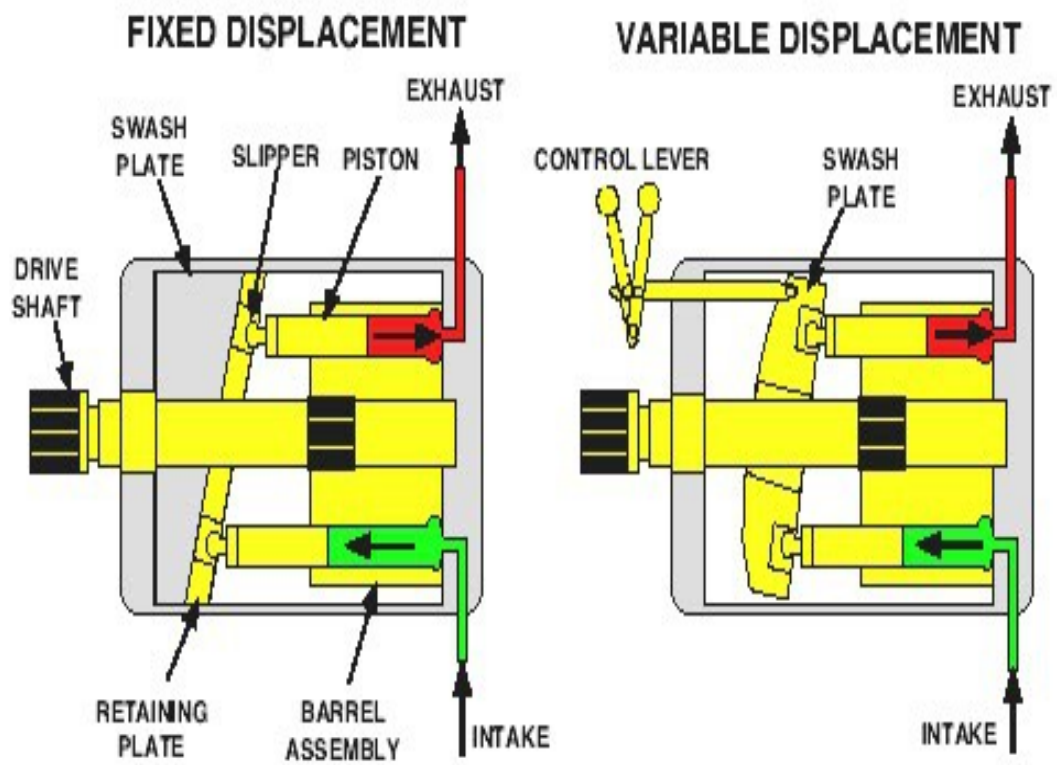


## U.D. 10: BOMBAS E MOTORES HIDRÁULICOS



## 1. BOMBAS E MOTORES HIDRÁULICOS.

As bombas hidráulicas son máquinas hidrostáticas cuxa misión é a de alimentar o resto dos compoñentes do sistema baixo unha presión e caudal determinados. As bombas que se empregan nos circuitos hidráulicos empuxan o líquido hidráulico obrigándoo a circular pola instalación, tanto se encontra pouca resistencia como se encontra moita. O caudal subministrado polas bombas depende da súa cilindrada, que é o volume teórico de líquido que despraza en cada volta e o seu valor exprésase normalmente en l/min. A presión maniféstase no momento en que o líquido encontra unha resistencia e esta resistencia debe ter un límite que dependerá do tipo de bomba.

Dado que a bomba se comporta como un elemento transformador de enerxía mecánica, proporcionada por un motor eléctrico, en enerxía hidráulica, realiza esta transformación con certas perdas como consecuencia de rozamentos, transmisión, e resistencias mecánicas. A estas perdas chámaseles **perdas mecánicas**.

Ademais as bombas teñen fugas dende a zona de impulsión á zona de aspiración. Estas fugas aumentan cando a presión na zona de impulsión é maior. A estas perdas chámaseles **perdas volumétricas**.

A **potencia** necesaria para o accionamento dunha bomba ben dado polo caudal que bombea, pola presión de saída e polo rendemento da bomba.

$$P = (p \cdot Q) / \eta_{\text{tot}}$$

$$\eta_{\text{tot}} = \eta_{\text{vol}} \cdot \eta_{\text{hm}}$$

$$P = \text{potencia (W)} = (\text{Nm/s})$$

$$p = \text{presión (Pa)}$$

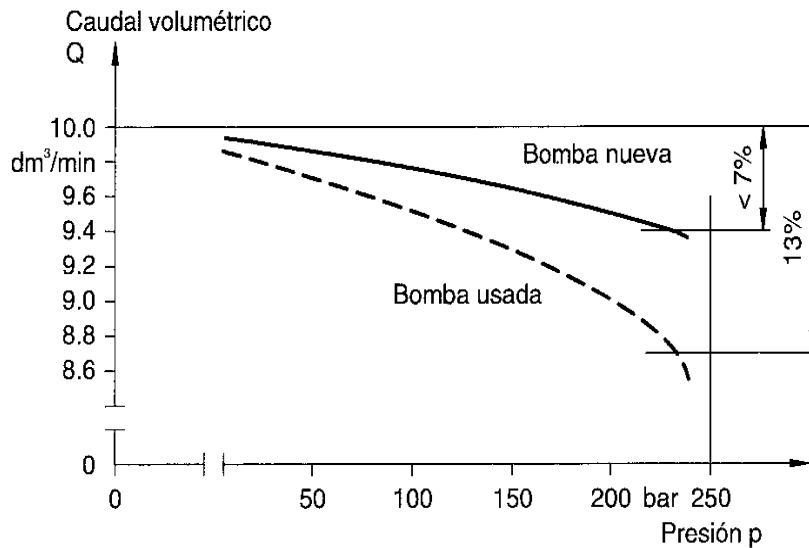
$$Q = \text{caudal (m}^3/\text{s)}$$

O par necesario para o accionamento da bomba será  $M = (\Delta p \cdot V_h) / 2\pi$  sendo  $\Delta p$  a diferenza de presión entre a entrada e a saída da bomba e  $V_h$  a cilindrada xeométrica da bomba. Para o cálculo do par real habería que ter en conta o rendemento. De igual xeito calcúlase o par obtido nun motor hidráulico.

A cilindrada xeométrica tanto dunha bomba como de un motor calcúlase, en función da súa forma construtiva, coas seguintes fórmulas:

Para coñecer o comportamento dunha bomba é necesario coñecer a súa curva característica, que consiste nunha gráfica que mostra o caudal efectivo que transporta a bomba ( $Q_{\text{ef}}$ ) en función da presión de traballo.

Na seguinte gráfica móstranse as curvas características de dúas bombas, unha nova e outra desgastada, e apreciase como o rendemento diminúe co aumento de presión, especialmente na bomba en mal estado.



Ademais da curva característica Q-p existen outras características a ter en conta á hora de escoller unha bomba como son: o tipo de amarre, a temperatura de traballo, o nivel de ruídos, o líquido co que debe traballar e o tipo de bomba.

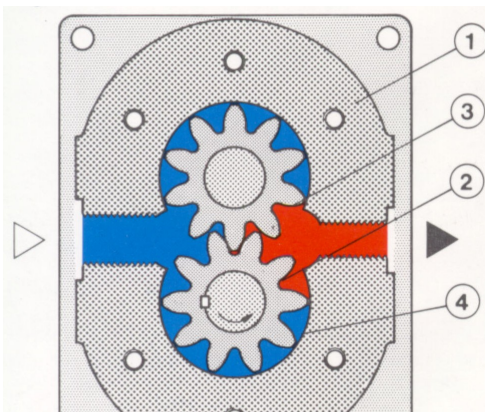
As bombas e os motores hidráulicos poden clasificarse en dous tipos básicos: de cilindrada constante e de cilindrada variable.

