

comparados con los coladores, los filtros remueven pequeñas partículas y algunas veces incluyen elementos con procesos químicos.

Una restricción que debe mencionarse en cuanto a los coladores es que no deben crear una pérdida apreciable de presión o sea la caída de presión debe conservarse al mínimo.

Filtros

Un filtro está formado esencialmente por un medio filtrante, un sistema de alimentación y descarga además de un equipo adecuado para impulsar la mezcla heterogénea a través del medio filtrante.

Clasificación de los filtros hidráulicos

De acuerdo a la teoría de filtración basada en la fuerza de empuje necesaria para hacer fluir la suspensión a través de una resistencia puede hacerse la siguiente clasificación:

- **Filtros por gravedad:** En este tipo de filtros la fuerza de empuje es la que proporciona la fuerza de gravedad y la columna hidrostática sobre el medio filtrante.
- **Filtros a presión:** En este caso la fuerza de empuje es proporcional por una bomba que alimenta la suspensión a un recipiente ó conducto cerrado cuya única salida es a través del medio filtrante.

- **Filtros a vacío:** Es como el de gravedad puesto que también se utiliza la presión atmosférica para forzar la suspensión a través del medio filtrante, pero aumenta la diferencia de presión produciendo un vacío en el interior del aparato.
- **Filtros centrífugos:** Son aparatos en que se utilizan la fuerza centrífuga para la separación de sólidos y líquidos, son esencialmente un perfeccionamiento de los filtros por gravedad, solo que en lugar de que la fuerza impulsora este limitada a la gravedad, esta fuerza se aumenta enormemente por medio de la fuerza centrífuga.

Las especificaciones de filtros para servoválvulas, incluyen poros y capacidad de carga de suciedad, dependen del diseño de la válvula y del sistema. La razón por la cual la contaminación es generada arriba del filtro, determina en gran parte la capacidad de la carga de suciedad requerida por el filtro. Un sistema que tiene unos cuantos componentes arriba del filtro requiere pequeños filtros.

Vida de operación

Un filtro fino medianamente pequeño, puede ser usado si la vida total destinada del sistema filtro-válvula actúa con frecuencia y el sistema es parado y arrancado frecuentemente sin servicio, un filtro grande es requerido porque el sistema es probable que genere más contaminantes. Donde la vida del servicio del filtro es relativamente corta, la sedimentación ó lodo en la válvula pueden ya no ser un problema mayor porque está es el resultado de acumulación gradual de pequeñas partículas y por consiguiente llega a ser una función de tiempo. Esto quiere decir que al cambiar de filtro se limpian algunas impurezas de la bomba, pero no todas.

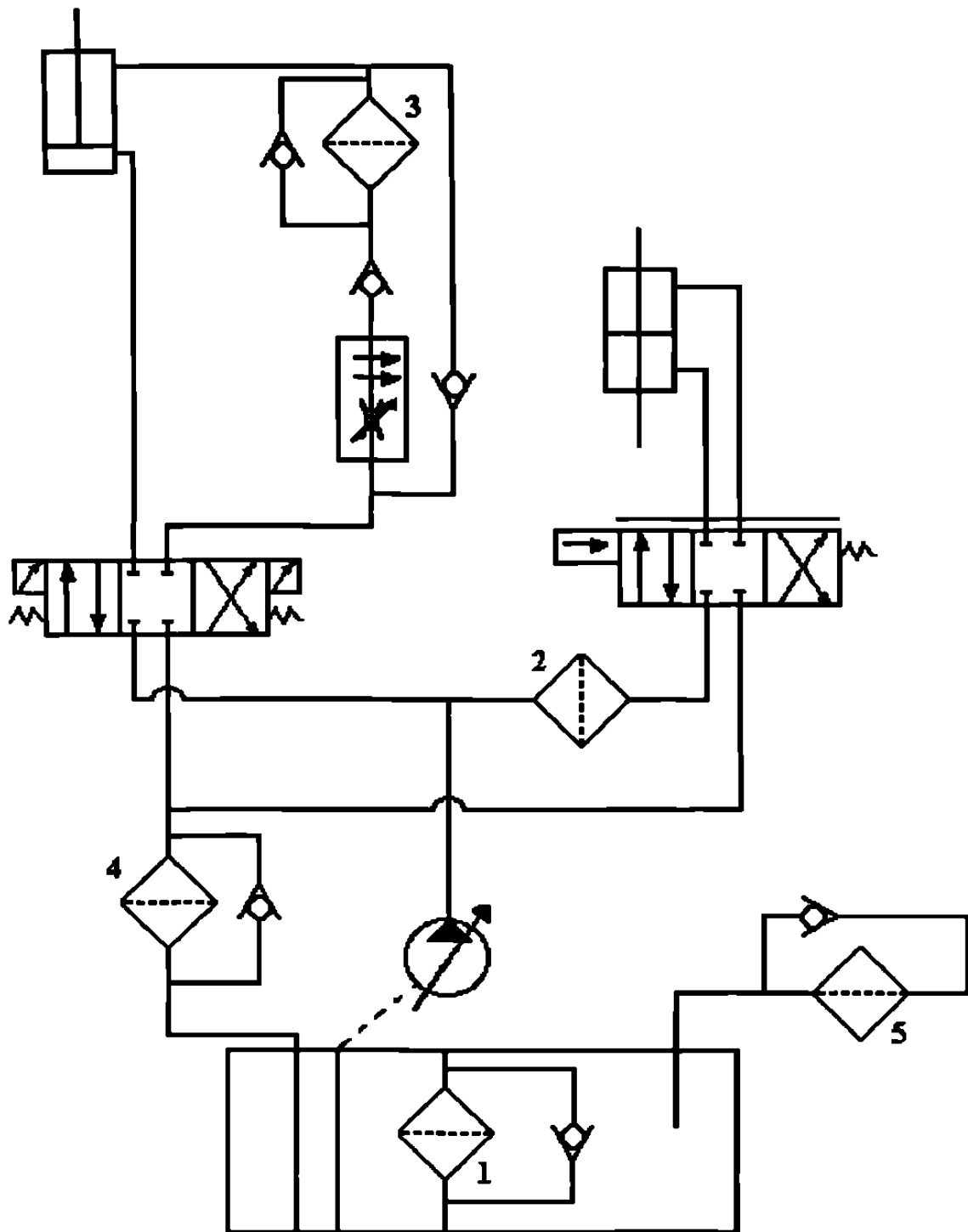
Factores de selección

Los factores que son considerados en la selección del filtro se incluyen a continuación:

- Nivel de filtración.
- Capacidad de flujo.
- Rangos de presión.
- Rangos de presión diferencial.
- Punto de instalación y configuración en el circuito.
- Características del fluido.
- Removimiento de contaminantes.
- Servicialidad.
- Aparatos opcionales.
- Medio ambiente (temperatura y vibración).

El circuito de la siguiente figura nos muestra las posibles localizaciones de los filtros, cada filtro tiene que ser seleccionado e instalado para las siguientes razones:

- 1.- Un colador de succión de malla No. 100 razón de filtrado para 75 galones por minuto a 4 pies por segundo.
- 2.- Filtro en la línea de presión de 5 micrones filtro de profundidad para protección de la servo-válvula.
- 3.- Un filtro en la línea de presión de 10 micrones para protección del orificio de la válvula de alimentación.
- 4.- Un filtro en la línea de retorno de 25 micrones para filtrado completo del sistema y proceso general del fluido.
- 5.- Un filtro para respiración de aire de 25 micrones para eliminar la introducción de masas de contaminantes de la atmósfera.



La selección de un filtro se rige principalmente por la capacidad del flujo del sistema. La cantidad de flujo que un filtro limpio puede manejar, se determina por la viscosidad del fluido y la caída de presión admisible, también cuando los elementos del filtro se llenan de contaminantes, la caída de presión aumenta y baja el porcentaje del fluido. Entonces un fluido debe ser de tamaño suficiente, para dejar pasar el flujo

requerido aún en su contaminación máxima, con una caída de presión que pueda ser tolerada por el sistema.

Grados de filtración

Idealmente un sistema de filtros removerá todas las partículas de un fluido hidráulico. Sin embargo, como las partículas decrecen en tamaño, el número de éste incrementa y el costo de remover estas también se incrementará. Puesto que es impráctico remover todas las partículas, nos limitamos a un tamaño y número establecido.

La filtración absoluta será igual a un cuarto (1/4) de la minúscula capacidad ó tolerancia entre las partes móviles de los componentes de un sistema.

Las clasificaciones ó grados de los filtros normalmente se dan en micrones. Un micrón equivale a una milésima de milímetro, ó es igual a 0.00003937 pulgadas.

Los grados de filtración son expresados en términos de filtración nominal y absoluta.

Los valores de filtración nominal indican la habilidad para remover el 98% de las partículas iguales ó más grandes que la clasificación nominal.

Los valores de filtración absoluta indican removimiento completo de partículas iguales ó más grandes que la clasificación absoluta.

En el uso práctico se emplean tanto los valores nominales como absolutos, por ejemplo; 20 micrones nominales y 40 micrones absolutos.

Los filtros son clasificados también como de flujo completo ó de tipo proporcional. En el tipo de flujo completo todo el fluido que entra al filtro pasa por los elementos del filtro. En un filtro de tipo proporcional solamente una parte del fluido pasa a través de los elementos. Aunque el tipo de flujo completo nos da una acción filtradora más positiva, éste ofrece mayor resistencia al flujo cuando el fluido se ensucia. Por esta razón, un filtro de flujo completo, generalmente incluye una válvula que lo desvía del elemento automáticamente cuando no puede manejar todo el flujo a través de la unidad.

El filtro proporcional ilustrado, está diseñado para ofrecer una acción de filtraje en ambas direcciones del flujo. Aunque solamente una parte del fluido se filtra en un momento dado, la recirculación continua del mismo, nos da como resultado un filtraje más completo del fluido.

Un sistema de comunicación lateral (BY-Pass) de un filtro puede ser conectado en un circuito hidráulico para que así solo una parte del fluido del sistema sea filtrada y regresada al depósito.

8.2 La Escala Micrométrica

Un micrómetro (ó micrón) es igual a un millonésimo de un metro aproximadamente treinta y nueve millonésimos de una pulgada. Un micrómetro es invisible a simple vista; es tan pequeño que resulta muy difícil imaginarlo. Para tener una mejor idea de lo anterior, mediremos algunos objetos cotidianos usando la escala micrométrica.

Un grano ordinario de sal de mesa mide 100 micrómetros (μm).

El diámetro promedio de un cabello humano es de 70 micrómetros (μm).

Veinticinco micrómetros son aproximadamente una milésima de pulgada.

Indicadores del grado de Suciedad

Es importante controlar la eficiencia del filtro mediante un indicador del grado de suciedad. Este grado es medido con el parámetro de disminución de presión. Al aumentar el grado de suciedad, aumenta la presión inferior al filtro. Esta presión actúa sobre un émbolo sobre el cual actúa a su vez un muelle. Al aumentar la presión el émbolo es desplazado en contra del muelle.

La lectura de los valores puede hacerse directamente comprobando la posición del émbolo, ó en otro tipo de indicadores, el émbolo puede actuar sobre contactos eléctricos conectados a señales eléctricas u ópticas.

La selección de un filtro se rige principalmente por la capacidad del flujo del sistema. La cantidad del flujo que un filtro limpio puede manejar, se determina por la viscosidad del fluido y la caída de presión admisible, la caída de presión aumenta y baja el porcentaje de flujo. Entonces un filtro debe ser del tamaño suficiente, para dejar pasar el fluido.

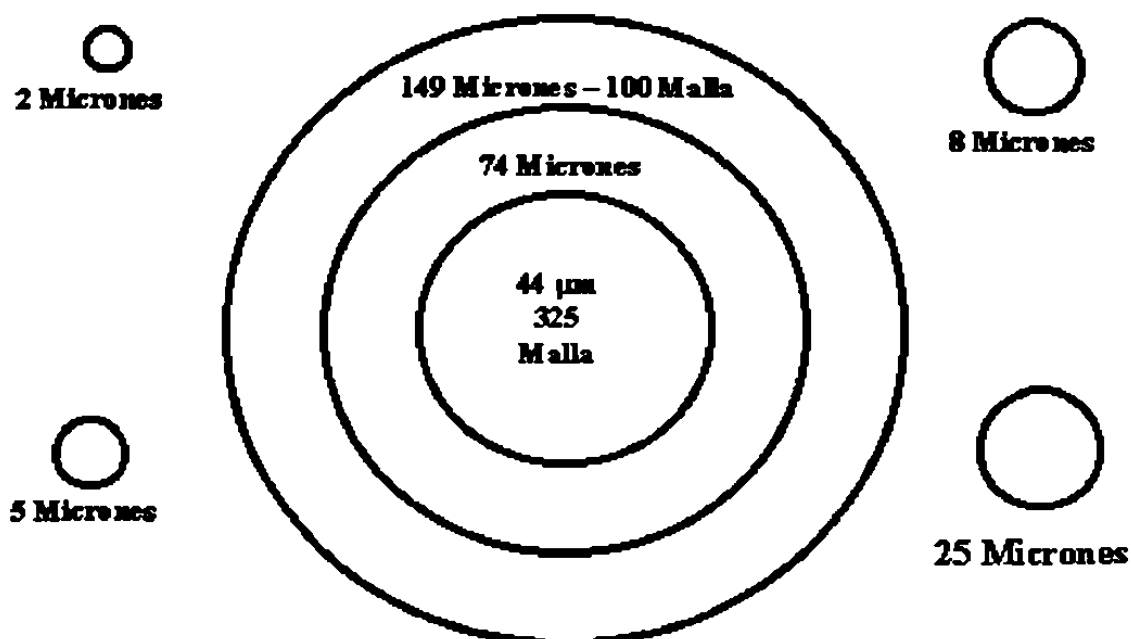


Figura 8.1 Tamaño relativo de las partículas en micrones (AMP. 500 veces)

Tamaño Relativo

Límite inferior de visibilidad	—————	40 micrones
Glóbulos de sangre blancos	—————	25 micrones
Glóbulos rojos de sangre	—————	8 micrones
Bacterias (Cocci)	—————	2 micrones

Equivalentes lineales

1 Pulgada	—————	25.4 milímetros	—————	25,400 micrones
1 Milímetro	—————	0.0394 pulgadas	—————	1,000 micrones
1 Micrón	—————	25,000 de una pulgada	—————	0.001 milímetros
1 Micrón	—————	0.0000394	—————	0.000039 pulgadas

Tamaño de la Malla

Mallas por plg. Lineal	U.S. Malla No.	Abertura en pulgadas	Abertura en Micrones
52.36	50	0.0117	297
72.45	70	0.0083	210
101.01	100	0.0059	149
142.86	140	0.0041	105
200.00	200	0.0029	74
270.26	270	0.0021	53
323.00	325	0.0017	44
		0.00039	140
		0.000019	0.5

Vida de Operación de filtros

Un filtro fino medianamente pequeño, puede ser usado si la vida total destinada del sistema filtro-válvula es relativamente pequeña. Si una válvula actúa con frecuencia y el sistema es parado y arrancado frecuentemente sin servicio, un filtro grande es requerido por que el sistema es probable que genere más contaminantes. Donde la vida del servicio del filtro es relativamente corta, la sedimentación ó lodo en la válvula puede ya no ser un problema mayor porque ésta es resultado de la acumulación gradual de pequeñas partículas y por consiguiente llega a ser una función de tiempo. Esto quiere decir que al cambiar de filtro se limpian algunas impurezas de la bomba, pero no todas.

8.3. Localización De Filtros En Los Circuitos Hidráulicos

No hay una mejor localización para un filtro que en un circuito hidráulico, cada colocación tiene sus ventajas y sus limitaciones. En muchos sistemas de grandes funciones, los filtros pueden ser requeridos en dos ó más localizaciones para proveer la protección requerida.

Línea de succión

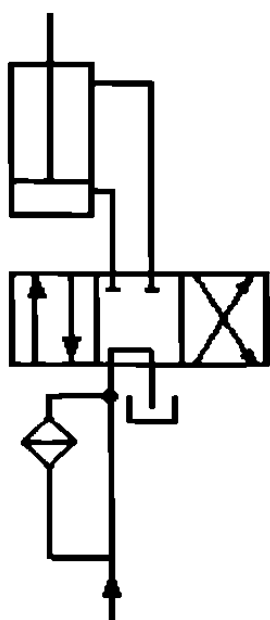
Estos filtros ó pantallas, protegen primeramente la bomba, las posibilidades impuestas bajo los límites en fineza ó filtración. El filtro puede ser localizado en el depósito ó entre el depósito y la bomba, la localización dentro del depósito no requiere espacio adicional y permite con frecuencia una esmerada instalación sin embargo la localización externa usualmente permite más servicio convenientemente.

Línea de presión

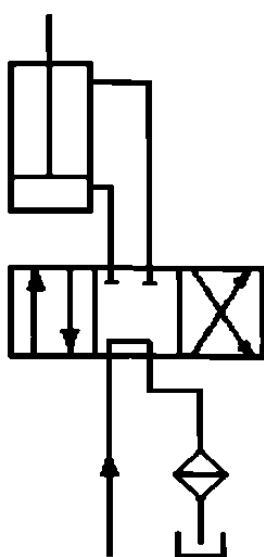
Cualquiera de los diseños posibles flujo completo y comunicación lateral sujetan la envoltura del filtro a un sistema de presión máxima.

En el arreglo del flujo una presión actúa por la válvula de comunicación lateral conectada en paralelo con el flujo completo, provee una trayectoria de fluido alternado cuando la caída de presión a través del filtro se excede en un valor de contaminación armada.

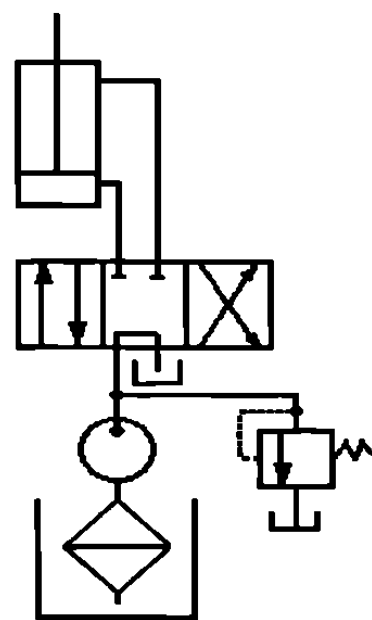
El arreglo de comunicación lateral (By-pass) no requiere una válvula de comunicación lateral separada. Aquí el flujo pasa a través de las dos ramas, divide la caída de presión inversamente en cada una, entonces como incrementa la contaminación, baja el flujo total que pasa a través del filtro.



Filtro de By-pass para
presión del flujo



Circuito con filtro con línea
de comunicación lateral



Circuito con filtro en la
succión

Línea de retorno

Esta localización provee filtración del flujo completo, sin sujetar el filtro a gran presión, sin embargo, la presión atrasada en el acumulador es incrementada por la caída de presión a través del filtro y el flujo agitado es muy problemático.

Circuito externo

Este diseño requiere una bomba separada y una fuente de potencia, con un correspondiente incremento en costo. Sin embargo la filtración continua puede ser obtenida cuando el sistema principal es inoperante. El filtro en el circuito externo puede ser provisto de mantenimiento sin interrumpir el circuito de operación principal.

Filtros millipore

La tecnología Millipore está basada en el traslado seleccionado de micro sólidos desde los fluidos.

Esto abarca no solamente filtros y sistemas de filtros, si no también técnicas para analizar sólidos removidos y métodos para limpieza y esterilización de los fluidos. La precisión de la filtración Millipore y la aplicación de las técnicas Millipore han sido dirigidas para resultados nunca antes posibles ó prácticos en muchas áreas de la ciencia y la industria.

Como ejemplos, antes del Millipore:

- Se tenía que hacer cuatro veces la prueba de la calidad bacterial del agua potable.
- No era absolutamente digno de confianza el camino para esterilizar antibióticos sin dañar estos por calor.
- Los contaminantes (mugre y agua) potencialmente peligrosos en aviación, los cuales se encuentran en el combustible no se detectaban con satisfactoria precisión.

Los filtros Millipore son membranas porosas de celulosa ó plástico delgadas, con millones de poros por centímetro cuadrado en la superficie del filtro.

Los poros son exactamente uniformes en tamaño y ocupan aproximadamente el 80% del volumen del filtro. Esta alta porosidad permite que el porcentaje de flujo aumente 40 veces en comparación con los filtros convencionales con casi la misma capacidad de retención de partículas.

Cuando los fluidos que pasan a través de los filtros Millipore contiene partículas, bacterias ó células grandes, estas son retenidas en la superficie del filtro y situadas en un plano donde puedan ser fácilmente examinadas y contadas con un microscopio. El fluido en fuente es limpiado ó esterilizado con un 100% de intercepción en el tamaño específico del poro.

Los filtros Millipore son hechos de una extensa variedad de sistemas polimerizados para proveer un rango completo de solubilidad, resistencia a la temperatura y características de esfuerzo.

Los filtros Millipore son membranas de poros compuestas de celulosa inerte pura y biológica. Son hechos en veinte distintos tamaños desde 8 micrones hasta 10 milimicrones.

La superficie de retención del tipo 0.45 HA retiene casi todos los microorganismos conocidos como non-virales.

El tamaño uniforme del poro en un filtro tipo HA es más ó menos 0.02 micrones.

Los Filtros Millipore (FM) blancos están disponibles para los 20 tipos de tamaño de los poros. Los FM tipos AA y HA son también formulados en negro no fluorescente para examinarlos de contaminantes bajo iluminación UV y para proveer un contraste óptico distinto con el sílice, polen, fibras vegetales y otros materiales cuyo color e índice refractivo ó de refracción es aproximadamente igual al de FM blanco.

CAPÍTULO 9

BOMBAS HIDRÁULICAS

9.1. Introducción

La bomba de un sistema hidráulico, también llamada bomba hidráulica, se encarga de transformar la energía mecánica proveniente del equipo de accionamiento en energía hidráulica (energía de presión).

La bomba succiona aceite y alimenta el sistema de tuberías. En el sistema hidráulico se crea una presión a raíz de las resistencias que se oponen al aceite que fluye. La presión corresponde a la resistencia total, la que por su parte se compone de resistencias externas e internas y del caudal volumétrico.

- Resistencias externas: Son las que se producen por efecto de cargas útiles, fricción mecánica, cargas estáticas y fuerzas de aceleración.
- Resistencias internas: Son producto de la fricción total en los conductos y elementos del sistema, de la fricción propia del aceite y de las reducciones del flujo (zonas de estrangulamiento).

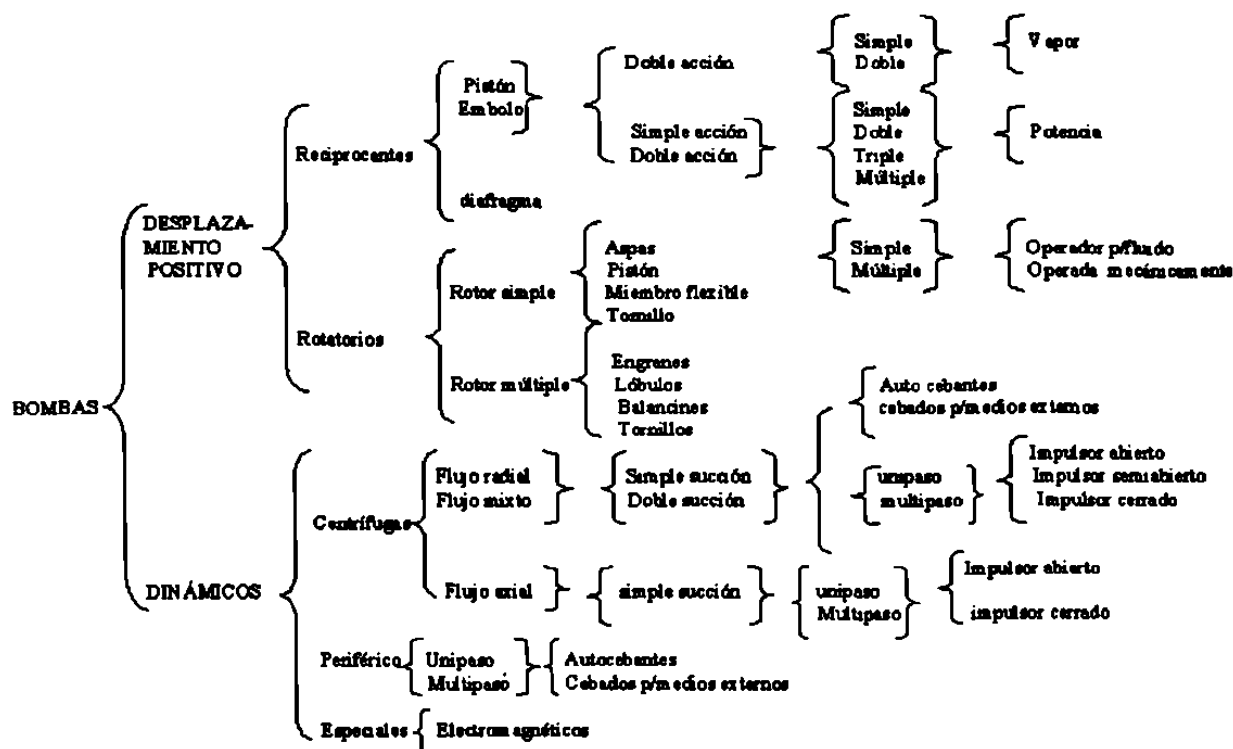
Ello significa que la presión del fluido en un sistema hidráulico no está dada por la potencia de la bomba, sino que va creciendo en función de las resistencias y, en casos extremos, aumenta hasta que se produce la destrucción de un elemento del sistema. Es

evidente que esta circunstancia se procura evitar en la realidad práctica incorporando una válvula de seguridad limitadora de la presión inmediatamente detrás de la bomba ó integrándola en la bomba misma. Dicha válvula permite regular la presión de trabajo máxima en función de la potencia de la bomba.

