necesitan fuerzas considerables y se dispone de un espacio relativamente pequeño, no siendo posible utilizar cilindros de diámetros mayores. Sin ser unidades excesivamente comunes, vale la pena conocerlas ya que en ocasiones pueden resultar de interés para la resolución de problemas muy concretos.

3.2.7. CILINDROS MULTIPOSICIONALES

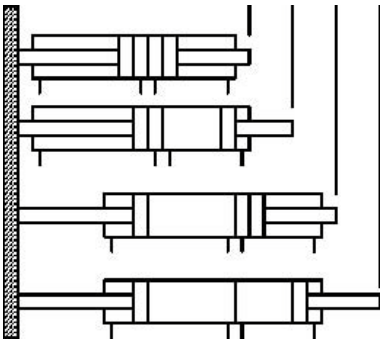
Los cilindros multiposicionales son una buena opción el aquellos casos en los que se requiera alcanzar 3 ó 4 posiciones diferentes y no se requiera una variabilidad frecuente de las mismas.

Son no obstante, unidades sencillas ya que tan solo se componen de 2 unidades convencionales unidas por el extremo de los vástagos o bien por las culatas (mediante placa adaptadora comercial). Para 4 posiciones, se requiere que la carrera de las 2 unidades sean diferentes.

Figura 3.27. Pieza de acople para la formación de un multiposicional.

Analizaremos un ejemplo de posibilidades de ejecución de carrera con un par de cilindros convencionales de carreras 100 y 200 mm. Las posiciones totales a conseguir son 4...

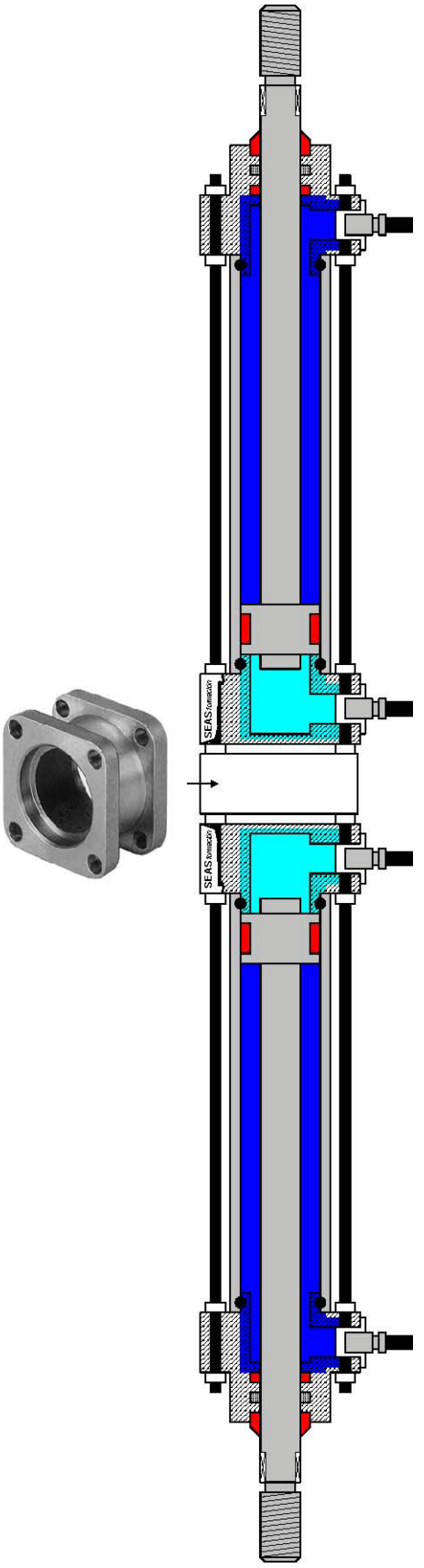
0123



Cilindro de simple efecto
Recuperación por carga exter
"Normalmente fuera"

A	A	0 mm + 0 mm
A	B+	0 mm + 100 mm
A +	B	200 mm + 0 mm
A +	B+	200 mm + 100 mm

Figura 3.28. Montaje multiposicional



3.2.8. CILINDROS DE VÁSTAGO HUECO

Algunos actuadores neumáticos presentan la ventaja de tener el vástago o eje hueco, lo que los hace ideales para el trabajo con aplicación de la técnica de vacío, o bien, para pasar cables eléctricos si fuera necesario..

La aplicación de este tipo de actuadores permite y facilita el conexionado de elementos, ya que no será necesario el guiado de tubos para vacío o cableado eléctrico desde los puntos de

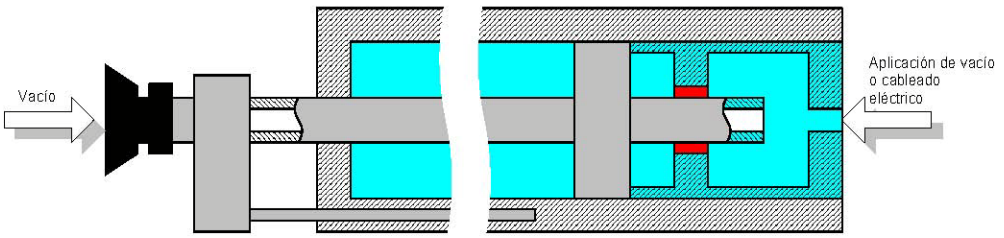


Figura 3.29. Cilindro de vástago hueco.

generación de energía hasta los consumidores (ventosas, electroimanes, etc.), sino que pueden pasar a través del hueco que encontramos en el vástago, consiguiendo así una instalación más simple y por tanto más económica.

En la siguiente figura comprobaremos una de las aplicaciones típicas para este tipo de cilindros, y las ventajas que representa frente a la aplicación de actuadores convencionales:

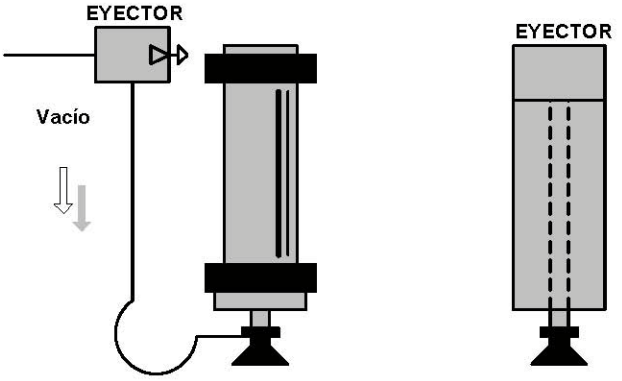


Figura 3.30. Aplicación de vacío (mediante vástago hueco).

3.2.9. UNIDADES DE BLOQUEO

Las unidades de bloqueo no pueden considerarse en sí actuadores, sino como elementos auxiliares de éstos. No obstante, son uno de los componentes de mayor aplicación en la actualidad, ya que aportan una solución eficaz y económica a uno de los principales problemas que plantea el trabajo con actuadores neumáticos: el posicionamiento intermedio de los mismos.

