

### S.E. T0.- Máquinas de Fluidos

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

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

CARLOS J RENEDO [renedoc@unican.es](mailto:renedoc@unican.es)

Despachos: ETSN 236 / ETSIIT S-3 28

<http://personales.unican.es/renedoc/index.htm>

Tfn: ETSN 942 20 13 44 / ETSIIT 942 20 13 82

### S.E. T0.- Máquinas de Fluidos

#### Objetivos:

Realizar un repaso a los conceptos básicos de Termodinámica y Mecánica de Fluidos necesarios para el estudio de las Máquinas de Fluidos

El objetivo de este tema es desarrollar la clasificación de las Máquinas de Fluidos

Diferenciar entre máquinas motoras y generadoras

Conocer casos de aplicación de las Maq. de F.

S.E. T0.- Máquinas de Fluidos

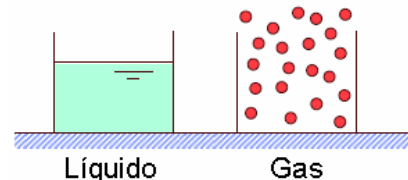
- 1.- Repaso de Mecánica de Fluidos
- 2.- Repaso de Termodinámica
- 3.- Generalidades de las Máquinas de Fluidos
- 4.- Aplicaciones de las Máquinas de Fluidos
- 5.- Bibliografía

1.- Repaso de Mecánica de Fluidos

**Fluido:** no tiene forma propia, se adapta al recipiente  
 tienen resistencia a la velocidad de deformación (no a la def.)

- **Líquidos:** conservan el volumen (“incompresibles”)  
 presentan una superficie libre
- **Gases:** no tiene volumen, ocupan todo el recipiente

**Mecánica de Fluidos:** reposo y movimiento  
**Termodinámica:** fluidos compresibles

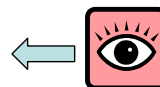


**Peso, W:** (masa . gravedad) [Newton = N = kg m/s<sup>2</sup>]  
 $k_f = 1 \text{ kg} \cdot 9,8 \text{ m/s}^2 = 9,8 \text{ N}$

**Densidad,  $\rho$ :** (masa / volumen) [kg/m<sup>3</sup>]

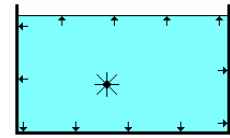
**Densidad relativa,  $\rho_R$ :**  $\rho_R = \frac{\rho}{\rho_{H_2O}}$

**Peso específico,  $\gamma$ :** (  $\rho \cdot g$  ) [N/m<sup>3</sup>]



**Presión, Pascal:** (F / Superficie) [N/m<sup>2</sup>]

- En el interior se transmite igual en todas las direcciones
- Se ejerce perpendicularmente a las superficies que lo contienen



**Tipos de Presión:**

- **Atmosférica;**  $p_{atm}$  (nivel del mar y 0°C) = 1,013 bar
- **Absoluta;**  $p_{abs}$  (>0)
- **Relativa;**  $p_{rel}$  (si <0 P de vacío)

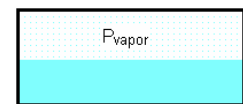
$$p_{abs} = p_{atm} + p_{rel}$$

**Presión de vapor; f (P, T)**

Es la presión originada por el vapor del líquido en la atmósfera que le rodea

El fluido se evapora hasta que el vapor alcanza la presión de vapor

Agua	20°C	0,02337 bar
	100°C	1,013 bar



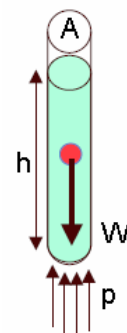
**Cavitación, f (P, T)**

Evaporación del líquido cuando la P es inferior a la Pvapor

**Presión de una columna de fluido**

$$p = \frac{F}{A} = \frac{W}{A} = \frac{\text{Masa } g}{A} = \frac{(\rho V)g}{A} = \frac{\rho (h A)g}{A} = \rho g h$$

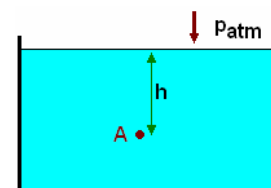
$$p = \rho g h \begin{cases} 1 \text{ m.c.a. } (\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3) = 9.800 \text{ Pa} \\ 1 \text{ m.c.Hg } (\rho = 13.600 \text{ kg/m}^3) = 133.280 \text{ Pa} \end{cases}$$



- Si el fluido está sometido a una presión exterior

• **P. Absoluta**  $p_{abs A} = p_{atm} + \rho g h$

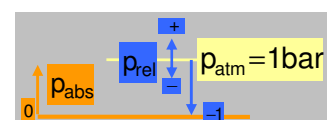
• **P. Relativa**  $p_{rel A} = \rho g h$