9.2. Clasificación de las bombas

Las bombas se clasifican según dos consideraciones generales diferentes:

1. La que toma en consideración las características de movimiento de líquidos.
2. La que se basa en el tipo de aplicación específica para los cuales se ha diseñado la bomba



9.3. Principios de funcionamiento

La bomba es probablemente, el componente más importante y menos entendido de un sistema hidráulico. Su función es convertir la energía mecánica en energía hidráulica al empujar el fluido hidráulico dentro del sistema. Las bombas se hacen de muchos tipos y tamaños, mecánicas y manuales, con muchos y diferentes mecanismos de bombeo y para muchos diversos propósitos. Sin embargo, todas las bombas caen en una de las dos categorías, hidromecánicas ó hidrostáticas.

9.3.1. Bombas Hidrodinámicas

Las bombas hidrodinámicas ó de desplazamiento no positivo, tales como las de diseño de turbina ó centrífugas, se usan principalmente para transferir fluidos en donde la única resistencia encontrada es la creada por el peso y la fricción del mismo fluido.

La mayoría de las bombas de desplazamiento no positivo (figura. 9.1) operan por medio de fuerza centrífuga en donde los fluidos entran al centro de la caja de la bomba y son expulsados por el rápido empuje de un impulsor. No hay sello positivo entre los orificios de entrada y de salida y la capacidad de presión es a causa del impulso de velocidad.

Mientras ellas dan un flujo suave y continuo, su salida es reducida al aumentar la resistencia. En efecto, es posible obstaculizar completamente la salida al estar funcionando la bomba. Por está razón y otras las bombas de desplazamiento no positivo son rara vez usadas en sistemas hidráulicos actuales.

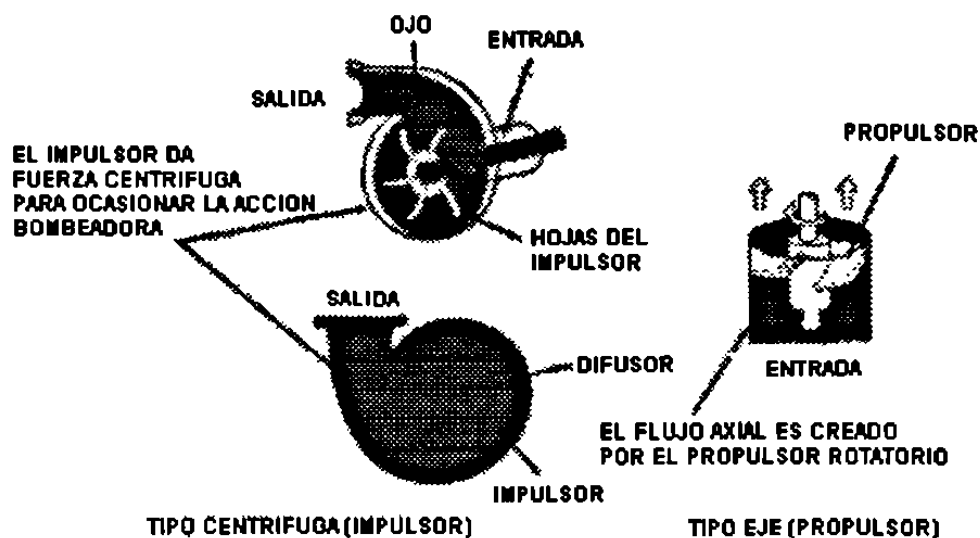


Figura 9.1 Bombas de desplazamiento no positivo

9.3.2. Bombas Hidrostáticas

Las bombas hidrostáticas ó de desplazamiento positivo dan una cantidad específica de fluido por cada carrera, revolución ó ciclo. Su salida exceptuando las pérdidas por fuga es independiente a la presión de salida haciéndolas ideales para usarlas para transmitir potencia.

Principio de desplazamiento positivo

El funcionamiento de desplazamiento positivo sucede en el interior de un cilindro ó algo semejante, donde el émbolo se desplaza con movimiento uniforme a velocidad V , hay un fluido a la presión P . Supondremos que tanto el cilindro como el émbolo son rígidos ó indeformables y que el fluido es incompresible.

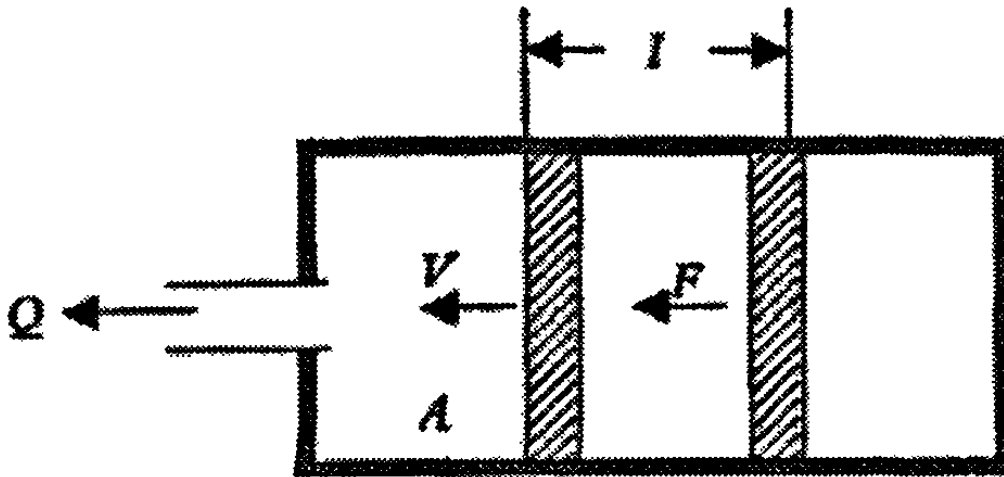


Figura 9.2 Cilindro de una bomba de desplazamiento positivo

El movimiento del émbolo se debe a la fuerza aplicada F . El émbolo al moverse desplaza al fluido a través del orificio. Si el émbolo recorre un espacio L hacia la izq., el volumen que ocupa el líquido se reducirá como un valor igual a AL (donde A es el área transversal del émbolo). Como el fluido es incompresible, el volumen del fluido que sale por el orificio también será AL . El tiempo t empleado en recorrer la distancia L es:

$$t = \frac{L}{V}$$

El gasto Q , ó volumen desplazado en la unidad de tiempo será:

$$Q = \frac{AL}{t} = AV$$

Si no hay fricción, la potencia comunicada al fluido será:

$$P = FV$$

Pero

$$F = pA$$

$$P = FV = pAV = Qp$$

Para ello existen dos razones:

- a) En las turbomáquinas al variar la presión varía el caudal. Al estar trabajando se produce una resistencia, por lo cual se reducirá la velocidad de la misma. En una aplicación de este tipo se usan bombas de desplazamiento positivo.
 - b) Una bomba rotodinámica tiene una presión máxima. Si aumenta la resistencia también aumenta la presión suministrada por la bomba, pero esta, no puede hacer que la resistencia que exceda la presión máxima de la bomba en cuestión. En una bomba de desplazamiento positivo no pasaría esto.
5. Las bombas de desplazamiento positivo, y en especial las de émbolo prácticamente no tienen límites de presiones. Actualmente se construyen para presiones de más de 15,000 lb/plg². Para aumentar la presión basta construir una bomba más robusta y dotarla de un motor más potente.
 6. Diferencias en gastos suministrados. Las bombas de émbolo solo son adecuadas para gastos limitados. Para aumentar el gasto en ellas habría que aumentar el tamaño de la bomba; ya que, como veremos, en estas máquinas el flujo es pulsatorio, los fenómenos de inercia impiden aumentar el gasto mediante el aumento de velocidad. En cambio, las bombas axiales y centrífugas se adaptan fácilmente a grandes caudales.

9.4. Bombas de engranes

Las bombas de engranes (figura. 9.3) son del tipo de dos ejes y cubren una amplia variedad de construcciones. Se utilizan prácticamente para todas las capacidades y presiones. En varios tipos, los engranes impulsores son autoaccionados y no requieren engranes pilotos. La forma más simple utiliza engranes rectos. El gran número de dientes en contacto con la carcasa minimiza las fugas en la periferia. La utilidad del tipo de engranes rectos es limitada por el atrapamiento del líquido, que ocurre en el lado de la

descarga, en el punto en que endientan los engranes, dando como resultado una operación ruidosa y baja eficiencia mecánica, en particular con altas velocidades de rotación. Pueden proporcionarte bolsas de descarga en las placas laterales para reducir los efectos de retención. En otras bombas de este tipo, los impulsores son de construcción helicoidal sencilla ó doble, con ángulos de 15 a 30° (0.26 a 0.52 rad) ó más. Con engranes del tipo helicoidal sencillo con presiones altas, resulta un empuje axial considerable de los engranes impulsores en las placas laterales de la bomba. La construcción con engranes helicoidales ó de dientes angulares elimina en gran parte los efectos de retención, pero introduce pérdidas por fuga, entre los dientes en el punto de contacto, a menos que los dientes sean cortados sin claro en la raíz.

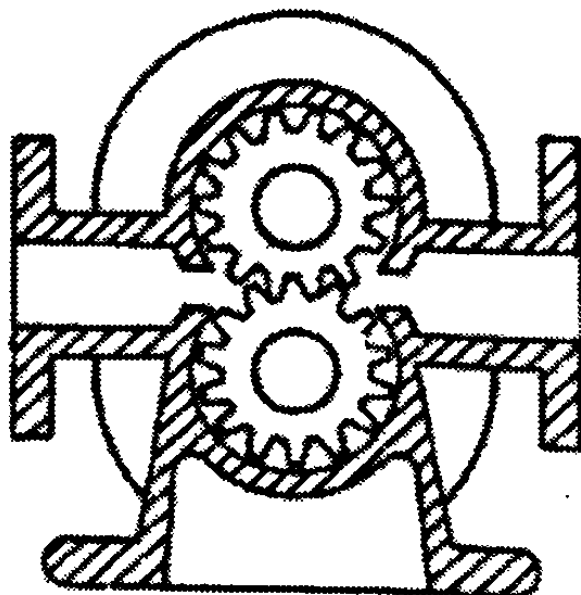


Figura 9.3 Bomba de engranes

9.4.1. Bomba de engranes internos

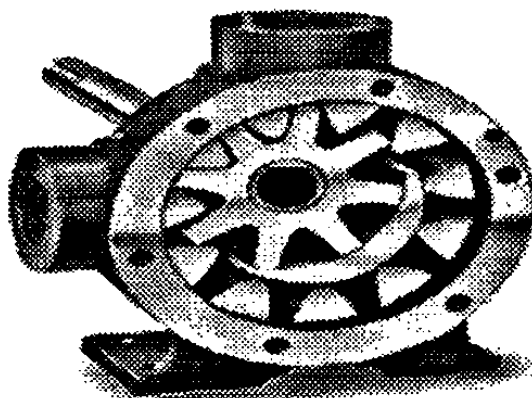


Figura 9.4 Bomba de engranes internos

El engrane creciente interno tiene un rotor externo que es generalmente usado para transmitir el engrane interno. El engrane de vacío, que es más chico que el engrane rotor, rota en un eje estacionario y opera dentro del engrane rotor. Los engranes regresan al engranaje. Los volúmenes se reducen y el líquido es forzado para fuera del puerto de descarga. El líquido puede entrar a las cavidades de expansión a través de los dientes del rotor ó las pequeñas áreas de la cabeza, a las orillas de los dientes. El creciente es integral con la cabeza de bombeo y previene que el líquido del puerto de succión se vaya al puerto de descarga.

El engrane rotor es llevado por un asta soportada por un buje antifricción. El engrane de vacío contiene un buje rotatorio en un eje estacionario en el líquido bombeado. Dependiendo en el sellado del asta, el buje rotor puede accionarse en el líquido de bombeo. Esto es una importante consideración cuando se manejan fluidos corrosivos y pueden arruinar un buje.

La velocidad de las bombas de engranes internos es considerada relativamente lenta comparada con las centrífugas. Las velocidades van desde 1,150 RPM consideradas

normales, aunque algunos diseños pequeños operan hasta unas 3,450 RPM. Es por su habilidad de operación a bajas velocidades, que las bombas de engranes internos se usan para aplicaciones en fluidos de altas viscosidades y donde las condiciones de succión requieren mínimas presiones internas.

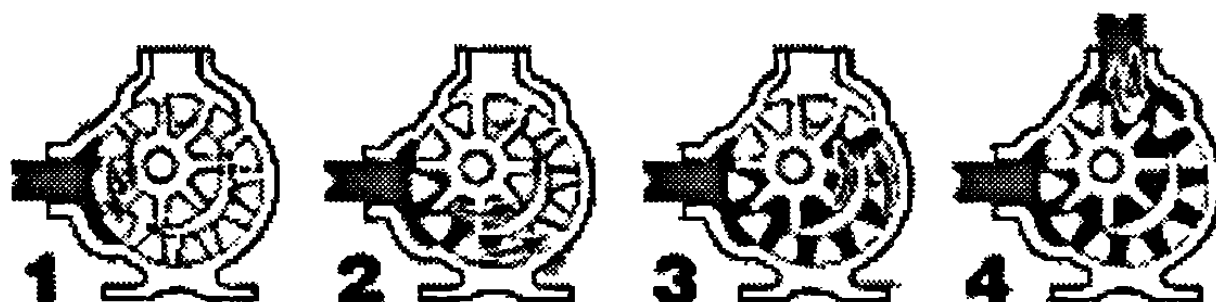
Por cada revolución de los engranes internos de bombeo, los engranes tienen suficientemente tiempo para salir del engranaje permitiendo que los espacios entre los dientes sean completamente llenados y no permitir la cavitación. Las bombas de engranes internos bombean exitosamente fluidos de viscosidades desde 1,320,000 cSt/6,000,000SSU y también líquidos de bajas viscosidades como el propano y el amoniaco.

Las bombas de engranes internos están hechas para cerradas tolerancias y se dañan cuando bobean sólidos muy largos. Estas bombas pueden manejar partículas suspendidas en aplicaciones abrasivas, pero van perdiendo eficacia. Algunas pérdidas de eficacia pueden ser restauradas ajustando la salida de despejo. La salida de despejo es la cercanía de los engranes a la cabeza de la bomba.

Las bombas de engranes internos tienen una gran rango de aplicaciones en la viscosidad por sus relativas bajas velocidades. Esto es donde las condiciones de succión tienen bajas presiones internas.

En adición de su superioridad en el manejo de fluidos de altas viscosidades, la bombas de engranes internos ofrecen un suave flujo sin pulsaciones. Las bombas de engranes internos pueden trabajar en seco. Y por que solo tienen en si dos partes en movimiento, son relativamente, simples de operar, y fáciles de mantener. Pueden operan en cualquier dirección y esto ayuda a una máxima utilidad con una variedad de aplicaciones y requerimientos.

Como trabajan las bombas de engranes internos



- 1.- El líquido entra en el puerto de succión entre el rotor (engrane exterior) y el engrane interior.
- 2.- El líquido viaja a través de la bomba por los dientes de los engranes. El anillo creciente divide el líquido y actúa como sellador entre la succión y la descarga.
- 3.- La cabeza de bombeo está casi llena, esto hace que se fuerce el líquido hacia fuera por el puerto de descarga. Los engranes internos y el rotor cierran las bolsas para el líquido asegurando un control de volumen.
- 4.- El engranaje se completa para formar un sellado equidistante entre los puertos de carga y de descarga. Este sellado fuerza al líquido fuera del puerto de descarga

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Tiene solamente dos parte movibles. • Solo una caja como cuerpo de la bomba. • Succión positiva, sin pulsaciones de descarga • Ideal para líquidos de altas viscosidades. • Descarga constante a pesar de las condiciones de presión • Operación buena en cualquier dirección • Bajo NPSH requerido • Fácil de mantener • Diseño flexible que ofrece una optimización de costos 	<ul style="list-style-type: none"> • Usualmente requiere de velocidades moderadas • limitaciones de presiones • Un buje corre en el producto • Bombeado • Resaca en el buje

Aplicaciones:

- Barcazas, tanques, llenado y vaciado de terminales
- Filtrado
- Circulación
- Transferencia
- Lubricación
- Booster
- Industria general
- Aplicaciones marítimas
- Petroquímicas
- Servicio ligero, medio, ó pesado

Materiales de construcción / y opciones de configuración

- Externos (cabeza, cubierta, soporte) – hierro moldeado, dúctil, acero, acero inoxidable, aleación 20, y altas aleaciones.
- Internos (rotor) – Hierro moldeado, dúctil, acero, acero inoxidable, aleación 20, y altas aleaciones.
- Sellos – sello labial, sellos de componentes mecánicos, sello industrial - standard de cartucho mecánico, sello de barrera de gas, bombas magnéticas.

9.4.2. Bomba de engranes externos

Las bombas de engranes externos tienen una acción similar al de las bombas de engranes internos en la que entre los engranes entra y sale presión para producir flujo. Como sea la bomba de engranes externos usa dos engranes idénticos que rotan el uno contra el otro. Cada engrane es soportado por un eje con un buje en cada lado del engrane. Como los engranes están soportados en los dos lados, las bombas de engranes

externos se usan para aplicaciones con altas presiones como en la hidráulica. Usualmente una bomba de engranes externos chica puede operar en 1,750 ó 3,450 RPM y alguna versión más larga hasta 640 RPM.

El diseño de las bombas de engranes externos permite que tengan tolerancias más cercanas que las de engranes internos. Como hay margen en los dos lados de los engranes no hay que hacer un ajuste de margen. Cuando un engrane externo falla debe ser reemplazado ó reconstruido.

Las bombas de engranes externos manejan líquidos viscosos y de tipo como agua. Pero la velocidad debe ser ajustada propiamente para líquidos gruesos. Los dientes de los engranes salen del engranaje en corto tiempo, y los líquidos viscosos necesitan tiempo para llenar los espacios entre los dientes. Como resultado, la velocidad de bombeo debe ser lenta considerablemente cuando se bombean líquidos viscosos.

El bombeo no se desarrolla muy bien bajo condiciones de succión críticas. Los líquidos volátiles tienden a evaporarse mientras el espacio del diente del engrane se expande rápidamente, Cuando la viscosidad del fluido bombeado crece, el torque también y la fuerza del eje de bombeo puede no ser la adecuada. Los proveedores dan la información del límite de torque cuando es un factor.

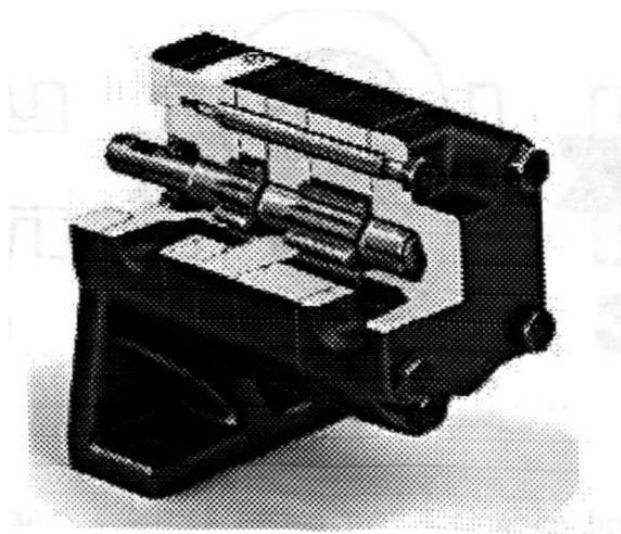


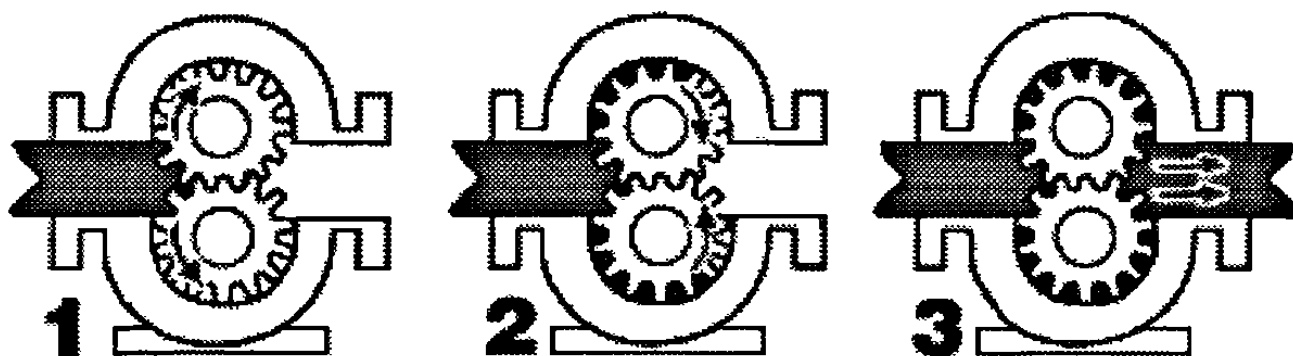
Figura 9.5 Bomba de engranes externos

Las bombas de engranes externos son un principio popular de bombeo y son halladas en bombas de lubricación en máquinas de herramientas. En las unidades de transmisión de potencia, y en el bombeo de petróleo y gasolina.

Las bombas de engranes externos pueden venir en configuración simple ó doble con espuelas, y engranes espinosos. Estos son usualmente ofrecidos para flujos más suaves que los de espuelas, aunque todas las de engranes son relativamente suaves, Las bombas de engranes externos usan engranes hélicos, ó puntiagudos. Los engranes externos pequeños usualmente operan a 1750 ó 3450 RPM y en modelos más largos operan a velocidades de 640 RPM. Las bombas de engranes externos manejan líquidos viscosos y de tipo agua. Pero su velocidad debe ser adecuadamente puesta para líquidos gruesos. Reducir la velocidad en líquidos viscosos puede resultar muy eficiente.

El diseño de las bombas de engranes externos permiten tener tolerancias más cercanas. Los márgenes más cercanos proveen un mejor control del flujo. Por esto las bombas de engranes externos son populares para las aplicaciones de transferencia que implican polímeros, gasolina, y líquidos caros.

Como funcionan las bombas de engranes externos



Las bombas de engranes externos tienen una acción de bombeo similar al de engranes internos en donde los dos engranes entran y salen del engranaje para producir

flujo. Como sea las bombas de engranes externos usan dos engranes idénticos para rotar uno contra el otro. Un engrane es impulsado por un motor y este le transmite la fuerza al otro engrane. Cada engrane es soportado por un eje y sus bujes de cada lado del engrane.

1. Mientras los engranes salen del engranaje, crean un volumen expandido en el interior de la bomba. El líquido fluye dentro de la cavidad y es atrapado en los dientes del engrane mientras este da vueltas.
2. El líquido viaja en los bolsos entre los dientes alrededor de los engranes en el cuerpo de la bomba y no pasa entre los 2 engranes.
3. Finalmente el engranaje por bajas presiones hace que el fluido se vaya por el puerto de salida.