En los circuitos neumáticos y electroneumáticos, uno de los principales problemas siempre ha sido el posicionamiento de los vástagos de los cilindros con cierta precisión en posiciones intermedias entre finales de carrera. Uno de los métodos tradicionales para conseguir estos accionamientos, ha sido el empleo de válvulas de tres posiciones (centro abierto o cerrado). Estos métodos presentaban el gran inconveniente de no asegurar el posicionamiento, sobre todo si existían cargas exteriores acopladas o sobre los vástagos. Todo es debido a la compresión de aire que se da en el interior de las cámaras, ya que trabajamos con fluidos compresibles. Por supuesto, los centros abiertos no son de utilidad cuando se requiere un control de la posición y existen este tipo de cargas.

Otro de los grandes inconvenientes venía dado por las grandes aceleraciones sufridas por los vástagos cuando se producían las conmutaciones, ya que la diferencia de presión era notable. Este problema se soluciona aplicando controles mediante 2 válvulas de 3 vías y 2 posiciones, en vez de las 5 vías y las 2 ó 3 posiciones tradicionales.

Por todos estos motivos se hace necesario el desarrollo de nuevos componentes ideados para

En el apartado correspondiente a válvulas direccionales se estudiará con mayor detenimiento el control de cilindros tanto en un “todo o nada” como en el posicionado de los mismos.

este tipo de movimientos, y es cuando aparecen las unidades de retención.

Éstas consiguen el posicionamiento mediante un frenado mecánico del vástago (bloqueo), asegurando el mismo por efecto de fricción en ambas direcciones.

3.2.9.1. ESTRUCTURA INTERNA

Las unidades de bloqueo están compuestas principalmente por un cuerpo exterior de aluminio, el cual se acopla mecánicamente a la culata anterior de los cilindros normalizados.

Generalmente, en el interior de este cuerpo se aloja una excéntrica con una palanca de actuación y un pistón. El pistón se desplaza axialmente por la fuerza de un muelle o de la presión aplicada, desplazando en su recorrido la palanca aplicada a la excéntrica. Cuando la palanca es desplazada por el pistón, hace rotar el cuerpo unos grados determinados, produciéndose así la sujeción del vástago del cilindro (zona de ferodo). El vástago atraviesa la unidad de retención.

La liberación del vástago puede producirse por una nueva inyección de aire comprimido, o bien por la eliminación de éste sobre la línea piloto o de actuación (dependiendo de si la unidad de retención trabaja como elemento monoestable o biestable). Estas unidades siempre son capaces de desarrollar mayores fuerzas de sujeción que las desarrolladas por las cargas aplicadas sobre el cilindro.

Si se utiliza una disposición de simple efecto, también aseguramos el bloqueo del vástago en caso de una caída repentina de la presión, por lo cual estos elementos pueden formar parte de los sistemas de seguridad.

Estas unidades de retención no disponen de una simbología normalizada, pero los fabricantes se las van asignando, siendo bastante usual encontrarnos algunas como:

A continuación se muestra un esquema clásico en aplicaciones neumáticas dotadas con actuadores que dispongan de sistema de bloqueo. El esquema puede sufrir ciertas variaciones en función del tipo de carga que se este controlando (cargas verticales en tracción o

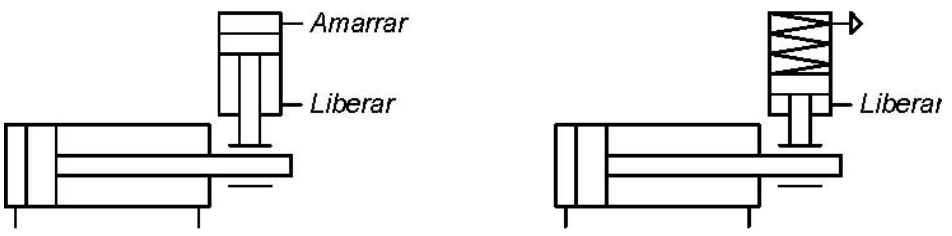


Figura 3.31. Simbología para unidades de bloqueo.

compresión).

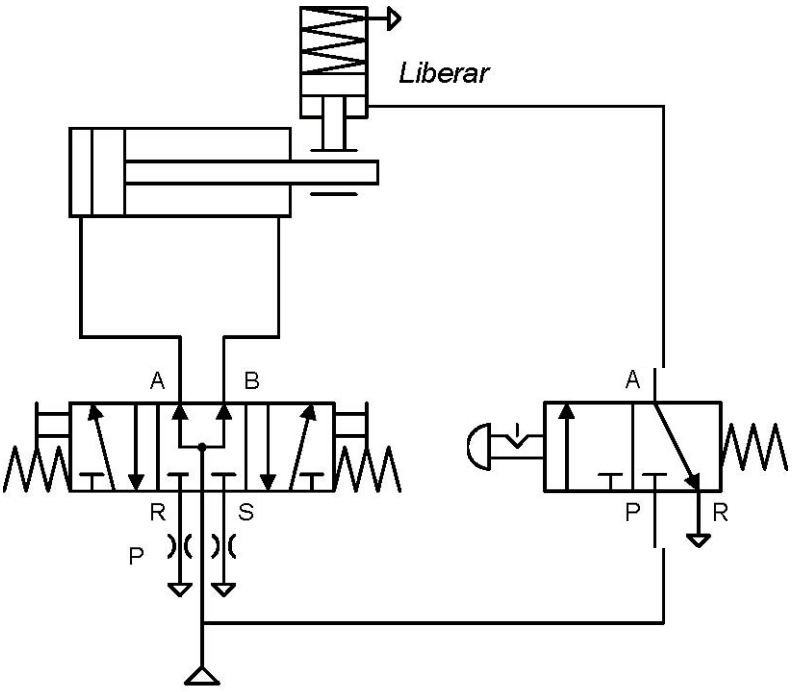


Figura 3.32. Ejemplo de aplicación (I).

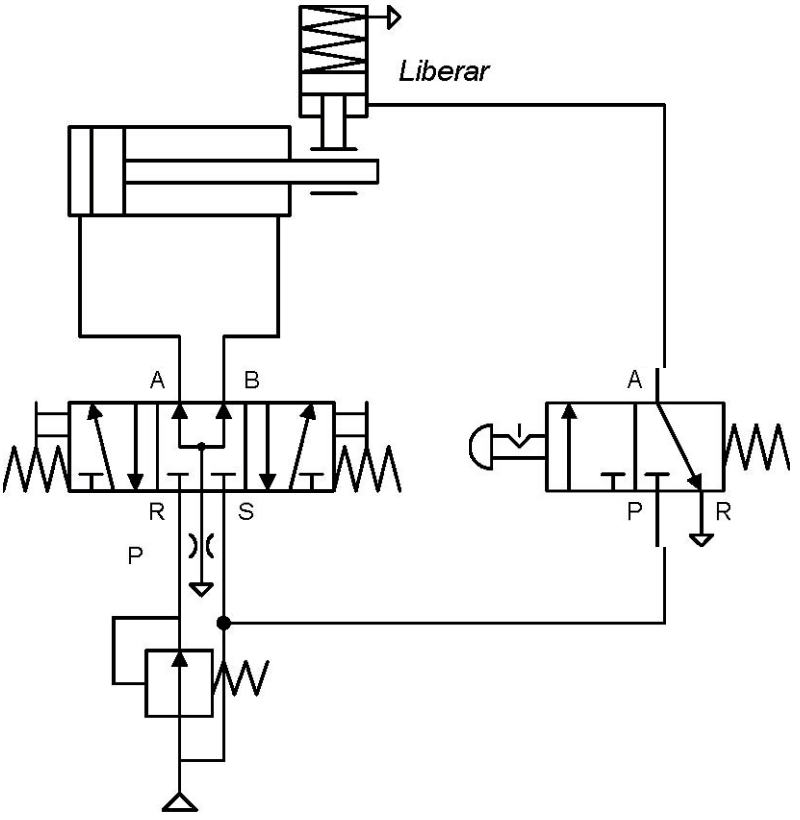


Figura 3.33. Ejemplo de aplicación (II).