**Tipos de Presión:**

- **Atmosférica;**  $p_{atm}$  (nivel del mar y 0°C) = 1,013 bar
- **Absoluta;**  $p_{abs}$  (>0)
- **Relativa;**  $p_{rel}$  (si <0 P de vacío)

$$p_{abs} = p_{atm} + p_{rel}$$

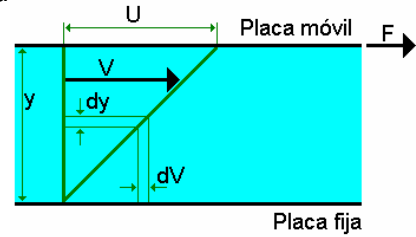


**Viscosidad:** resistencia a fluir, a la velocidad de deformación

Fluidos Newtonianos;  $f(T)$

$$F = \tau A = cte \frac{A U}{y} = cte \frac{A dV}{dy}$$

$$\frac{F}{A} = \tau = cte \frac{U}{y} = cte \frac{dV}{dy}$$



• **V. Dinámica**,  $\mu$  [ Pa s ]:

$$\tau = \mu \frac{dV}{dy}$$

Agua	$10^{-3}$ Pa s
Aire	$1,8 \cdot 10^{-5}$ Pa s

- Líquidos  $\mu \downarrow$  al  $\uparrow T^a$
- Gas  $\mu \uparrow$  al  $\uparrow T^a$

$$\frac{\text{Pa}}{\text{m}/(\text{m/s})} = \text{Pa s}$$

• **V. Cinemática**,  $\nu$  [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]:

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \frac{\mu}{\gamma/g} = \frac{\mu g}{\gamma}$$

Agua	$1,1 \cdot 10^{-6}$ $\text{m}^2/\text{s}$
Aire	$1,51 \cdot 10^{-5}$ $\text{m}^2/\text{s}$

$$\frac{\text{Pa s}}{\text{kg}/\text{m}^3} = \frac{[\text{N}/\text{m}^2] \text{s}}{\text{kg}/\text{m}^3} = \frac{[(\text{kg m}/\text{s}^2)/\text{m}^2] \text{s}}{\text{kg}/\text{m}^3} = \frac{\text{kg m s} / (\text{m}^2 \text{s}^2)}{\text{kg}/\text{m}^3} = \frac{\text{kg} / (\text{m s})}{\text{kg}/\text{m}^3} = \text{m}^2/\text{s}$$

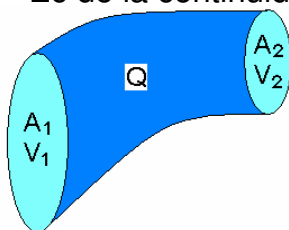
Caudal volumétrico,  $Q$  [ $\text{m}^3/\text{s}$ ]  $Q = A V$

Peso de un flujo,  $W$  [ $\text{N/s}$ ]  $W = \gamma Q$       Peso [ $\text{N}$ ]       $w = W t = \gamma \text{Vol}$

Masa de un flujo, caudal másico,  $M$  [ $\text{kg/s}$ ]  $M = \rho Q$

$\gamma$  es el peso específico ( $\text{Nw}/\text{m}^3$ )  
 $\rho$  es la densidad ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

Ec de la continuidad de un flujo



$$M_1 = M_2 \quad \rho_1 Q_1 = \rho_2 Q_2 \quad \rho_1 (A_1 V_1) = \rho_2 (A_2 V_2)$$

$$[\times g] \Rightarrow \gamma_1 A_1 V_1 = \gamma_2 A_2 V_2$$

Si el fluido es incompresible ( $V$  cte), y  $\gamma_1 = \gamma_2$

$$Q_1 = Q_2$$

$$A_1 V_1 = A_2 V_2$$

## Energía de un flujo: Ec de Bernoulli (I)

Los fluidos poseen tres formas de energía:  
potencial,  $E_{pot}$ , cinética,  $E_c$  y presión,  $E_{pres}$

- La  $E_{pot}$  es debida a la elevación, se refiere a una cota

$$E_{pot} = w z \quad [J] \quad \begin{cases} w \text{ el peso del fluido [N]} \\ z \text{ la distancia vertical a la cota de ref.} \end{cases}$$

- La  $E_c$  está relacionada con la velocidad del fluido

$$E_c = \frac{1}{2} m V^2 = \frac{1}{2} \left( \frac{w}{g} \right) V^2 \quad [J]$$