Como los engranes son soportados de los dos lados, las bombas de engranes externos son silenciosas y son usadas usualmente en aplicaciones con altas presiones como en hidráulica.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Altas velocidades. • Presión media • No sobre presión en los bujes • Relativamente silenciosas • Su diseño la acomoda con muchos materiales 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 bujes en el área del líquido • No se permiten sólidos • Margen no movible

Aplicaciones

- Aplicaciones industriales y móviles
- Lubricación y combustible
- Mezclado
- Aplicaciones Hidráulicas

- Aplicaciones en medición muy precisas
- Baja transferencia de volumen
- Trabajo ligero ó pesado.

Materiales de construcción / opciones de configuración

Como la siguiente lista lo indica, las bombas rotatorias pueden ser construidas en una gran variedad de materiales. Precizando los materiales adecuados con el fluido a manejar el ciclo de vida de la bomba será mejor.

Las bombas de engranes externos pueden ser diseñadas exactamente para la necesidad de corrosión y resistencia necesitadas. También se pueden desarrollar muy bien en la aplicación de líquidos corrosivos. Como por ejemplo: ácido sulfúrico, jugo de tomate, cloruro de zinc, y muchos otros líquidos corrosivos.

Engranes externos:

- Externos (cabeza, cuerpo, anillo): Hierro, hierro dúctil, acero, acero inoxidable
- Internos (rotor): Acero, y acero inoxidable.
- Bujes: carbón, bronce, silicon.
- Sellos: Sellador de labios, selladores mecánicos, y magnéticamente sellados.

9.4.3. Bomba tipo Gerotor

Este tipo de bombas opera muy parecido a la bomba de engrane interno (figura 9.6). El rotor interno es impulsado y lleva al rotor exterior alrededor entredentándose. Las cámaras de bombeo se forman entre los lóbulos del rotor. El sello en forma de luna creciente no se usa. Más bien, las puntas del rotor interior hacen contacto con el rotor exterior para sellar las cámaras de una a la otra.

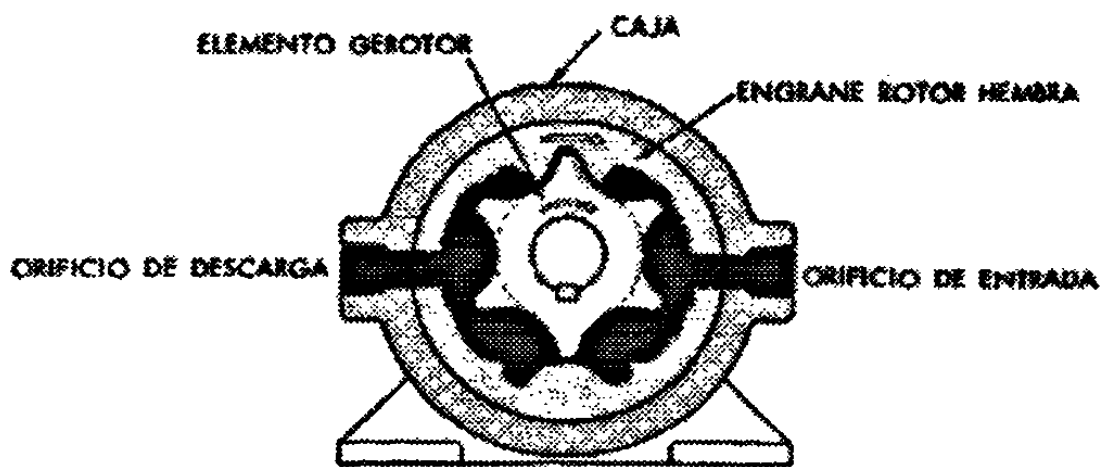


Figura 9.6 Bomba tipo Gerotor

9.4.4. Bomba de Lóbulos

Las bombas de lóbulos son similares a las de engranes externos en operación, excepto que los elementos de bombeo ó lóbulos no hacen contacto. El contacto del lóbulo es prevenido por un engrane exterior a tiempo. El eje de bombeo soporta bujes que están localizados en el estuche del engrane exterior. Desde que el cojinete esta fuera del líquido bombeado, la presión es limitada por la localización del cojinete y la deflexión del eje. No hay contacto entre metales y el gasto abrasivo es mínimo. El uso de múltiples sellos mecánicos hace la construcción muy importante.

Las bombas de lóbulos son frecuentemente usadas en aplicaciones como en la comida, por su fácil manejo de sólidos sin daños en el bombeo. El tamaño del bombeo es particularmente mayor en las bombas de lóbulos que en cualquier otro tipo de bomba positiva. Como los lóbulos no tienen contacto, y el margen no es cerrado como en otras bombas de desplazamiento positivo, este diseño maneja baja viscosidades con una gran eficacia. Las características de carga no son tan buenas como en otros diseños, y su habilidad de succión es baja. Altas viscosidades requieren considerables reducciones en la velocidad para mejorar el funcionamiento. Reducciones del 25% en la velocidad son comunes para fluidos altamente viscosos.

Las bombas de lóbulos son limpiadas con la circulación de fluido a través de ellas. La limpieza es importante cuando el producto no puede permanecer en la bomba por cuestiones sanitaria ó cuando productos de diferentes colores ó propiedades son horneadas.

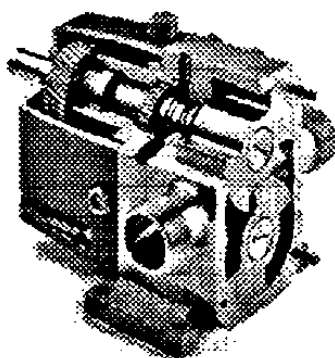


Figura 9.7 Bomba de lóbulo

Las bombas de lóbulos son usadas en una gran variedad de industrias, incluyendo la de papel y médula, química, alimenticia, farmacéutica, y biotecnología. Son populares en estas industrias por que ofrecen cualidades sanitarias, alta eficiencia, resistencia a la corrosión, y buenas características de limpieza y mantenimiento.

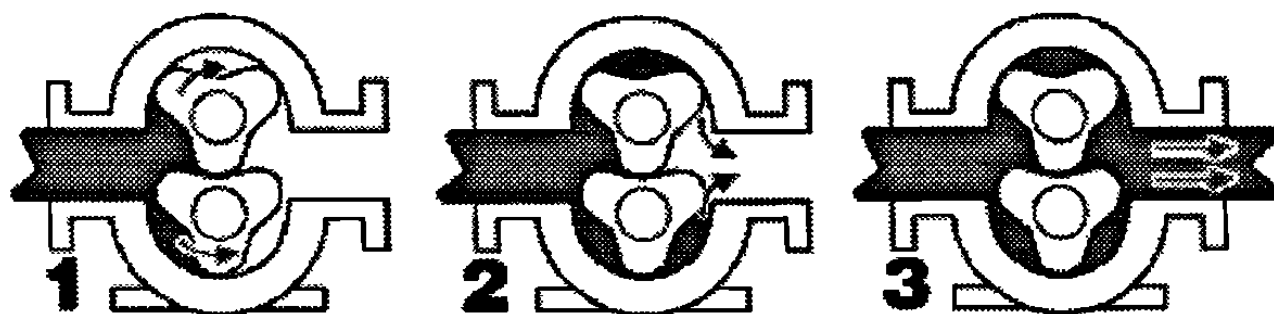
Las bombas rotatorias pueden manejar sólidos, pastas y una variedad de fluidos. Y un bombeo adecuado puede minimizar la degradación del producto. También ofrecen un flujo continuo e intermitente así como reversible y puede operar en periodos cortos en

seco. El flujo es relativamente independiente de los cambios en el proceso por presiones. Por esto la salida es constante.

Las bombas rotatorias ofrecen también un buen desempeño de limpieza. Una vez en línea pueden ser limpiadas sin que se tenga que remover. Dependiendo de la aplicación.

Como una regla general, las bombas rotatorias requieren de muy poco mantenimiento. Algunos proveedores ofrecen bombas que pueden tener servicio de mantenimiento y sellado sin que se pierda la línea de producción.

Como trabaja una bomba de lóbulos



Las bombas de lóbulos es similar a la de engranes externos en operación en donde el fluido fluye en el interior del cuerpo de la bomba. Aunque a diferencia de la de engranes externos las de lóbulos no tienen contacto. El contacto de los lóbulos es evitado por engranes externos a tiempo localizados en la caja de engranes. Y como los bujes están fuera del líquido bombeado, la presión es limitada por la localización de estos mismos y la deflexión del eje.

1. Mientras los lóbulos salen del engranaje, crean una expansión del volumen en el interior. El líquido fluye dentro de las cavidades y es atrapado por los lóbulos mientras estos dan vueltas.
2. El líquido viaja dentro de las bolsas entre los lóbulos alrededor del interior del cuerpo de la bomba, y el fluido no pasa entre los lóbulos.

3. Finalmente el engranaje de los lóbulos fuerza el líquido a través del puerto de salida bajo presión.

Las bombas de lóbulos son frecuentemente usadas en aplicaciones alimenticias por que pueden manejar sólidos sin dañar el producto. El tamaño de lo bombeado puede ser mayor en estas bombas que en otro tipo de bombas positivas. Ya que los lóbulos no hacen contacto, y el margen no es tan corto como en las otras bombas, este diseño maneja bajas viscosidades. Las características de carga no son tan buenas como en otros diseños, y la habilidad de succión es baja. Líquidos altamente viscosos requieren de bajas velocidades para que sea satisfactoria la operación.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Pasa sólidos medianos • No hay contacto de metal con metal • Capacidades de limpieza y mantenimiento superiores • Succión positiva con carga sin pulsaciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere de engranes a tiempo • Requiere de dos sellos • Reduce el levantamiento con líquidos delgados

Aplicaciones

- Procesamiento de alimentos
- Brevages
- Producción diaria
- Productos de higiene personal
- Farmacéuticos
- Químicos
- Industria
- Ciclos de trabajo mediano y pesado.

Alimentos y cosméticos capaces de ser bombeados por una bomba de lóbulos rotores

Alcohol	Licor de café	Glicerina	Mousse	Almíbar de
Puré de manzana	Cordials	Gooseberrie	Mussels	Sorbitol
Albaricoque	Aceite de maíz	Gravy	Mostaza	Sopas
Comida de bebe	Almíbar de maíz	Crema de mano	Limpia uñas	Salsa de soya
Mantequilla	Queso cottage	Miel	Varnis de uñas	Spirits
Frijoles	Aceite de	Rábano	Offal	Almidón
Cerveza	algodón	Jaleas	Perfumes	Guisados
Cerveza de raíz	Comida para	Catsup	Cebollas	Azúcar
Crema	perro	Helado	Aceite de palma	Syrup
Blckcurrant	Queso crema	Iodos		Tapioca
Mantequilla de maní	Custard			Té
				Catsup de tomate
				Pasta de tomate

Materiales de construcción/ opciones de configuración

- Externos (cabeza, cuerpo): hierro duro, acero inoxidable, 316 acero inoxidable.
- Internos (rotor): 616 acero inoxidable para lóbulos
- Sellos- sello de labios, mecánicos y doble mecánicos.

9.5. Bombas de paleta

El desplazamiento de las bombas de paletas opera un poco diferente al de la de engranes y lóbulos. Un rotor radial ranurado. Es posicionado fuera del centro en un agujero. Las venas están cerca en el rotor y se deslizan hacia adentro y hacia fuera mientras este da vueltas. La acción de las paletas es adicionada con la fuerza centrífuga, presión hidráulica. La acción de bombeo se forma por la expansión y contracción de los volúmenes contenidos por él en el rotor, paletas, y el contenedor.

Las paletas son el elemento de sellado entre la succión y la descarga y son usualmente hechas de material no metálico.

Las bombas de paletas operan usualmente a 1000 RPM, pero también lo pueden hacer a 1,750 RPM. El bombeo funciona bien con viscosidades bajas que fácilmente llenan las cavidades y proveen buenas características de succión. Las velocidades deben de reducirse muchísimo para aplicaciones con altas viscosidades para llenar el área entre las venas. Estas aplicaciones necesitan materiales más fuertes de la bomba.

Como no hay contacto metal-metal, estas bombas son frecuentemente usadas en bajas viscosidades y en líquidos no lubricantes como propano ó solventes. Este tipo de bombas tienen una mejor capacidad de manejarse en seco que otras bombas positivas.

Aplicaciones abrasivas requieren de la selección apropiada de material de las paletas y los sellos. Las bombas de paletas tienen margen corregible en los dos lados del rotor similar al de las bombas de engranes. Una vez que ocurre el desgaste el margen que existe no puede ser ajustado.



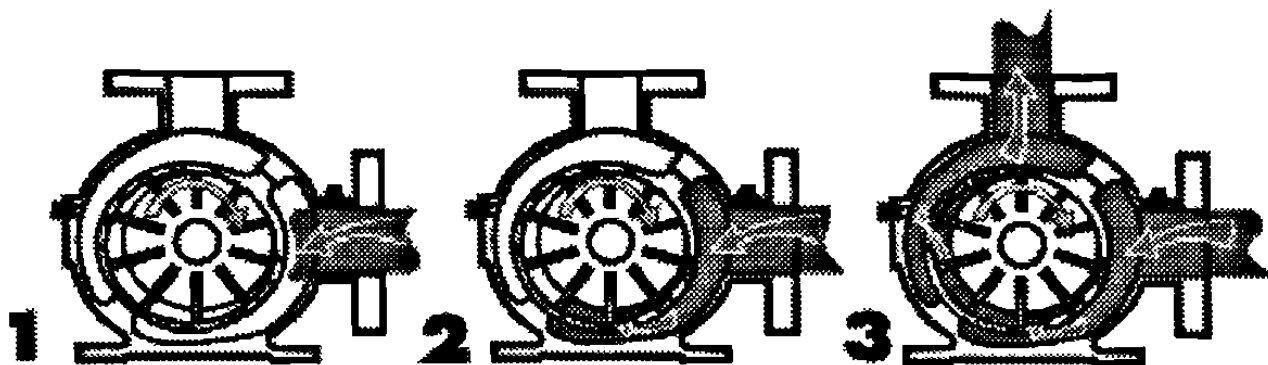
Figura 9.8 Bomba de Paleta

Las bombas de paletas son usadas satisfactoriamente en una variedad muy ancha de aplicaciones. Por la fuerza de las paletas y la abstenencia del contacto metal contra metal, las bombas de paletas son ideales para fluidos de baja viscosidad, no lubricante líquidos desde 2,200cSt/10,000SSU. Tales líquidos como LPG, amoniaco, solventes, etc.

Las bombas de paletas están disponibles en una variedad de diferentes aplicaciones incluyendo las deslizantes, las flexibles, las rodantes, y las externas. Las bombas de paletas son notables por su fiabilidad, su desempeño en seco, su fácil mantenimiento, su buena succión. Más aún las bombas de paletas pueden manejar temperaturas desde 32°C/-25°F hasta 260°C/500°F y presiones de 30BAR/400 psi.

Cada tipo de bombas de paletas ofrece una ventaja única. Por ejemplo las de paletas externas pueden manejar sólidos. Las flexibles, en otra parte pueden manejar únicamente sólidos pequeños pero crear un buen vacío. Las de paletas deslizantes pueden manejarse en seco en pequeños periodos y manejar pequeñas cantidades de vapor.

Como funcionan las bombas de paletas



A pesar de sus diferentes configuraciones la mayoría de las bombas de paletas trabajan bajo el mismo principio.

1. Un rotor ranurado ó impulsor es excéntricamente soportado en una cámara cicloide. El rotor es localizado cerca de la pared de la cámara entonces una cavidad creciente es formada. El rotor es sellado en la cámara por dos platos. Las paletas están en las ranuras del propulsor. Cuando el impulsor gira y el fluido entra en la bomba, la fuerza centrífuga, la presión hidráulica, y/ó los caminos impulsores, empujan las paletas hacia las paredes del cuerpo de la bomba. El sellado hermético de las paletas, el rotor, la cámara, y el plato, es la llave de una buena succión en el principio de bombeo.
2. El cuerpo de la bomba y la cámara fuerzan al fluido dentro de la bomba a través de hoyos en la cámara pequeña. El fluido entra en los bolsillos creados por las paletas.
3. Así como el impulsor continúa dando vueltas, las paletas mandan al fluido a la otra parte del creciente donde es apachurrado por los hoyos de descarga de la cámara mientras se va acercando la paleta al creciente. Entonces existe la descarga.

VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad media • Velocidades medias • Líquidos delgados • Preferible para solventes LPG • Puede trabajar en seco por periodos cortos • Puede tener un sellado ó caja de componentes • Desempeña buen vacío 	<ul style="list-style-type: none"> • Pueden tener dos cajas de componentes • Componentes complicados • No muy aceptable para altas presiones • No muy buena con abrasivos

Aplicaciones:

- Aerosoles
- Servicio de aviación- transferencia de combustible
- Industria, refrigeración, congelantes, combustibles.
- Descarga de barcasa
- Transferencia de LPG y NH₃
- Procesos químicos industriales
- Llenado de cilindros LPG
- Retención de etanol y alcohol
- Transferencia en la producción de fertilizantes.
- Lubricantes, solventes y aceites
- Transporte móvil
- Industria petrolera
- Generación de poder
- Papel y pulpa
- Refrigeración, freón y amoniaco
- Distribución de solventes
- Textil

Materiales de construcción /opciones de configuración

- Externos: Hierro endurecido, hierro dúctil, acero y acero inoxidable.
- Paletas: Viton®, Ryton®, carbón, Teflón ®
- Platos: carbón, acero inoxidable, acero, hierro dúctil
- Sellos: mecánicos, magnéticos.

9.5.1. Bomba de Paleta – No balanceadas

El funcionamiento principal de las bombas de paleta es mostrado en la figura (9.9). Un rotor ranurado es ranurado al eje impulsor y gira dentro de un anillo de leva. Las paletas están ajustadas a las ranuras del rotor y siguen la superficie interior del anillo cuando gira el rotor. La fuerza centrífuga y la presión bajo las paletas las mantienen hacia fuera en contra del anillo. Las cámaras de bombeo se forman entre las paletas y son encerradas por el rotor, el anillo y las dos placas de los lados.

En la entrada de la bomba, un vacío parcial se crea cuando el espacio entre el rotor y el anillo aumenta. El aceite que entra aquí es atrapado en las cámaras bombeadoras y entonces es empujado a la salida cuando disminuye el espacio. El desplazamiento de la bomba depende del ancho del anillo y del rotor y en lo que “jale” el anillo (figura 9.10).

Diseño No - Balanceado

La construcción de la bomba mostrada en la figura (9.9) es desbalanceada y el eje es cargado de lado por la presión que viene del rotor. La construcción desbalanceada es bastante limitada a un diseño de volumen variable (figura 9.11). El desplazamiento de esta bomba puede ser cambiado a través de un control externo como un volante ó un compensador de presión. El control mueve el anillo de la leva para cambiar el “jalón” ó

excentricidad entre el anillo y el rotor, por eso se reduce ó aumenta el tamaño de la cámara de bombeo.

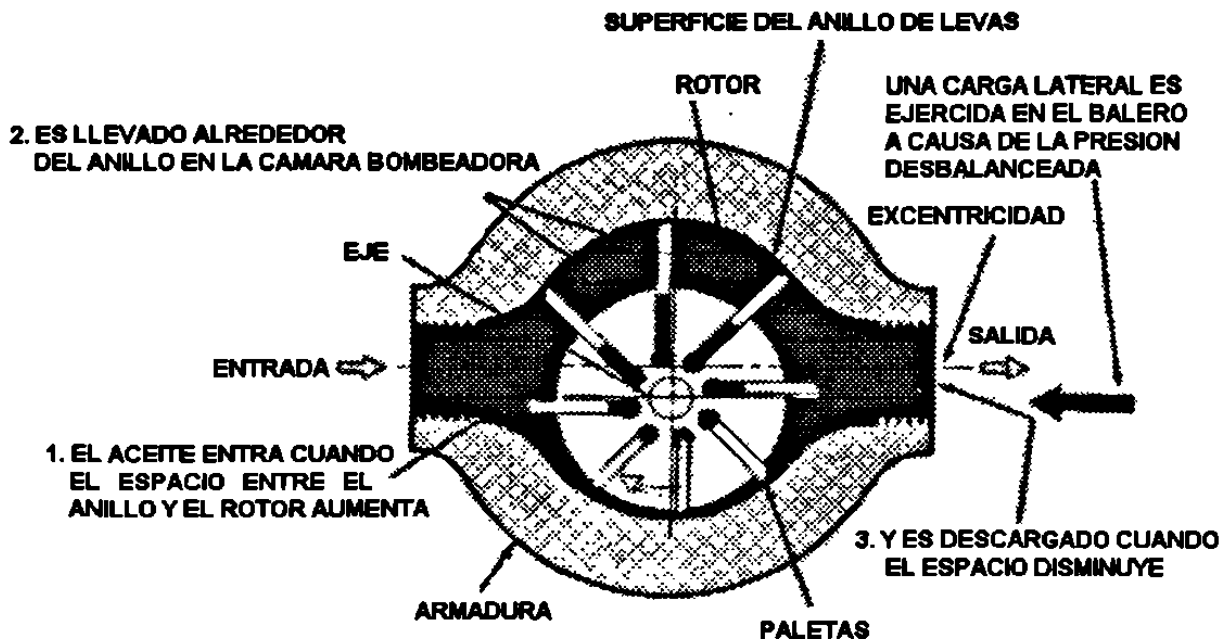
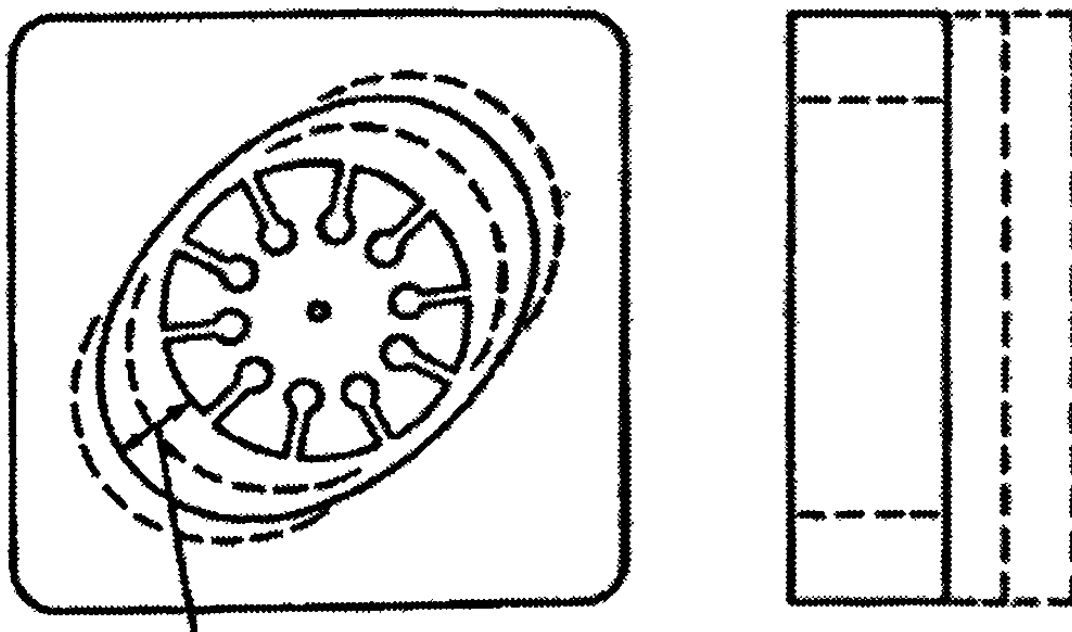


Figura 9.9 Funcionamiento de la bomba de paleta desbalanceada



LA "LUZ" DEL ANILLO Y EL ESPESOR DE ESTE DETERMINAN EL TAMAÑO DE LAS CAMARAS BOMBEADORAS

Figura 9.10 Variaciones en el desplazamiento de la bomba de paleta

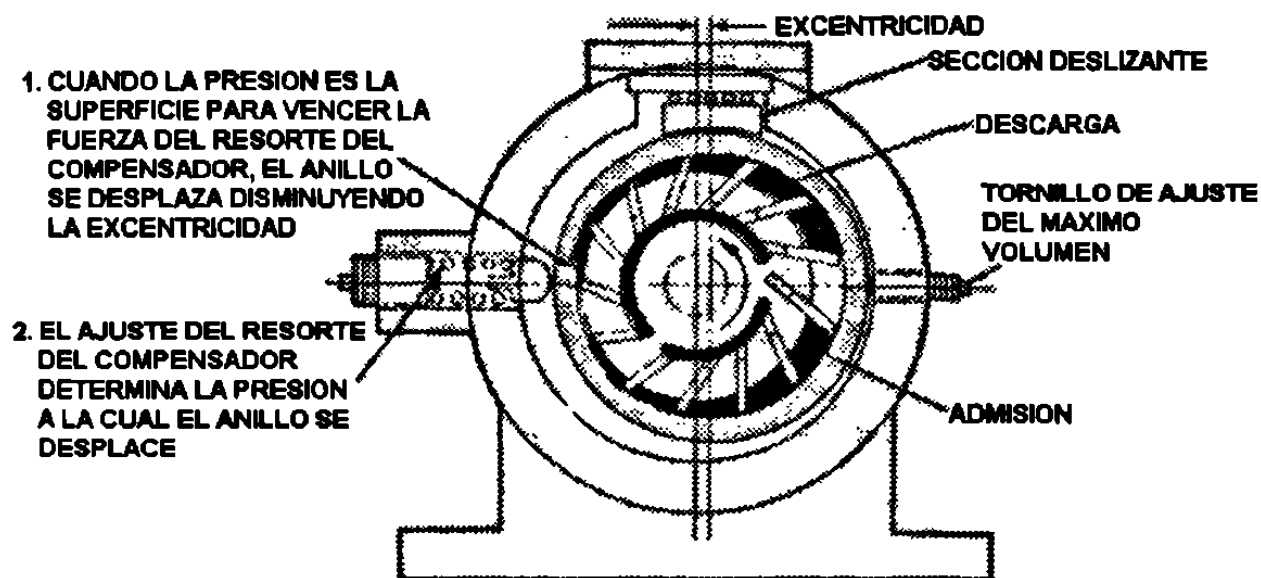


Figura 9.11 Bomba de Paleta de desplazamiento variable de presión compensada

9.5.2. Bomba de Paleta – Balanceadas

La mayoría de las bombas de paleta usan en la actualidad; la bomba cuyo diseño tiene alta velocidad y alta presión. Esta bomba, el anillo de la leva es más bien elíptico que redondo y permite dos juegos de orificios (figura. 9.12). Los dos orificios de salida tienen una separación de 180 grados para que las fuerzas de la presión sobre el rotor sean canceladas evitando así la carga de lado del eje impulsor y de los soportes.

