

Las transparencias son el material de apoyo del profesor para impartir la clase. No son apuntes de la asignatura. Al alumno le pueden servir como guía para recopilar información (libros, ...) y elaborar sus propios apuntes

En esta presentación se incluye un listado de problemas en el orden en el que se pueden resolver siguiendo el desarrollo de la teoría. Es trabajo del alumno resolverlos y comprobar la solución

**Departamento:** Ingeniería Eléctrica y Energética  
**Area:** Máquinas y Motores Térmicos

CARLOS J RENEDO [renedoc@unican.es](mailto:renedoc@unican.es)  
INMACULADA FERNANDEZ DIEGO [fernandei@unican.es](mailto:fernandei@unican.es)  
JUAN CARCEDO HAYA [juan.carcedo@unican.es](mailto:juan.carcedo@unican.es)  
FELIX ORTIZ FERNANDEZ [felix.ortiz@unican.es](mailto:felix.ortiz@unican.es)

## Introducción a la Neumática y la Hidráulica

### 1.- Neumática Industrial

### 2.- Hidráulica Industrial

- 2.1.- Fluidos Hidráulicos
- 2.2.- Elementos Hidráulicos
- 2.3.- Bombas y Motores Hidráulicos
- 2.4.- Circuitos Hidráulicos

### 0.- Simbología Neumática e Hidráulica

- **Introducción**
- **Motores Hidráulicos**
- **Bombas Hidráulicas**

### **Introducción**

En Hidráulica, las Bombas y los Motores están diseñados bajo los mismos principios de funcionamiento

**Bombas:** se las comunica energía mecánica en el eje y la transmiten al fluido de trabajo aumentando su presión, que debe ser la necesaria para el funcionamiento del sistema (cilindros y motores)

**Motores:** obtienen energía hidráulica del fluido (disminuyen su presión), y la convierten en mecánica en su eje

***Hay que acudir a los catálogos de los fabricantes para obtener las características de los mismos***

### Motores Hidráulicos (I)

Convierten energía de presión en energía mecánica aplicada en el eje

Proporcionan velocidades relativamente ctes (hasta par máx)

Son compactos y pueden trabajar sumergidos

Se utilizan en elevación de cargas, control de aviones, máquinas herramientas, maquinaria agrícola, forestal y de obra civil, cintas transportadoras, ...

Tipos típicos

- Paletas
- Pistones radiales
- Pistones axiales
- Engranajes
- Georotor

5

### Motores Hidráulicos (II)

<http://www.hidraulicapractica.com/>

**Paletas:**

Muy usados, giro uniforme y continuo, son silenciosos

No soportan grandes presiones (fugas internas)

**Pistones radiales y axiales:**

Más caros, se adaptan bien a bajas velocidades

Soportan grandes presiones (válvulas descarga)

**Engranajes:**

Más baratos, pero muy ruidosos a altas presiones y velocidades

Su rendimiento cae a altas velocidades por las fugas internas

Funcionamiento irregular a baja velocidad

**Georotor:**

Motor de engranajes internos

Trabajan muy bien a bajas velocidades

6

**Motores Hidráulicos (II)**

<http://www.hidraulicapractica.com/>

**Paletas:**

Muy usados, giro uniforme y continuo, son silenciosos

No soportan

**Pistones**

Más costosos

Soportan

**Engranajes**

Más baratos

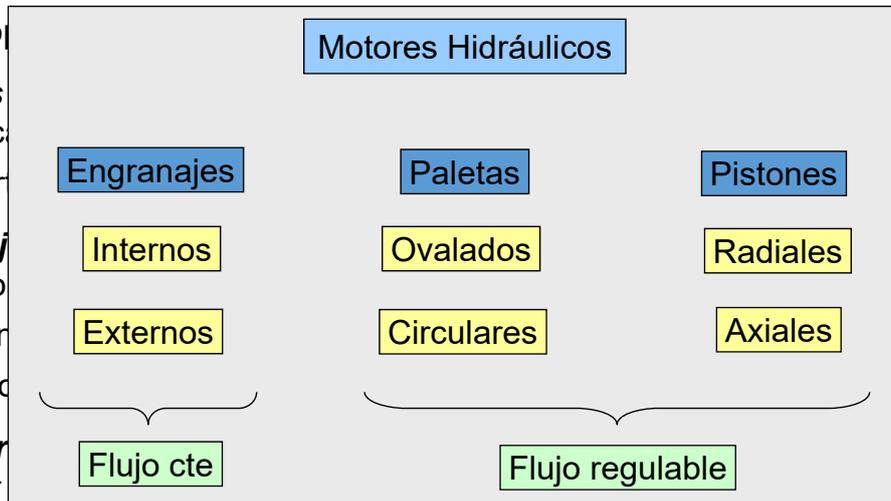
Su rendimiento

Funcionan

**Georotor**

Motors

Trabajan muy bien a bajas velocidades



**Motores Hidráulicos (III)**

El caudal de fluido depende de rpm y de la geometría de las cámaras

$$\text{Caudal (L/m)} = \frac{\text{Desplazamiento (cm}^3 \text{/revolución)} \cdot \text{Velocidad (rpm)}}{1.000 \cdot \text{Rendimiento volumétrico}}$$

$$\text{Par (N} \cdot \text{m)} = \frac{\text{Desplazamiento (cm}^3 \text{/revolución)} \cdot \Delta\text{Presión (bar)} \cdot \text{Rendimiento mecánico}}{20 \cdot \pi}$$

$$\text{Potencia (kW)} = \frac{\text{Caudal (L/m)} \cdot \Delta\text{Presión (bar)} \cdot \text{Rendimiento total}}{600}$$

$$\text{Velocidad (rpm)} = \frac{\text{Caudal (L/m)} \cdot 1.000 \cdot \text{Rendimiento volumétrico}}{\text{Desplazamiento (cm}^3 \text{/revolución)}}$$

El  $\eta$  ↓ al ↑rpm y/o ↑P trabajo (fugas internas)

Cuidado con la T de trabajo (↑T ⇒ ↓viscosidad)