En la figura se observa un sistema que trabaja con presurizado en ambas cámaras (condición de reposo del sistema). En esta circunstancia deberá forzarse el bloqueo del sistema (ausencia de aire) para evitar movimientos no deseados debido a las diferentes secciones presentadas por el cilindro.

En otras ocasiones, la inversión en las vías y el empleo de reductores de presión pueden solventar el problema.

En la utilización de sistemas con bloqueo siempre ha de ser notablemente mayor este que la carga a retener (tan solo entonces el sistema será estable).

3.2.10. CILINDROS DE FUELLE

Los cilindros de fuelle o de lóbulos, están constituidos por dos tapas de cierre que actúan a modo de culata unida entre sí por medio de una membrana elástica (fabricada de material elastómero, como el neopreno).

Su disposición es siempre de simple efecto, deformándose la membrana axialmente ante la aplicación de aire comprimido y recuperándose por acción de la gravedad o de fuerzas externas (previa liberación del aire comprimido de la cámara de expansión).

Presentan numerosas ventajas, como son:

- Son de larga duración y están exentos de mantenimiento, al no existir piezas internas (trabajo por expansión de lóbulos).
- No se producen rozamientos en la maniobra.
- Tienen una instalación simple y por tanto, económica.
- Buena relación de volumen ocupado entre compresión - expansión (son fabricados con 1, 2 ó 3 lóbulos).
- Buena absorción de cargas radiales en los extremos. Pueden ser utilizados como amortiguadores debido a la facilidad con la que pueden absorber las vibraciones.

Hay que tener en cuenta que, al no disponer de vástago ni de guías, el cilindro es incapaz por sí solo de alinearse, por lo que hay que instalarlos en alojamientos guiados si se pretende que el

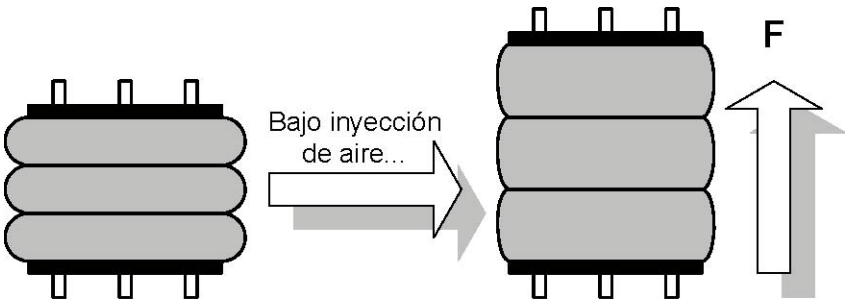
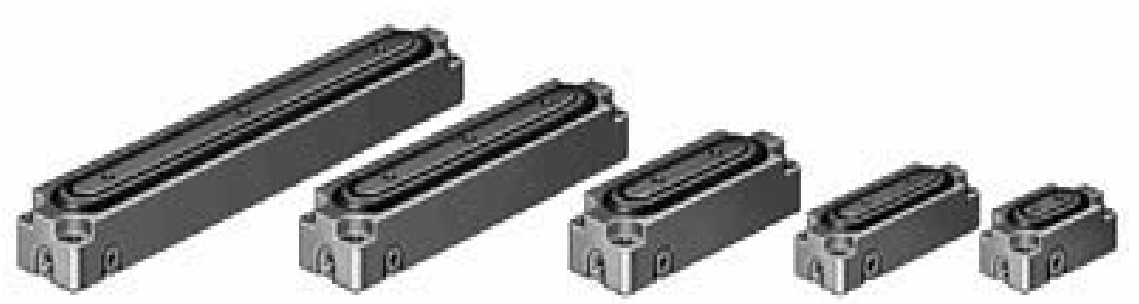


Figura 3.34. Cilindro de fuelle (3 lóbulos).

movimiento sea perfectamente axial.

Figura 3.35. Otros actuadores en base a elastómeros.

Por gentileza de FESTO Pneumatic S.A



3.3. ACTUADORES DE GIRO

Los actuadores rotativos son los encargados de transformar la energía neumática en energía mecánica de rotación. Dependiendo de si el móvil de giro tiene un ángulo limitado o no, se forman los dos grandes grupos a analizar:

- **Actuadores de giro limitado,** que son aquellos que proporcionan movimiento de giro pero no llegan a producir una revolución (exceptuando alguna mecánica particular como por ejemplo piñón – cremallera). Existen disposiciones de simple y doble efecto para ángulos de giro de 90º, 180º..., hasta un valor máximo de unos 300º (aproximadamente).

- **Motores neumáticos,** que son aquellos que proporcionan un movimiento rotatorio constante. Se caracterizan por proporcionar un elevado número de revoluciones por minuto.

A continuación se explican detalladamente los 3 principales actuadores de giro que podemos encontrar en el mercado, los cuales representan a motores y actuadores de giro limitado.

3.3.1. ACTUADOR DE PALETA

El actuador de giro de tipo paleta quizá sea el más representativo dentro del grupo que forman los actuadores de giro limitado. Estos actuadores realizan un movimiento de giro que rara vez supera los 270º, incorporando unos topes mecánicos que permiten la regulación de este giro.

Están compuestos por una carcasa, en cuyo interior se encuentra una paleta que delimita las dos cámaras. Solidario a esta paleta, se encuentra el eje, que atraviesa la carcasa exterior. Es precisamente en este eje donde obtenemos el trabajo, en este caso en forma de movimiento angular limitado. Tal y como podemos apreciar en la figura, el funcionamiento es similar al de los actuadores lineales de doble efecto. Al aplicar aire comprimido a una de sus cámaras, la paleta tiende a girar sobre el eje, siempre y cuando exista diferencia de presión con respecto a la cámara contraria (generalmente comunicada con la atmósfera). Si la posición es inversa, se consigue un movimiento de giro en sentido contrario.

AVANZADO

Para realizar este control utilizaremos válvulas de 4 ó 5 vías y 2 posiciones para todo o nada (accionamiento hasta el tope). Si se requiere de posiciones intermedias será necesario la utilización de válvulas de 3 posiciones.