- La  $E_{pres}$  es el trabajo necesario para mover un flujo a través de una determinada sección en contra de la presión;

$$E_{pres} = p \text{ Volumen} = p (A d) = p \left( \frac{w}{\gamma} \right) [J] \quad \begin{cases} p \text{ la presión} \\ d \text{ la distancia recorrida por el flujo} \end{cases}$$

$$[\gamma = w / \text{Vol}]$$

## Energía de un flujo: Ec de Bernoulli (II)

La energía total de un fluido es:

$$E = E_{pot} + E_c + E_{pres} = w z + \frac{1}{2} \frac{w V^2}{g} + \frac{p w}{\gamma} \quad [J]$$

Se puede expresar, ( $/w$ ), en unidades de altura, y es la altura de carga  $H$

$$H = z + \frac{V^2}{2g} + \frac{p}{\gamma} \quad [m] \quad \begin{cases} z & \text{cota o cabeza de elevación} \\ V^2/2g & \text{altura de velocidad o cab. de vel.} \\ p/\gamma & \text{altura de presión o cab. de presión} \end{cases} \quad [J = Nw m]$$

Teorema de *Bernoulli*: la variación de la energía de un flujo incompresible sin transmisión de calor

$$E_{entrante} + E_{añadida} - E_{extraída} - E_{perdida} = E_{saliente} \quad [J]$$

$$\left( z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} \right) + H_{aña} - H_{ext} - H_{per} = \left( z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} \right) \quad [m]$$

Bomba

Turbina

Tubería

Un flujo puede desarrollar una potencia

$$\text{Pot} = \gamma Q H \quad \left[ \text{Nw/m}^3 \quad \text{m}^3/\text{seg} \quad \text{m} = \text{Nw m/seg} = \text{J/seg} = \text{W} \right]$$

- La potencia agregada por una bomba,  $P_B$

$$P_B = \gamma Q H \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Rendimiento de la bomba es } \eta_B \\ \text{La potencia que demanda del motor, } P_M \end{array} \right. \quad \eta_B = \frac{P_B}{P_M}$$

- La potencia hidráulica transmitida a una turbina,  $P_H$

$$P_H = \gamma Q H \quad \left\{ \begin{array}{l} \text{Rendimiento de la turbina es } \eta_T \\ \text{La potencia que entrega la turbina, } P_T \end{array} \right. \quad \eta_T = \frac{P_T}{P_H}$$

La  $H_{\text{per}}$  en tuberías, válvulas y demás elementos  $\approx$  proporcional a  $V^2$

$$H_{\text{per}} = \text{cte} \frac{V^2}{2g} \quad [\text{m}] \quad \text{La cte se determina experimentalmente}$$

11

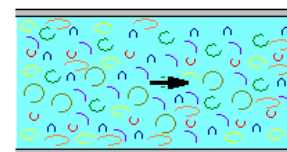
**Flujo laminar:** las partículas se mueven en direcciones paralelas formando capas o láminas, el fluido es uniforme y regular.

La viscosidad domina el movimiento del fluido, donde

$$\tau = \mu \frac{dv}{dy} \quad \left\{ \begin{array}{l} \tau \text{ es el cortante, } (=F/A) \\ \mu \text{ es la viscosidad dinámica (Pa s)} \end{array} \right.$$



**Flujo turbulento** las partículas se mueven de forma desordenada en todas las direcciones; es imposible conocer la trayectoria individual de cada partícula



La caracterización del movimiento debe considerar los efectos de la viscosidad ( $\mu$ ) y de la turbulencia ( $\eta$ ); se hace con:

$$\tau = (\mu + \eta) \frac{dv}{dy} \quad \eta \text{ depende de } \rho \text{ y del movimiento}$$

$$0 \leq \eta \leq 10.000\mu =$$

Se determina con resultados experimentales

12



¿Flujo laminar o turbulento? *Reynolds*,  $Re$   $Re = \frac{V L_c}{\nu} \left[ \frac{m/s \cdot m}{m^2/s} \right]$

$\left\{ \begin{array}{l} v \text{ es la velocidad (m/s)} \\ \nu \text{ es la viscosidad cinemática (m}^2\text{/s)} \\ L_c \text{ es la longitud característica} \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{Para el interior de una tubería circular es el diámetro} \\ \text{Para una sección que no es circular } L_c = 4 D_H \\ [D_H = \text{Area del flujo} / \text{Perímetro mojado}] \end{array} \right.$

Circular radio $R$	$D_H = \frac{\pi R^2}{2 \pi R} = \frac{R}{2}$	$L_c = 4 \frac{R}{2} = 2R = D$	
Cuadrado lado $L$ :	$D_H = \frac{L^2}{4L} = \frac{L}{4}$	$L_c = 4 \frac{L}{4} = L$	
Rectángulo lados $a$ y $b$	$D_H = \frac{a b}{2(a+b)}$	$L_c = \frac{2 a b}{(a+b)}$	
Sección circular $r_i$ y $r_e$	$D_H = \frac{\pi (r_e^2 - r_i^2)}{2 \pi (r_i + r_e)} = \frac{(r_e^2 - r_i^2)}{2 (r_i + r_e)}$	$L_c = \frac{2 (r_e^2 - r_i^2)}{(r_i + r_e)}$	