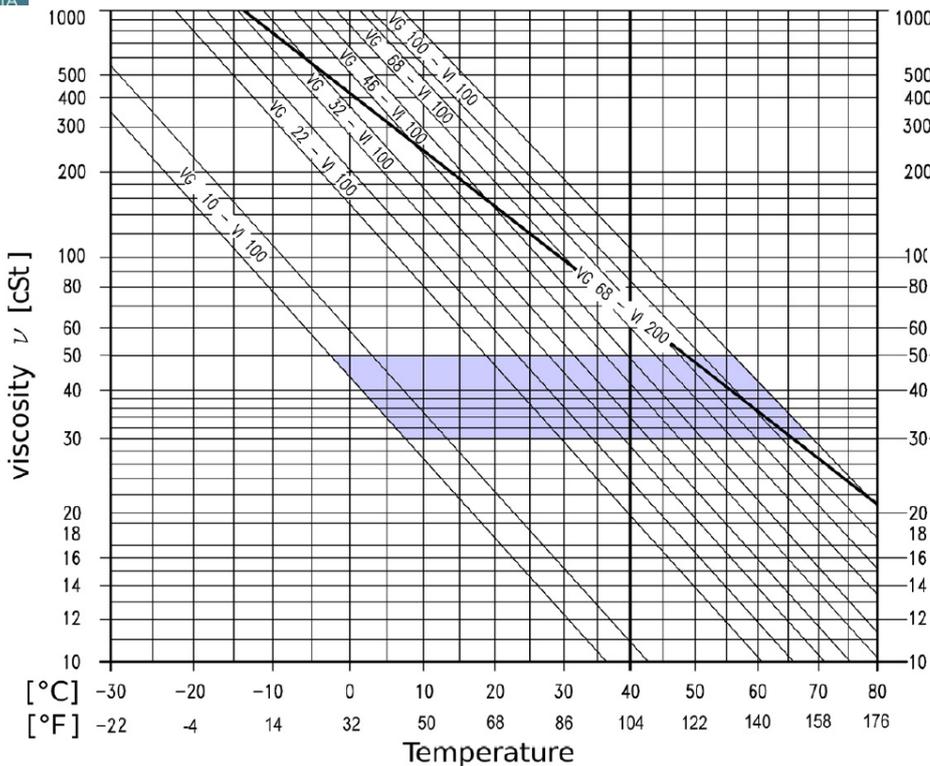
**Ojo a los arranques en frío**

**Motors**

El caudal

Par

El  $\eta \downarrow$  a  
Cuidad



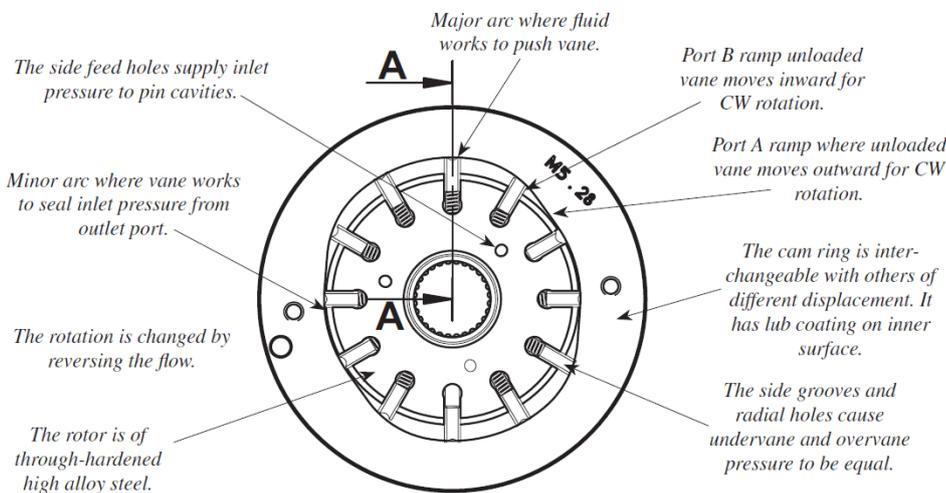
recomended range

en frío

[http://www.parker.com/literature/Vane\\_Pump/PDF%20Literature/MR-MRE.pdf](http://www.parker.com/literature/Vane_Pump/PDF%20Literature/MR-MRE.pdf)

**Motores Hidráulicos (IV)**

**Motor de Paletas (I)**

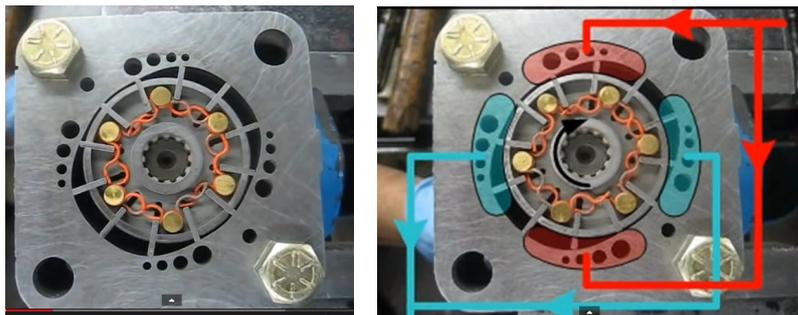


[http://www.parker.com/Literature/Vane\\_Pump/PDF%20Literature/SALES/M5A-M5B%20Sales-HY29-0018-UK.pdf](http://www.parker.com/Literature/Vane_Pump/PDF%20Literature/SALES/M5A-M5B%20Sales-HY29-0018-UK.pdf)

**Motores Hidráulicos (IV)**

**Motor de Paletas (II)**

<http://hydraulicspneumatics.com/200/TechZone/HydraulicPumpsM/Article/False/6429/TechZone-HydraulicPumpsM>



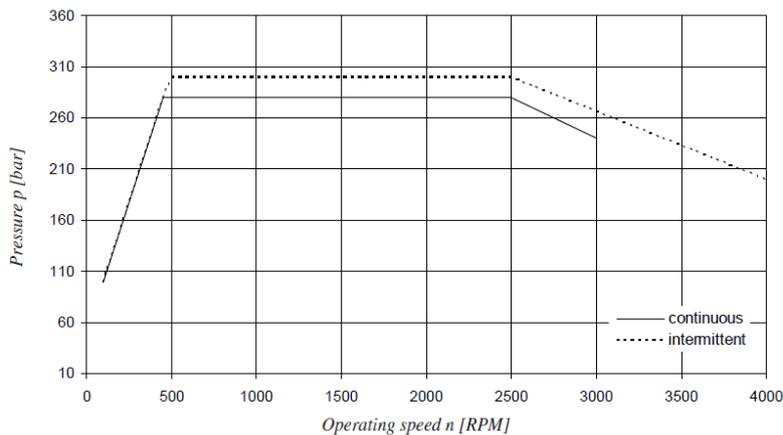
<http://www.hidraulicapractica.com/es/educacional/como-funciona-el-motor-hidraulico-igr-hecho-por-Parker-nichols>

**Motores Hidráulicos (IV)**

**Motor de Paletas (III)**



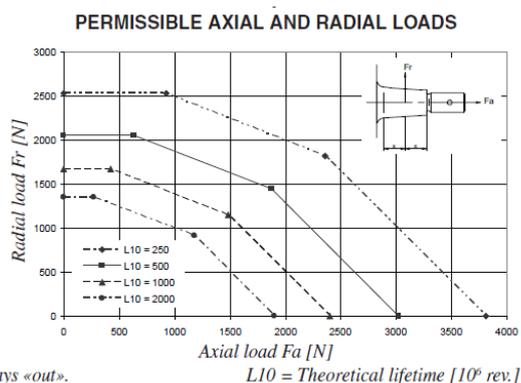
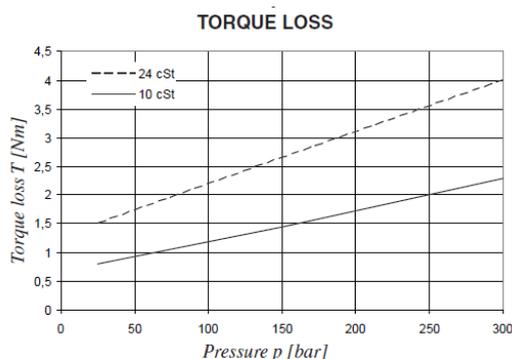
006 - 010 - 012 - 016 - 018