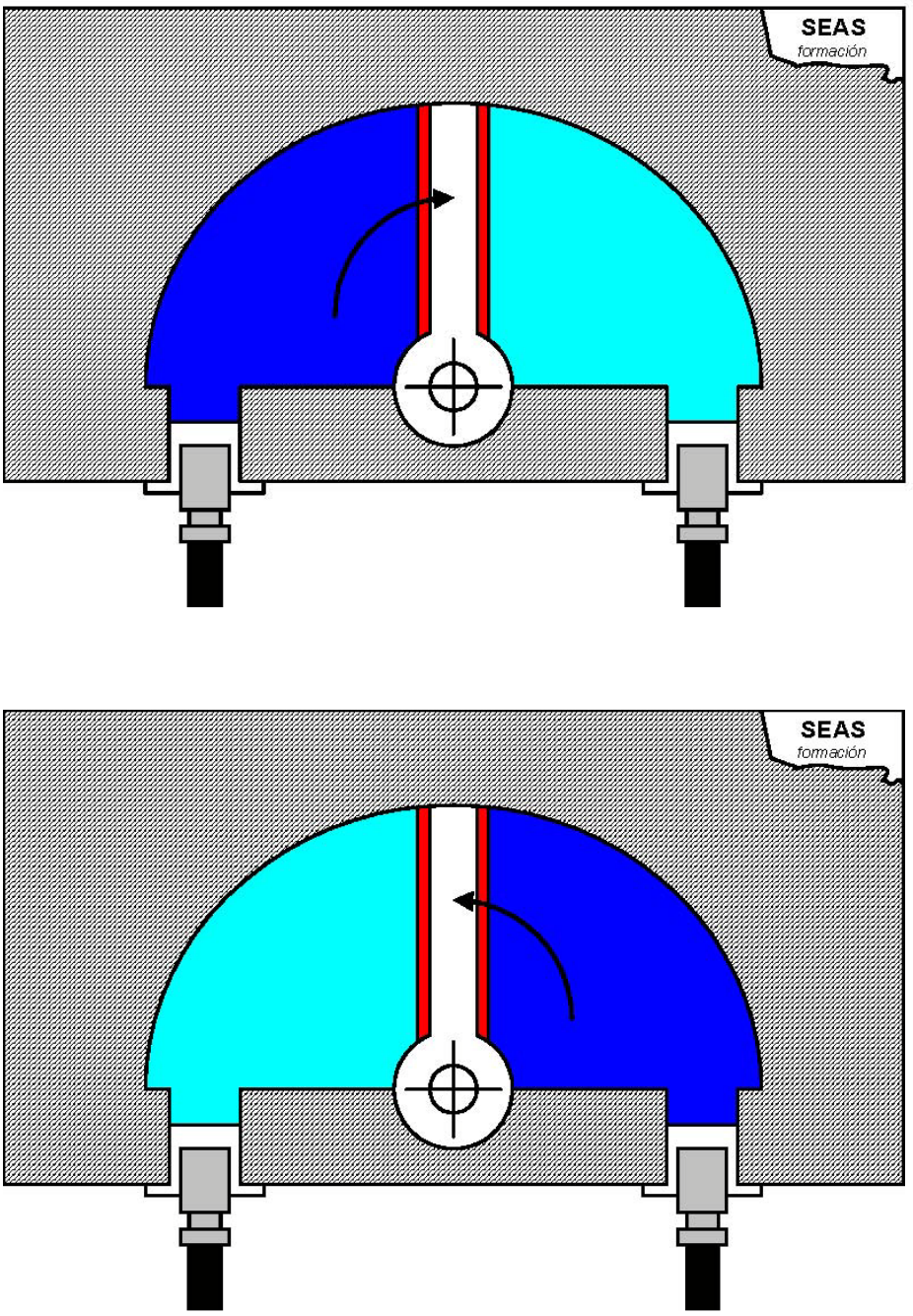


Figura 3.36. Trabajo de un actuador de paleta (giro limitado).

Estos componentes presentan ventajas propias de los componentes de última generación, tal y como amortiguación en final de recorrido, posibilidad de detección magnética de la posición (mecánica o magnética), etc.

La detección mecánica se ejecuta mediante elementos móviles exteriores ajustables en grado mediante nonio graduado.

Figura 3.37. Actuador de paleta.

Este tipo de actuadores ha de recuperar siempre la posición (ejecución de retorno), por lo cual no son aptos para el marcado de pasos regulares a no ser que el fabricante incorpore una rueda libre (consiguiéndose un avance regular de pasos apto para un número importante de aplicaciones).

Figura 3.38. Piñón libre para acoplamiento sobre giro limitado.

Figuras 3.37 y 3.38.

Este tipo de piñones o ruedas libres son comercializadas por los propios fabricantes para el acople directo con sus productos y se presentan en versiones de giro a izquierdas o a derechas (para cubrir las necesidades del automatismo).

3.3.2. ACTUADOR PIÑÓN - CREMALLERA

En esta ejecución de cilindro de doble efecto, el vástago es una cremallera que acciona un piñón y transforma el movimiento lineal en un movimiento giratorio, hacia la izquierda o hacia la derecha, según el sentido del émbolo. Los ángulos de giro corrientes pueden ser de 45º, 90º, 180º, 290º hasta 720º. Es posible determinar el margen de giro dentro del margen total por medio de un tornillo de ajuste que ajusta la carrera del vástago.

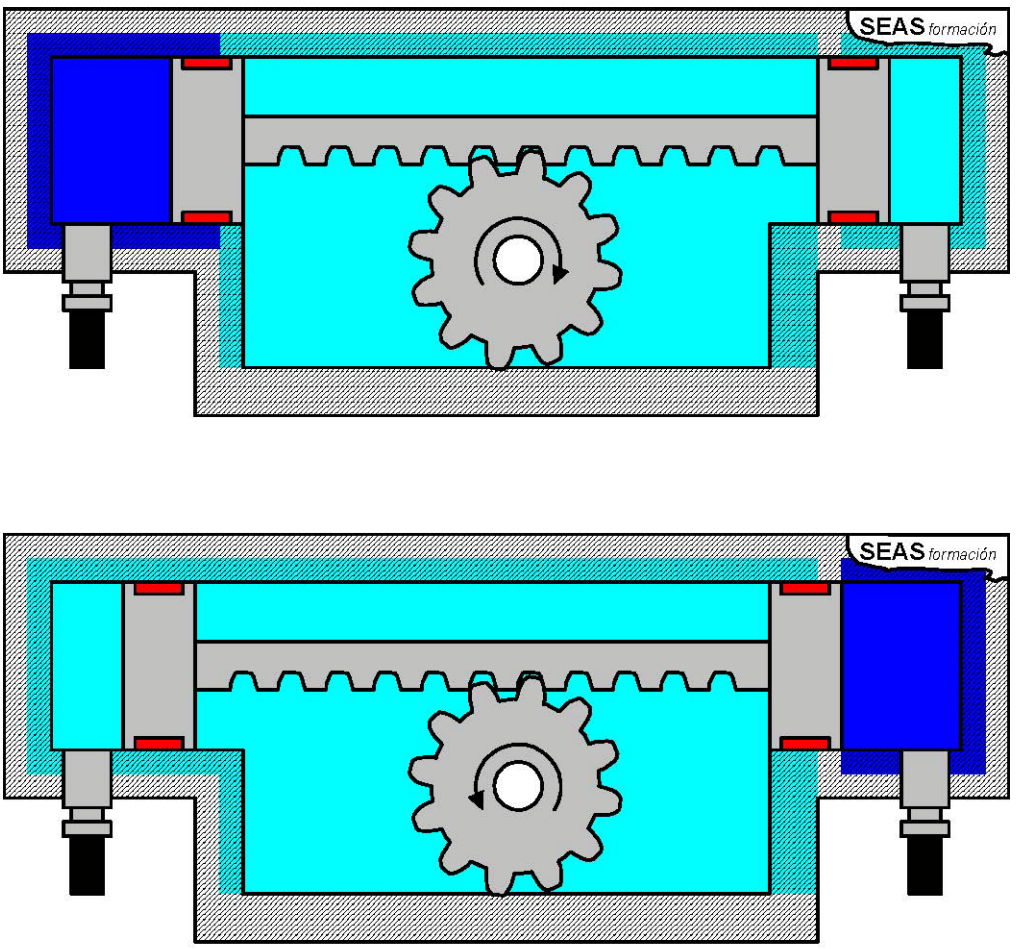


Figura 3.39. Actuador piñón – cremallera.