## 2. BOMBAS DE ENGRENAJES

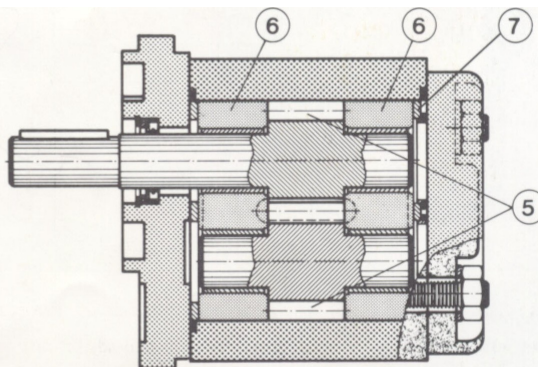
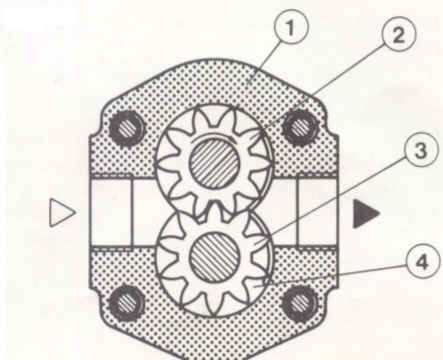
Son de cilindrada constante. Poden ser de engraxes interiores ou exteriores.

### 2.1. BOMBAS DE ENGRENAJES EXTERIORES

Dous engraxes con dentado exterior xiran dentro dunha carcasa, un deles movido polo motor e o outro arrastrado polo anterior. Na zona da aspiración créase unha depresión que provoca a entrada do líquido que ocupa os espazos interdentes, ao xirar os engraxes estes arrastran o líquido ata a cámara de expulsión, onde o espazo interdental é ocupado polo dente do outro engraxe, de xeito que o líquido é obrigado a saír cara ao circuíto. Na figura observase que os dentes pechan as cámaras antes de que estas estean completamente bacías, o que provocaría unha alta presión no líquido remanente e provocaría o rápido deterioro da bomba, para evitar isto practícanse muescas nas placas laterais que permiten a descarga dese líquido cara á zona de presión.



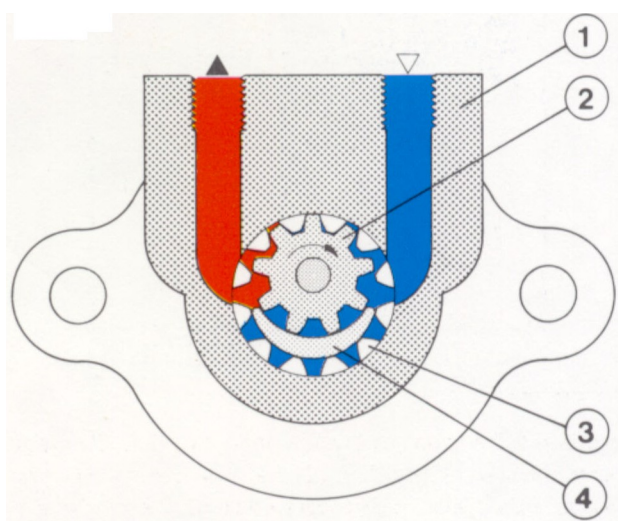
Outro punto a considerar é o xogo entre os engraxes (5) e as placas laterais (6). Moito xogo provocaría unha gran fuga mentres que pouco xogo provocaría un gran rozamento. Ademais se se constrúe con un xogo fixo este as fugas irán aumentando co desgaste. Para evitar isto constrúese un compensador hidrostático: por medio de discos (7), accionados pola presión do



sistema empúxanse as placas laterais (6) sobre os engraxes. O xogo depende así da presión do sistema e conséguese un bo rendemento independentemente do número de revolucións e da presión.

## 2.2.BOMBAS DE ENGRAXES INTERIORES

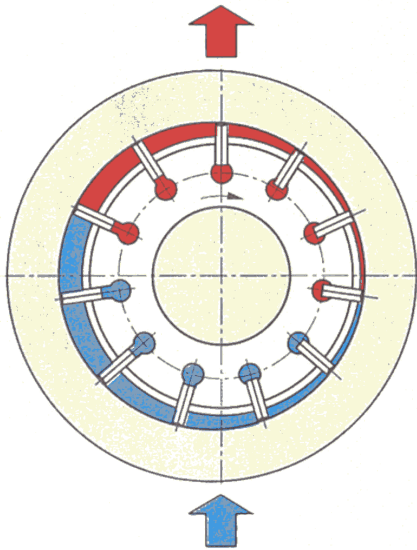
O funcionamento é similar á de engraxes exteriores. Neste caso un engraxe ten dentado interior (3) e outro dentado exterior (2). O engraxe de dentado exterior (2) é movido polo motor que arrastra ao outro. Como consecuencia deste xiro quedan cámaras interdentais libres polo que se crea unha depresión que provoca a entrada de líquido.



Este líquido é transportado polas cámaras entre dentes, que pechan de xeito estanco coa carcasa e coa medialúa (4), ata a zona de presión, onde os dentes volven a engrenar e provocan a expulsión do líquido.

### 3. BOMBAS DE PALETAS

#### 3.1. DE CILINDRADA CONSTANTE



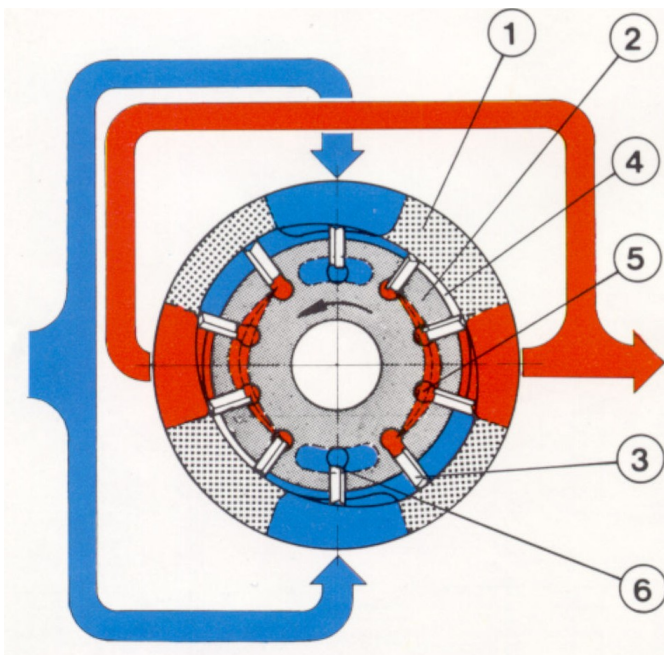
Compóñense principalmente de carcasa, estator (1) e rotor (2) con as paletas (3). Existen dous tipos construtivos. No máis sinxelo o rotor e o estator xiran descentrados de xeito que espazo existente entre ambos é variable. O elemento impulsado e o rotor (2), que na súa periferia ten unhas ranuras nas que se aloxan as paletas dobres que se poden desprazar entre si.

Ao xirar o rotor as paletas son impulsadas contra o estator pola forza centrífuga e pola presión do sistema que actúa na parte posterior das paletas.