El desplazamiento del diseño balanceado no puede ser ajustado. Anillos intercambiables se pueden conseguir con diferentes levas haciendo así posible modificar la bomba disminuyendo ó aumentando su abastecimiento.

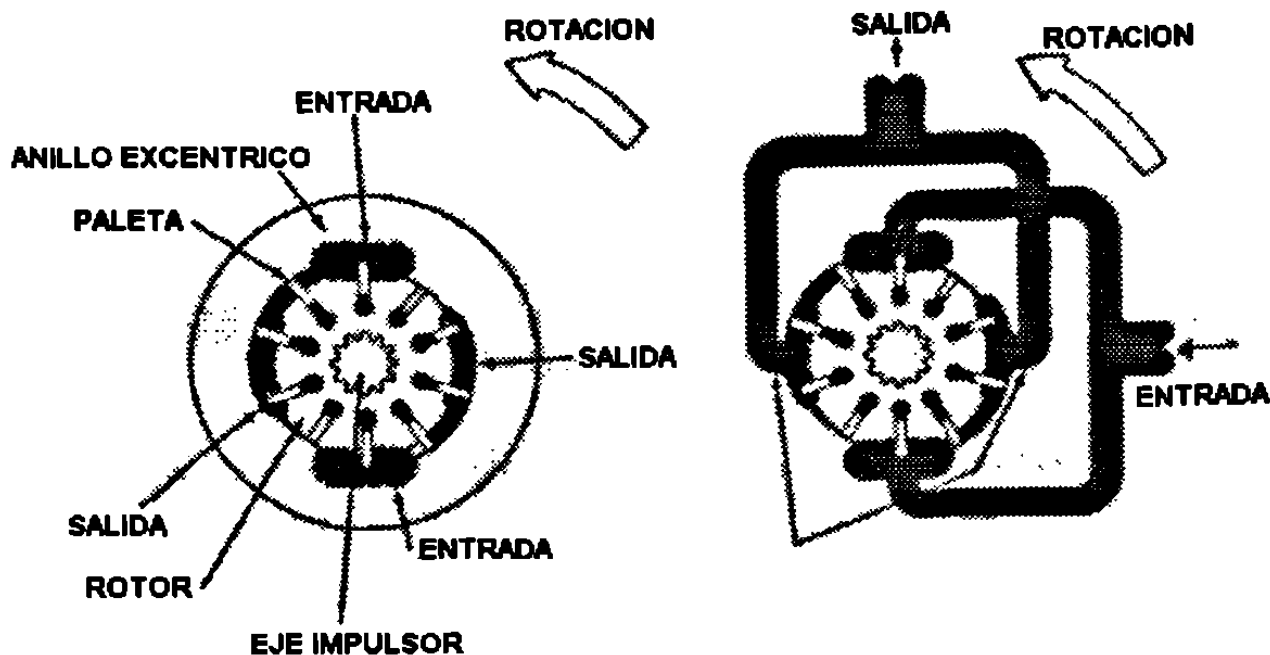


Figura 9.12 Principio de la bomba de paleta balanceada

9.6. Bomba de pistones axiales

En este tipo de bombas los pistones están paralelos entre ellos y el eje de la sección del cilindro. El anterior puede ser dividido más adelante dentro de la línea (placa oscilante y ondulante) y tipo de eje inclinado.

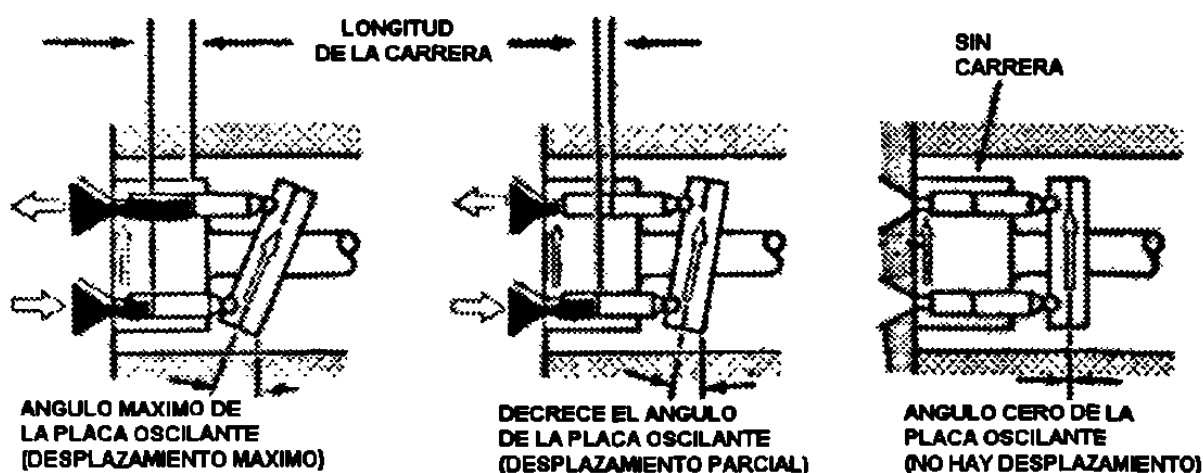


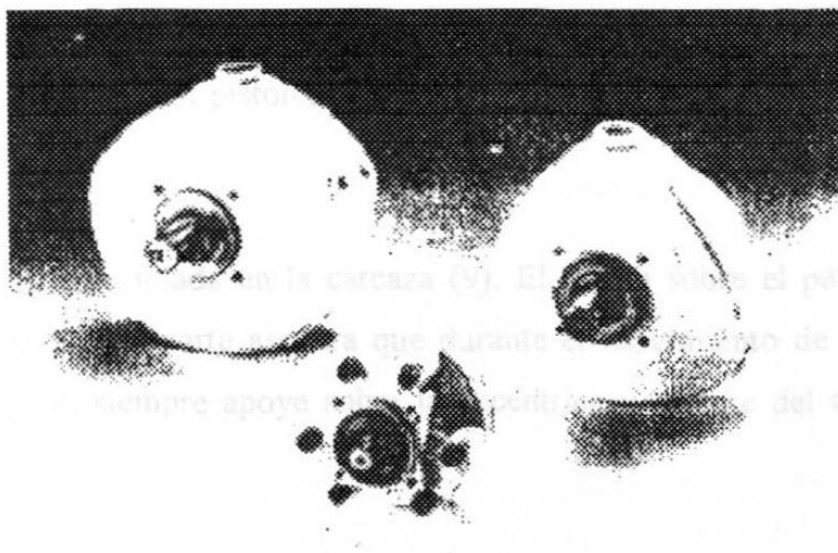
Figura 9.13 Variaciones en el desplazamiento de la Bomba

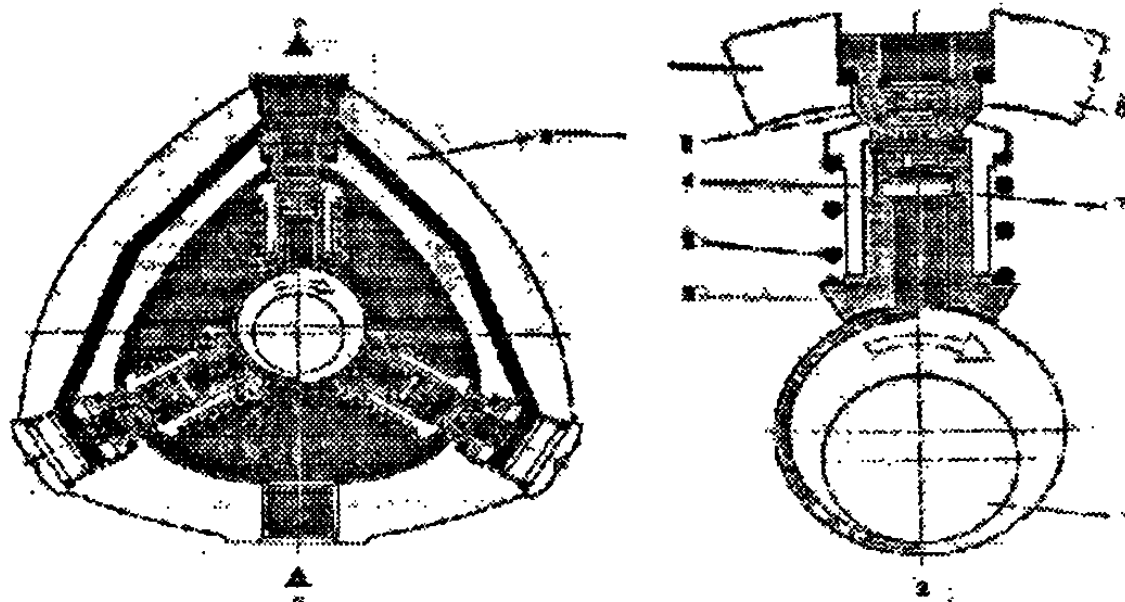
9.7. Bomba de pistones radiales

Para el sector de alta presión (presiones de servicio superiores a 400 bar) se emplean bombas de pistones radiales.

Para prensas máquinas para elaboración de plásticos, en la hidráulica de sujeción para máquinas herramientas y en muchos otros sectores se requieren presiones de servicio de hasta 700 bar. Sólo las bombas de pistones radiales pueden trabajar satisfactoriamente a presiones tan elevadas también en servicio continuo.

Enseguida se muestra la bomba de pistones radiales.





Una bomba de pistones radiales con apoyo interior del pistón trabaja del siguiente modo: El eje de accionamiento (1) en el sector de los elementos de la bomba (2) es excéntrico. El elemento de la bomba se compone del pistón(3), buje del cilindro (4), de la rótula (5), de un resorte de pistón (6), de la válvula de aspiración (7) y de la válvula de presión (8).

La rótula esta atornillada en la carcaza (9). El pistón sobre el patín se encuentra sobre la excéntrica. El resorte asegura que durante el movimiento de rotación del eje excéntrico del patín siempre apoye sobre la excéntrica y el buje del cilindro sobre la rótula.

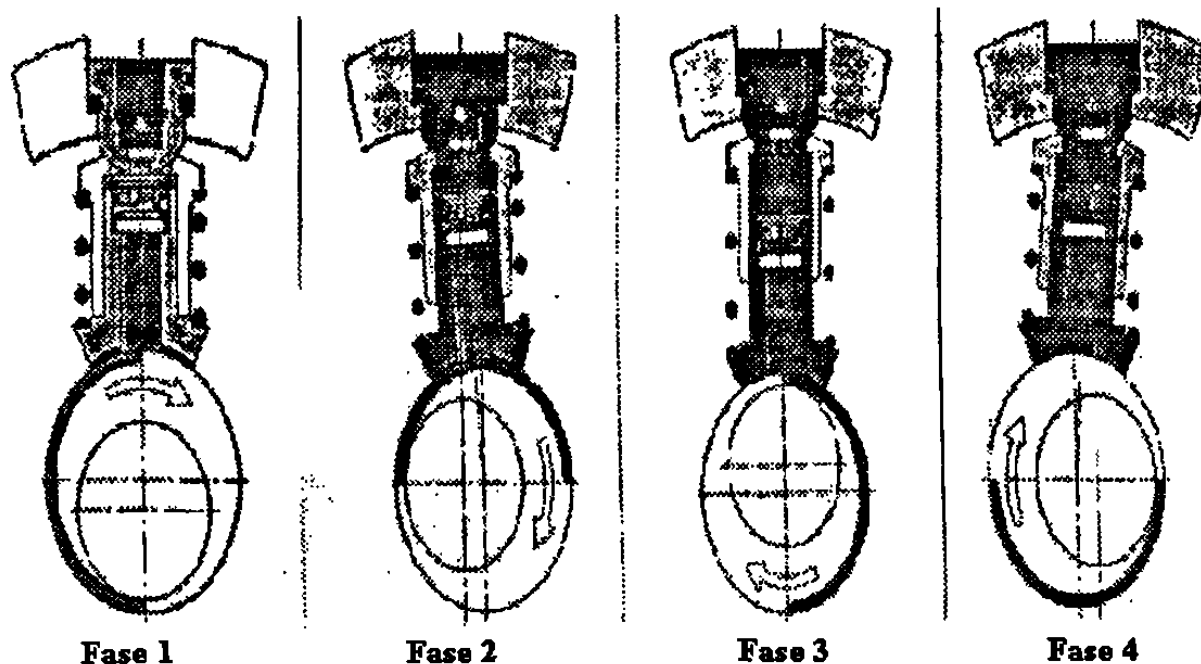


Figura 9.14

Fase 1: El pistón se encuentra en el punto muerto superior. La cámara de desplazamiento presenta su menor volumen. La válvula de aspiración y la válvula de presión están cerradas.

Fase 2: Durante el movimiento rotatorio del eje el pistón se mueve en sentido del eje central de la excéntrica. La cámara de desplazamiento se agranda, por la depresión que se produce se abre la válvula de aspiración. A través de la ranura en la excéntrica y el taladro en el pistón, fluye líquido hacia la cámara de desplazamiento.

Fase 3: El pistón se encuentra en el punto muerto inferior, la cámara de desplazamiento está completamente llena (volumen máximo). La válvula de aspiración y la válvula de presión están cerradas.

Fase 4: Con el movimiento rotatorio de la excéntrica el pistón se mueve en sentido de la rótula. El fluido en la cámara de desplazamiento se comprime. Por la presión que se produce se abre la válvula de presión en la rótula, el fluido fluye al canal anular que une los elementos de la bomba.

Por regla general, las bombas poseen un número impar de elementos de bomba. El motivo es que una superposición de los caudales de los distintos elementos de bomba en el caso de número par produce una elevada pulsación de caudal.

Magnitudes características importantes.

Cilindrada	0.5 hasta 100 cm ³
Presión máxima	hasta 700 bar (según Tn)
Rango de rotaciones	1000 hasta 3000 min. ⁻¹ (según TN)

9.8. Eficiencia

9.8.1. Eficiencia Volumétrica

Generalmente, se piensa que una bomba de desplazamiento positivo, al girar a velocidad constante, entrega un caudal constante independientemente de la presión del sistema. Esto no siempre se cumple. Al aumentar la presión del sistema, aumentan las fugas internas en varios mecanismos de la bomba. Tales fugas producen una disminución del caudal descargado. La proporción en la cual ocurre esta disminución se conoce como eficiencia volumétrica.

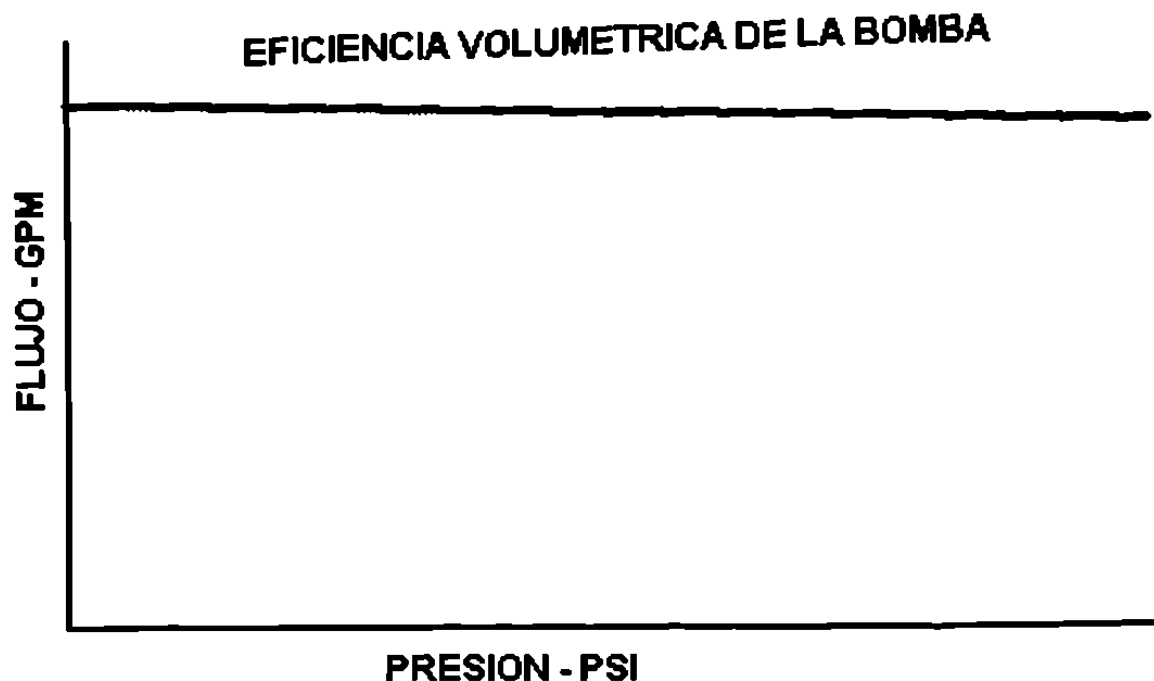


Figura 9.15 Eficiencia Volumétrica de la Bomba

La eficiencia volumétrica se define como:

$$\text{Eficiencia Volumétrica (\%)} = \frac{\text{Descarga real} \times 100}{\text{descarga teórica}}$$

Por ejemplo, si una bomba tiene una descarga teórica de 10 GPM (37.9 lpm) cuando opera a 1200 RPM, pero la descarga real a 1000 psi (6897 kPa) es de 9 GPM (3410 lpm), la eficiencia volumétrica sería de 90%.

Típicamente, las bombas de pistones tienen una eficiencia volumétrica inicial de más de 90%. Los equipos de engranes y paletas tienen eficiencia volumétrica en el intervalo de 80% y 90%.

9.8.2. Eficiencia Total

La eficiencia total de una bomba hidráulica considera tanto su eficiencia mecánica como su eficiencia volumétrica. Se determina dividiendo la potencia hidráulica entregada por la bomba al sistema, entre la potencia suministrada por el motor primario. La siguiente expresión describe la eficiencia total.

$$\text{Eficiencia Tota (\%)} = \frac{\text{Potencia entregada} \times 100}{\text{Potencia del motor}}$$

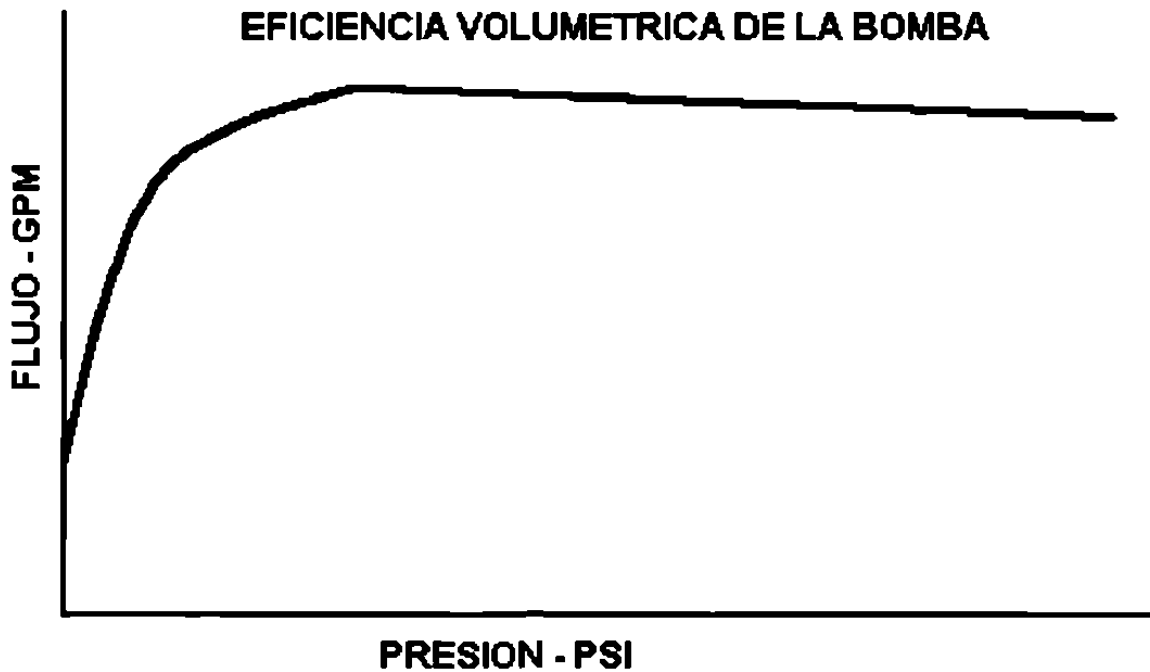


Figura 9.16 Eficiencia total de la bomba

Por ejemplo, si una bomba entrega a un sistema 10 GPM (37.9 lpm) y 1000 psi (6897 kPa), esto equivale a 5.8 HP (4.3 kW) ($\text{HP} = \text{GPM} \times \text{psi} \times 0.000583$). Si el motor eléctrico conectado a la bomba desarrolla 7 HP (5.2 Kwatts), entonces la eficiencia total será de 83%.

La eficiencia total de las bombas hidráulicas industriales de engranes, paletas ó pistones, cuando operan a 1000 psi (6897 kPa), es aproximadamente de 85%. La

eficiencia total de estas mismas bombas a 200 psi (1380 kPa) se encuentra entre 60 – 70%.

Las bombas hidráulicas industriales normalmente están diseñadas para operar a presiones por arriba de 200 psi (1380 kPa). Por está razón, la eficiencia total de la bomba disminuye a baja presión.

CAPÍTULO 10

VÁLVULAS

10.1 Introducción

Una válvula es un dispositivo mecánico que consiste de un cuerpo y una pieza interna móvil, que conecta y desconecta conductos dentro del cuerpo. Los conductos de las válvulas hidráulicas conducen líquidos. La acción de la pieza móvil permite controlar la presión máxima del sistema, la dirección del flujo y regular el caudal.

10.2 Clasificación de las válvulas

Las válvulas son después de las bombas, de los componentes más importantes de los sistemas hidráulicos, éstas se dividen en tres tipos:

- a) Válvulas de control de presión
- b) Válvulas de control de flujo
- c) Válvulas de control de dirección

10.3 Válvulas de control de presión

Las válvulas de control de presión desempeñan diferentes funciones tales como limitar la presión máxima del sistema ó regular la reducción de presión en ciertas partes del circuito, y en otras funciones en donde su actuación es el resultado del cambio de la presión operante. Su funcionamiento es basado en el balance de la presión y la fuerza del resorte. La mayoría tiene infinidad de posiciones, esto quiere decir que las válvulas pueden tomar varias posiciones, entre las posiciones de completamente cerrado ó completamente abiertas, dependiendo del porcentaje de flujo y las diferencias de presiones.