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

Existen actuadores piñón – cremallera de doble cremallera, los cuales proporcionan mayor par y mejor guiado de la unidad.

Figura 3.40. Aspecto físico de un piñón – cremallera.

3.3.3. MOTORES DE PALETAS

Como ya hemos comentado anteriormente, los motores neumáticos son los encargados de la transformación de la energía neumática en energía mecánica (movimiento rotatorio constante).

Dentro de la variada gama de motores neumáticos, los más representativos son los del tipo “de paletas”, también conocidos como “de aletas”. Debido a su construcción sencilla y peso reducido, su aplicación se ha extendido bastante en los últimos años.

Su constitución interna es similar a la de los compresores de paletas, es decir, un rotor ranurado, en el cual se alojan una serie de paletas, que gira excéntricamente en el interior del estator. En estas ranuras se deslizan hacia el exterior las paletas o aletas por acción de la fuerza centrífuga cuando se aplica una corriente de aire a presión.

Figura 3.41. Detalle de funcionamiento y rotor de un motor de paletas.

En estos actuadores no tiene sentido la clasificación de simple o doble efecto, si bien,

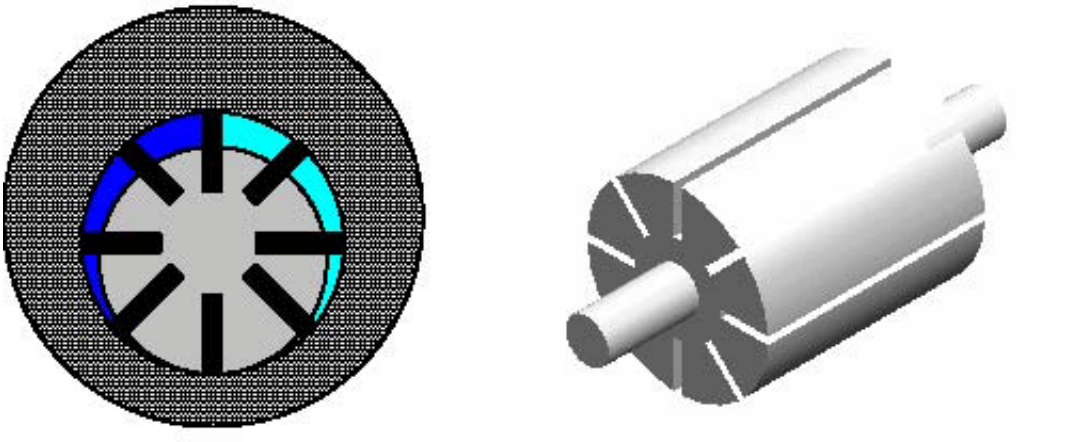


Figura 3.41. Detalle de funcionamiento y rotor de un motor de paletas.

dependiendo de la construcción de estas paletas el motor podrá girar en uno o dos sentidos.

Los motores de paletas son fabricados para potencias entre 0,1 y 20 CV. El número de revoluciones en vacío oscila entre 1000 y 5000 r.p.m., siendo frecuentemente utilizados en herramientas portátiles neumáticas (como taladradoras, esmeriladoras, etc.).

Giro limitado de doble efecto Giro limitado de simple efecto

Motor neumático. Motor neumático. 1 sentido de giro. 2 Sentidos de giro.

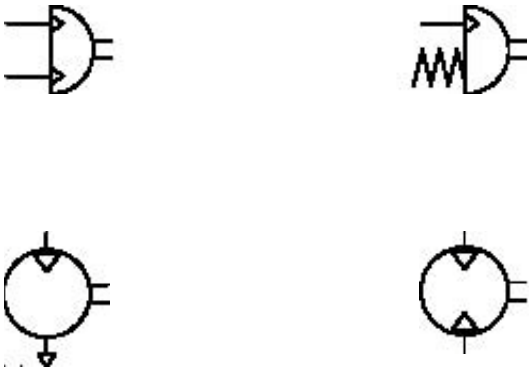


Figura 3.42. Simbología normalizada.

3.4. MECÁNICA DE UN CILINDRO

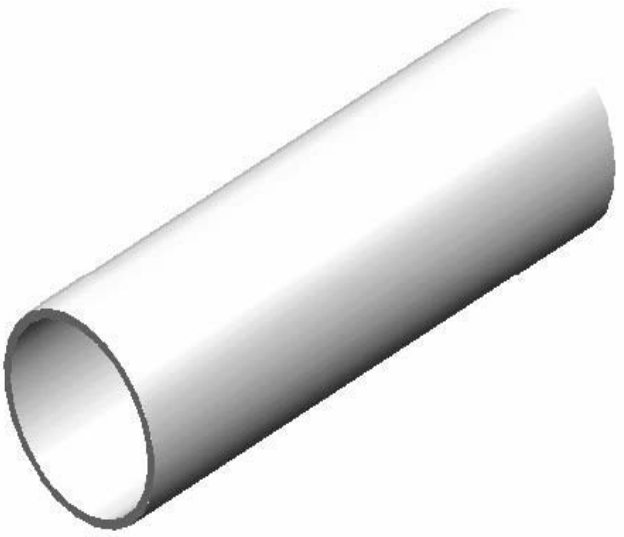
El cilindro de émbolo se compone de: tubo, tapa posterior (fondo) y tapa anterior con cojinete y aro rascador, además de piezas de unión y juntas.

Cuando el cilindro ha de realizar trabajos pesados, el tubo (camisa del cilindro 1), se fabrica en la mayoría de los casos de tubo de acero embutido sin costura (St. 35). Para prolongar la duración de las juntas, la superficie interior del tubo debe someterse a un mecanizado de precisión (bruñido).

Hoy en día, donde la mayoría de las aplicaciones requieren esfuerzos débiles, se suelen construir en aluminio. Estas ejecuciones especiales se emplean cuando los cilindros no se accionan con frecuencia o para protegerlos de influencias corrosivas. También para la captación de finales de carrera magnéticamente.

Figura 3.43. Camisa.

La camisa marca dos parámetros fundamentales del cilindro.



- Por un lado, su diámetro interno marcará la sección que presenta el cilindro y por tanto, para una presión dada nos indicará la fuerza que este es capaz de realizar. Evidentemente, a mayor diámetro, mayor fuerza y consumo.

- Por otro lado, la longitud del tubo delimita lo que se conoce como carrera del cilindro, o longitud útil para el trabajo con el mismo.

Tanto diámetros como carreras se encuentran normalizados.

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

Figura 3.44. Detalle de la culata posterior.