[http://www.parker.com/Literature/Vane\\_Pump/PDF%20Literature/SALES/M5A-M5B%20Sales-HY29-0018-UK.pdf](http://www.parker.com/Literature/Vane_Pump/PDF%20Literature/SALES/M5A-M5B%20Sales-HY29-0018-UK.pdf)

**Motores Hidráulicos (IV)**

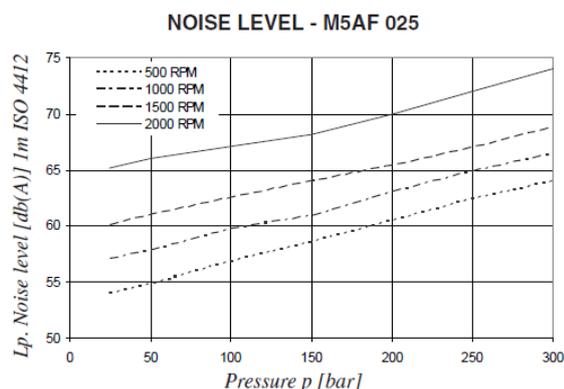
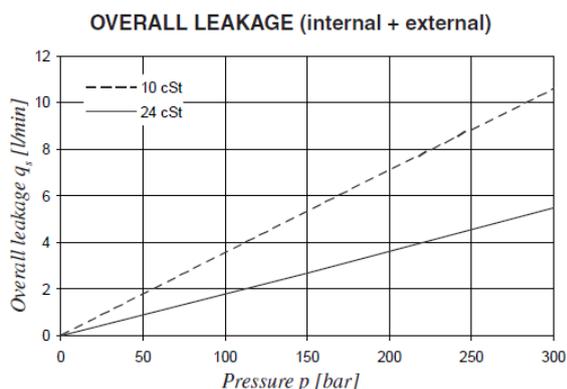
**Motor de Paletas (IV)**



<sup>3)</sup> L or R rotation is a new internal concept : A is always «in» and B always «out».

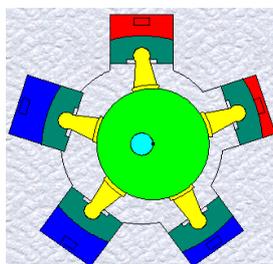
**Motores Hidráulicos (IV)**

**Motor de Paletas (V)**

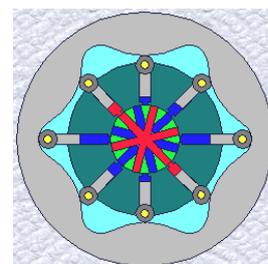


**Motores Hidráulicos (V)**

**Motor de Pistones Radiales (I)**



Externos



Internos

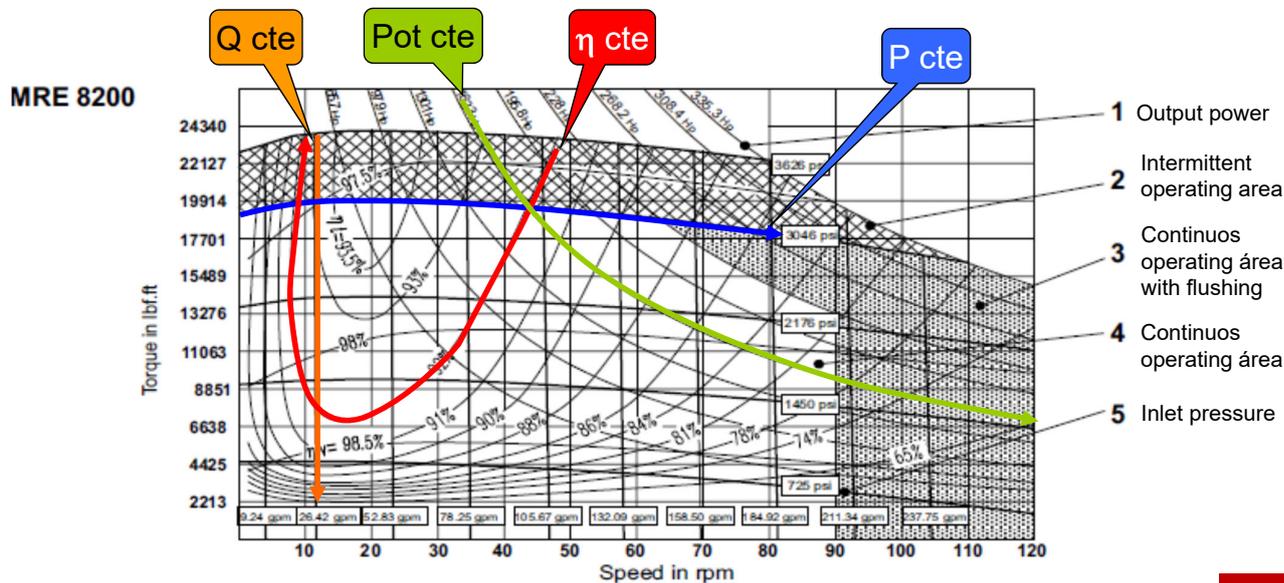
[http://home.kpn.nl/RBrink1955/radpmw\\_e.htm](http://home.kpn.nl/RBrink1955/radpmw_e.htm)

<http://www.parker.com>

[http://home.kpn.nl/RBrink1955/radpm\\_esp.htm](http://home.kpn.nl/RBrink1955/radpm_esp.htm)