Se denomina controles de presión por su función principal, así como la válvula de alivio, válvula de secuencia, válvula de drenaje, etc. Se clasifican por el tipo de conexiones que usan, tamaño y porcentaje de presión operante.

10.3.1 Válvulas limitadoras de presión

- a) **Válvulas de seguridad:** también llamadas de alivio limitan la presión del circuito, para protegerlo ó para reducir la fuerza ó el par ejercido por un cilindro ó por un motor rotativo. Suelen ser ajustables, como la representada en la figura. (10.1), graduando con el tornillo superior la presión del resorte. Si la presión excede el valor establecido se levanta la bola y la línea se pone por el conducto de la derecha en comunicación con el tanque de aceite. Hay esencialmente tres tipos de válvulas de seguridad: (1) de acción directa, (2) diferenciales y (3) de piloto ó válvulas compuestas de alivio.

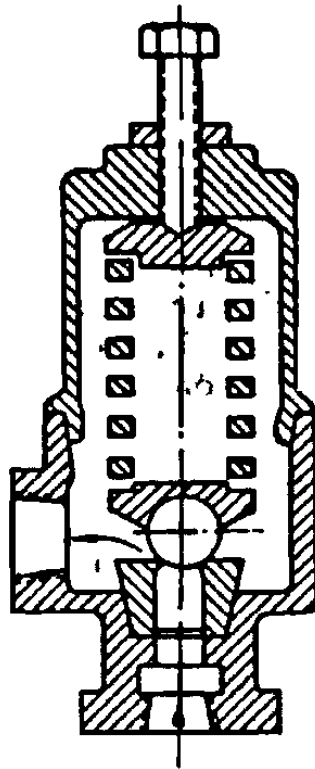


Figura 10.1 Válvula de acción directa simple

La válvula mostrada en la figura (10.1) corresponde a la de acción directa simple. Una válvula de este tipo se prefiere generalmente en circuitos de baja presión, ó cuando los sistemas no se espera que alcancen frecuentemente las condiciones de la válvula de alivio. Debido a la presión de la línea principal actuando directamente en el resorte, se requiere que estos sean pesados, lo cual produce oscilación y fluctuaciones de presión, debidos al rápido cierre y apertura de la compuerta de la válvula.

Una válvula de alivio diferencial se muestra en la figura (10.2), aún cuando la presión de la línea principal actúa directamente contra los resortes de la válvula, solo una área diferencial es presentada a la presión. Una válvula de este tipo, requiere un resorte considerablemente más débil que el que requieren las de acción directa.

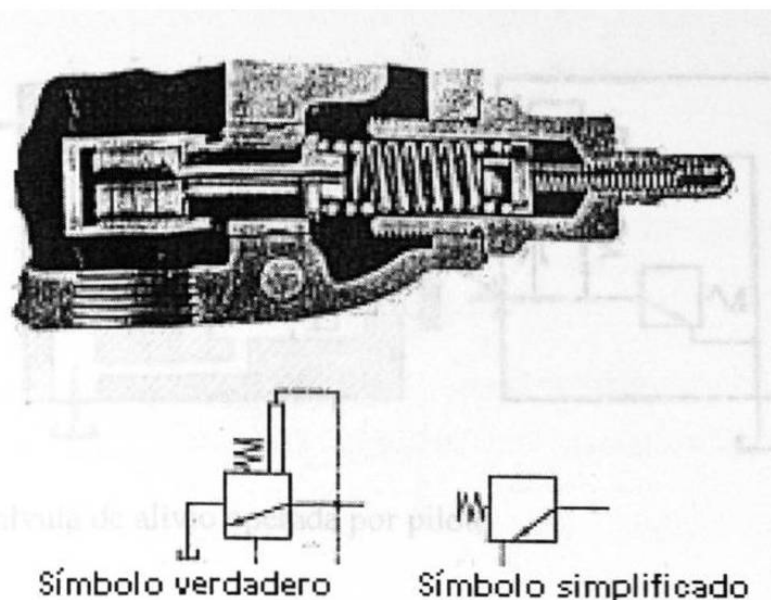


Figura 10.2 Válvula de alivio diferencial

Una válvula de alivio operada por piloto es la que se ilustra en la figura (10.3). Las válvulas de este tipo, tienen una válvula de alivio piloto de tamaño pequeño, incorporada al alojamiento principal, que abre cuando la presión de la línea principal alcanza el ajuste del resorte. La válvula abierta permite que el fluido contenido en una cámara de balanceo que se abre a la línea principal por una restricción fija, logre desahogarse. Esta acción crea una fuerza desbalanceada en la válvula de alivio principal, lo cual hace que opere la válvula de alivio de la línea principal. Las válvulas de alivio de este tipo tienen muchas características deseables, que son necesarias en sistemas frecuentemente relevados. Una característica adicional de la que se dispone sobre diseños de esta válvula de alivio, es que relevan la presión por venteo. Una puerta externa hacia la cámara de balanceo, puede conectarse a una válvula piloto externa que puede descargar la potencia de sistema fluido, en respuesta a una condición externa.

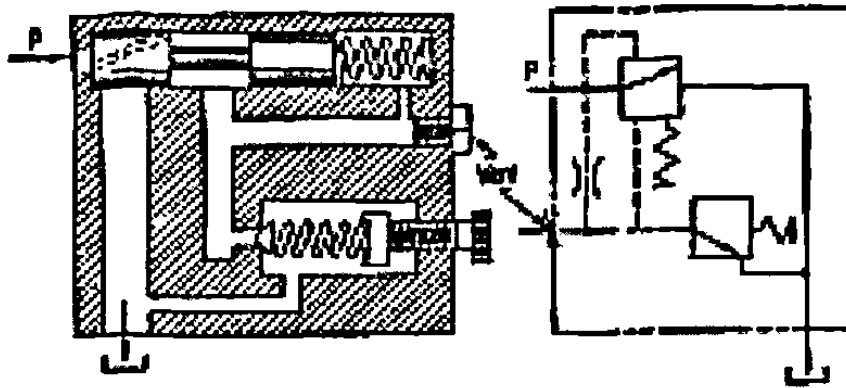


Figura 10.3 Válvula de alivio operada por piloto

- b) **Válvulas reductoras de presión:** tienen por objeto limitar la presión en una rama de un circuito a un valor inferior a la presión de trabajo del circuito principal. Permiten que un mismo sistema trabaje a dos presiones con la consiguiente economía en los componentes de baja presión. El funcionamiento de este tipo de válvulas puede verse en el modelo representado en la figura. (10.4), que lleva dos resortes, uno más fuerte en la parte superior y otro más débil en la base. Este último solamente sirve para mantener el émbolo en posición. El líquido entra en la válvula, según se indica en la figura, desde la línea de alta presión, fluye por debajo y alrededor de la parte estrecha del émbolo y sale por el otro lado de la válvula a la línea de baja presión. La alta presión de la entrada actúa hacia arriba en la superficie inferior del émbolo en *a* y hacia abajo en la superficie lateral de la válvula *b*. Estas superficies son tales que ambas fuerzas se equilibran, con lo que la acción de la válvula es independiente de la presión en la línea de entrada. Esta válvula mantiene una presión constante a la salida, aunque la presión en la línea de entrada sea fluctuante. En efecto, la presión que actúa en la parte inferior del émbolo en *c* actúa contra el resorte superior, el cual se gradúa a la presión que se desee en la línea de baja presión de la válvula; si aumenta la presión en la línea de alta presión, aumenta también la presión debajo del émbolo, con lo que este se elevará hacia arriba, estrangulando el flujo en la línea de alta presión, de manera que la presión a la salida de la válvula se mantiene en el valor deseado.

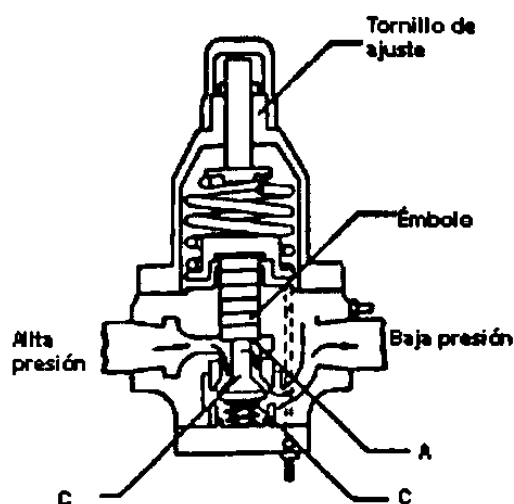


Figura 10.4 Válvula reductora de presión

- c) **Válvulas de secuencia:** controlan la sucesión de operaciones entre dos ramas de un circuito; por ejemplo, para que el cilindro que aplica la herramienta a la pieza comience su carrera, solo cuando el cilindro que amordaza la pieza haya terminado la suya. Estas válvulas tienen una entrada de presión y dos salidas: una normalmente abierta y la segunda obstruida por la compresión regulable del resorte. Al no poder salir el aceite, por haber terminado en el ejemplo anterior el primer cilindro su carrera, sube la presión que vence al resorte y permite el paso del aceite al segundo cilindro para que de comienzo la segunda operación. En la figura (10.5) se muestra una válvula de secuencia. La presión de control requerida para actuar la válvula, puede ser por presión en la puerta de entrada ó por presión remota en alguna otra parte del sistema para invertir el flujo a través de la válvula. Existe solo el procedimiento de proporcionar válvulas de “check” integrales ó externas. Todas las válvulas de secuencia deben tener drenes externos para sus resortes porque la presión de salida no puede actuar sobre el vástago de la válvula, de otro modo una presión baja no podría acumular ó aumentarse hasta el valor pleno de la presión de entrada de la válvula.

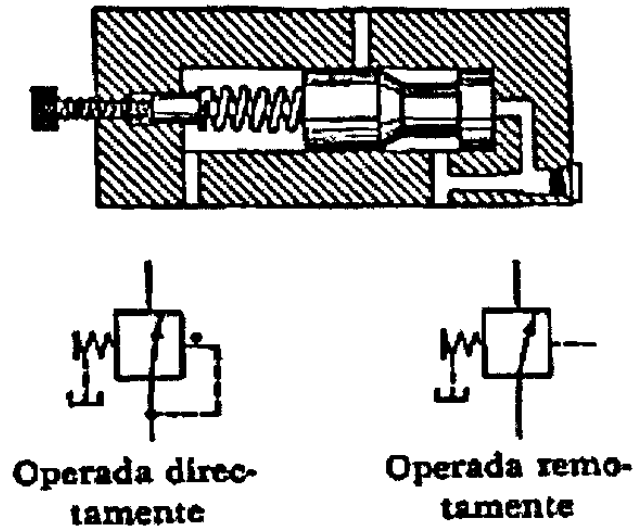


Figura 10.5 Válvula de secuencia

- d) **Válvulas de pie, de presión inversa, ó de contrabalanceo:** Son muy similares a una válvula de secuencia con una válvula de “check” integral. Esta válvula ilustrada en la figura (10.6), permite que el flujo libre del fluido en una dirección y lo restringe en la dirección opuesta. La válvula puede ser operada directamente ó a control remoto por presión, dependiendo de sus detalles de diseño. Esta válvula es comúnmente usada para prevenir que el pistón, montado verticalmente en el cilindro, descienda debido al peso de la carga. El peso de la carga es contrabalanceado por la presión inversa en el pistón, creada por el resorte de ajuste de la válvula de contrabalanceo. Estas válvulas se usan también para cargar hidráulicamente un cilindro y simular condiciones externas de carga en la barra del pistón. Dependiendo de las aplicaciones específicas, una válvula de contrabalanceo, puede ser drenada interna ó externamente.

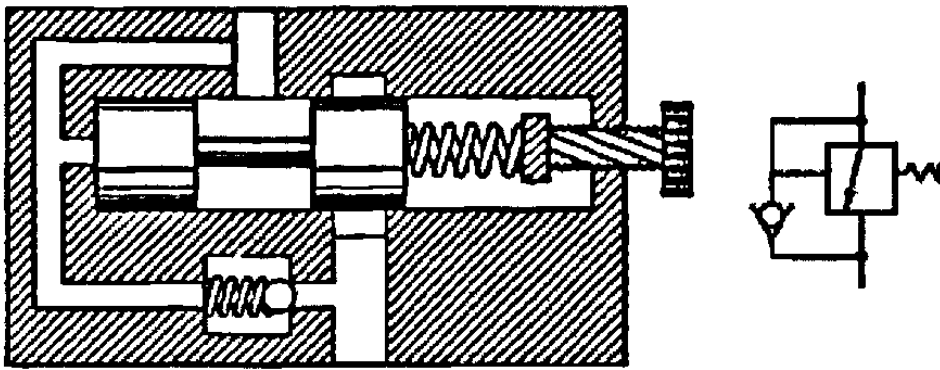


Figura 10.6 Válvula de secuencia con una válvula de “check” integral

- e) **Válvulas de descarga:** Tales válvulas se usan para permitir que una bomba levante presión hasta el ajuste, y entonces permite la descarga del fluido para vaciarla en el tanque a prácticamente cero presión, mientras que la presión del piloto es mantenida en la válvula, desde una fuente remota. Cuando una válvula de alivio descarga una bomba, el sistema es relevado de presión, lo que hace que la bomba requiera máxima potencia. Cuando la presión del piloto puede mantenerse en una válvula de descarga, la bomba no está desarrollando presión y, por lo tanto, se necesita un mínimo de presión para mover la bomba. Un ejemplo de la válvula de descarga se muestra en la figura (10.7). Tales válvulas son comúnmente usadas en sistemas de bombas dobles, donde una de alto volumen es descargada a su presión límite, mientras que la de alta presión y bajo volumen, continúa para levantar mayor presión al sistema.

10.3.2 Válvulas reguladoras de presión

Las válvulas reguladoras de presión reducen la presión de entrada hasta alcanzar el valor de una presión de salida previamente ajustada.

Estas válvulas, solo cumplen debidamente con su función si el sistema hidráulico respectivo trabaja con diversas presiones. En consecuencia, para explicar el

La válvula incluida en el esquema hidráulico funciona según el siguiente principio:

En posición normal, la válvula está abierta. La presión de salida en (a) actúa sobre la superficie del émbolo (1) a través del conducto de mando (3). La fuerza respectiva actúa sobre un muelle ajustable. Si la fuerza sobre el émbolo es mayor que la fuerza ajustada en el muelle, empieza a cerrar la válvula puesto que la corredera de la válvula se desplaza contra el muelle hasta que vuelva a establecerse un equilibrio de fuerzas. De esta manera se reduce el tamaño de la ranura de estrangulamiento, con lo que disminuye la presión. Si aumenta nuevamente la presión en (a), el émbolo cierra totalmente. Sobre la entrada (p) actúa la presión del primer circuito de control. Sobre la salida (a) actúa la presión ajustada en la válvula reguladora de presión.

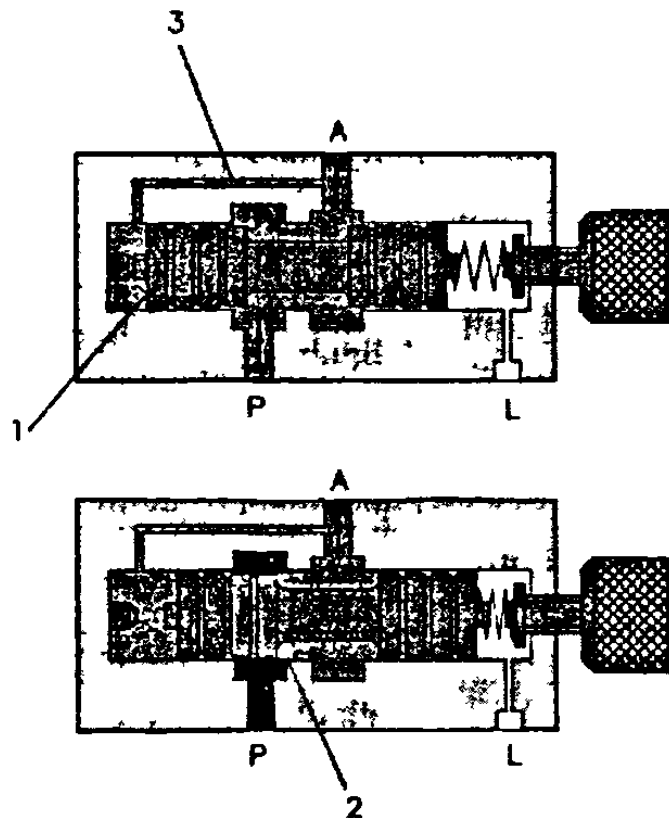


Figura 10.8 Válvulas de 2 vías, reguladora de presión

Las válvulas de asiento, reguladoras de presión y de carreras cortas, abren y cierran con mucha velocidad, por lo que pueden vibrar si cambian rápidamente las posiciones. Estas vibraciones son compensadas mediante sistemas de amortiguación.

Tratándose de válvulas de corredera, la configuración de los perfiles de control permite adicionalmente regular las características de apertura de tal manera que la ranura abra paulatinamente. De este modo es posible obtener una regulación más exacta y disminuir las vibraciones.

La válvula de 2 vías reguladora de presión, explicada hasta el momento, es utilizada por ejemplo cuando se necesita una presión constante y baja en un circuito hidráulico secundario en un sistema de sujeción.

No obstante, en el caso que se ofrece como ejemplo, es factible que surjan problemas con una válvula de 2 vías reguladora de presión.

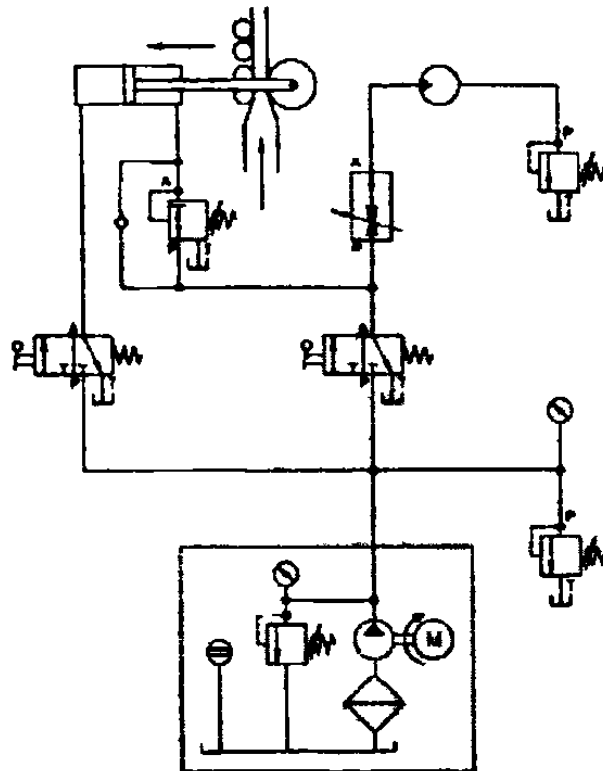


Figura 10.9 Esquema hidráulico con una válvulas de 2 vías, reguladora de presión

Cuando cierra la válvula de 2 vías reguladora de presión, se produce un aumento de presión en la salida (A) debido al ensanchamiento del material. Dicha presión, superior

a la presión ajustada en la válvula, deberá evitarse incorporando una válvula limitadora de presión en la salida.

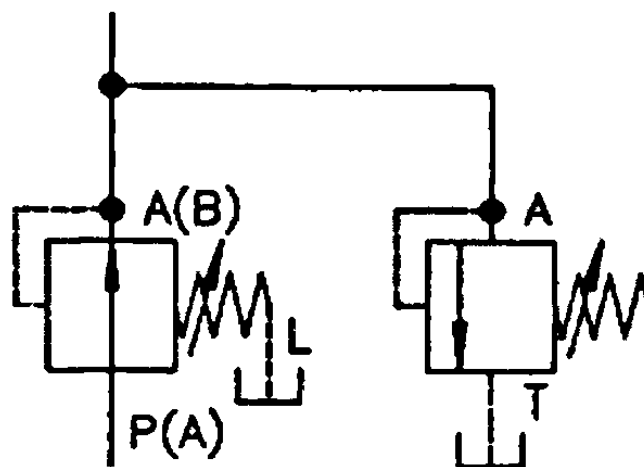


Figura 10.10 VLP para evitar aumentos de presión

Esta válvula limitadora de presión permite diversos ajustes:

- Ajuste de la VLP con valor superior al de la válvula reguladora de presión.
- Ajuste de la VLP con valor igual al de la válvula reguladora de presión.
- Ajuste de la VLP con valor inferior al de la válvula reguladora de presión.

Estos diversos ajustes actúan de diferente manera sobre la válvula reguladora de presión. Para reducir los aumentos de presión también puede utilizarse válvula de 3 vías reguladora de presión.

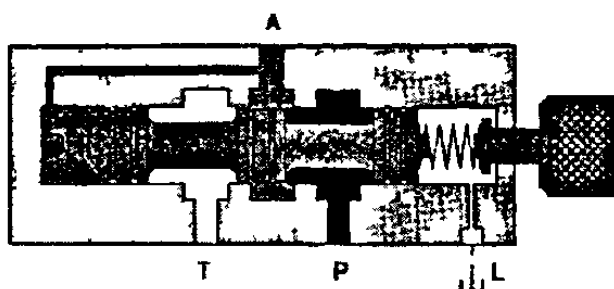


Figura 10.11 Válvula de 3 vías, reguladora de presión

En lo que se refiere a las características del flujo a través de P y A, el funcionamiento de la válvula de 3 vías es idéntico al de la válvula de 2 vías. Sin embargo, la válvula de 3 vías provoca un desplazamiento adicional del émbolo al aumentar la presión en la salida (A) por encima del valor ajustado. De este modo se activa la función de limitación de presión abriéndose el paso de A hacia T.

Las características de regulación de la válvula de 3 vías son determinadas fundamentalmente por el perfil de sobreposición del émbolo.

La sobreposición puede ser positiva ó negativa.

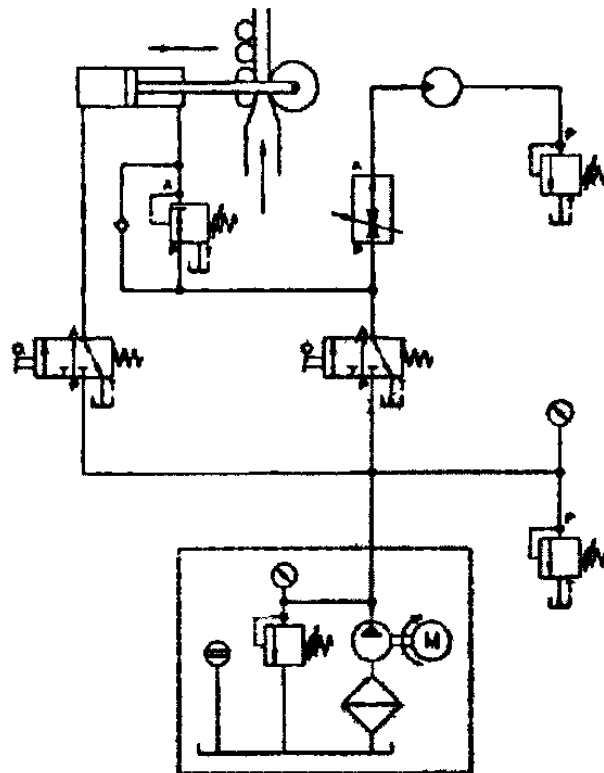


Figura 10.12 Esquema hidráulico con válvula de 3 vías, reguladora de presión

10.4 Válvulas de control de flujo

La función de una válvula de control de flujo, es reducir en caudal que envía la bomba, a la rama del circuito en el cual actúa.

La válvula actúa como una restricción mayor que las normales del sistema. Para superar dicha restricción una bomba de desplazamiento positivo suministra una presión mayor, que hace que cierta parte del fluido tome otro camino. Este camino puede ser una válvula de alivio.

10.4.1 Válvulas de control de flujo no compensadas

Se utiliza en donde la presión de la carga permanece relativamente constante y los porcentajes de abastecimiento no son muy críticos, son sencillas en su diseño, constan de un orificio arreglado ó una válvula de aguja ajustable y se incluye una válvula check para flujo libre en el regreso.