As cámaras que transportan o fluído están formadas polo estator, o rotor, dous pares de paletas e os discos laterais.

Ao facer xirar o rotor no sentido da frecha as cámaras que transportan o líquido van variando o seu volume, como consecuencia da excentricidade do estator. Na fracción de xiro na que a cámara aumenta o seu volume conéctase coa aspiración e na fracción de xiro na que esta diminúe conéctase coa saída, obrigando ao líquido a saír cara ó circuito. Este tipo de bomba ten o inconveniente de que a presión exerce unha gran forza sobre o rotor cargando excesivamente os asentos do mesmo.

Para evitar este problema constrúense bombas compensadas, que teñen un estator con



unha excentricidade dobre, de xeito que teñen dúas cámaras de presión e dúas de aspiración enfrontadas ente si de xeito que os esforzos producidos pola presión se compensen entre si, quedando o rotor descargado hidráulicamente

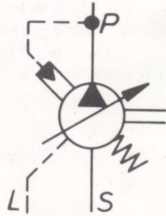
Ademais, como a excentricidade do estator é dobre, cada cámara despraza o dobre de líquido por revolución.

### 3.2. DE CILINDRADA VARIABLE

Existen varios tipos que se diferencian principalmente na forma de regulación do caudal e da presión máxima. Esta pode ser mecánica (mediante un resorte) ou hidráulica, mediante émbolos.

#### a) Regulación por resorte

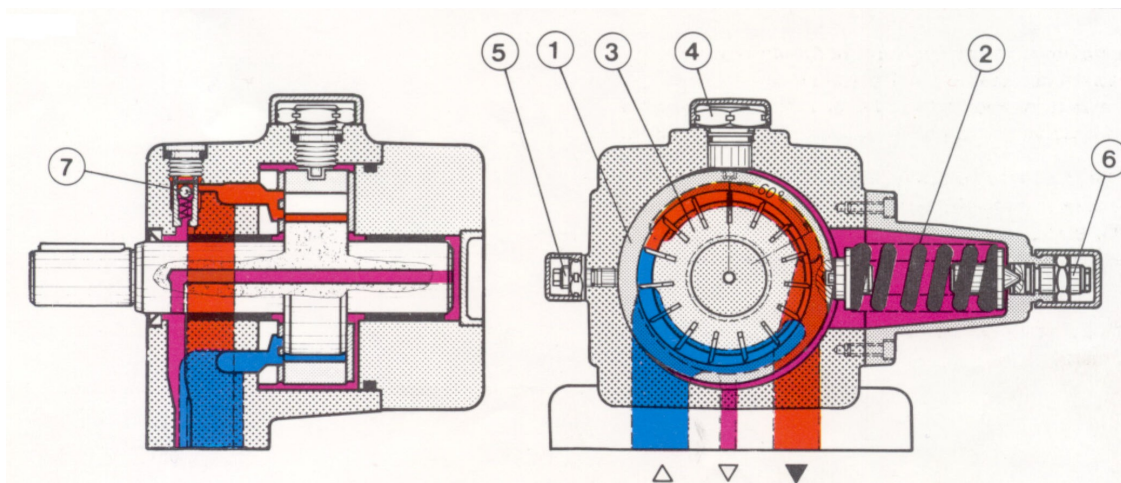
Nestas bombas pódese regular a cilindrada e a presión máxima de funcionamento. O



funcionamento é similar ás bombas de cilindrada fixa con estator cilíndrico, coa diferenza que neste caso o estator (1) é mobil e é empuxado á posición de máxima excentricidade por un resorte (2).

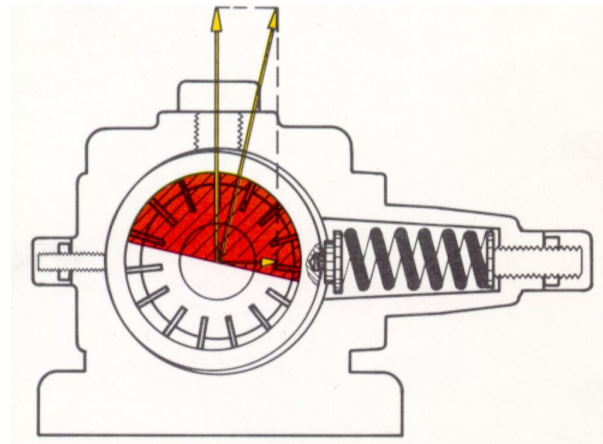
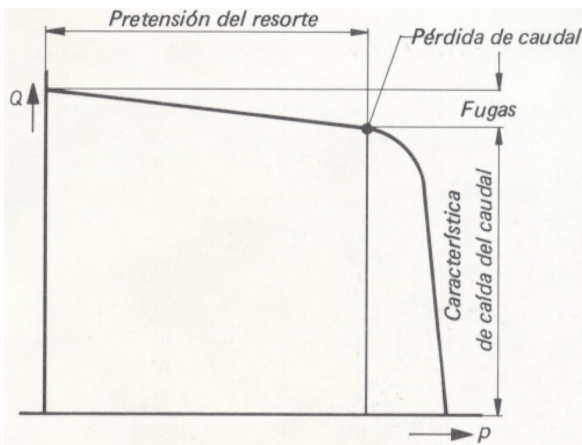
A máxima excentricidade e en consecuencia a máxima cilindrada pódese variar con un tornillo (5), así como a forza do resorte, mediante o tornillo

(6). O estator é guiado tanxencialmente polo tornillo 4.



Cando por calquera motivo aumenta a presión no circuíto, esta provoca unha forza sobre o rotor. A compoñente horizontal desta forza actúa contraria ao resorte. Se a presión é a suficiente como para que dita forza venza a acción do resorte o anel estator móvese reducindo a súa excentricidade e en consecuencia o caudal. Cando o sistema non consume fluído alcánzase a presión máxima graduada e o caudal redúcese a compensar as fugas, mantendo constante a presión no circuíto. Deste xeito redúcese o consumo de enerxía e o quentamento do líquido.

A pendente do diagrama depende da característica do resorte, e tamén varía para un mesmo resorte con distintas presións máximas.



Este tipo emprégase para cilindradas baixas ( $47 \text{ cm}^3$ ) e presións e ata 100 bar.

### b) Regulación hidráulica

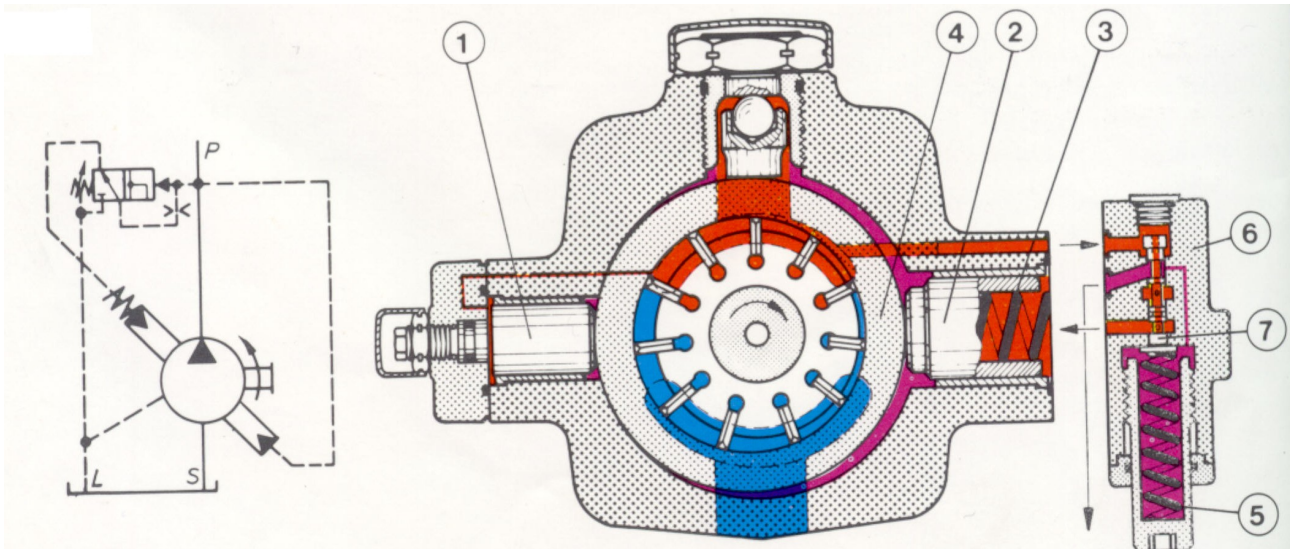
O proceso de aspiración e expulsión son similares ás anteriores, sendo o sistema de regulación a principal diferenza.