**Motores Hidráulicos (V)**

**Motor de Pistones Radiales (II)**



$\eta_t$  Total efficiency

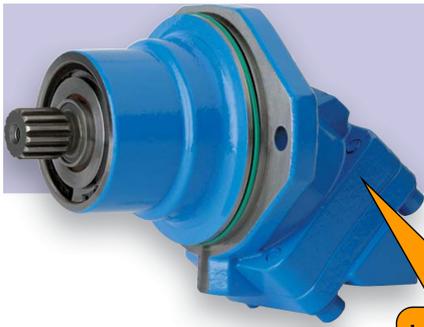
$\eta_v$  Volumetric efficiency

<http://www.parker.com>

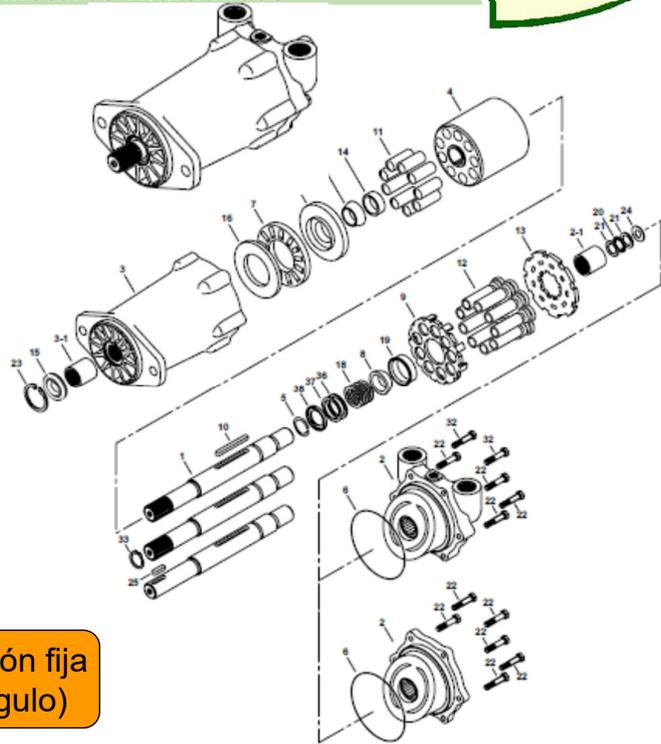
**Motores Hidráulicos (VI)**

**Motor de Pistones Inclinados (I)**

Sin regulación



Inclinación fija  
(en ángulo)



<http://www.hydroeduc.com/fr/>

**Motores Hidráulicos (VI)**

**Motor de Pistones Inclinados (II)**

<http://powersolutions.danfoss.com/Home/>

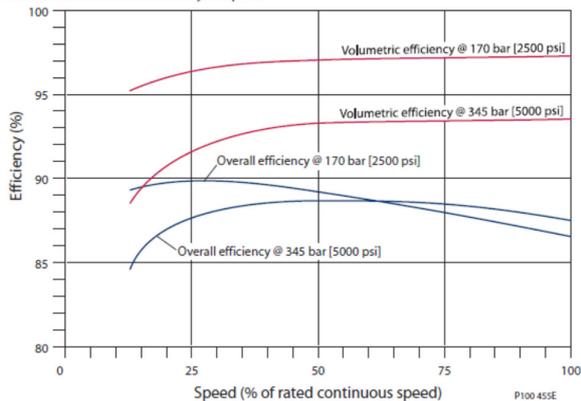
*Fluid viscosity limits*

Condition	mm <sup>2</sup> /s (cSt)	SUS
Minimum	7	47
Continuous	12-60	70-278
Maximum	1600	7500

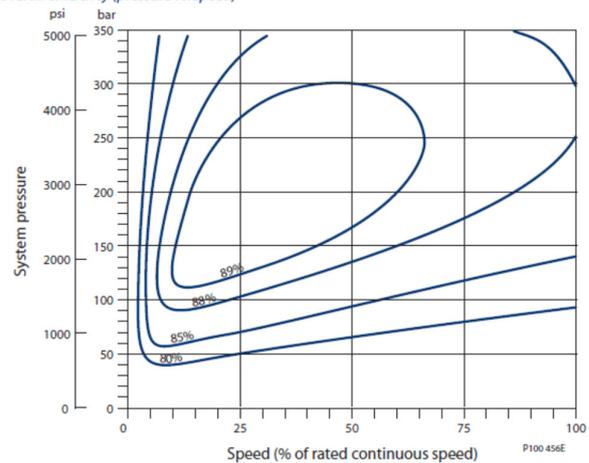
*Temperature limits*

<b>Minimum (intermittent, cold start)</b>	-40° C [-40° F]
<b>Continuous</b>	85° C [185° F]
<b>Maximum</b>	105° C [221° F]

Volumetric and overall efficiency vs. speed



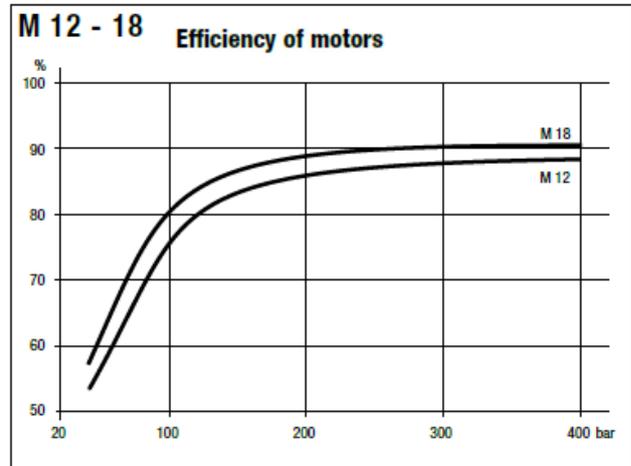
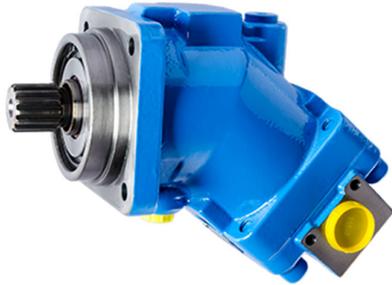
Overall efficiency (pressure vs. speed)



**Motores Hidráulicos (VI)**

**Motor de Pistones Inclinados (III)**

<http://www.hydroeduc.com/fr/>

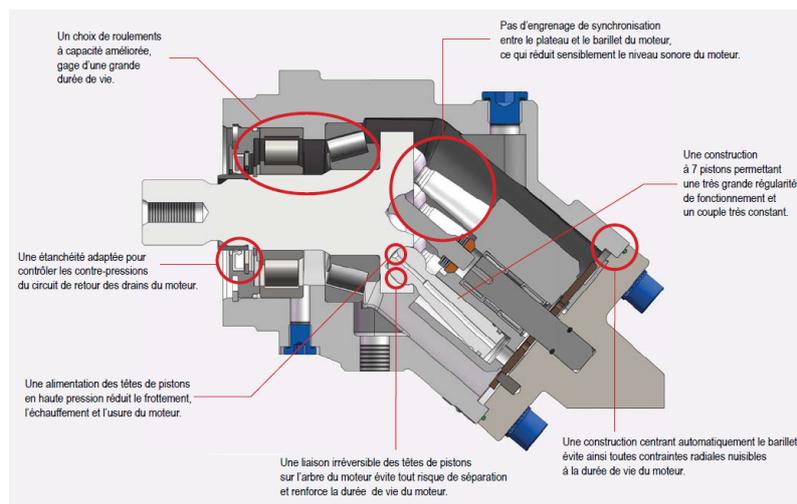


Type de moteur	Cylindrée (cm <sup>3</sup> /tr)	Vitesse maximale en continu (1) (tr/mn)	Vitesse maximale intermittente (1) (tr/mn)	Q maximal absorbé (l/mn)	Couple (N.m/bar)	Couple à 350 bar (N.m)	Pression maximale supportable continu / pointe (bar)	Masse (kg)
M 5_093840	5	8000	8800	40	0,08	28	400 / 450	4,4
M 12	12	8000	8800	96	0,19	67	400 / 450	5,5
M 18	18,0	8000	8800	144	0,29	100	400 / 450	5,5