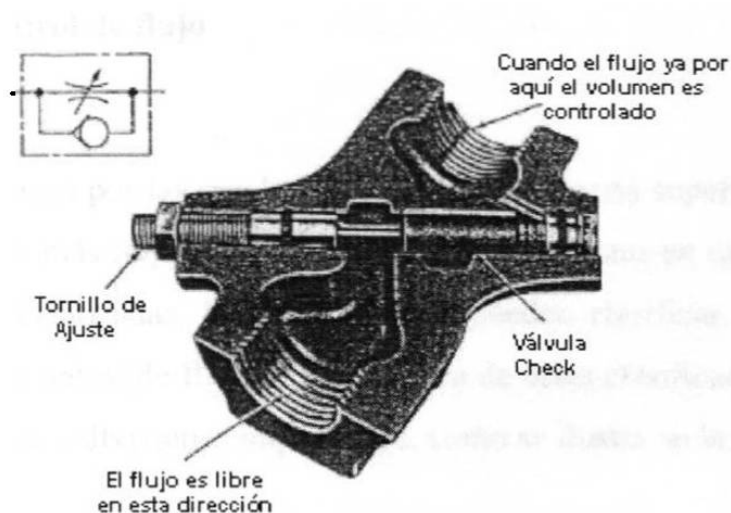


Figura 10.13 Válvula de control de flujo no compensada

10.4.1.1 Válvula de compuerta

En la categoría para cierre y paso, la válvula de compuerta supera a todas en porcentaje de unidades en operación, pero aún así tiene limitaciones. Estas válvulas no se prestan a un control preciso del flujo porque ocurre un porcentaje anormal de cambio de flujo cuando esta casi cerrada y a alta velocidad. Tampoco se destina para servicio de estrangulación porque la compuerta y el asiento se erosionan con rapidez en cualquier posición que no sea la de apertura ó cierre totales. Cuando se abre ligeramente la válvula en un servicio de estrangulación, el disco y el asiento quedan sometidos a esfuerzos que causarían deformación y erosión que, a fin de cuentas impedirán un cierre hermético.

Cuando están abiertas del todo, la mayor parte de las válvulas compuerta permiten flujo lineal en un conducto que tiene el mismo diámetro que la tubería. Aunque hay variaciones, la válvula de compuerta, por lo general, produce menor caída de presión en el sistema que cualquier otro tipo de válvula.

Mecanismos de control de flujo

Hay diversas razones por las que las válvulas de compuerta superan en número a las demás, pero quizá la más importante son las muchas variantes en que se fabrican para las aplicaciones especializadas. Estas válvulas se pueden clasificar, en general, por el tipo de elemento de control de flujo utilizado. Una de estas clasificaciones de la Norma API-600-1973 tiene dos divisiones importantes, como se ilustra en la figura (10.1).

La válvula de compuerta más común es la de cuña maciza, lisa con asiento inclinado. Dado que las temperaturas y presiones de operación han aumentado con el paso de los años, el desgaste de la cuña contra el asiento inclinado se ha vuelto un problema. Una solución es la cuña flexible que puede funcionar con asientos desalentados y minimiza

el desgaste de la superficie de sellamiento. Esta cuña es en forma de "H" y su configuración le da la elasticidad.

En el tipo de cuña dividida (disco doble) de bola y cuenca, los dos discos están en contacto entre sí mediante una unión de bola y cuenca. Dado que los discos pueden girar con independencia, se adaptan a los cambios en los ángulos de los asientos y tienen buen sellamiento y más duración. La válvula de cuña dividida se utiliza más en servicios corrosivos de baja presión y tiene asientos integrales.

La ventaja más importante de las válvulas de compuerta es que presentan poca restricción al flujo cuando están abiertas del todo. Sin embargo, por los efectos del flujo dinámico contra la cuña que no tiene soporte, estas válvulas no son eficaces para estrangulación. El traqueteo inducido por la velocidad del medio circulante contra una cuña parcialmente abierta más los ciclos frecuentes a la presión de la tubería, producen arrastre en el lado de la corriente abajo que, combinado con la erosión, ocasiona desgaste del asiento y fugas.

Con apertura total y en el manejo de pastas aguadas, se acumulan los sólidos en la cavidad del asiento e impiden el cierre total. Además, hay que cambiar con frecuencia las empaquetaduras porque son de vueltas múltiples y puede haber desgaste serio en el vástago. Otro factor que influye en los altos costos de mantenimiento es reacondicionamiento periódico de los asientos.

Hay disponibles algunos diseños modificados para eliminar algunas de estas limitaciones. El más común es la compuerta de cuña dividida en la cual el sello es un disco dividido. El sellamiento depende de la torsión aplicada en el volante ó la manija, en vez de que sea en la presión corriente arriba.

10.4.1.2 Válvula de Globo

El uso principal de la válvula de globo es para estrangulación porque puede producir una caída repetible de presión en una amplia gama de presiones y temperaturas. Sin embargo tiene baja capacidad y duración limitada del asiento debido a la turbulencia.

Su mantenimiento es costoso porque el sellamiento es de metal con metal, aunque ya hay asientos de materiales elastoméricos. Estas limitaciones explican por que son inadecuadas para servicio con pastas aguadas.

La designación de válvulas de globo abarca gran número de tipos, que incluyen los de operación manual y automatizada. La característica común de estas válvulas es su construcción interna que incluye un disco ó macho, que tiene su movimiento alternado dentro del cuerpo y que acopla con el asiento al cerrarla (figura. 10.1).

Las válvulas de globo de operación manual tienen un disco ó un macho que acopla con un anillo de asiento metálico. El disco puede ser todo de metal ó tener un inserto elástico. Los discos metálicos tienen una superficie de asentamiento cónica ó esférica que hace contacto lineal con el asiento cónico. Los discos con inserto elástico tienen superficie de sellamiento plana y el asiento tiene una superficie similar. Los insertos producen cierre hermético, pero no se prestan para estrangulación. Los discos metálicos con superficies endurecidas pueden producir cierta acción de limpieza al cerrar. Se debe usar con cuidado el bronce como material para los asientos porque se daña con facilidad con los cuerpos extraños.

Los asientos pueden ser integrales con el cuerpo ó atornillados y reemplazables. Debido a que la trayectoria de flujo en una válvula de globo convencional es muy problemática, tienen una caída de presión bastante grande. La válvula con cuerpo en Y (figura 10.2) es similar a la convencional, excepto que asienta en ángulo con relación a

la línea de centro de la válvula. La trayectoria de circulación esta contorneada y produce menos caída de presión que la válvula normal de globo.

Válvulas de control con cuerpo de globo

Las válvulas de globo destinadas para control automático son algo distintas de las de operación manual. El movimiento lineal del vástago lo produce directamente el actuador en lugar de que sea con las roscas del vástago. Se pueden utilizar machos con asiento sencillo ó doble para dar las características deseadas de flujo con respecto a la elevación. El asiento y el macho suelen ser de acero inoxidable y pueden tener revestimiento duro para servicios con gran caída de presión ó los que produzcan erosión. Por lo general, las caídas de presión mayores de 150 psi aconsejan pensar en componentes endurecidos.

Una válvula con asiento sencillo y guía superior tiene un macho de pequeña masa, lo cual significa que la frecuencia resonante es alta y, por ellos, es menos sensible a la vibración que las válvulas con machos grandes. La válvula de un solo asiento tiene un cierre más hermético que la de asiento doble, pero tiene menor capacidad de flujo. Se recomienda pulimentar el macho y el asiento para tener más hermeticidad. El macho esta desequilibrado (desbalanceado) por lo que se requiere actuador de alta capacidad, en particular en válvulas grandes ó las que tienen mucha caída de presión.

Se prefieren las válvulas con flujo debajo del macho para estabilidad dinámica. Las guías superior e inferior ofrecen la ventaja de que se puede invertir la válvula y que tenga una brida inferior para limpieza. Cuando se invierte el cuerpo también se invierte la acción de la válvula, o sea, que cierra hacia arriba en vez de hacia abajo.

Como se mencionó, la válvula de globo de doble asiento tiene algo más de capacidad que una del mismo tamaño con asiento sencillo. El macho esta parcialmente equilibrado

Al igual que la válvula de globo no tiene compensación de presión, por esta razón las variaciones de caída de presión a través del orificio producirán cambios definidos en la rapidez del flujo a través de la válvula por lo cual deberán usarse con precaución.

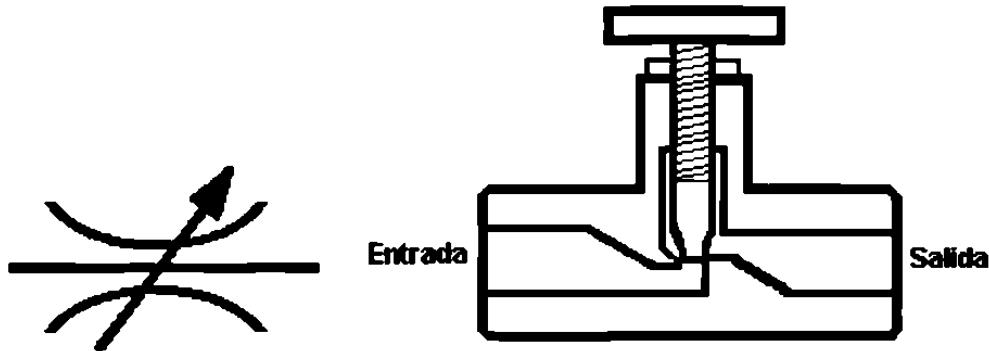


Figura 10.14 Válvula de aguja

10.4.2 Válvulas compensadas por presión

El problema básico con orificios, es que el flujo es una función de la caída de presión, así como del área. Cuando la presión en el cilindro ó en el motor del fluido fluctúa, en respuesta a los cambios de carga, el ritmo del flujo también cambia. Para hacer la compensación debe utilizarse algún dispositivo adicional sensible a la presión.

La forma más simple del compensador, es una válvula reductora instalada entre la línea de alta presión y el orificio. La válvula reductora controla el flujo hacia el orificio, en forma tal que la caída de presión a través del mismo se mantiene constante. Para indicar a un orificio de presión controlada en los diagramas del circuito se utilizan las letras PC a un lado del símbolo de la válvula.

Una sección transversal a través de una válvula como la mencionada en la siguiente figura.

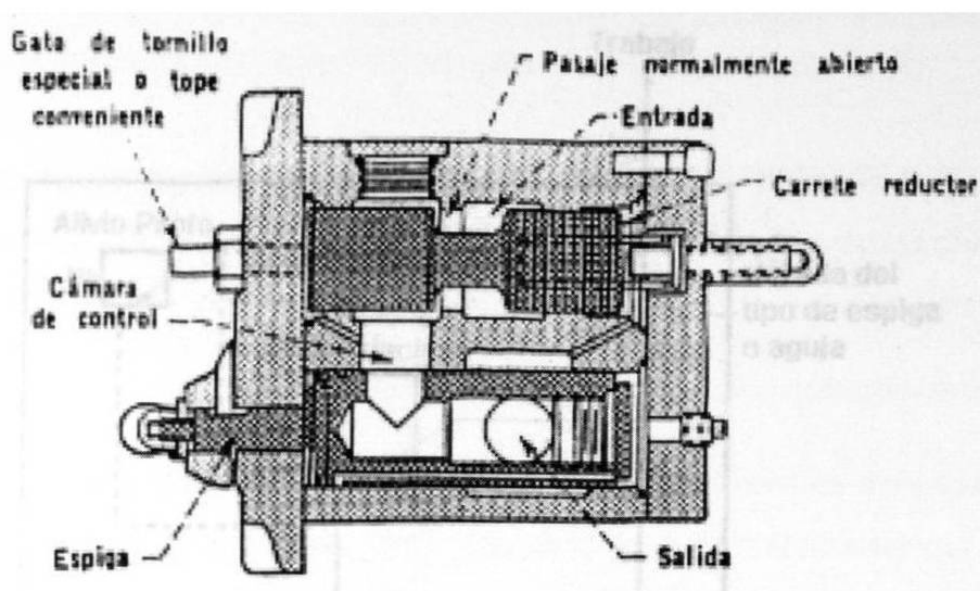


Figura 10.15 Válvula compensada de control de flujo.

El flujo de entrada a la válvula, pasa a través de una válvula reductora de abertura normal y hacia una cámara de control. Luego continúa por un orificio ajustable (que el diagrama trazado está controlado por una espiga) hacia la salida. El fluido de la cámara de control, se lleva a un extremo del carrete de la válvula reductora y el fluido de salida se lleva a la cámara de resorte del carrete. El carrete se mueve, en forma de mantener a la caída de presión constante a través del orificio. Las caídas de presión mayores, tenderán a cerrar el carrete, y las caídas de presión menores tenderán a abrirlo.

Cuando se utiliza la válvula con el orificio de salida conectado al tanque (como en el circuito de purga), la cámara del resorte de la válvula en efecto estará drenada en forma interna.

Otra forma de compensación se muestra en la siguiente figura.

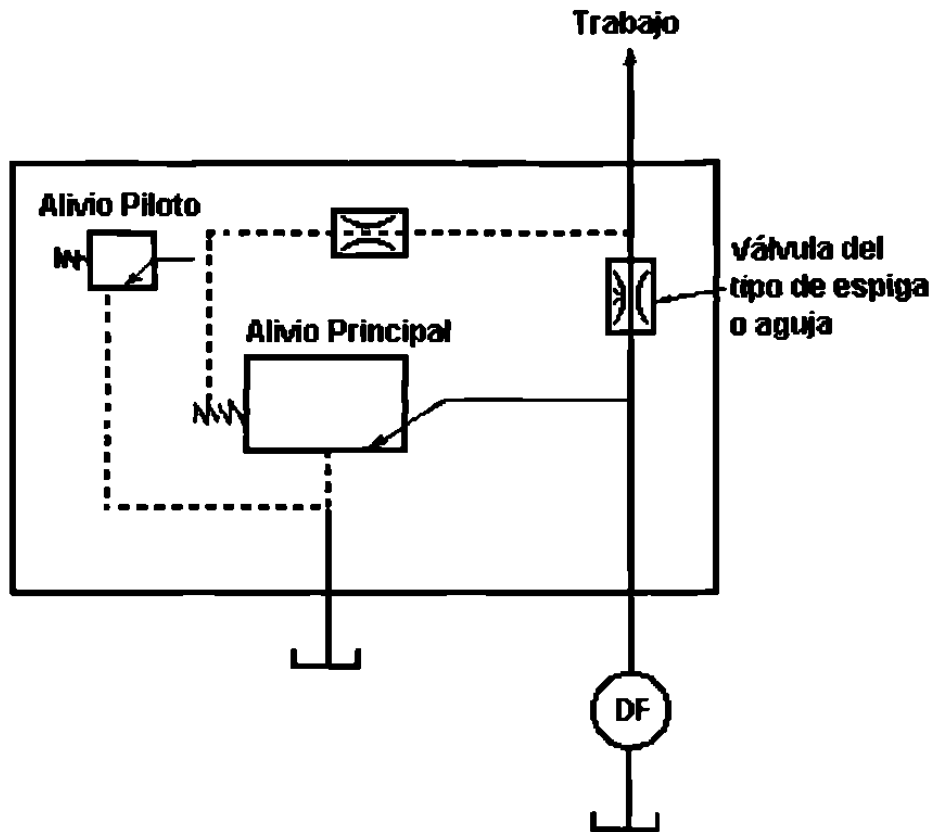


Figura 10.16 Válvula compensada de control de flujo, con una válvula de alivio como compensador.

Allí una válvula de alivio piloto se combina con dos orificios, uno fijo y el otro variable. Una bomba de entrega constante da un flujo fijo del fluido. Si por la carga de trabajo se crea una presión cero, la cámara del resorte del carrete principal tiene una presión cero y el fluido pasa por el orificio ajustable, a la presión creada por el resorte en el carrete principal de alivio.

Cuando se tiene resistencia y la presión aumenta en el secundario, ésta presión actúa como un aditivo a la cámara del resorte tendiendo a elevar la presión con la cual el auxiliar principal se abre y por lo tanto, a elevar la presión en la entrada del orificio ajustable. En esta forma, la caída de presión a través (y por lo tanto el flujo que pasa) del orificio ajustable, se mantiene constante.

El orificio fijo, en la línea piloto de alivio tiene como propósito restringir el flujo al piloto y evitar que entre a la cámara del resorte más fluido que el necesario.

Esta forma de compensación, puede utilizarse cuando únicamente se opera un control de flujo desde la línea de presión. Si se va a usar a más de un control de flujo en paralelo desde una bomba simple, es necesario utilizar la válvula compensadora reductora.

La combinación de válvula de control de flujo y de alivio, es muy usada en los circuitos de actuación de máquinas para esmerilar y en otras aplicaciones que exigen la forma más simple de control de velocidad.

10.4.3 Válvulas compensadas por presión y temperatura

En las válvulas de control de presión compensada está sujeta a cambiar con las variaciones de la temperatura de aceite. Aunque el aceite fluya más libremente cuando está caliente, se puede mantener flujo constante al disminuir el tamaño de la abertura del estrangulador cuando aumenta la temperatura del aceite. Esto se logra con un vástago compensador que se alarga con el calor y se contrae cuando se enfría. El estrangulador es un émbolo sencillo que se mueve de afuera hacia dentro del orificio de control. El vástago compensador se instala entre el estrangulador y su ajustador.

10.5 Válvulas de control de dirección

Válvulas de control direccional

La parte móvil en una válvula de control direccional conecta y desconecta conductos internos dentro del cuerpo de la válvula, cuya acción permite controlar la dirección del fluido.

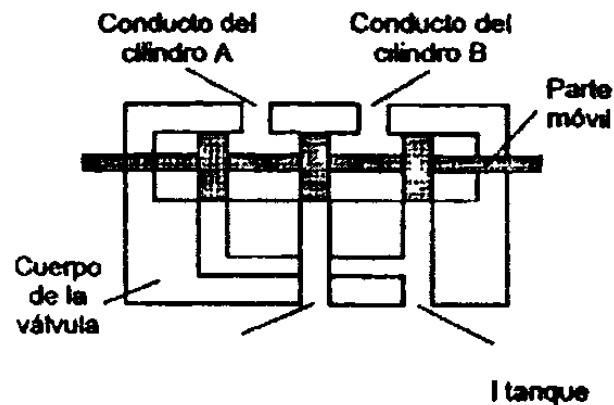


Figura 10.17 Válvula de control direccional

En que consiste una válvula de control direccional

Una válvula de control direccional típica, consiste en un cuerpo de válvula con cuatro conductos internos y un conmutador de émbolos como parte móvil, el cual conecta y desconecta los conductos.

Cómo funciona una válvula de control direccional

Con el conmutador en uno de los extremos, el conducto de la bomba se conecta al conducto "B" del cilindro y el conducto del tanque se conecta al conducto "A" del cilindro.

Con el conmutador en el otro extremo, el conducto de la bomba se conecta al conducto "A" del cilindro y el conducto de tanque se conecta al conducto "B" del cilindro.

Con una válvula de control direccional en un circuito, el vástago del cilindro puede extenderse y realizar trabajo. Al cambiar el conmutador al otro extremo, el flujo se dirige al otro lado del cilindro. El vástago retrocede.

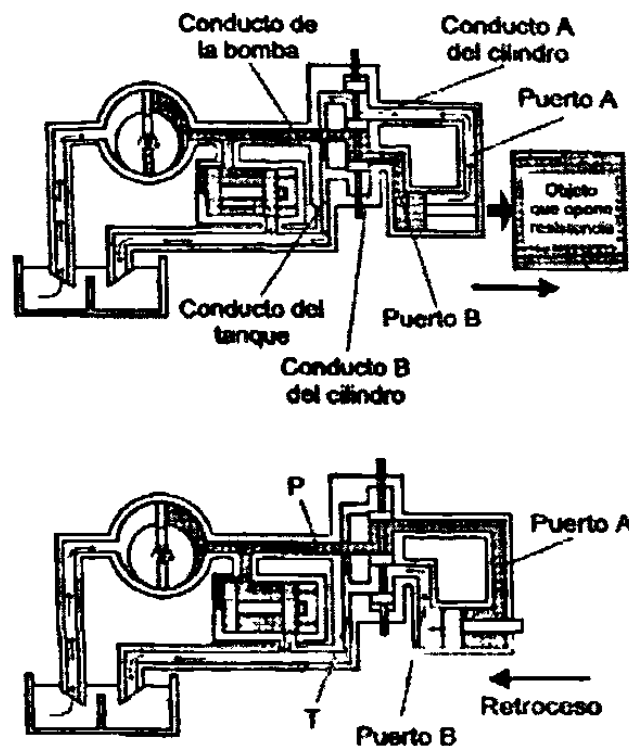


Figura 10.18 Funcionamiento de la válvula de control direccional

Control de la velocidad del actuador

En muchas aplicaciones es conveniente y aún necesario controlar la velocidad a la cual realiza trabajo un actuador.

La velocidad a la cual realiza trabajo un actuador (cilindro, motor) es resultado directo de la rapidez con que se llena. En otras palabras, la velocidad del actuador es de resultado de los GPM que fluyen al actuador.

Puesto que la bomba en un sistema hidráulico puede operar con desplazamiento constante, tendría sentido seleccionar una bomba con el caudal requerido. Usualmente este es el caso cuando se emplea sólo un actuador en el sistema.

Con frecuencia, en un sistema hidráulico hay más de un actuador. Si el sistema se diseña para que actúen individualmente los cilindros, entonces el caudal de la bomba se selecciona por la velocidad requerida en el cilindro más grande. Este hecho significa que los actuadores pequeños se moverán más rápido, lo cual quizás resulte indispensable. Para reducir el flujo hacia estos actuadores ó cualquiera similar, se emplea una válvula reguladora de caudal.

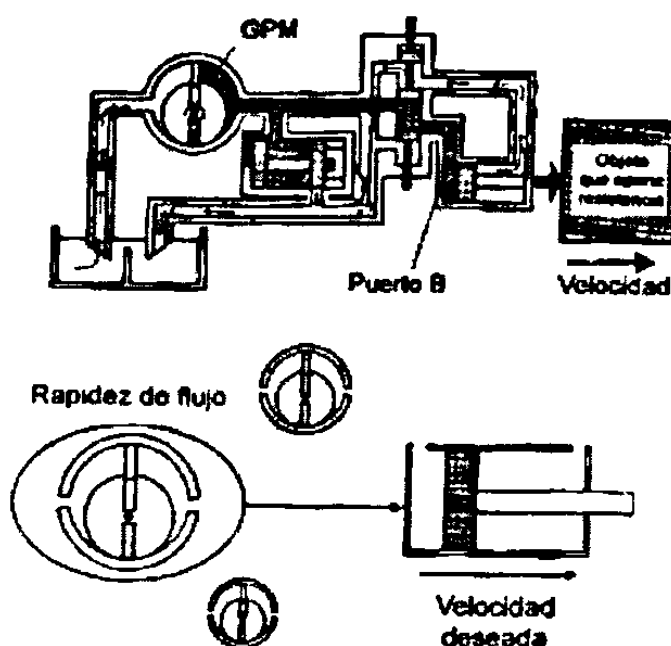


Figura 10.19 Control de velocidad del actuador

10.5.1 Válvulas check

Una válvula check puede funcionar de dos maneras, de control direccional ó de presión. Sin embargo en su forma más sencilla, la válvula check no es más que una válvula direccional de un paso (figura.10.20). Esta permite flujo libre en una dirección y obstruye el paso en otra dirección.

Nótese que los componentes del símbolo gráfico para una válvula check indican dos posiciones de la válvula abierta y cerrada. Este es un diagrama algo complicado para válvula tan sencilla además que se usa poco. Más bien, se usa universalmente el símbolo de balín y asiento sencillo y por eso se le designará a la válvula check a través de este manual.

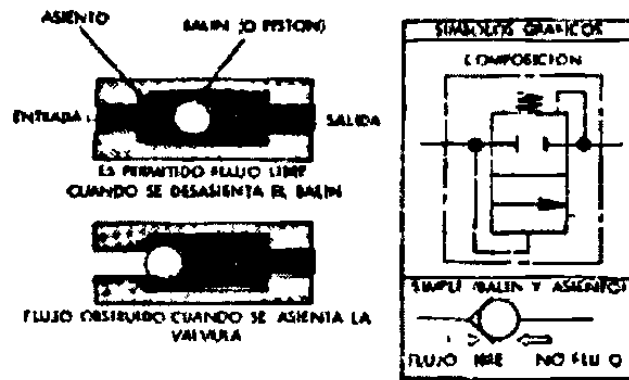


Figura 10.20 Una válvula Check es una válvula de una vía

10.5.1.1 Válvula check simple

Las válvulas simples (figura 10.21) se llaman así porque están conectados a una línea y el aceite fluye derecho a través de ellas. El cuerpo de la válvula tiene rosca para tubería ó tubo conector para conectarlas, y es maquinado en su interior para formar un asiento para el cabezal móvil ó el balín (figura 10.22) Un resorte ligero mantiene al cabezal móvil asentado en su posición cerrada normal lo cual permite montar la válvula en cualquier posición.