O anel estator está posicionado por dous pistóns (1 e 2) que teñen unha relación de superficies de 1:2. U resorte relativamente débil (3) presionando sobre o pistón maior garante a función de arrinque, empuxando o estator á posición de máxima excentricidade.

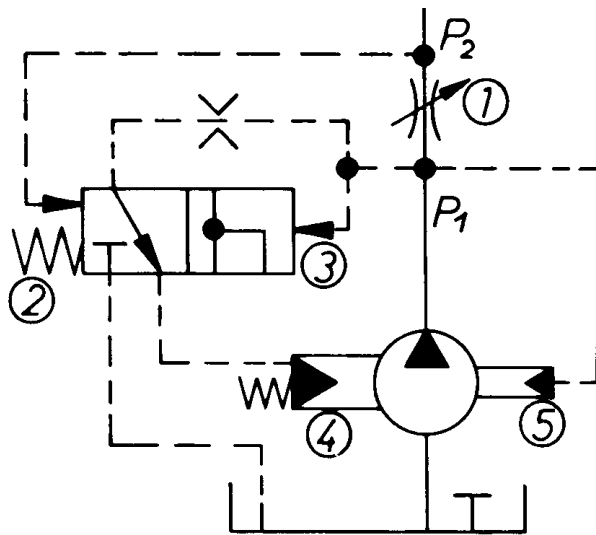
A presión máxima desexada regúlase no resorte 5 da válvula de presión 6. O resorte 5 mantén a corredera de regulación 7 na posición inicial para o arrinque.

Ao alcanzarse a presión regalada a corredeira da válvula de regulación desprázase e o pistón de maior diámetro (2) é conectado a tanque a través do conduto L. O pistón de menor diámetro (1) despraza o estator reducindo a súa excentricidade e polo tanto o caudal da bomba para que a presión non siga subindo, producindo só o caudal que se consume no circuíto.

Debido a que o posicionamento do estator é hidráulico e non por un resorte, o diagrama Q-p é practicamente vertical e ademais con distintas presións obtéñense gráficos paralelos.



**Esquema da regulación de caudal:** A diferenza de presións ( $p_1-p_2$ ), provocada polo



estrangulamento 1 actúa sobre a corredeira da válvula 3 contra o resorte 2. A corredeira traballa como unha balanza de compensación dun regulador de caudal. Mantén unha diferenza de presión constante de entre 6 e 8 bar, en función da forza do resorte.

Se por exemplo se reduce a sección do estrangulamento, a diferenza de presións fará que a corredeira se

desprace contra o resorte. Entón a válvula conecta o pistón de maior diámetro co tanque permitindo que o pistón de menor diámetro reduza a excentricidade do estator. Isto sucederá ata que o caudal da bomba se reduza tanto como para que a diferenza de presións sexa novamente entre 6 e 8 bar.

Outras posible regulacións:

Regulación de presión con distintas posibilidades de regulación.

Regulación de presión e caudal.

Regulación de potencia

Estas bombas fabricanse en tamaños de ata  $125 \text{ cm}^3$  e para presións de servizo de ata 160 bar.

As bombas de cilindrada variable presentan as seguintes vantaxes con respecto ás de

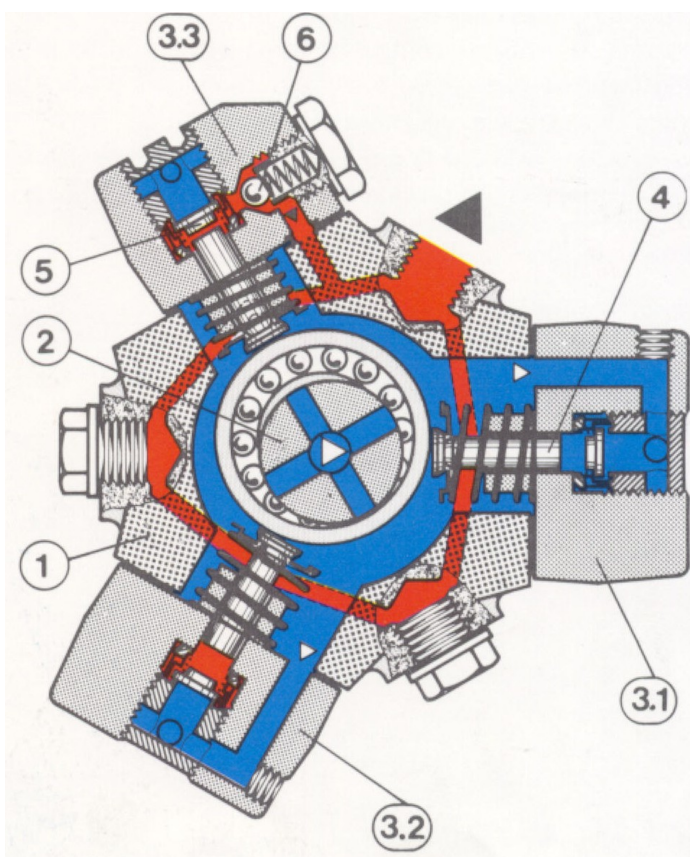
cilindrada fixa:

- Un mellor aproveitamento da enerxía, ao regular o caudal automaticamente.
- Unha redución da temperatura de traballo e polo tanto un aumento da vida útil do fluído e das xuntas.
- Posibilidade de empregar un tanque máis pequeno.
- Circuito hidráulico máis simple xa que non son necesarias as válvulas limitadoras de presión.

#### 4. BOMBAS DE PISTÓNS RADIAIS

Nestas bombas os pistóns están dispostos en estrela, radialmente ao eixe motor, de xeito que o desprazamento dos pistóns é perpendicular ao eixe. O fluxo das bombas de pistóns radiais é controlado por válvulas e pode ser variable ou constante. Ademais pódense distinguir pola forma en que se produce a carreira dos pistóns: por pista externa ou por pista interna.

Existen varios tipos construtivos:



Esta bomba está composta por unha carcasa (1), un eixe excéntrico (2) e os elementos de bombeo (3.X) co pistón (4) a válvula de aspiración (5) e a válvula de presión.