**Motores Hidráulicos (VI)**

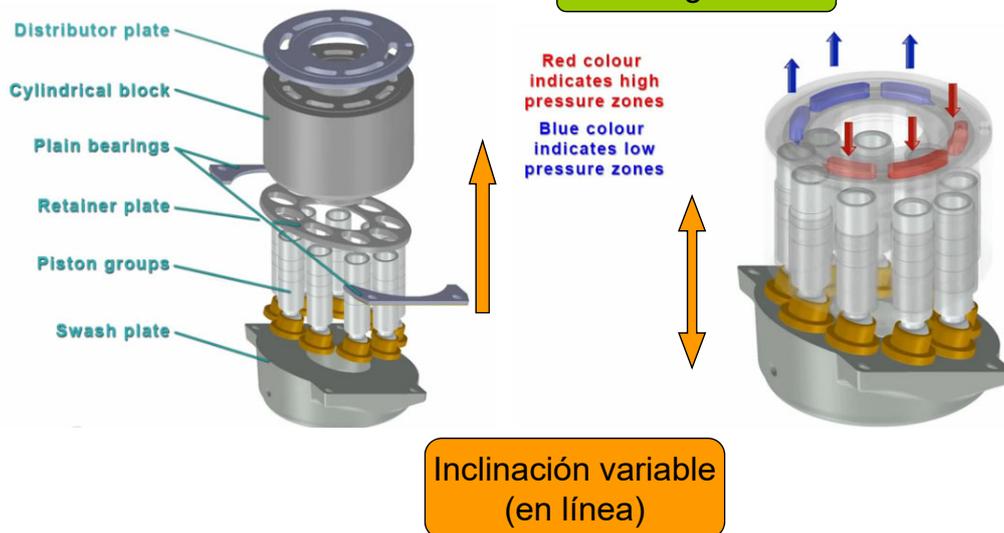
**Motor de Pistones Inclinados (IV)**

<http://www.hydroeduc.com/fr/>



**Motores Hidráulicos (VI)**

**Motor de Pistones Axiales**

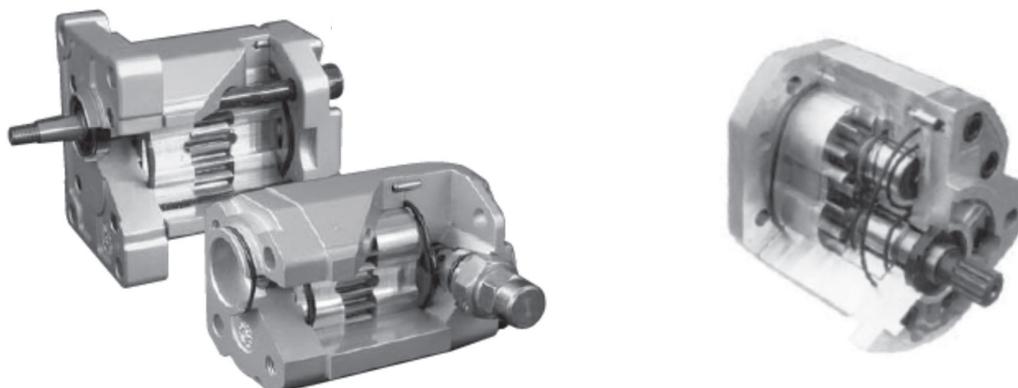


<http://www.youtube.com/watch?v=1FpT9Z4at-w>

**Motores Hidráulicos (VII)**

**Motor de Engranajes (I)**

<http://powersolutions.danfoss.com/Home/>



**Motores Hidráulicos (VII)**

**Motor de Engranajes (II)**

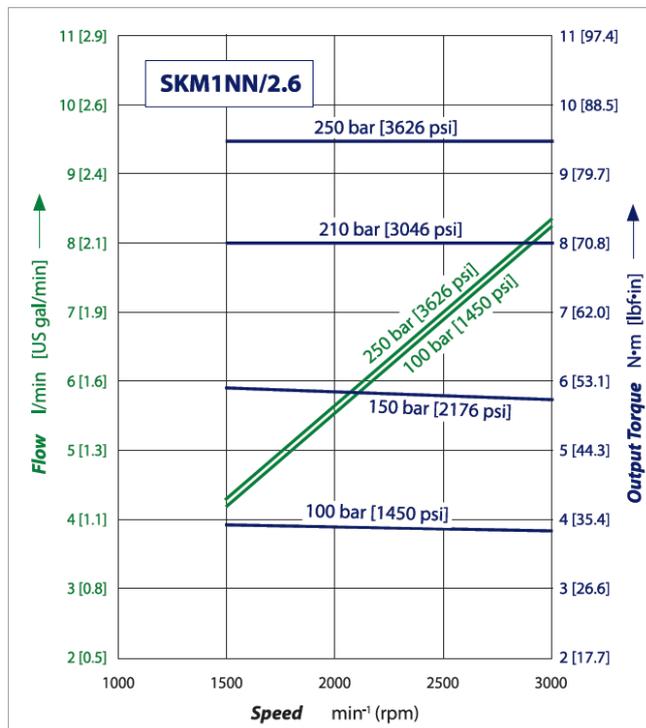
*Fluid viscosity*

Maximum (cold start)	mm <sup>2</sup> /s	1000 [4600]
Recommended range	[SUS]	12-60 [66-290]
Minimum		10 [60]

*Temperature*

Minimum (cold start)	°C	-20 [-4]
Maximum continuous	[°F]	80 [176]
Peak (intermittent)		90 [194]

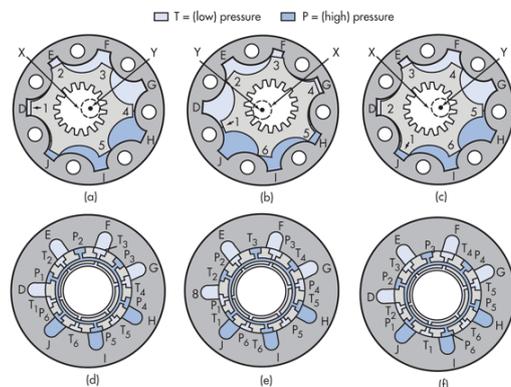
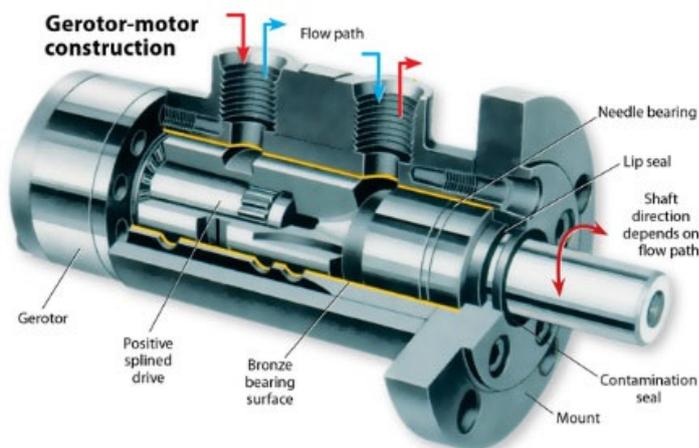
<http://www.turollaocg.com/>