En conductos:  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Si } Re < 2.000 \text{ flujo laminar} \\ \text{Si } Re > 4.000 \text{ flujo turbulento} \end{array} \right. \quad Re_{\text{Crítico}} = 2.000 \Rightarrow V_{\text{Crítica}}$

La ecuación de *Darcy* marca las pérdidas por fricción,  $H_L$ , tanto en régimen laminar como turbulento

$$H_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (\text{m})$$

$\left\{ \begin{array}{l} f (\lambda) \text{ el factor de fricción} \\ L \text{ es la longitud de una tubería} \\ v \text{ la velocidad} \\ D \text{ el diámetro de la tubería} \\ g \text{ la gravedad} \end{array} \right.$

Conducto no circular:  $L_c$

Flujo laminar:

$$f = \frac{64}{Re}$$

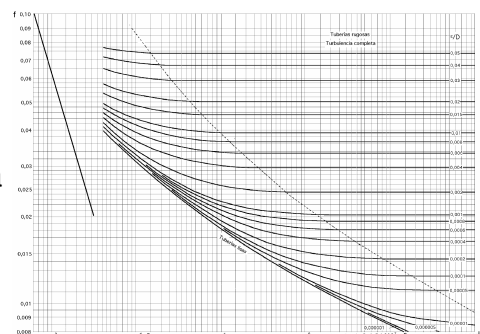
$$H_L = \frac{32 \mu L v}{\gamma D^2} \quad (\text{m})$$

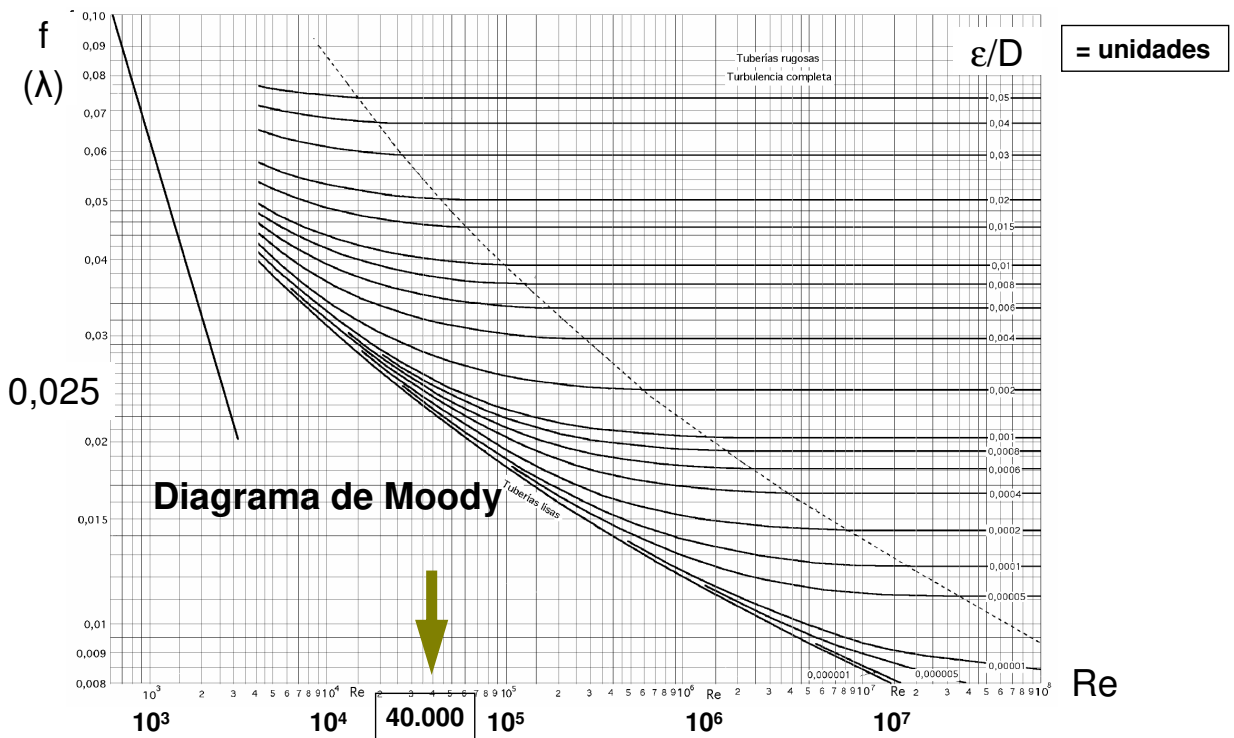
Flujo turbulento:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{\epsilon}{3,7 D} + \frac{2,51}{Re \sqrt{f}} \right]$$