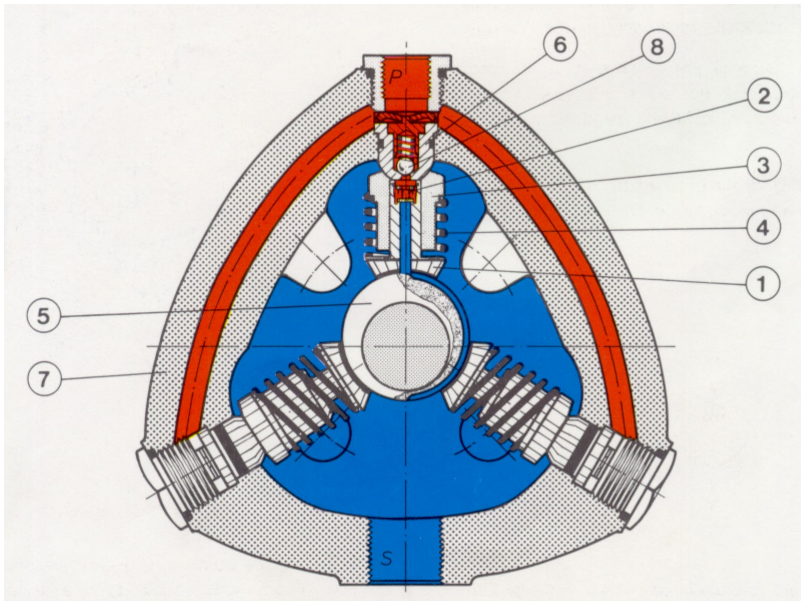
Un elemento de bombeo é unha bomba de un pistón amarrado á carcasa. Os pistóns están guiados e presionados mediante o resorte e a excéntrica. Cada pistón realiza dúas carreiras por revolución do eixe.

O líquido entra na carcasa por unha perforación axial no eixe excéntrico e a través dunhas cavidades na carcasa chega ata as válvulas de aspiración. Ao moverse o pistón cara ao centro do

eixe, empuxado polo resorte, o cilindro aumenta o seu volume aspirando líquido a través da válvula de aspiración, que funciona a modo de antirretorno. Cando o pistón se move cara a fora, empuxado pola excéntrica a válvula de aspiración cerra pola presión do

propio líquido e este ten que saír a través da válvula de presión (6) que tamén funciona como un antirretorno pero que traballa en sentido contrario. Nestas bombas o caudal ben dado pola cantidade de pistóns, o seu diámetro e a excentricidade do eixe.

Na seguinte figura móstrase outro tipo de bomba, que se diferencia da anterior nas



características construtivas dos elementos de bombeo. O pistón perforado (1) coa válvula de aspiración (2) é guiado polo cilindro (3) e presionado contra a excéntrica (5) polo resorte (4). A forma da superficie de contacto do pistón coa excéntrica correspondese co radio desta. O cilindro apoia contra o vástago (6), fixo á carcasa (7) mediante

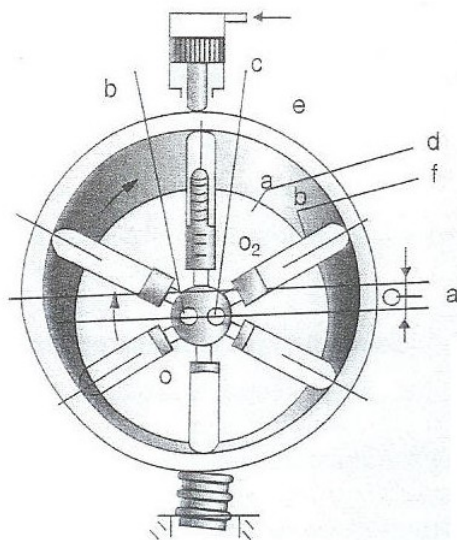
unha superficie esférica. No vástago está aloxada a válvula de presión (8). O elemento de bombeo completo (cilindro, pistón e válvula de aspiración) é suxeitado entre o vástago e a excéntrica por medio do resorte (4).

Ao moverse o pistón cara ao centro aumenta o volume da cámara do cilindro e abre a válvula de aspiración. Ao mesmo tempo, por unha ranura circunferencial da excéntrica establécese a conexión da zona de aspiración co pistón.

Ao ser empuxado o pistón pola excéntrica córrase o conduto de aspiración e pecha a válvula de aspiración. Ao reducirse o volume da cámara o líquido sae a través da válvula de presión cara ao circuíto.

En cada revolución do eixe da excéntrica o pistón realiza unha oscilación pendular. Estas bombas empréganse para caudais pequenos (ata  $20 \text{ cm}^3/\text{r}$ ) e grandes presións (ata 700 bar).

As bombas vistas ata agora pódense combinar entre si, conseguindo distintas configuracións de presións e caudais.

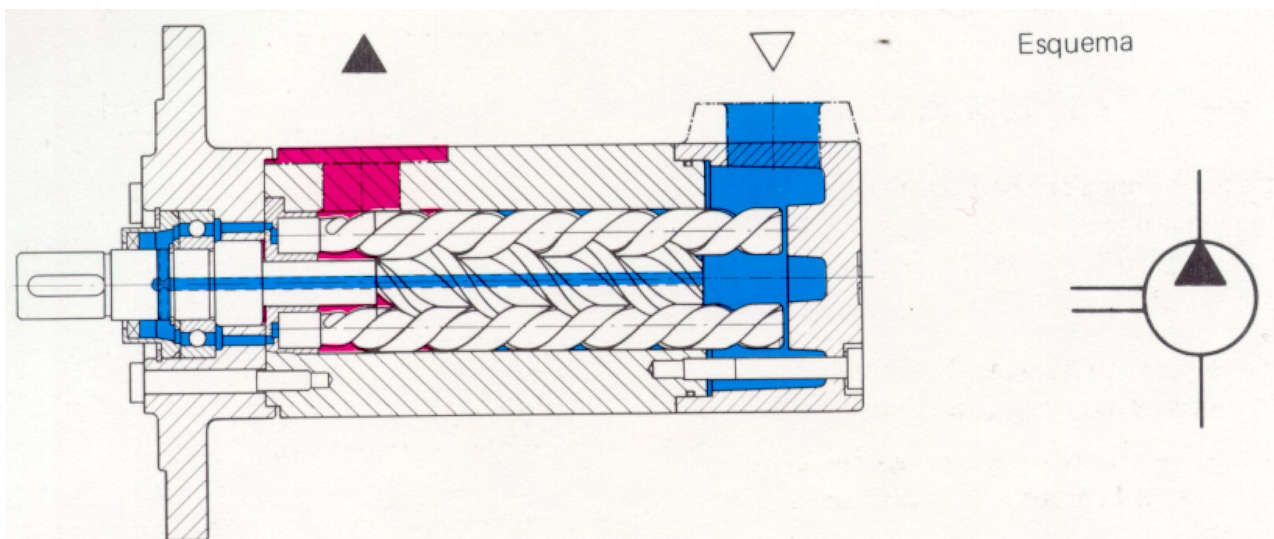


Na figura do lado móstrase o esquema dunha bomba de pistóns radiais de pista externa (os pistóns son empuxados pola excentricidade o estator con respecto ao eixe. Este modelos poden se de caudal fixo ou variable, xa que variando a excentricidade do estator pódese variar a carreira dos pistóns.