**Motores Hidráulicos (VIII)**

**Motor Georotor (I)**

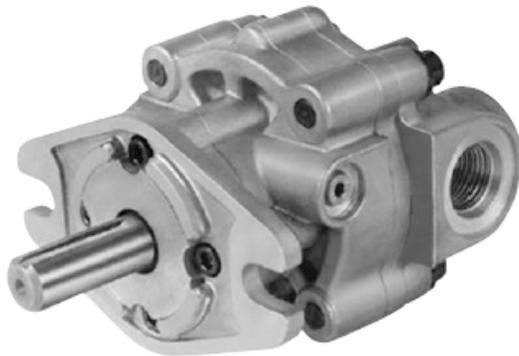
<http://hydraulicspneumatics.com/hydraulic-pumps-motors/fundamentals-hydraulic-motors?page=1>



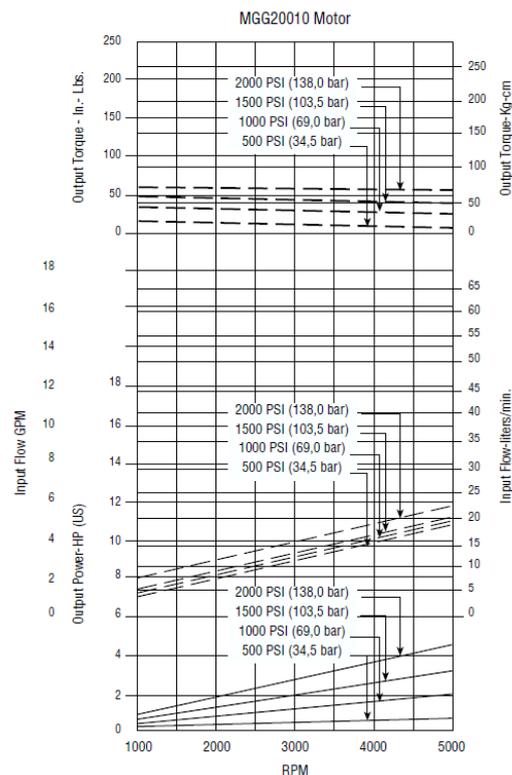
<http://machinedesign.com/motorsdrives/when-electric-motors-won-t-do>

**Motores Hidráulicos (VIII)**

**Motor Georotor (II)**



<http://www.parker.com/>



25

**Bombas Hidráulicas (I)**

Convierten energía mecánica aplicada en el eje en energía de presión

La energía mecánica se suele obtener de un motor eléctrico

Forman el corazón de la **Central Hidráulica**

Tipos de bombas:

- Manuales
- Paletas (Q cte o var.)
- Pistones axiales (Q cte o var.)
- Pistones radiales (Q cte o var.)
- Engranajes (Q cte)
- Lóbulos (Q cte)
- Tornillo (Q cte)

26

### Bombas Hidráulicas (II)

<http://www.hidraulicapractica.com/>

**Paletas:**

Para bajas presiones (cámara elíptica medias), silenciosas  
 Los desgastes de la paleta quedan compensados  
 Regulando la excentricidad rotor-cámara se controla el caudal

**Pistones radiales y axiales:**

Pueden suministrar grandes presiones (1.000 bar)  
 Regulando la carrera se controla el caudal

**Engranajes:**

Muy usadas, hay una amplia gama de caudales y potencias  
 Sólidas, de volumen reducido y bajo coste  
 Ruidosas y de bajo rendimiento (desgaste)

**Tornillo:**

Pueden manejar grandes caudales a presiones moderadas (<200 bar)  
 Muy silenciosas y muy caras

### Bombas Hidráulicas (II)

➤ **Paletas**

- **Fijas**
- **Compensadas**

$$\text{Caudal} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot F \cdot b \cdot n$$

- **No compensadas**

$$\text{Caudal} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot b \cdot n \cdot \left[ \pi \cdot (R^2 - r^2) - (R - r) \cdot W \cdot z \right]$$

b: ancho del rotor (m)  
 n: Velocidad de giro (rpm)  
 R: Radio mayor del estator (m)  
 r: Radio menor del estator (m)  
 W: espesor de la paleta (m)  
 z: nº de paletas

➤ **Pistones**

- **Radiales**
- **Axiales en ángulo**
- **Axiales con placa oscilante**
- **Oscilantes**

$$\text{Caudal} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot F \cdot h \cdot n \cdot z$$

F: Sección del émbolo (m<sup>2</sup>)  
 h: Carrera del émbolo (m)  
 (depende de la excentricidad)  
 n: Velocidad de giro (rpm)  
 z: nº de émbolos

➤ **Engranajes**

- **Externos**
- **Internos**

$$\text{Caudal} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot \phi \cdot m \cdot b \cdot n$$

$$\text{Caudal} \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot F \cdot b \cdot n$$

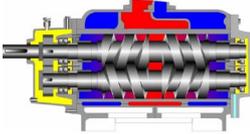
φ: Diámetro de la rueda motriz (m)  
 m: Módulo  
 b: ancho del diente (m)  
 n: Velocidad de giro (rpm)  
 F: Sección libre entre el anillo exterior y la rueda dentada

**Bombas Hidráulicas (III)**

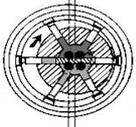
Estudiar que no se produce cavitación (vaporización del fluido)

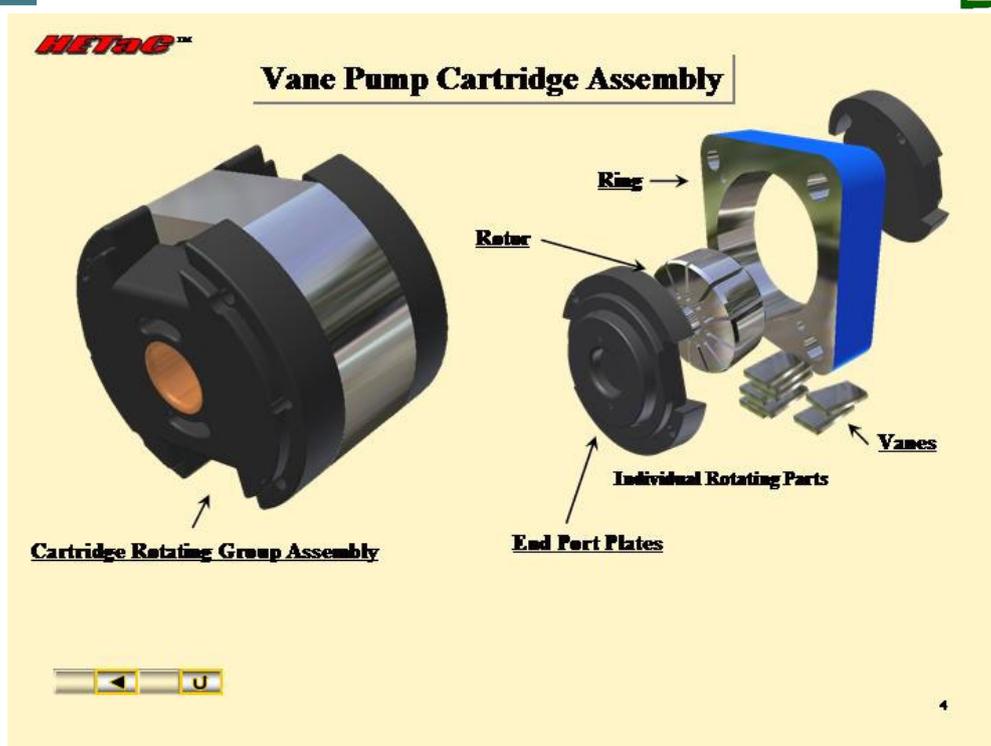
- |  |  |
|--|--|
| <p>{ Limpieza del filtro<br/>Temperatura de trabajo<br/>Tubería libre (no obstruida)</p> | <p>{ Montar la bomba sumergida<br/>Montar la bomba a nivel inferior al depósito<br/>Presurizar el depósito</p> |
|--|--|