$\left\{ \epsilon \text{ la rugosidad de la tubería} \right.$

**Diagrama de Moody**





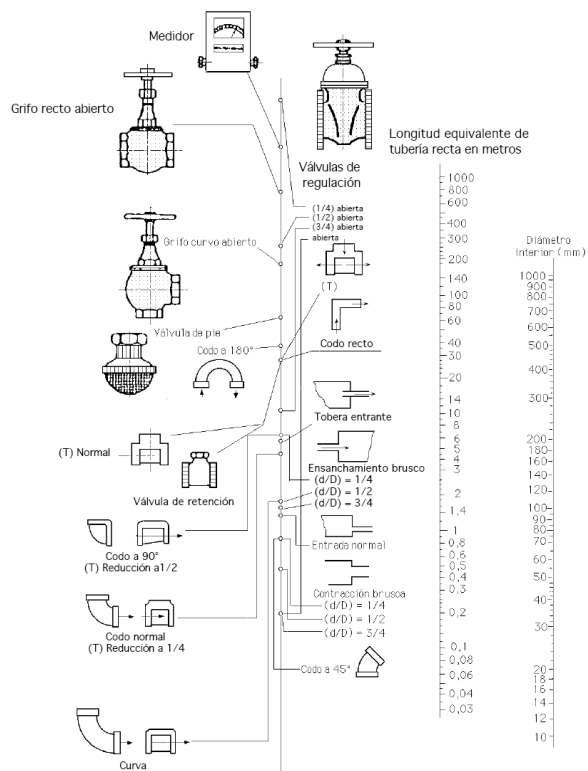
Longitud equivalente  $L_{eq}$   
(en Tablas y ábacos)

$$L_{eq\_tub} = L_{tub} + L_{eq\_accesorios}$$

$$H_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (m)$$

Tablas del coeficiente de pérdida  
en: Redes Industriales de Tubería,  
A. Luszczewski, Ed Reverté

ABACO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PERDIDAS DE CARGA EN ACCESORIOS  
en metros de longitud de tubería equivalente





$$L_{eq\_tub} = L_{tub} + L_{eq\_accesorios}$$

$$H_L = f \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (m)$$

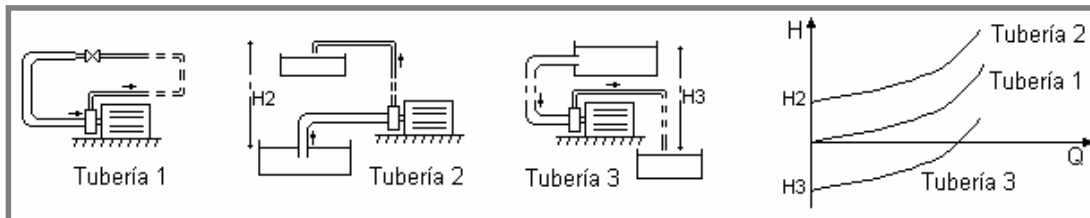
$$H_L = cte \ v^2 \quad (m)$$

$$cte = f \frac{L_{eq\_tub}}{D} \frac{1}{2g}$$

$$cte_2 = f \frac{L_{eq\_tub}}{D}$$

- Ec. Tubería en circuito cerrado o tubería sin cota de elevación:  $H_L = cte \ v^2 \quad (m)$
- Ec. Tubería de elevación:  $H_L = H_{elevación} + cte \ v^2 \quad (m)$
- Ec. Tubería de evacuación:  $H_L = cte \ v^2 - H_{evacuación} \quad (m)$

$$H_L = cte_2 \frac{v^2}{2g} \quad (m)$$



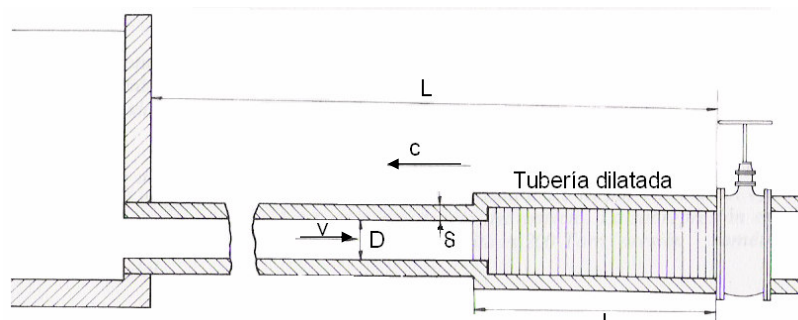
El **Golpe de Ariete** es un fenómeno transitorio en el que se considera que:

- la tubería no es rígida
- el líquido es compresible

Se produce al cerrar bruscamente una válvula en una tubería

La energía cinética se transforma en energía de presión

La sobrepresión pueden llegar a romper la tubería



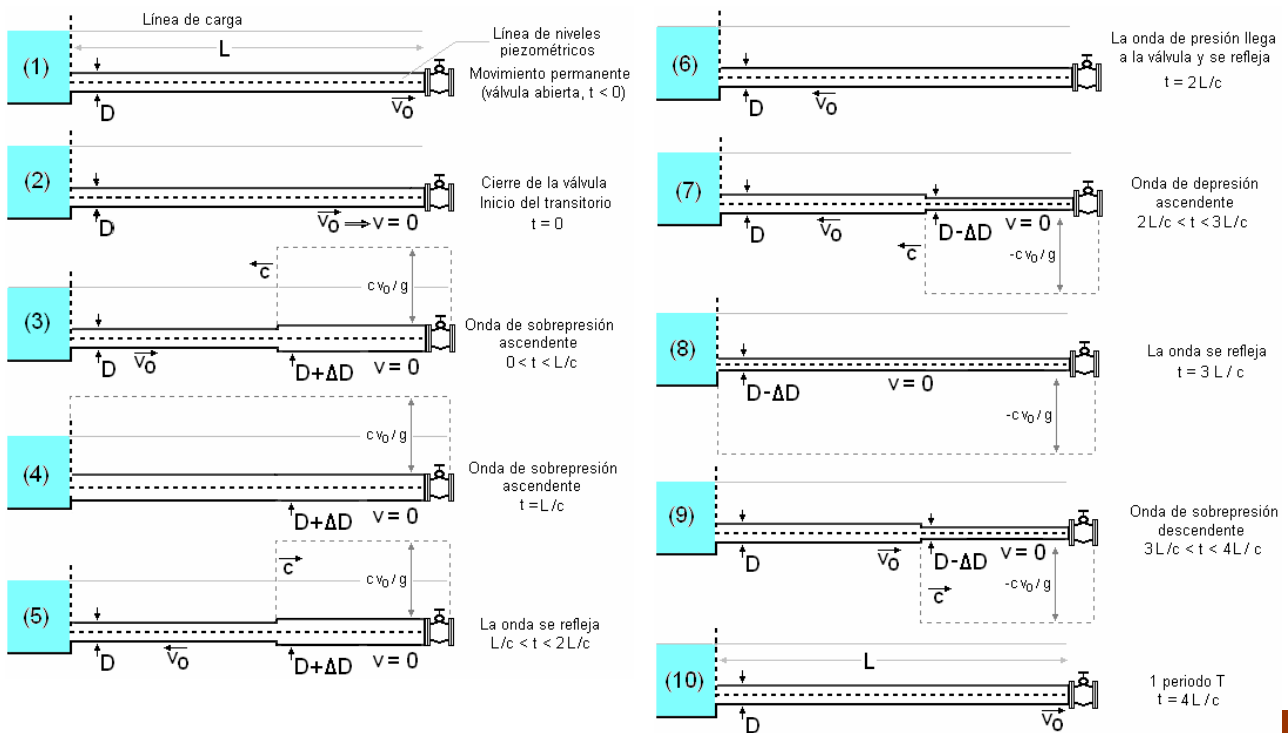
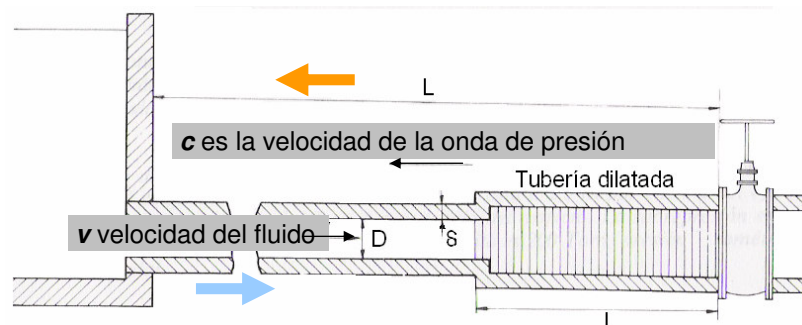
El **Golpe de Ariete** es un fenómeno transitorio en el que se considera que:

- la tubería no es rígida
- el líquido es compresible

Se produce al cerrar bruscamente una válvula en una tubería

La energía cinética se transforma en energía de presión

La sobrepresión pueden llegar a romper la tubería



La **sobrepresión** depende del tiempo de cierre de la válvula,  $t_c$

1.- **Cierre instantáneo**, ( $t_c = 0$ ), es un caso teórico (el anterior)

2.- **Cierre rápido** ( $0 < t_c < 2L / c$ )