*Bomba de pistones giratorios en estrella.*

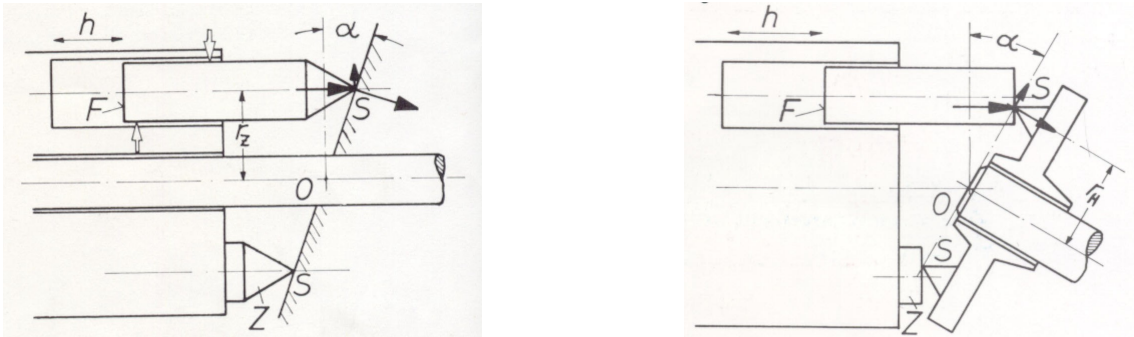
## 5. BOMBAS HELICOIDAIS

Consiste nunha carcasa na que se aloxan dous ou máis parafusos (na bomba da figura son tres). O parafuso central, con rosca a dereita, é o eixe motor que arrastra aos outros dous que son de rosca a esquerdas. Entre os filetes dos parafusos laterais, o filete do parafuso central e a carcasa fórmanse cámaras cerradas que se van desprazando co xiro dos parafusos, sen variar o seu volume. Deste xeito obtense un caudal constante, continuo e uniforme.



## 6. BOMBAS DE PISTÓNS AXIAIS

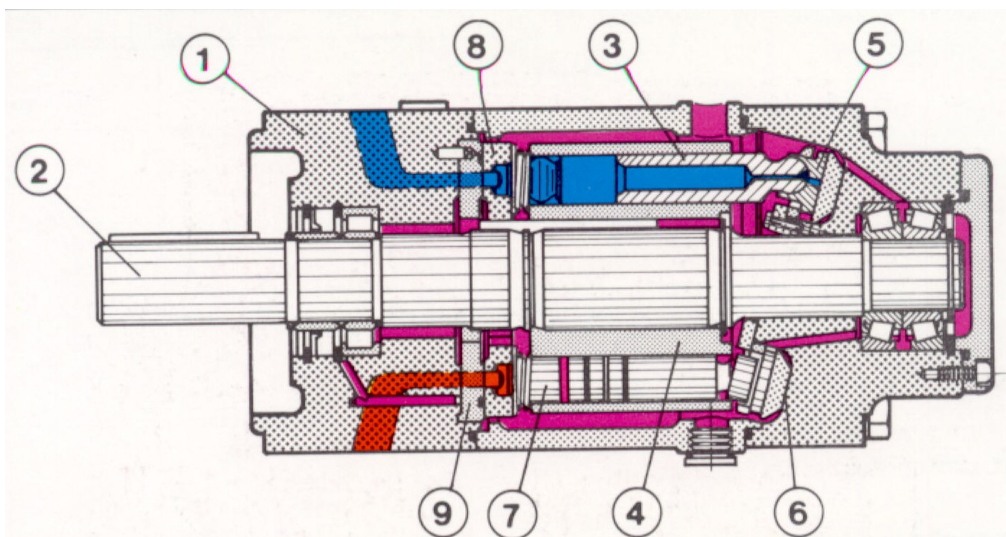
Son unidades de transformación de enerxía nas que os pistóns están dispostos nun tambor de forma axial. Dentro deste tipo diferéncianse dúas formas construtivas: as de eixe inclinado e as de placa inclinada.



As dúas variantes poden construírse en cilindrada fixa ou cilindrada variable.

### a) Placa inclinada e cilindrada constante

Consta dunha carcasa fixa (1) e paralelos ao eixe motor (2) están aloxados circunferencialmente os pistóns (3). Estes móvense nun tambor (4), que está fixado ao eixe motor por medio dunha chaveta. Os extremos dos pistóns son rótulas que se articulan nos patíns (5). Os patíns son suxeitados por medio de aneis de suxección a unha superficie inclinada. Nas bombas de cilindrada constante esta superficie inclinada e parte da carcasa e é fixa.



Ao facer xirar o eixe motor son arrastrados o tambor (4), os casquillos (7), o pé do cilindro (8), os pistóns (3) e os patíns (5). Como os pistóns están suxeitos á superficie inclinada polos patíns, prodúcese co xiro a carreira do pistón.

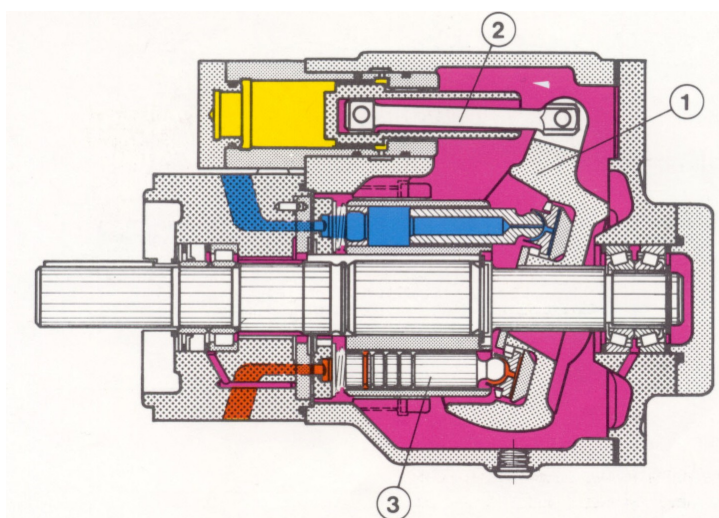
O control de entrada e saída do líquido realízase por medio da placa de distribución (9),

fixa á carcasa, que ten dous buratos en forma de ril para a entrada e a saída do líquido. Nos cilindros nos que os pistóns se moven cara atrás están conectados por medio da placa de distribución (9) coa entrada de fluído. Os cilindros nos que os pistóns se moven cara adiante (empuxan o líquido) conéctanse coa saída de presión, obrigando os pistóns ao líquido a saír pola saída de presión. Na zona morta entre presión e aspiración, ou viceversa, hai sempre un só pistón.

A través dunha perforación no pistón chega o líquido a presión ao patín, producindo o equilibrio de presións e a lubricación da rótula.