En la dirección de fluido libre el resorte será movido y la válvula se abrirá a una caída de presión aproximada de 5 psi. Los resortes no son ajustables aunque si hay varios tamaños para distintos requerimientos tales como el que crea la presión piloto ó como cambiadores de potencial ó como filtros de aceite cuando se ocasionan remolinos ó se atasca por mucho flujo En estas circunstancias no se usa como válvula check, más bien se usa como válvula de alivio ó de secuencia.

Aunque es posible manejar presiones a 3000 psi las válvulas check no se recomiendan para las aplicaciones en las que la válvula esta sujeta a velocidades altas de flujo de retorno.

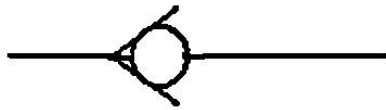
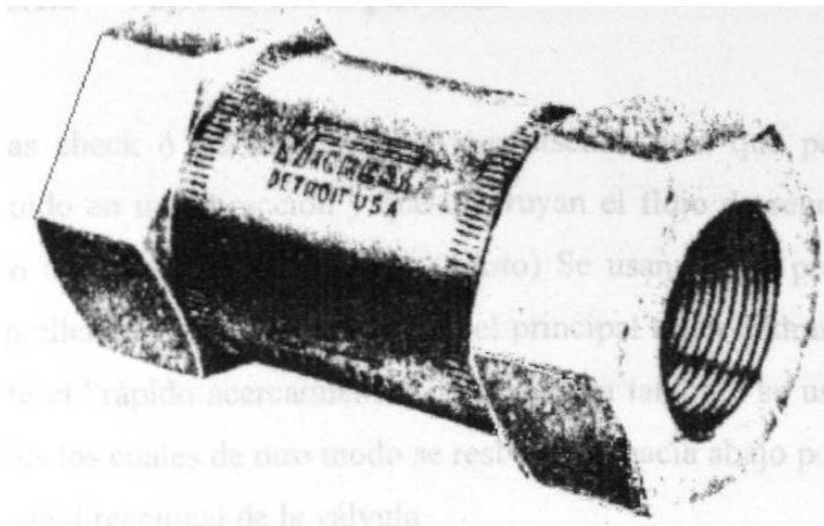


Figura 10.21 Válvula Check Simple

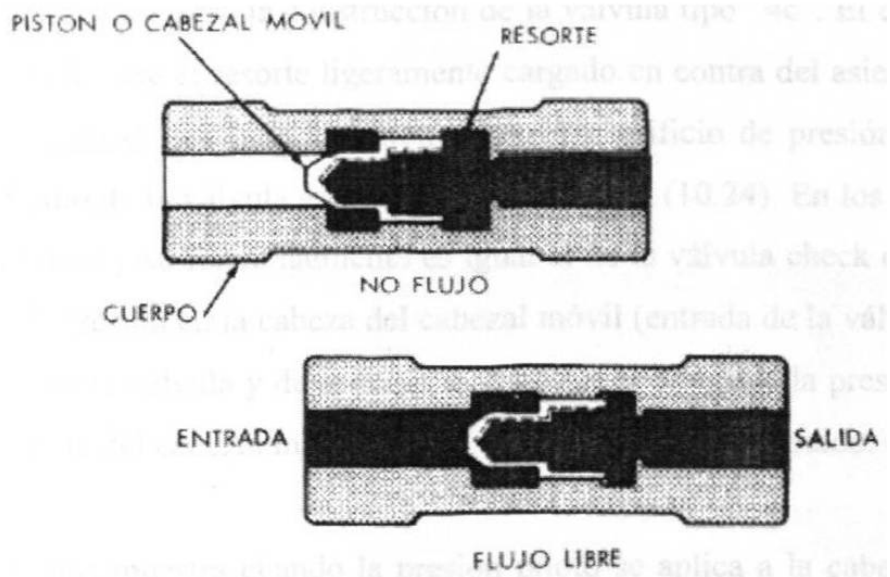


Figura 10.22 Funcionamiento de una válvula simple

10.5.1.2 Válvulas check pilotada

Las válvulas check ó de función piloto se diseñan para que permita que fluya libremente el fluido en una dirección y que obstruyan el flujo de regreso hasta que se abran por medio de una señal por presión (piloto) Se usan en las prensas hidráulicas como válvulas prellenadoras para permitir que el principal ariete hidráulico se llene por gravedad durante el “rápido acercamiento” de la carrera también se usan para detener pistones verticales los cuales de otro modo se resbalarían hacia abajo por el paso de fuga que tiene el carrete direccional de la válvula

Los dos diseños de la válvula check de funcionamiento piloto se identifican como los modelos “2C” “4C”

Serie 4c

La figura (10.23) muestra la construcción de la válvula tipo “4c”. El cabezal móvil de la válvula check tiene el resorte ligeramente cargado en contra del asiento el cual es integral con una camisa que guía el pistón piloto. Un orificio de presión piloto en la cubierta del extremo de la válvula es mostrado en la figura (10.24). En los dibujos A., ó no hay presión piloto y su funcionamiento es igual al de la válvula check convencional. En el dibujo A la presión en la cabeza del cabezal móvil (entrada de la válvula) ya abrir el resorte para abrir la válvula y dejar pasar el flujo En el dibujo B la presión en mayor en el lado del resorte del cabezal móvil y el flujo de retorno esta obstruido.

El dibujo C nos muestra cuando la presión piloto se aplica a la cabeza del pistón piloto. La varilla empuja hacia fuera de su asiento el cabezal móvil y deja que fluya el fluido de regreso, la presión piloto requerida para desasentar al cabezal móvil de este modo debe ser mayor un 40 por ciento a la presión que hay en la cámara de “salida”.

Serie 2 C

En la figura (10.25) se mostrará la válvula tipo "2C". En este diseño, el cabezal móvil de la válvula check se parece a la válvula de un motor de cobre y tiene el pistón piloto adjunto a la varilla roscada del cabezal móvil con una tuerca. El resorte ligero mantiene al cabezal móvil asentado, cuando no hay flujo al empujar en contra el pistón piloto. Se da un orificio aparte de drenaje para evitar que el aceite cree un aumento de presión abajo del pistón.

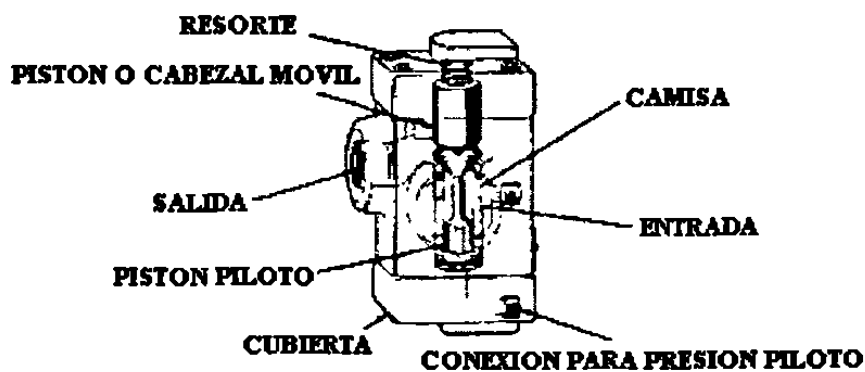


Figura 10.23 Construcción de una válvula check "4c"

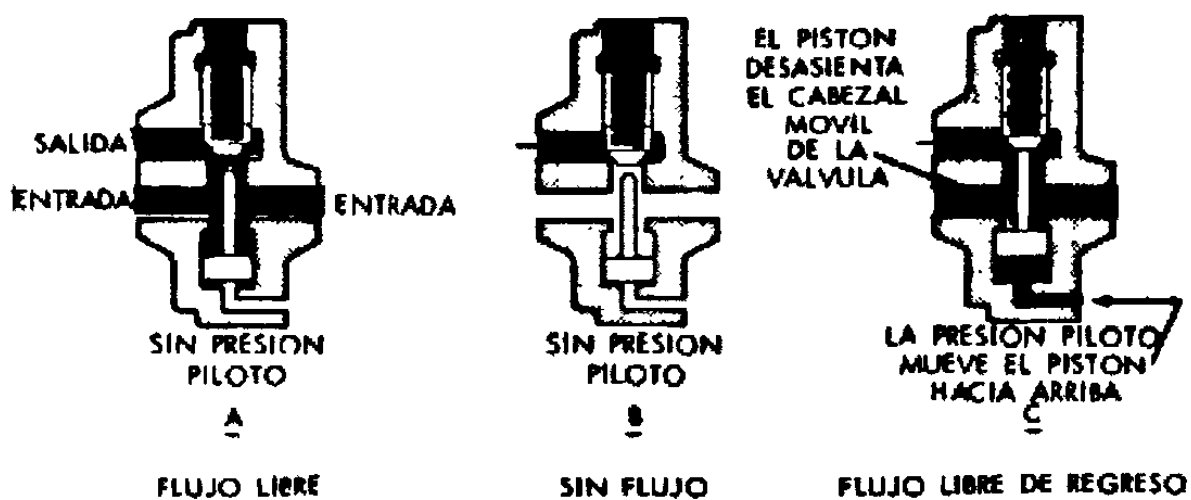


Figura 10.24 Funcionamiento de una válvula check "4c"

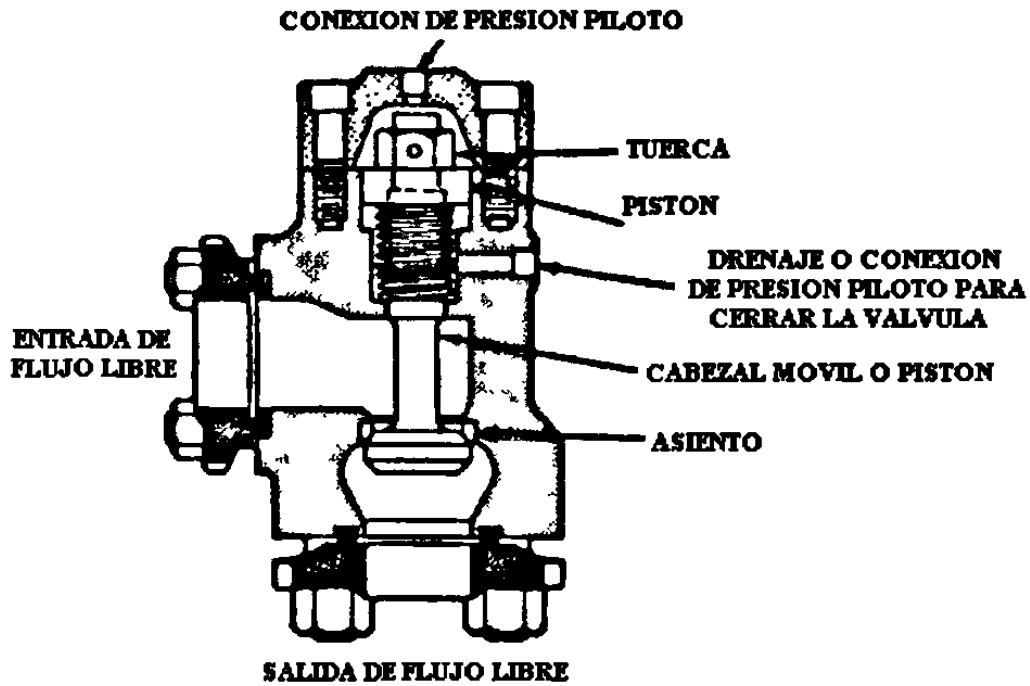


Figura 10.25 Construcción de una válvula check "2c"

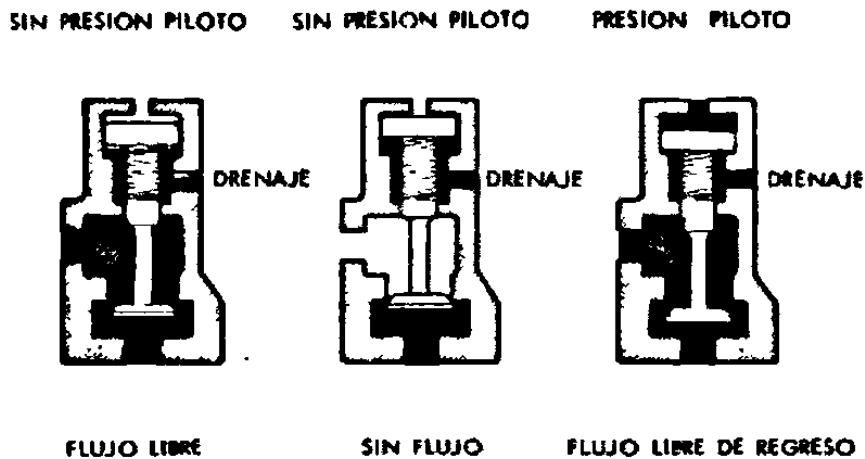


Figura 10.26 Funcionamiento de una válvula check "2c"

En la figura (10.26), dibujos A y B, se muestran el funcionamiento de una válvula check sin presión piloto. El flujo de regreso (dibujo C) se puede suscitar sólo cuando la presión excede al 80 por ciento de la presión en la cámara de salida aplicada al pistón piloto.

Esta válvula también la hay sin resorte para las aplicaciones en donde se necesite el cabezal móvil siempre cerrado ó abierto. En el diseño sin resorte, los orificios, piloto y de drenaje funcionan como si fueran los orificios de la presión piloto y se invierten al usar una válvula direccional. La presión piloto se usa para mantener la válvula en la dirección deseada

10.5.2 Válvulas direccionales de 2 posiciones

Son elementos constructivos que modifican, abren ó cierran Los pasos del flujo en sistemas hidráulicos. Estas válvulas permiten controlar la dirección del movimiento y la parada de los elementos de trabajo.

Válvula de dos vías

Una válvula direccional de dos vías, solo tiene dos conductos internos que se pueden conectar ó desconectar entre sí. En una de sus posiciones, el conmutador permite que el flujo cruce por la válvula. Cuando el conmutador ocupa la otra posición no hay flujo a través de la válvula.

Válvula direccional de dos vías en circuito

La función de una válvula direccional de 2 vías es semejante a la de un interruptor eléctrico; sirve para conectar ó desconectar. En muchos sistemas se usa esta válvula como interruptor de seguridad y para aislar ó conectar varias partes del sistema.

10.5.2.1 Válvulas direccionales de 2 vías

La válvula de 2/2 vías esta provista de una conexión de trabajo (A) y de presión (P) (véase figura 10.27) y permite un control del caudal volumen cerrado ó abriendo el paso. La válvula mostrada en la figura tiene las siguientes posiciones.

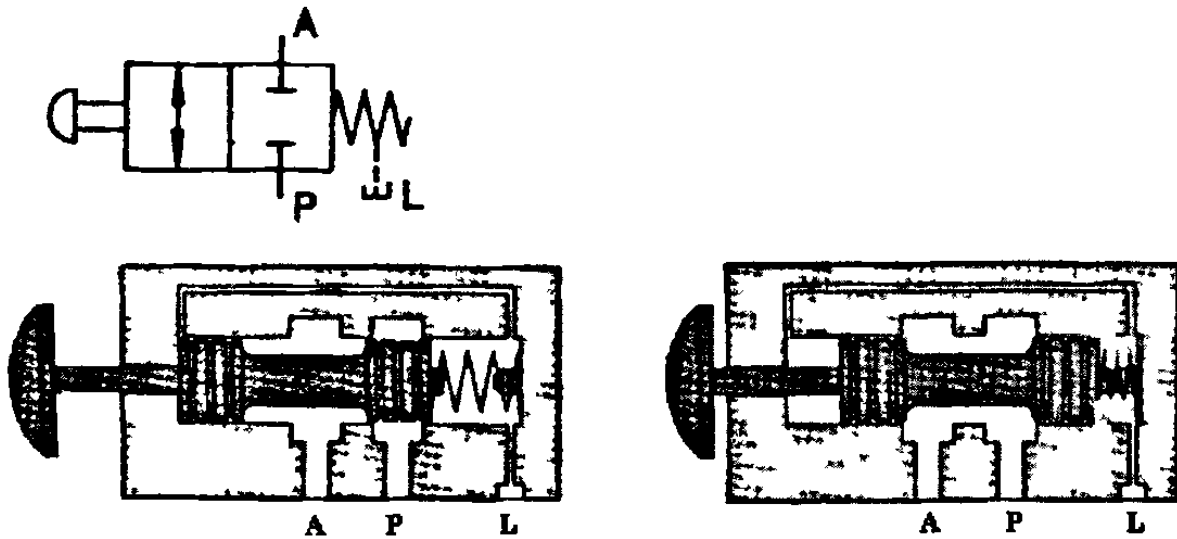


Figura 10.27 Válvula de 2/2 vías, versión con corredora

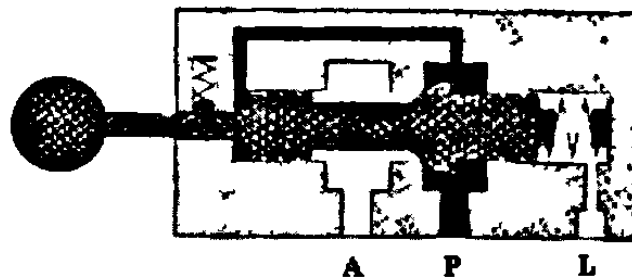


Figura 10.28 Válvula de 2/2 vías, versión con asiento

Aunque no lo exige la norma, las válvulas de asiento frecuentemente son representadas incluyendo el símbolo del asiento. Este tipo de válvulas también puede tener “abierto el paso de hacia A” en posición normal.

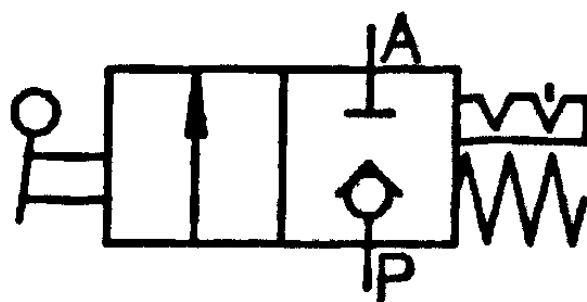


Figura 10.29 Símbolo de válvula de asiento

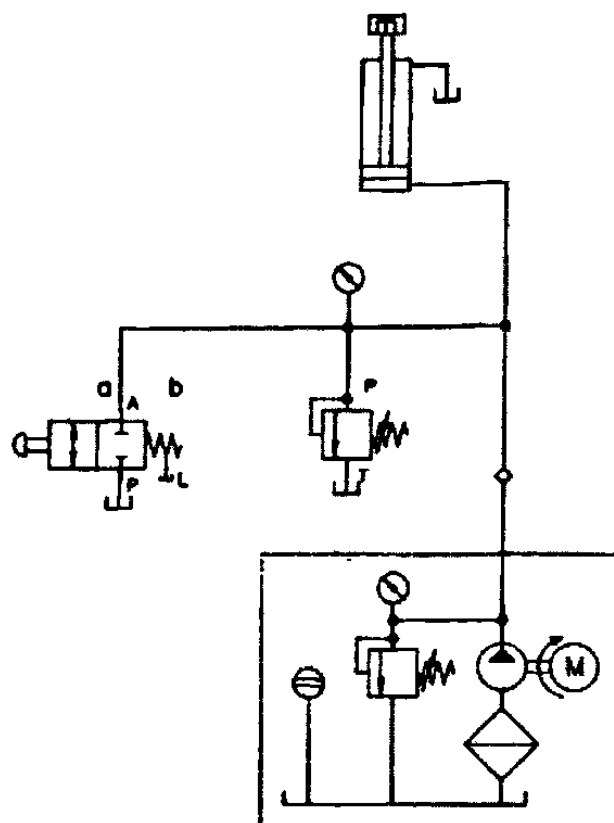


Figura 10.30 Accionamiento de cilindro de simple efecto (esquema hidráulico)

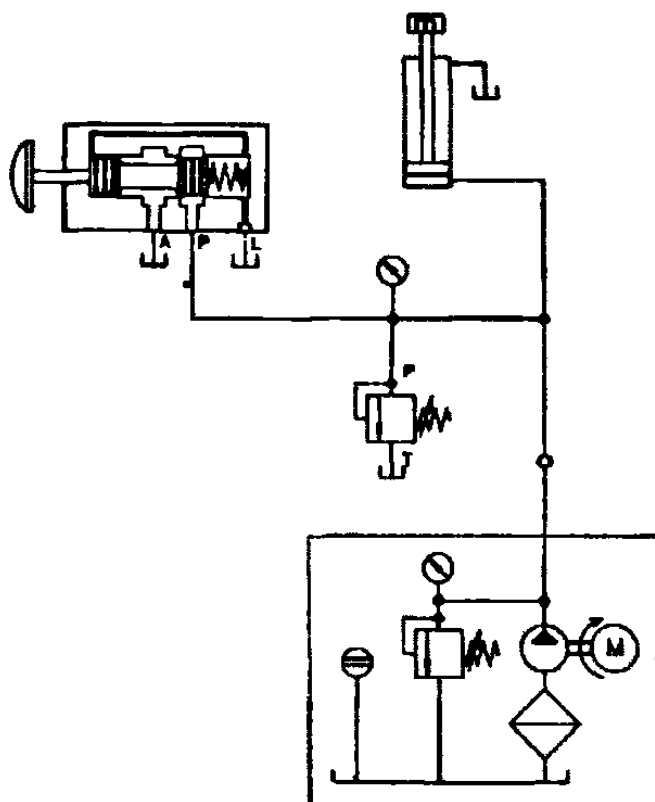


Figura 10.31 Accionamiento de cilindro de simple efecto (sección)

10.5.2.2 Válvulas direccionales de tres vías

La válvula direccional de 3 vías tiene 3 conductos dentro de su cuerpo: uno hacia la bomba, otro hacia el tanque y uno hacia el actuador.

La función de esta válvula es enviar líquido presurizado hacia el puerto único del actuador, cuando el conmutador se encuentra en una de sus dos posiciones extremas. Cuando el conmutador se desplaza a la otra posición la válvula recibe y canaliza hacia al tanque el flujo que el actuador descarga (a través del mismo puerto por el que recibió el líquido a presión). En otras palabras, la válvula presuriza y descarga en forma alternativa el puerto de un actuador.

Válvulas direccionales de tres vías en un circuito

Se puede usar una válvula direccional de tres vías para operar actuadores de simple efecto, como elevadores y cilindros de retorno por resorte. En estas aplicaciones, la válvula de 3 vías dirige el caudal de líquido a presión hacia el lado de la tapa del cilindro. Al desplazar el conmutador a su otra posición extrema, la válvula bloquea el paso del flujo al actuador. Al mismo tiempo, se conecta el conducto hacia el actuador en el interior de la válvula con el conducto hacia el tanque.

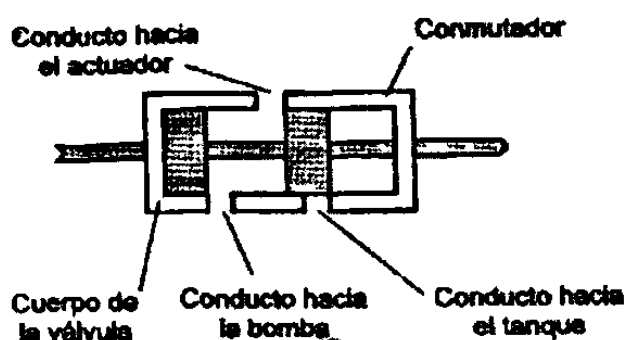


Figura 10.32 Válvula direccional 2 posiciones 3 vías

Válvula de 3/2 vías

La válvula de 3/2 vías está provista de una conexión de trabajo (A), una de presión (P) y de una para el depósito (T) y permite un control caudal volumétrico mediante las siguientes posiciones:

- Posición normal: Conexión P bloqueada y paso abierto de A hacia T.
- Posición conmutada: Salida T bloqueada y paso abierto de P hacia A.

Las válvulas de 3/2 vías también pueden estar abiertas en posición normal, es decir, con paso abierto de P hacia A.