El cierre se produce antes de que la onda de presión se refleje en el estanque y vuelva a la válvula; la sobrepresión idéntica al caso de cierre instantáneo

$$\Delta H = \frac{c v}{g} [\text{cierre total}] ; \Delta H = \frac{c (v - v_f)}{g} [\text{cierre parcial}]$$

3.- **Cierre lento**, ( $t_c > 2L / c$ )

La depresión generada al reflejarse la onda en el embalse disminuye la presión máxima respecto al instantáneo

$$\Delta P = K \frac{\rho L v}{t_c} \quad K (\text{entre } 1 \text{ y } 2; K < 1,5), \text{ por la elasticidad de la tubería}$$

**La Cavitación** (evaporación del líquido) se produce cuando:

$$p < p_{\text{sat}} \quad (p_{\text{sat}} \uparrow \text{ con } T; \text{ peligro con calor})$$

Temperatura (°C)	5	10	20	40	60	80	100
$p_{\text{sat}}$ (bar) [ $p_{\text{abs}}$ ]	0,00872	0,01227	0,02337	0,07375	0,1992	0,4736	1,0133

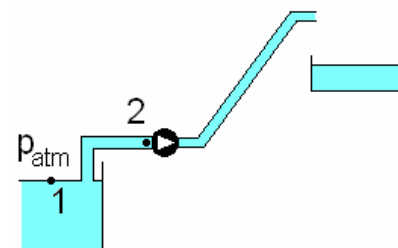
Se produce en estructuras estáticas (venturís, tuberías) y en máquinas hidráulicas (bombas, turbinas, hélices).

Ec de Bernoulli entre ptos 1 y 2

$$\left( z_1 + \frac{V_1^2}{2g} + \frac{p_1}{\gamma} \right) - H_{\text{per}} = \left( z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} \right)$$

$$\frac{p_{\text{atm}}}{\gamma} - H_{\text{per}} = \left( z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} \right)$$

$$\frac{p_2}{\gamma} = \frac{p_{\text{atm}}}{\gamma} - \frac{V_2^2}{2g} - z_2 - H_{\text{per}} \Rightarrow p_2 < p_{\text{atm}}; \text{ y cavitación si } p_2 < p_{\text{sat}}$$

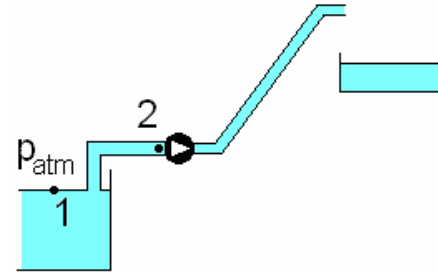


Cavitación si  $p_2 < p_{sat}$

$$\frac{p_2}{\gamma} = \frac{p_{atm}}{\gamma} - \frac{V_2^2}{2g} - z_2 - H_{per}$$

La cavitación es tanto más peligrosa si:

- $\uparrow T$  del fluido ( $p_{sat} \uparrow$ )
- $\uparrow$  altitud del lugar ( $p_{atm} \downarrow$ )
- $\downarrow \phi$  tuberías asp. ( $\uparrow$  velocidad del fluido ( $v_2$ ))
- $\uparrow$  altura geométrica que asciende el fluido ( $z_2$ )
- $\uparrow H_{per}$  (longitud, accesorios)

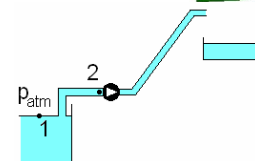


La cavitación a la entrada de una bomba  $\downarrow \eta_B$ , ( $v_{vapor} \gg v_{liq}$ )

Al aumentar la bomba la presión condensa el vapor produce golpeteo (vibraciones, ruido, ... desgaste)

La altura total a la entrada de la bomba, referida a su cota, es:

$$H_2 = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$



La altura máxima de aspiración disponible en la entrada de la bomba,  $H_{B \text{ disp}} \Rightarrow$  que  $p_2 > p_{sat}$

$$H_{B \text{ disp}} = \frac{p_2 - p_{sat}}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g}$$