### **b) Placa inclinada e cilindrada variable**

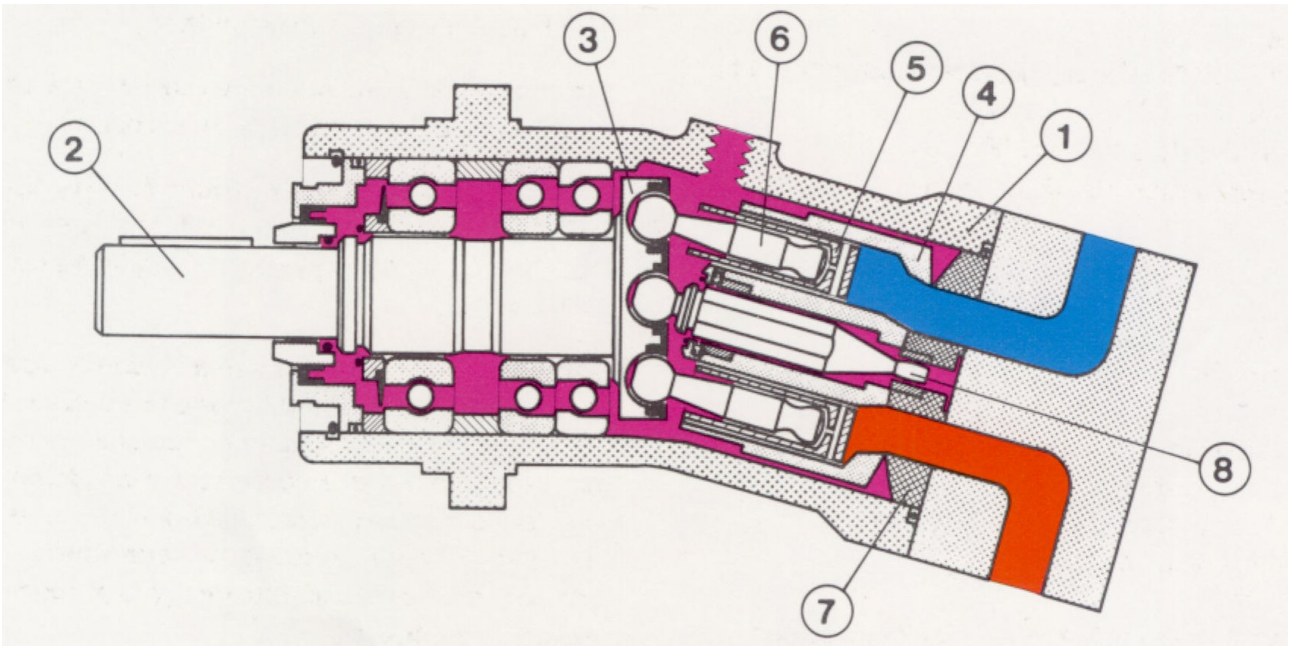
É similar á anterior, pero neste caso a superficie inclinada é unha placa móbil, á que se lle pode variar a inclinación. Por medio do mecanismo variador (2) variase o ángulo de inclinación e polo tanto a carreira dos pistóns, o que inflúe directamente sobre o volume desprazado. Cando a placa alcanza a súa posición central, perpendicular ao eixe motor a carreira dos pistóns e o caudal anúlense. Si seguimos variando a inclinación no mesmo sentido e se mantén o sentido de xiro varíase uniformemente e sen saltos o sentido do fluxo.



### **c) Eixe inclinado e cilindrada constante**

Na carcasa fixa (1) están aloxados o eixe de transmisión (2), a placa de arrastre (3), o tambor (4) con pistóns (5) e bielas (6) e a placa de distribución 7. O tambor, con pistóns e bielas ten un ángulo de 25° respecto ao eixe. A placa está unida co tambor por medio das bielas e pistóns, e o tambor xira centrado polo pivote 8.

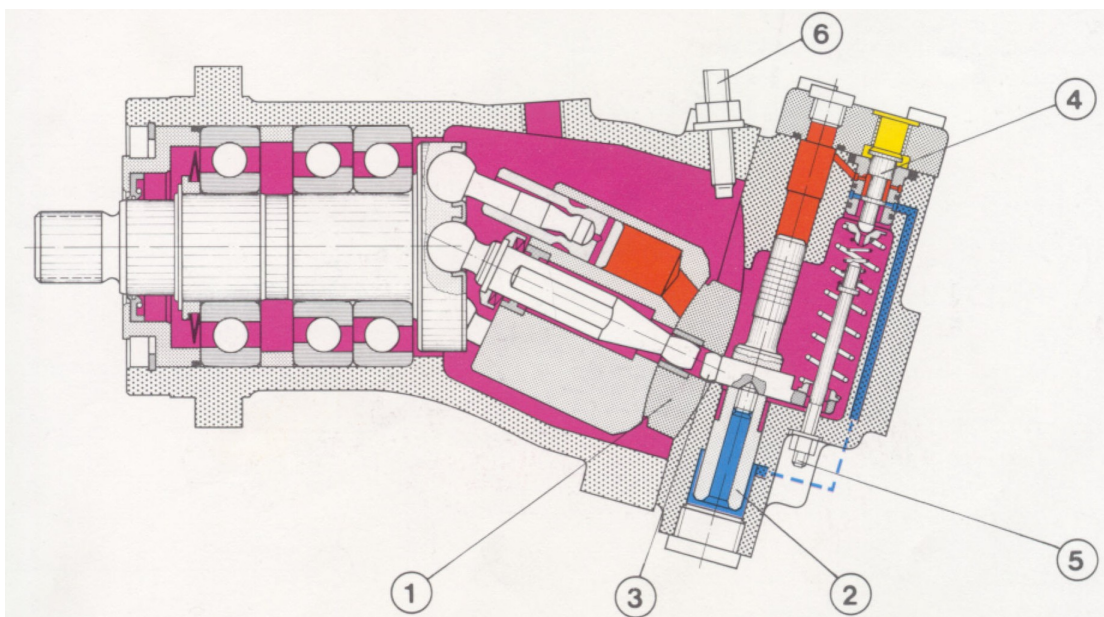
Ao xirar o eixe o tambor é arrastrado polas bielas e os pistóns. Durante o xiro, debido a que os pistóns están unidos á placa de arrastre polas bielas, prodúcese a súa carreira



dentro do tambor. A placa de distribución ten dous buratos en forma de ril para a entrada e a saída do líquido. Os esforzos laterais do tambor son absorbidos polo pivote central.

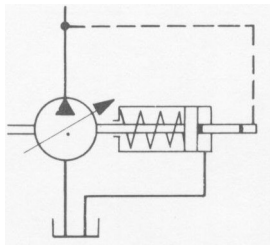
#### d) Eixe inclinado e cilindrada variable

Na modalidade de cilindrada variable o funcionamento é similar pero o ángulo que forman o tambor e o eixe motriz é variable, o que fai variar a carreira dos pistóns e polo tanto o volume de líquido desprazado. Igual que nas de placa inclinada e caudal variable, neste tipo tamén se pode variar o sentido do fluxo de xeito uniforme e continuo, cando o ángulo de inclinación do tambor sobrepasa punto medio.

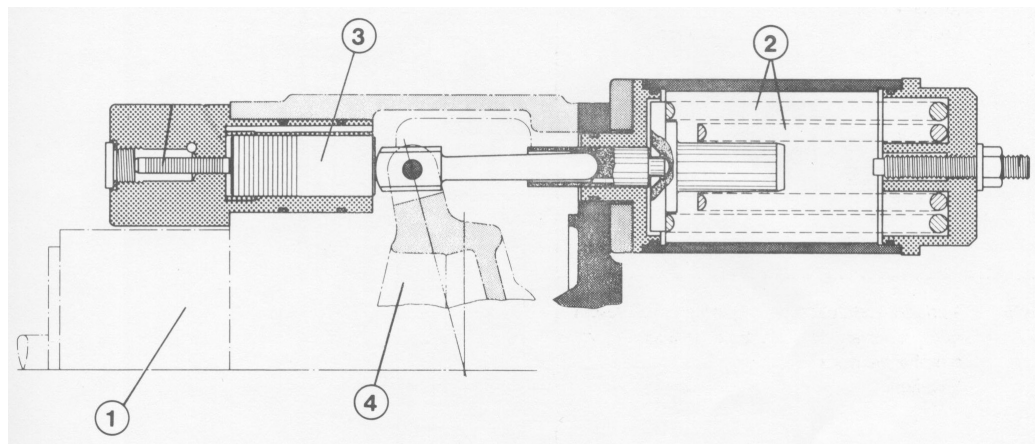


En relación coas bombas e motores de pistóns axiais de cilindrada variable existe unha

gran cantidade de dispositivos variadores que poden actuar regulando a presión, o caudal ou a potencia.