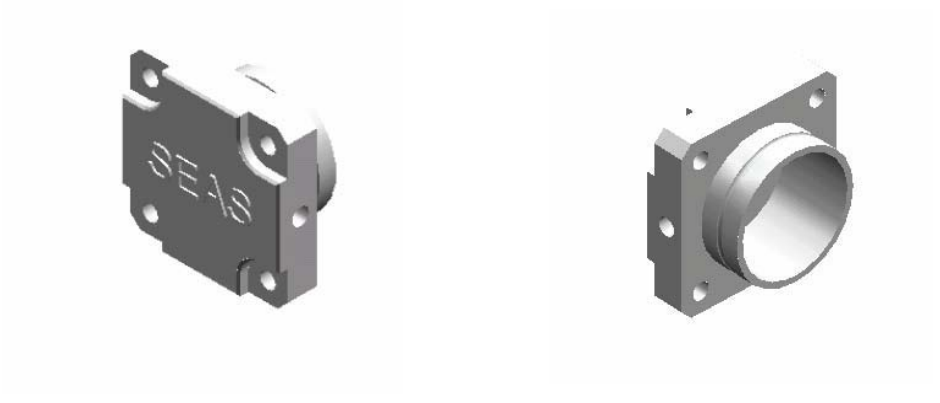


Figura 3.44. Detalle de la culata posterior.

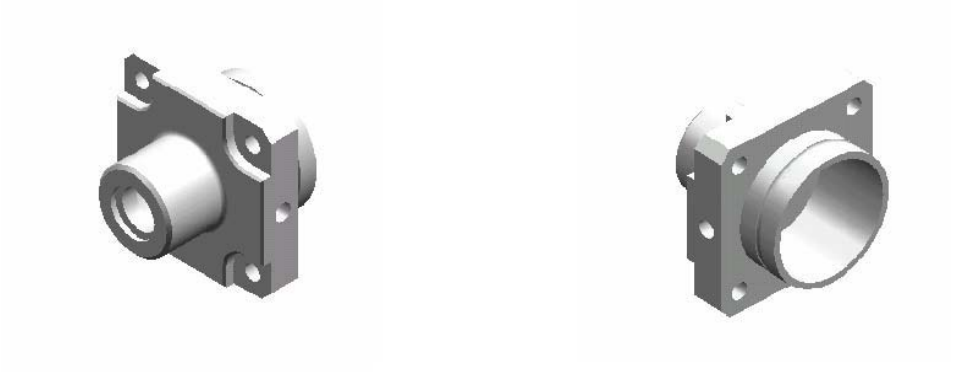


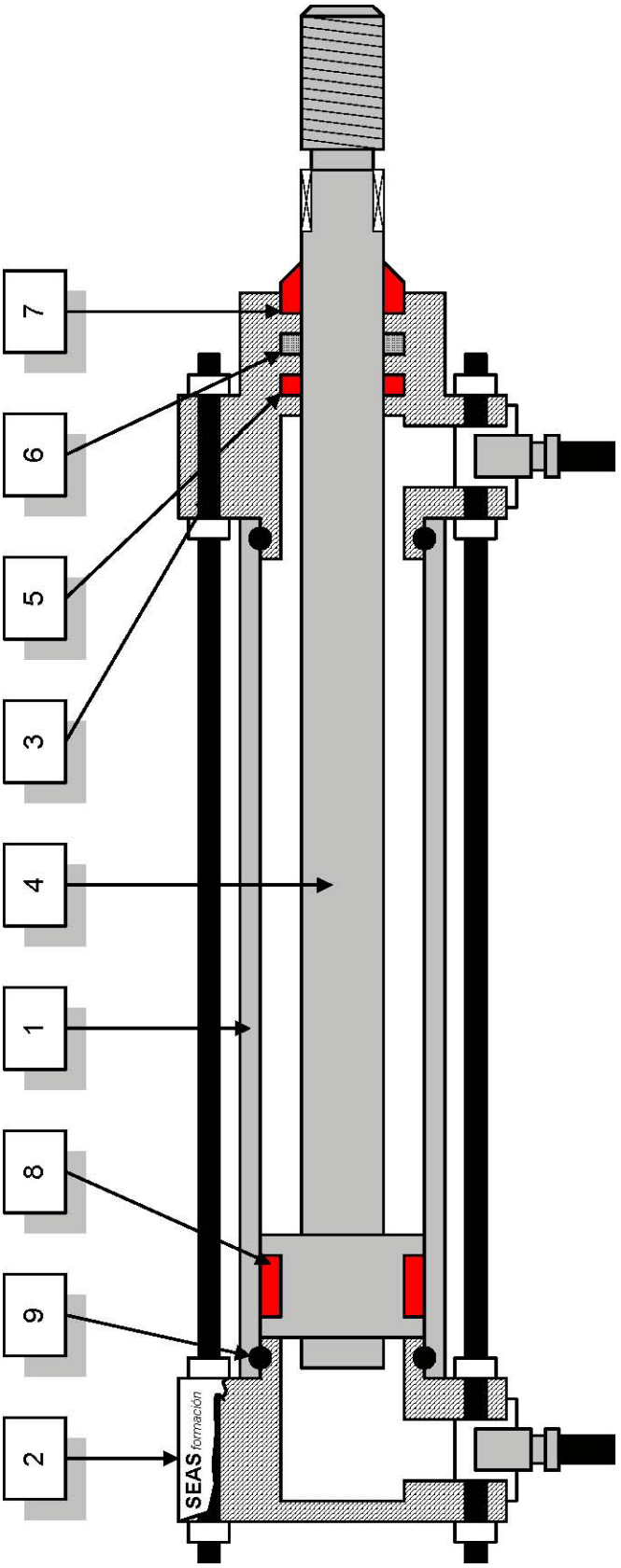
Figura 3.45. Detalle de la culata anterior.

Figura 3.45. Detalle de la culata anterior.

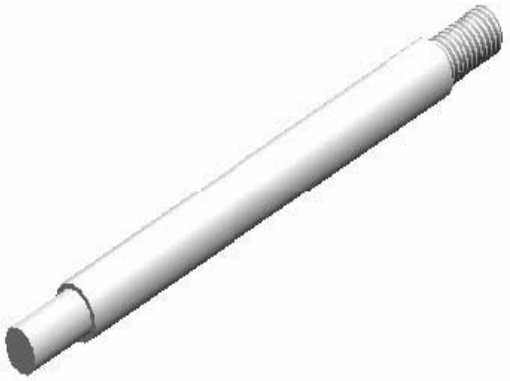
El vástago se fabrica preferentemente de acero bonificado. Este acero contiene un determinado porcentaje de cromo que lo protege de la corrosión. A deseo, el émbolo se puede someter a un tratamiento de temple. Su superficie se comprime en un proceso de rodado entre discos planos. En algunas ocasiones, sobre la simbología de los actuadores los fabricantes indican mediante una serie de símbolos tratamientos específicos aplicados a los vástagos.

La profundidad de asperezas del vástago es de 1 µm. En general, las roscas se laminan al objeto de prevenir el riesgo de roturas. En cilindros hidráulicos debe emplearse un vástago cromado (con cromo duro) o templado.

Figura 3.46. Sección de un cilindro.
Figura 3.47. Vástago de un cilindro.