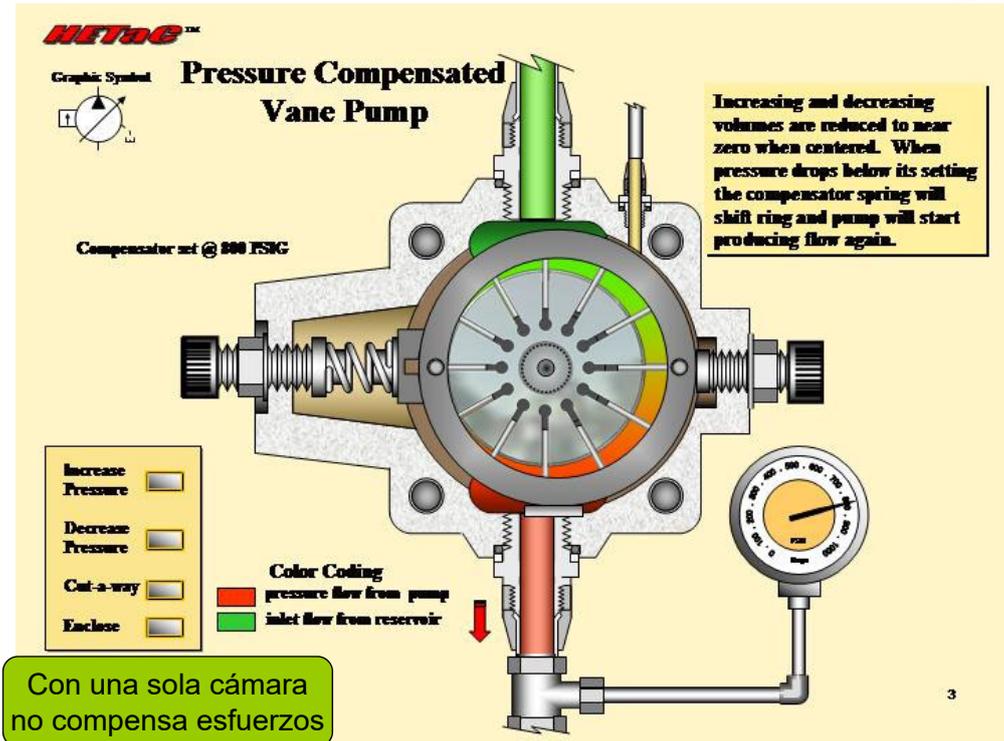
**Bombas Hidráulicas (IV)**

Datos Obtenidos de FESTO	Types of design	Speed range r.p.m.	Displacement volumen (cm <sup>3</sup> )	Nominal pressure (bar)	Total efficiency
<a href="http://www.bedu.eu/">http://www.bedu.eu/</a> 	Gear pump, externally toothed	500 - 3500	1,2 - 250	63 - 160	0,8 – 0,91
<a href="http://www.industrialgearsmanufacturers.org/">http://www.industrialgearsmanufacturers.org/</a> 	Gear pump, internally toothed	500 - 3500	4 - 250	160 - 250	0,8 – 0,91
<a href="http://flowtam.com/screw-pump/64.html">http://flowtam.com/screw-pump/64.html</a> 	Screw pump	500 - 4000	4 - 630	25 - 160	0,7 – 0,84