Este é un dos sistemas de regulación de potencia, de acción directa, máis sinxelo. Está acoplado á unidade de pistóns axiais (1) e composto por un xogo de resortes (2) que empuxan a placa inclinada ata a posición de máxima cilindrada. En sentido contrario actúa un pistón (3) accionado pola presión de servizo. Este regulador evita que se exceda a potencia graduada, reducindo o caudal cando aumenta a presión e viceversa. Deste xeito o produto caudal por presión é constante.

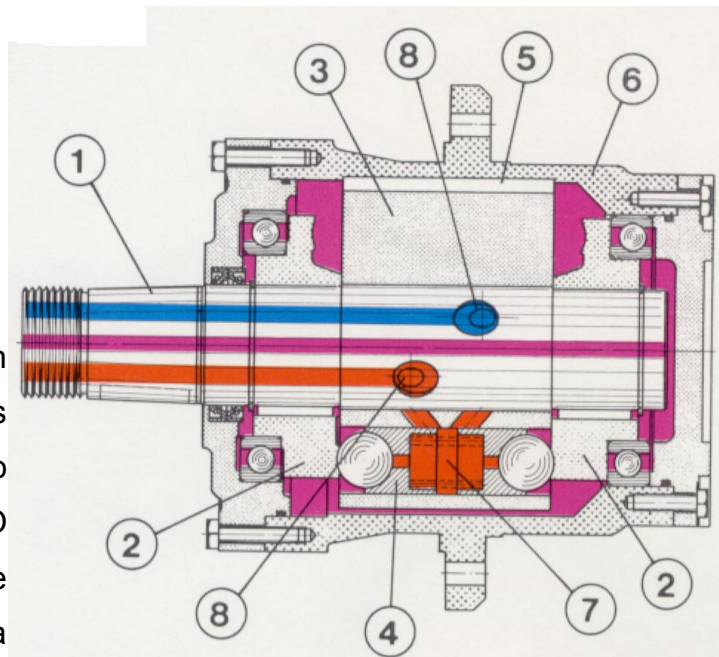
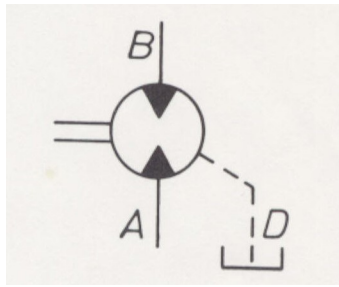


## 7. MOTORES

Os motores, tanto de cilindrada fixa (engrenaxes, pistóns radiais, pistóns axiais ou paletas) como de cilindrada variable (pistóns axiais), son iguais ás bombas, sendo o seu funcionamento inverso. Neste caso a presión do fluído actúa sobre a diferenza de superficies e produce un par de xiro. Dito par de xiro depende da presión do líquido e da cilindrada do propio motor, e a velocidade de xiro depende do caudal e é inversamente proporcional á cilindrada.

### 7.1.HIDROMOTORES CONSTANTES LENTOS

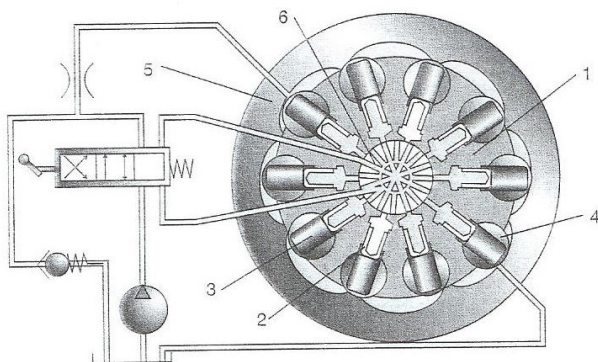
Son unidades a pistóns, radiais ou axiais. Nas versións básicas o motor é fixado polo vástago, que queda inmóbil, xirando a carcasa. Tamén existen versións con carcasa fixa e eixe móbil. Este tipo de motores empréganse para a propulsión de equipos móbiles como elevadores, grúas, etc. Na seguinte figura móstrase un motor de pistóns axiais.



O motor está constituído por un vástago fixo (1), dúas platinas curvas (2) montadas nos extremos do vástago e o conxunto rotor pistóns. O rotor ten unhas perforacións nas que se aloxan os conxuntos pistón-bola

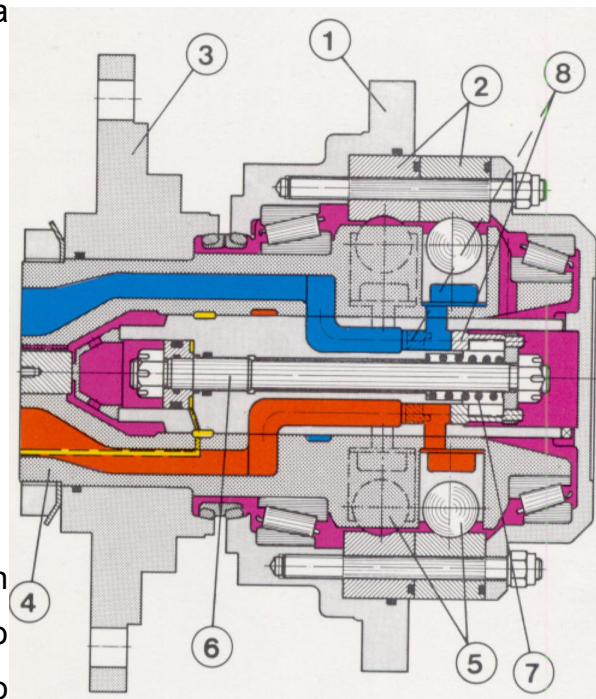
(4) enfrontados entre si. O rotor está fixado a carcasa (6) pola chaveta (5). O rotor (3) e a carcasa (6) poden rotar sobre o vástago fixo (1). O movemento prodúcese pola presión que actúa alternativamente nas nas cámaras (7). O movemento enfrontado dos conxuntos pistón-bola, que se apoian nas platinas curvas, é transformado en rotación. A alimentación e a evacuación do fluído prodúcese polo vástago. A distribución realízase polas perforacións (8). Invertindo a alimentación e a evacuación do líquido é posible cambiar o sentido de xiro.

O motor da seguinte figura ten u funcionamento similar pero neste caso a disposición dos conxuntos pistón-bola (5) é radial. Consta



Motor de pistones radiales.

dunha carcasa móbil (1) na que están integradas as platinas curvas (2) e un vástago fixo (4) coa sua brida de suxección (3). No



vástago están aloxados os conxuntos pistón-bola (5) e o mecanismo (6) que actúa como conmutador.

A alimentación e a evacuación do líquido prodúcese polo vástago fixo. Ao actuar a presión sobre un pistón, a bola é empuxada contra a platina curva (2) e produce un movemento de rotación da carcasa.

Os pistóns están dispostos en dúas tandas paralelas. Ao actuar unha presión externa (sinal) sobre a superficie o mecanismo de commutación 6 (conduto amarelo) este é empuxado contra o resorte 7 cara á esquerda, cerrando o pistón 8 a alimentación a tanda de pistóns da dereita e estes pasan a traballar en bacío, co líquido da conexión de fugas. Neste caso só actúan os pistóns da esquerda e o número de revolucións aumenta o dobre se se mantén o caudal constante. Do mesmo xeito que a igual presión se obtén a metade de par de xiro.

Este sistema, igual que o resto de bombas de engrenaxes, pode funcionar tanto como bomba ou como motor.