El vástago acopla mecánicamente con el émbolo del cilindro, cerrando la unión mediante tuerca



y juntas estáticas (para el sellado).

Sobre el émbolo se montaran las juntas dinámicas y el imán (si es un cilindro preparado para captación magnética de la posición).

Figura 3.48. Detalle del conjunto pistón.

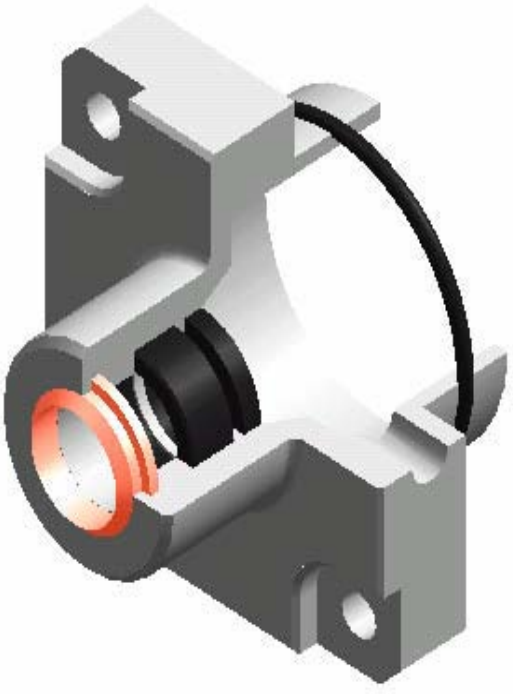
Figura 3.48. Detalle del conjunto pistón.

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

Observe las diferentes secciones presentadas por el émbolo para la ejecución de las carreras de avance y retorno. Debido a las mismas, los cilindros de doble efecto presentan desfases de fuerza y velocidad.

casquillo metálico con revestimiento de plástico. Delante del casquillo del cojinete, se encuentra un aro rascador (7). Este impide que entren partículas de polvo y suciedad en el interior del cilindro. Por eso, no se necesita emplear un fuelle. Pertenece a los elementos estanqueizantes que componen el cilindro.

Figura 3.49. * Detalle de rascador, casquillo guía, obturador y tórica de cierre.



*** La lectura respectivamente de izquierda a derecha.**

El junta dinámica (8), hermetiza las cámaras del cilindro para un óptimo rendimiento. Las juntas tóricas o anillos toroidales (9), se emplean para la obturación estática, porque deben pretensarse, y esto causa pérdidas elevadas por fricción en aplicaciones dinámicas.

Figura 3.50. Detalle de cilindro (doble efecto I).

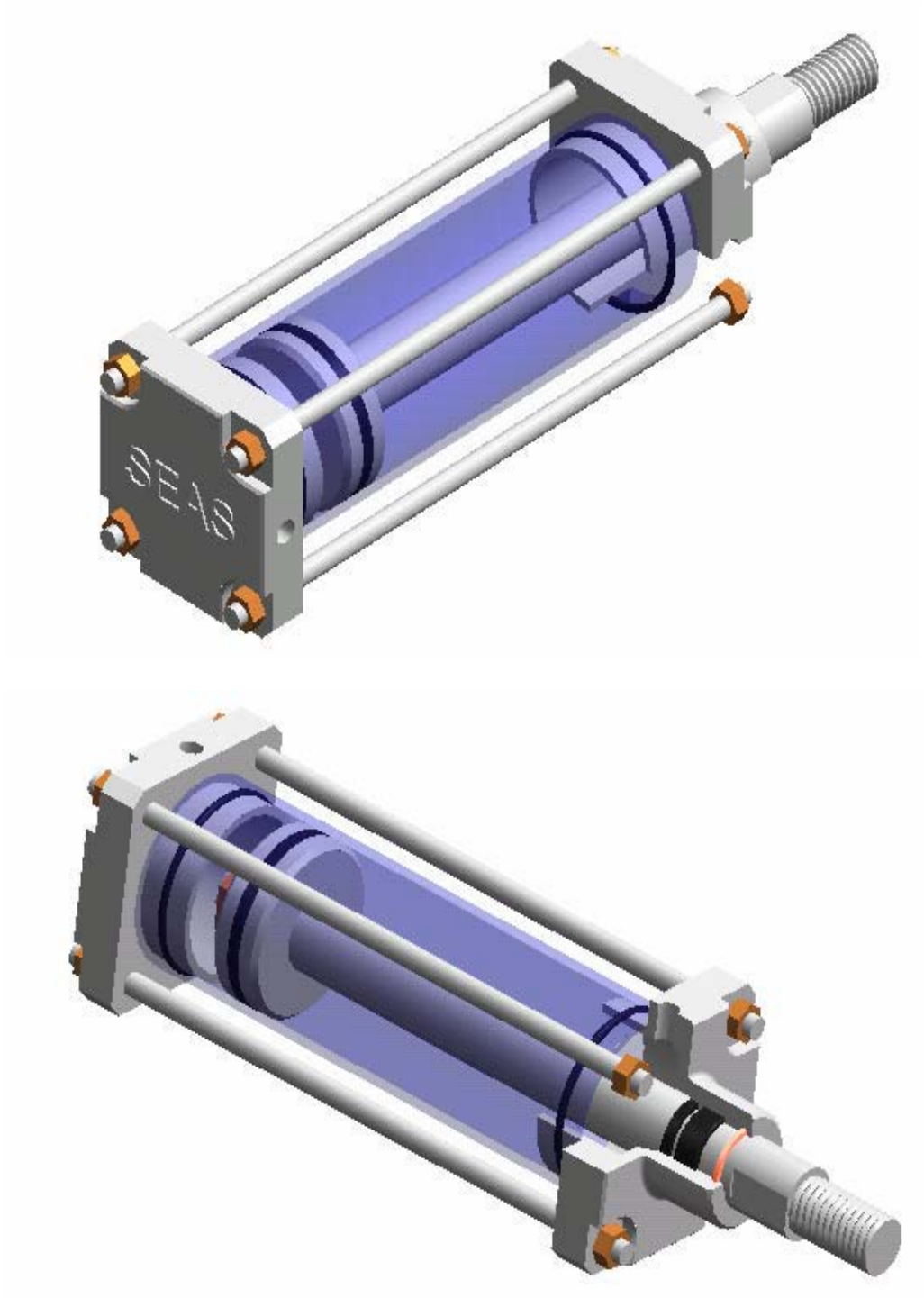


Figura 3.51. Detalle de cilindro (doble efecto II).

3.5. CÁLCULOS DE CILINDROS

Analizaremos brevemente los principales aspectos a tener en cuenta a la hora de calcular un cilindro. No obstante, lo más recomendable es acudir siempre a los datos aportados por el fabricante donde se nos mostraran tablas para los esfuerzos desarrollados, máximas longitudes de flexión y pandeo, etc.