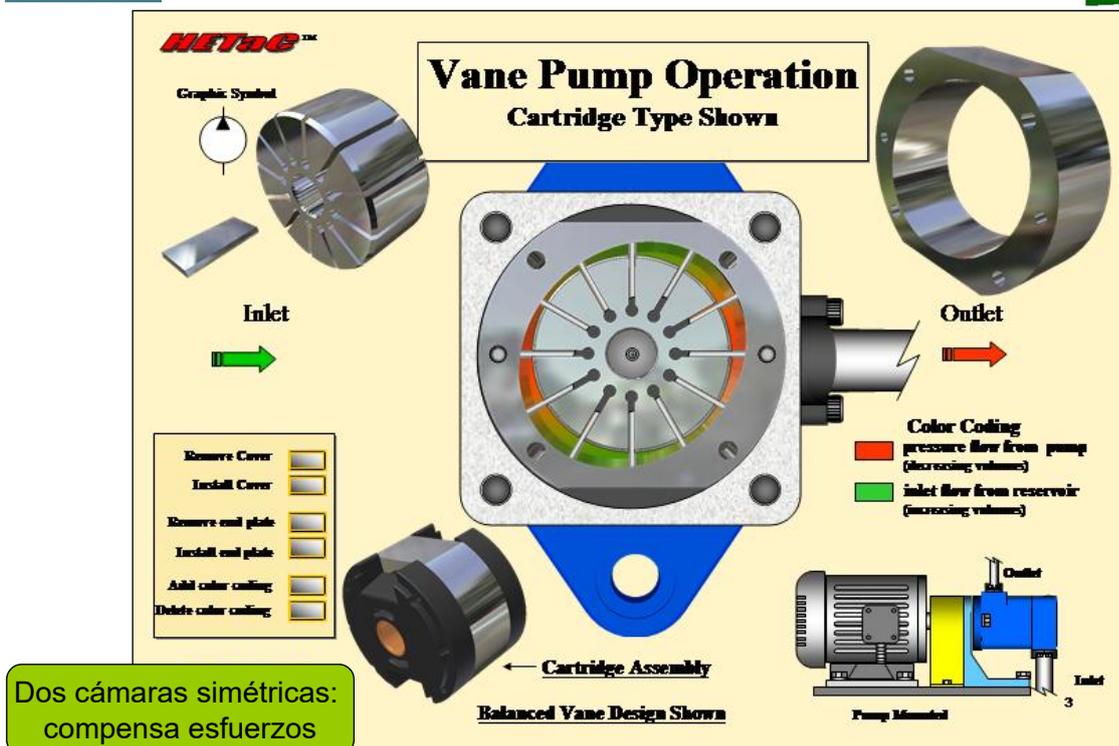
**Bombas Hidráulicas (V)**

Datos Obtenidos de FESTO	Types of design	Speed range r.p.m.	Displacement volumen (cm <sup>3</sup> )	Nominal pressure (bar)	Total efficiency
<a href="http://imgarcade.com/1/hydraulic-vane-pump-animation/">http://imgarcade.com/1/hydraulic-vane-pump-animation/</a> 	Rotary vane pump	960 - 3000	5 - 160	100 - 160	0,8 - 0,93
<a href="http://www.youtube.com/watch?v=CksSdoG0w44">http://www.youtube.com/watch?v=CksSdoG0w44</a> 	Axial piston pump	____ - 3000 750 - 3000 750 - 3000	100 25 - 800 25 - 800	200 160 - 250 160 - 320	0,8 - 0,92 0,82 - 0,92 0,80 - 0,92
<a href="http://www.modernhydraulics.net/tag/radial-piston-pump">http://www.modernhydraulics.net/tag/radial-piston-pump</a> 	Radial piston pump	960 - 3000	5 - 160	160 - 320	0,90





[http://hetacfluidpower.com/photogallery/photo00017777/real\\_p.htm](http://hetacfluidpower.com/photogallery/photo00017777/real_p.htm)

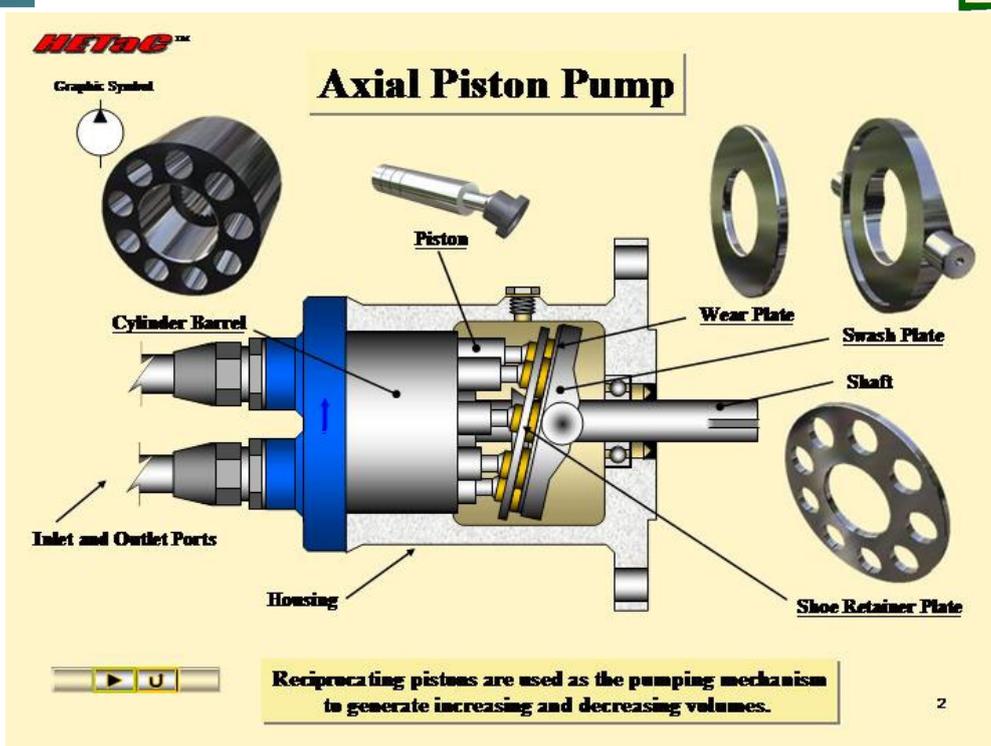


[http://hetacfluidpower.com/photogallery/photo00017777/real\\_p.htm](http://hetacfluidpower.com/photogallery/photo00017777/real_p.htm)



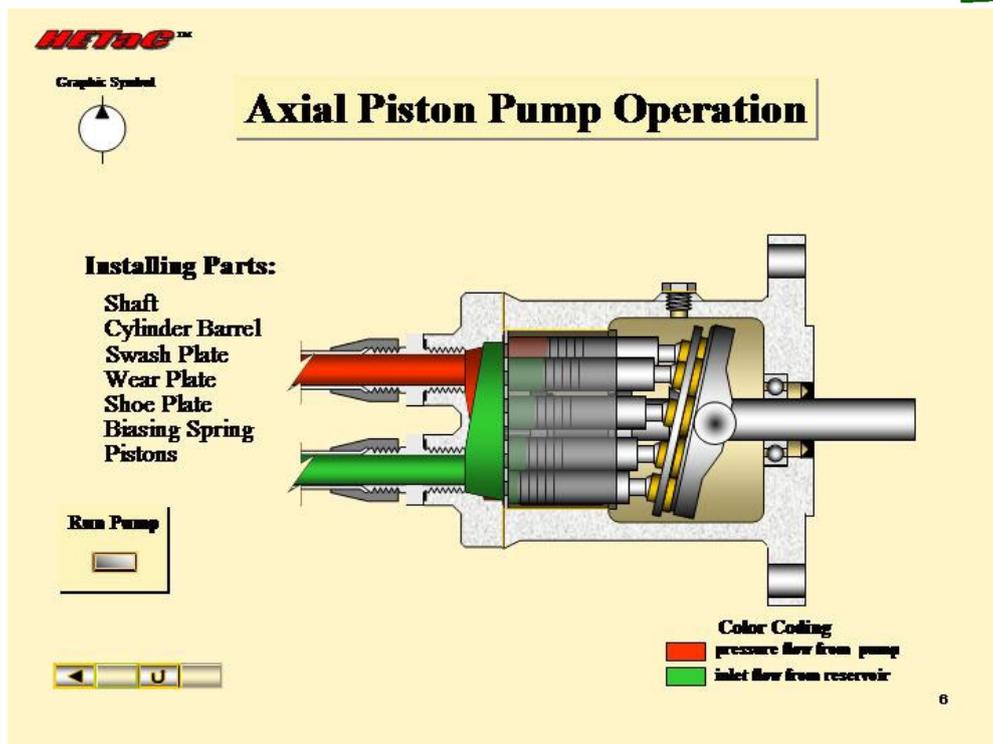
[http://hetacfluidpower.com/photogallery/photo00017777/real\\_p.htm](http://hetacfluidpower.com/photogallery/photo00017777/real_p.htm)

35

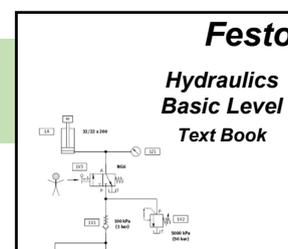


[http://hetacfluidpower.com/photogallery/photo00017777/real\\_p.htm](http://hetacfluidpower.com/photogallery/photo00017777/real_p.htm)

36



[http://hetacfluidpower.com/photogallery/photo00017777/real\\_p.htm](http://hetacfluidpower.com/photogallery/photo00017777/real_p.htm)



**Potencias en el Sistema**