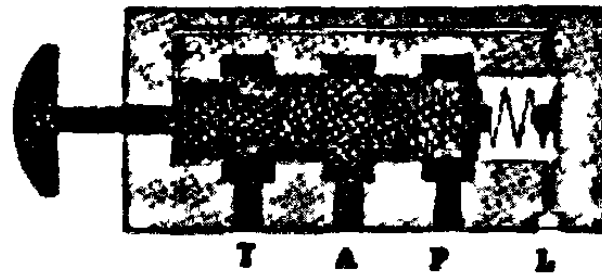


Figura 10.33 Válvula de 3/2 vías

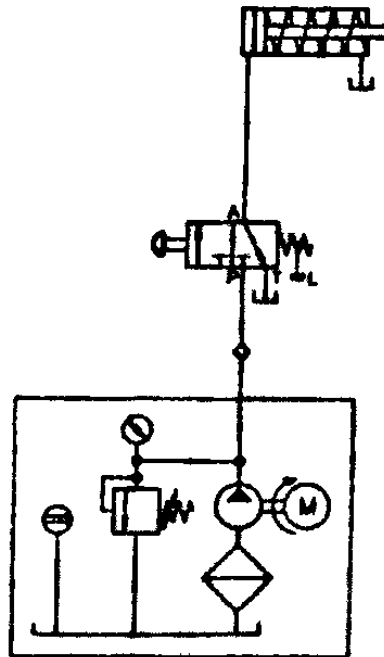


Figura 10.34 Accionamiento de cilindro de simple efecto

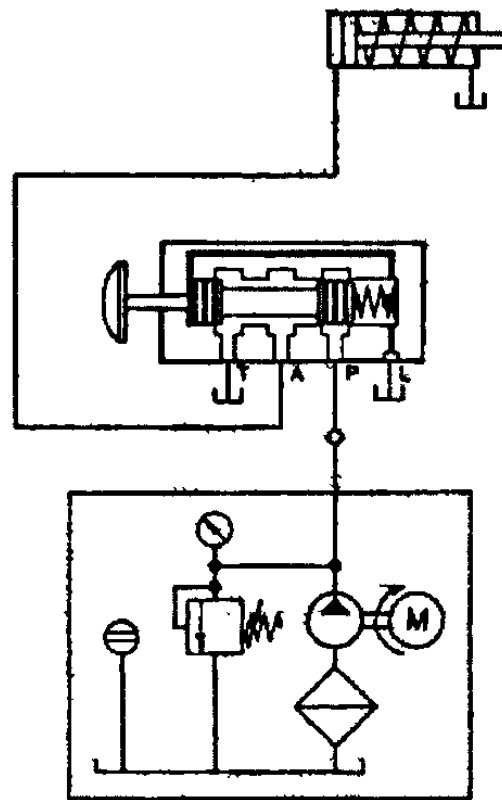


Figura 10.35 Accionamiento de cilindro de simple efecto (sección)

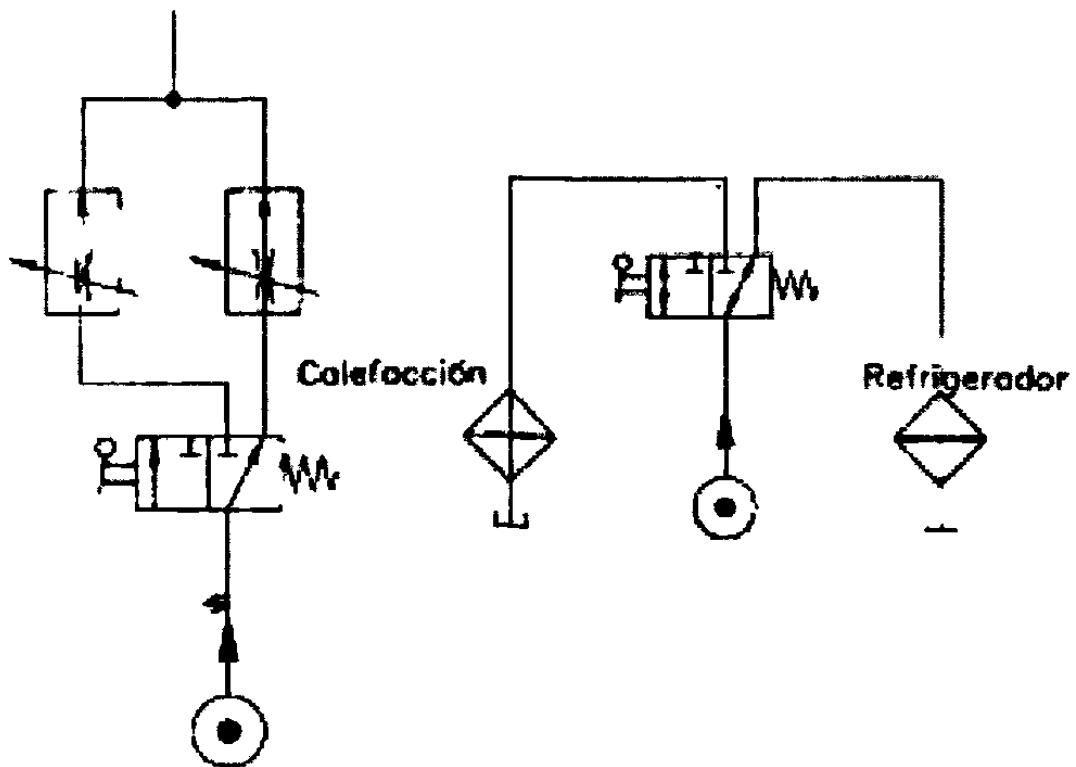


Figura 10.36 Aplicación como desvío

10.5.2.3 Válvulas direccionales de 4 vías montadas sobre una placa base.

Hasta el momento, las válvulas direccionales de 4 vías que se han descrito tienen colocados los conductos hacia la bomba en uno de los costados del cuerpo de la válvula. En el costado opuesto se encuentran los dos conductos hacia el actuador. Esta disposición se apega al símbolo de la válvula. Sin embargo, para facilitar su instalación, la mayoría de las válvulas direccionales hidráulicas industriales están montadas sobre una placa base. Es decir, se encuentran atornilladas a una placa en la cual se conectan las tuberías del sistema. Por lo tanto, los puertos de estas válvulas se localizan en la superficie inferior del cuerpo de la válvula.

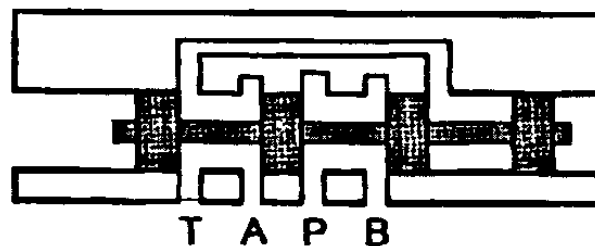


Figura 10.37 Cuerpo de válvula de cuatro vías, montada sobre una placa base, con conmutador de cuatro émbolos

La válvula de 4/2 vías está provista de dos conexiones de trabajo (A, B) de una de presión y de una conexión para el depósito (T).

- Posición normal: Paso abierto de P hacia B y de A hacia T
- Posición conmutada: Paso de P hacia A y de B hacia T

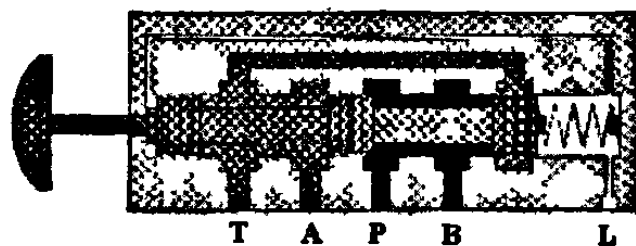


Figura 10.38 Válvula de 4/2 vías con émbolo de maniobra

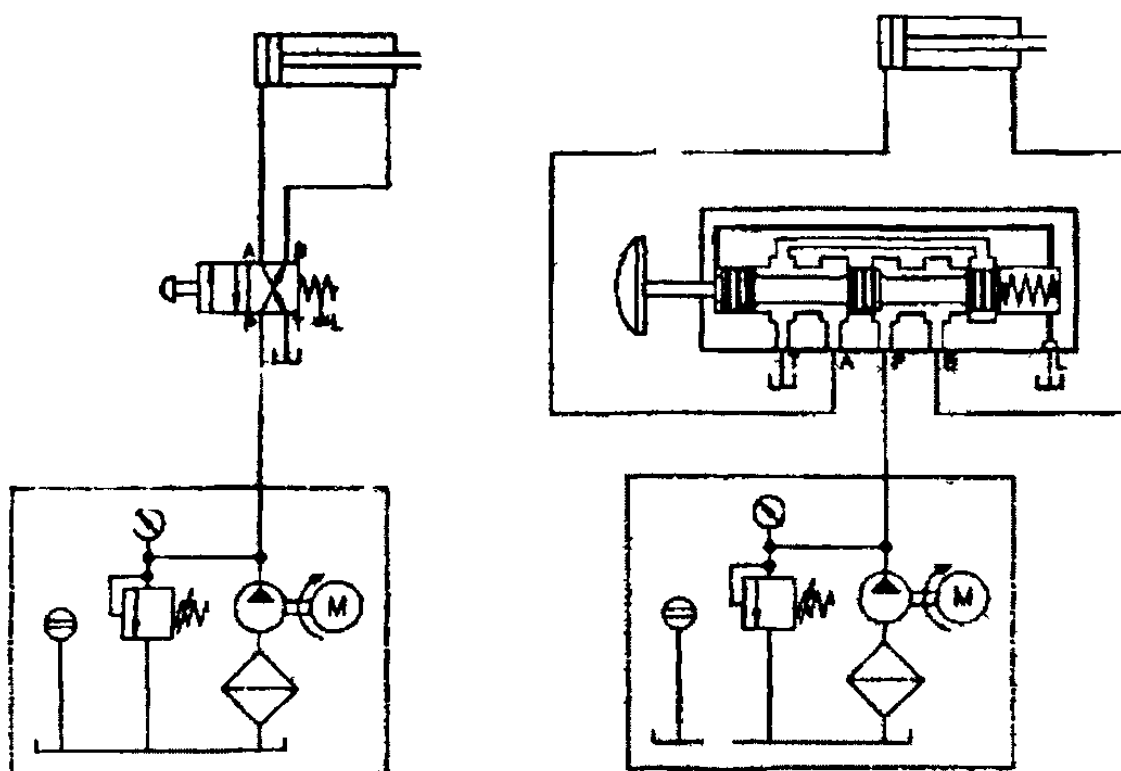


Figura 10.39 Accionamiento de cilindro de doble efecto

Las válvulas de 4/2 vías también pueden estar provistas de tan solo dos émbolos de maniobra. En ese caso, dichas válvulas no necesitan conexiones para aceite de fuga y además, la conexión T del depósito y las conexiones de trabajo A y B son controlada por la culata de la válvula.

En las fichas técnicas de estas válvulas siempre se indica una presión máxima para la conexión hacia el depósito que es menor a la presión máxima del lado de trabajo, ya que en la conexión T la presión actúa contra la culata.

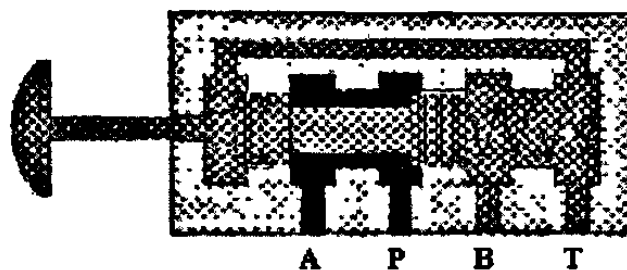
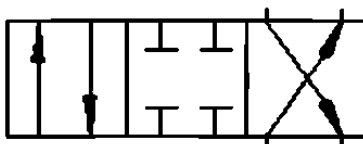


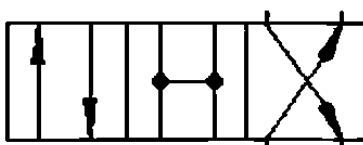
Figura 10.40 Válvula de 4/2 vías con dos émbolos

En su versión más sencilla, las válvulas de 4/2 vías son tipo corredera. Las válvulas de 4/2 vías tipo válvula de asiento tienen una configuración más complicada puesto que son una combinación de dos válvulas de 3/2 vías ó de cuatro válvulas de 2/2 vías.

Las posiciones intermedias son un criterio importante para la elección de una válvula, por lo que son indicadas respectivamente en los símbolos. Tratándose de posiciones que no son realmente efectivas, los cuadrados son más estrechos y tienen líneas intermitentes.



Símbolo: sobrepresión positiva



Símbolo: sobrepresión negativa

Figura 10.41 Posición intermedia de una válvula de 4/2 vías

Posibles aplicaciones de válvulas de 4/2 vías:

- Accionamiento de cilindros de doble efecto
- Accionamiento de motores de giro en ambas direcciones
- Accionamiento de dos circuitos.

10.5.3 Válvulas direccionales de 3 posiciones

10.5.3.1 Válvula direccional de 4 vías

Las válvulas de 4/3 vías tienen una estructura sencilla si son válvulas de corredera, si son válvulas de asiento, su estructura es aplicada. Una válvula de 4/3 vías puede estar compuesta, por ejemplo, de cuatro válvulas, de 2 vías.

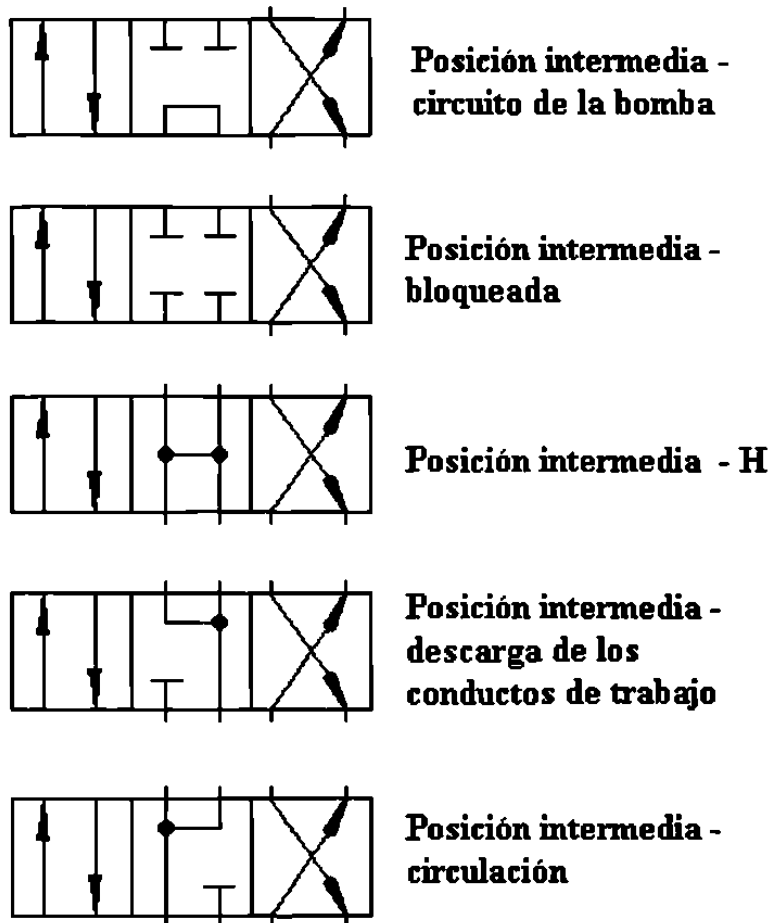


Figura 10.42 Válvulas de 4/3 vías

En las válvulas de 4/3 vías suelen indicarse las posiciones intermedias.

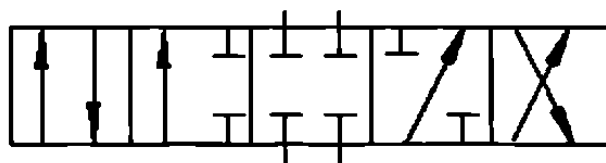


Figura 10.43 Posiciones intermedias

Esta de 4/3 vías tiene una sobre posición positiva en la posición intermedia. Las posiciones intermedias de la izquierda y de la derecha son una combinación positiva y negativa.

10.5.3.2 Tipos de centros para las válvulas direccionales de posiciones

Condición central abierta ó centro abierto "H"

Una válvula direccional que tienen un conmutador de centro abierto tiene conectados simultáneamente entre sí a los pasajes P, T, A y B, cuando se encuentran en la posición central.

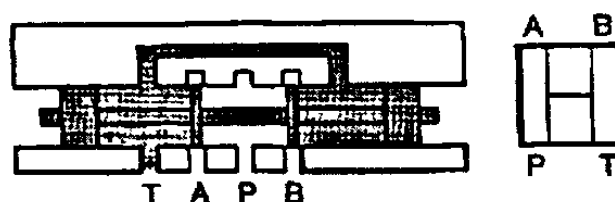


Figura 10.44 Conmutador de centro abierto

Válvula de centro abierto en un circuito

Con frecuencia, las válvulas de 4 vías de centro abierto se emplean en circuitos que cuentan con un solo actuador. En estos sistemas, después, que el actuador ha completado su ciclo de trabajo el conmutador de la válvula direccional ocupa su posición central y el flujo que proviene de la bomba regresa al tanque a través de la válvula a presión baja. Al mismo tiempo el actuador queda en libertad de moverse. Una válvula con centro abierto tiene dos desventajas: primera, ningún otro actuador puede operar mientras la válvula permanezca en su posición central; segunda, la carga del cilindro no puede mantenerse en una posición a media carrera del émbolo.

En el circuito que muestra la figura, del cilindro B se extiende y se retrae cuando la válvula direccional pasa de una posición extrema a otra. Si la válvula se coloca en su posición central, mientras el cilindro está a media carrera, la carga del cilindro podrá continuar con su movimiento. Mientras tanto, el cilindro A no podrá operar pues todo el flujo que entrega la bomba regresa continuamente al tanque, a través de la válvula direccional que controla al cilindro B.

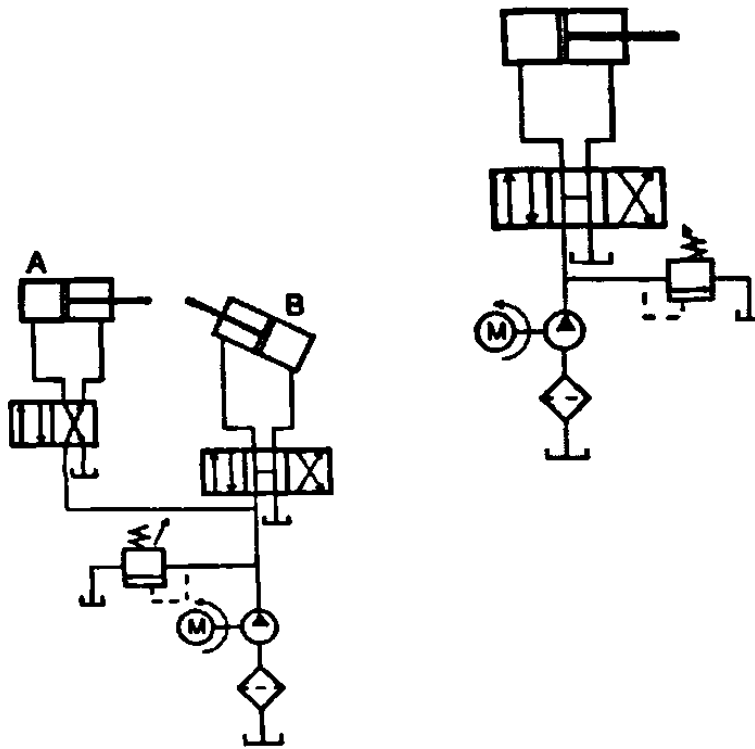


Figura 10.45 Válvula de centro abierto en un circuito

Condición de centro cerrado

Una válvula direccional con conmutador de centro cerrado bloquea los pasajes P, T, A y B cuando el conmutador se encuentra en la posición central.

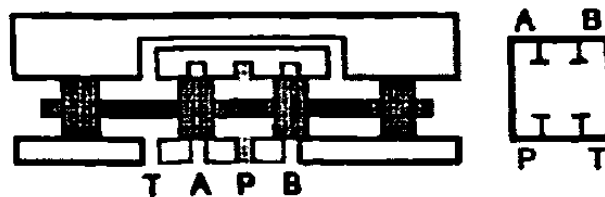


Figura 10.46 Condición de centro cerrado en un circuito

Válvulas de centro cerrado en un cilindro

Un centro cerrado puede detener el movimiento de un actuador, a la vez que permite operar de manera independiente a los demás actuadores en el sistema, aunque el sistema cuente con sólo una fuente de potencia.

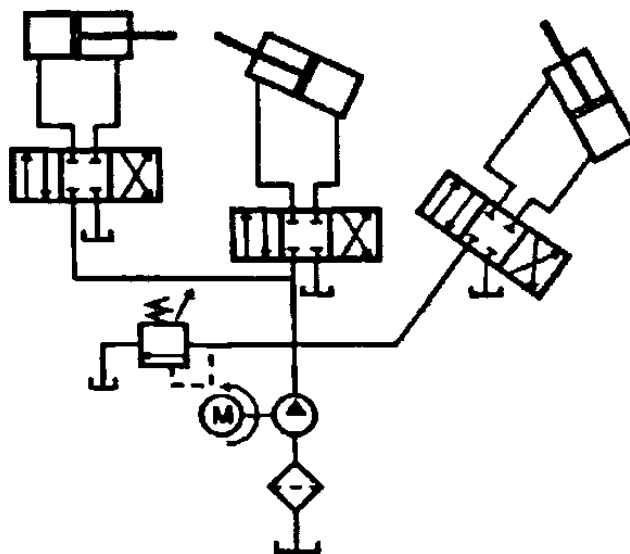


Figura 10.47 Válvulas de centro cerrado en un cilindro

Las válvulas direccionales de centro cerrado tienen algunas desventajas. Una de ellas es que el flujo que entrega la bomba no se puede descargar hacia el tanque a través de la válvula direccional durante los tiempos muertos del actuador. Sin embargo, la descarga se puede llevar a cabo a través de una válvula de alivio operada por piloto.

Otra de las desventajas de una válvula de centro cerrado es que el conmutador —como sucede con cualquier válvula— inevitablemente tiene fugas. Por esta causa, si la presión del sistema actúa sobre el conmutador por un tiempo mayor a unos pocos minutos, empezará a subir la presión en las líneas A y B que van hacia el actuador. Este fenómeno se puede explicar mediante un ejemplo.

En la ilustración están colocadas dos restricciones fijas en una línea de retorno del flujo hacia el tanque. Ambas restricciones son idénticas y la presión en el tanque es igual a cero.

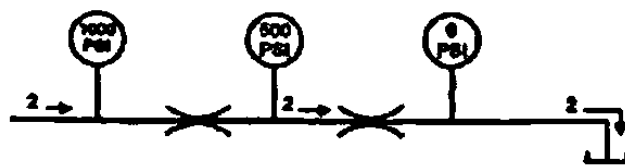


Figura 10.48 Presión diferencial

La presión diferencial total a través de ambas restricciones es de 1000 psi (6896 kPa). Como las dos restricciones son idénticas, conforme pasan hacia el tanque 2 GPM (7.58 lpm) se transforman cantidades iguales de energía de presión en energía térmica. La restricción 1 transforma 500 psi (3448 kPa) de los 1000 psi (6896 kPa) en energía térmica. La restricción 2 transforma los restantes 500 psi (3448 kPa) también en energía térmica. La presión diferencial a través de cada restricción es de 500 psi (3448 kPa). La presión entre ambas restricciones es de 500 psi (3448 kPa).

Cuando una válvula de centro cerrado está en su posición central, el fluido hidráulico logra fugar a través del conmutador. Las fugas pasan del puerto P hacia el puerto A por el pequeñísimo claro que hay entre el émbolo del conmutador y el cuerpo de la válvula. Ya que este fluido no puede ir a sitio alguno de la línea A, pasa hacia el puerto del tanque a través del claro correspondiente al siguiente émbolo.

Suponga que la presión en el puerto P de una válvula, que tiene su conmutador en la posición central, es de 1000 psi (6898 kPa) y que la presión en el tanque es cero. El espacio entre el cuerpo de la válvula y el émbolo que separa del puerto A del puerto P, lo mismo que el espacio entre el cuerpo de la válvula y el émbolo que separa al puerto A del puerto del tanque, puede considerarse como una restricción fija semejante a la que se mencionó en el ejemplo previo. Cuando el fluido fuga del puerto P hacia el puerto A, se usan 500 psi (3448 kPa). Al fugar del puerto A hacia el puerto del tanque, el fluido