3.5.1. FUERZA DEL ÉMBOLO

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

$$F_{teórica} = P \cdot A$$

Donde:

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

	Cilindro de simple efecto Recuperación por carga externa "Normalmente fuera"	*Cilindro de simple efecto Recuperación por resorte "Normalmente fuera"*
A A	0 mm + 0 mm	
A B+	0 mm + 100 mm	

3.5.2. LONGITUD DE CARRERA

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

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

3.5.3. VELOCIDAD DEL ÉMBOLO

La velocidad del émbolo, en cilindros neumáticos depende de la fuerza antagonista, de la presión del aire, de la longitud de la tubería, de la sección entre los elementos de mando y trabajo y del caudal que circula por el elemento de mando. Además, influye en la velocidad la amortiguación de final de carrera. Cuando el émbolo abandona la zona de amortiguación, el aire entra por una válvula antirretorno y de estrangulación y produce un aumento de la velocidad.

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

La velocidad del émbolo puede regularse con válvulas especiales. Las válvulas de estrangulación, las antirretorno y de estrangulación, y las de escape rápido, proporcionan velocidades mayores o menores, dependiendo de su regulación.

3.5.4. CONSUMO DE AIRE

Para disponer de aire y conocer el gasto de energía, es importante conocer el consumo de la instalación, cálculo que comenzará por los actuadores (potencia). Para una presión de trabajo, un diámetro y una carrera de émbolo determinados, el consumo de aire se calcula como sigue:

La formula de cálculo por embolada, resulta:

$$Q = 2\,(S \cdot n \cdot q)$$

Con ayuda de tablas, se puede establecer los datos del consumo de aire de una manera más sencilla y rápida. Los valores están expresados por cm de carrera para los diámetros más corrientes de cilindros y para presiones de 100 a 1500 kPa. (1-15 bar).

Donde:

		Cilindro de simple efecto *Recuperación por carga externa* *"Normalmente fuera"*	*Cilindro de simple efecto* *Recuperación por resorte* *"Normalmente fuera"*
A	A	0 mm + 0 mm	

Consumo de aire en litros por cm. de carrera del cilindro

Ø Cilindro	5	7	9	11	13	15
	Cilindro de simple efecto Recuperación por carga externa "Normalmente fuera"			*Cilindro de simple efecto Recuperación por resorte "Normalmente fuera"*		
A A	0 mm + 0 mm					
A B+	0 mm + 100 mm					
A + B	200 mm + 0 mm					
A + B+	200 mm + 100 mm					

F t	Fuerza teórica del vástago en Kgf.		
P	Presión relativa en Kg. / cm 2		
A	Superficie del émbolo en cm 2		
Q	Caudal nominal (Nl / min)	**S**	Carrera en cm.
n	Carreras por minuto	**q**	Consumo por carrera

3.5.5. FIJACIONES

El tipo de fijación es importante ya que el cilindro puede ir equipado de los accesorios de montaje necesarios. De lo contrario, como dichos accesorios se construyen según el sistema de piezas estandarizadas, también más tarde puede efectuarse la transformación de un tipo de fijación a otro.

Este sistema de montaje facilita el almacenamiento en empresas que utilizan a menudo el aire comprimido, puesto que basta combinar el cilindro básico con las correspondientes piezas de fijación. La principal ventaja que ofrecen los sistemas de fijación no fijos, es que un mismo cilindro puede colocarse en una máquina de distintas formas según el tipo de fijación.

Algunos ejemplos de fijaciones clásicas corresponden a...

Fijación por pies.

Simple o doble (1 ó 2 culatas).

Fijación por brida.

Generalmente delantera.

Fijación oscilante.

Aplicaciones con movimiento. A medio cilindro.

Fijación por caballete.

Aplicaciones con movimiento. Fijación posterior.

♦ RESUMEN

- El trabajo realizado por un actuador neumático puede ser lineal o rotativo. Algunos de ellos no encajan puramente con el movimiento descrito o bien ejecutan ambos, pasando al grupo de los actuadores especiales o combinados.

- Los actuadores lineales, independientemente de su forma constructiva, pueden ser de simple o de doble efecto. Presentan símbolos normalizados con independencia de sus dimensiones y mecánica (tan sólo en algunas ocasiones se representan simbólicamente las mismas).

- Los cilindros de simple efecto pueden realizar trabajo solamente en una de sus carreras. La recuperación será ejecutada por resorte (el cual es diseñado tan solo para la recuperación) o bien por carga externa (habitualmente la propia gravedad en casos de elevación) o bien otros órganos móviles de máquina.

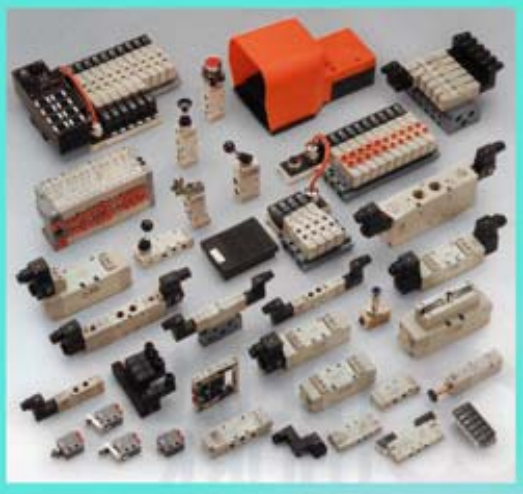
- Los cilindros de doble efecto pueden realizar trabajo en cualquiera de sus carreras. Se debe tener en cuenta que las unidades clásicas presentan desfases de fuerza y velocidad debido a sus diferentes secciones.

- Existen actuadores para el cumplimiento de funciones especiales, como son los cilindros con amortiguación en finales de carrera, de doble vástago, tándem, etc. La gama es extremadamente amplia y por tanto aquí tan solo se ha tratado una mínima parte de los mismos.

- Los actuadores de giro se clasifican en actuadores de giro limitado y motores neumáticos. Son menos empleados en aplicaciones neumáticas pero no por ello menos importantes
-
-
-
-
-
-
- .

NEUMATICA

VALVULAS
ELECTROVALVULAS
BOBINAS
REGULADORAS
LIMITADORAS
CONECTORES
PLACAS BASE



CILINDROS
MOTORES
PINZAS
MANIPULADORES

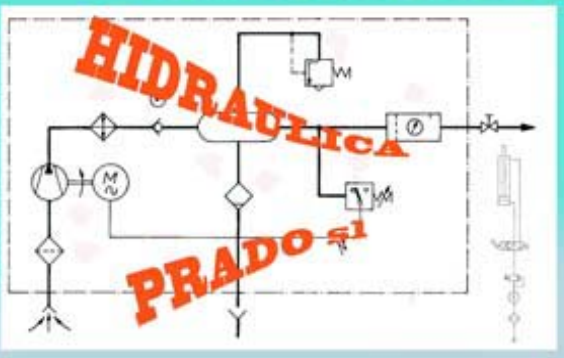
FILTROS
LUBRICADORES
REGULADORES

RACORES
TUBOS
MANGUERAS
REPARTIDORES
ENCHUFES RAPIDOS

HIDRAULICA PRADO SL

ALMACEN

OLEOHIRAULICA
NEUMATICA
AUTOMATISMOS



HIDRAULICA PRADO SL
C/Carabela nº 31 29006
Málaga.Tel/Fax952337447

MANGUERAS,JUNTAS
TUBOS ,FILTROS
VALVULAS,ACESORIOS
MOTORES,BOMBAS
CILINDROS,RACORES

DISTRIBUIDOR OFICIAL

VINCKE

SCHWING

METAL WORK PNEUMATIC

w

ww.hidraulicaprado.com