Aplicando Bernoulli entre 1 y 2:

$$\frac{p_{atm}}{\gamma} - H_{per} = \left( z_2 + \frac{V_2^2}{2g} + \frac{p_2}{\gamma} \right) \Rightarrow \frac{V_2^2}{2g} = \frac{p_{atm} - p_2}{\gamma} - H_{per} - z_2$$

$$\Rightarrow H_{B \text{ disp}} - \frac{p_2 - p_{sat}}{\gamma} = \left( \frac{p_{atm} - p_2}{\gamma} - H_{per} - z_2 \right)$$

$$H_{per} = f \frac{L_{eq}}{D_H} \frac{v^2}{2g}$$

$$H_{B \text{ disp}} = \frac{p_{atm} - p_{sat}}{\gamma} - z_2 - H_{per}$$

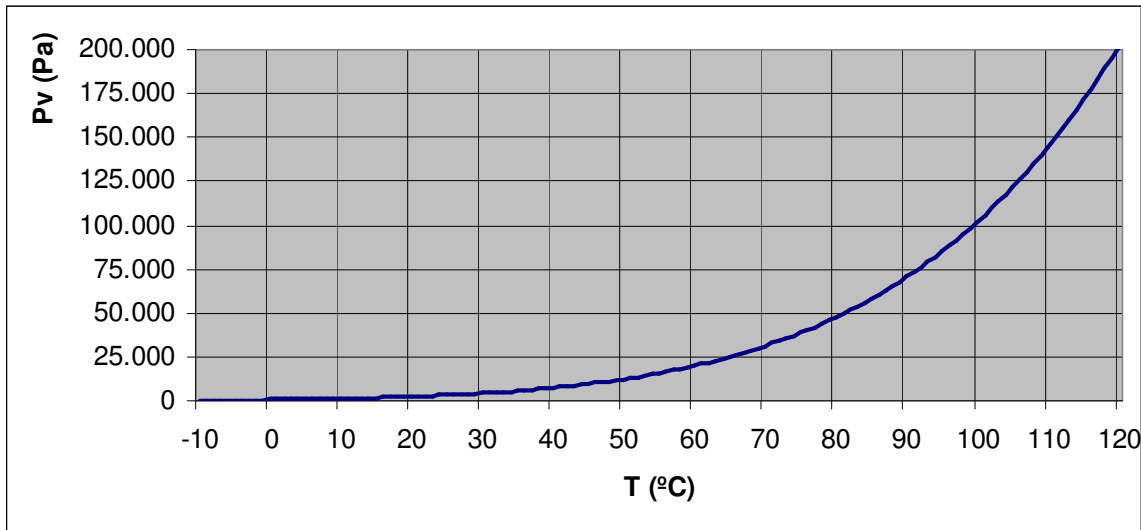
Terminología británica  
**NPSH disponible.**

$$NPSH_d > 0,5 + NPSH_r$$

Fabricante  
de la bomba

Presión de Vapor del Agua

$$\log(p_v) = 7,5 \frac{T_{\text{aire}}}{(T_{\text{aire}} + 273) - 35,85} + 2,7858 \quad p_v \text{ en Pa y } T_{\text{aire}} \text{ en } ^\circ\text{C}$$



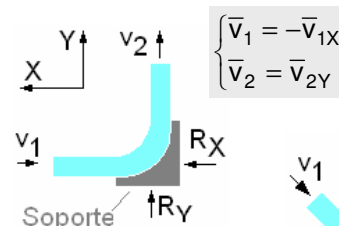
**Fuerza de una corriente:**  $F = m \, da = m \frac{dv}{dt} \Rightarrow [\text{Impulso}] F \, dt = m \, dv$

$$F = m \, [kg] \, a \, [m/s^2] = m \, [kg] \frac{v \, [m/s]}{t \, [s]} = \frac{m \, [kg]}{t \, [s]} v \, \left[ \frac{m}{s} \right] = \left( \rho \, \left[ \frac{kg}{m^3} \right] Q \, \left[ \frac{m^3}{s} \right] \right) v \, \left[ \frac{m}{s} \right] = \rho \, Q \, v$$

**Fuerza que ejerce un chorro de líquido sobre un objeto estacionario:**

- Si tiene un giro de 90°

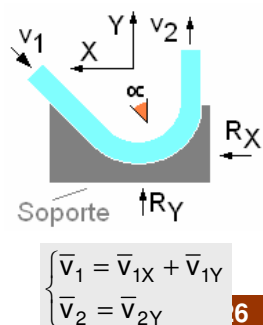
$$\begin{cases} R_x = \rho Q (v_{2x} - v_{1x}) = \rho Q (-v_{1x}) = \rho Q v_1 \\ R_y = \rho Q (v_{2y} - v_{1y}) = \rho Q v_{2y} = \rho Q v_2 \end{cases}$$



- Si tiene un giro de α°

$$\begin{cases} R_x = \rho Q (v_{2x} - v_{1x}) = \rho Q v_{1x} = \rho Q v_1 \cos \alpha \\ R_y = \rho Q (v_{2y} - v_{1y}) = \rho Q (v_2 - v_1 \sin \alpha) \end{cases}$$

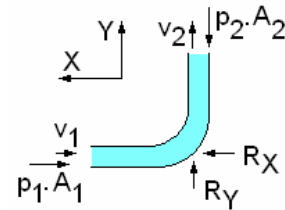
$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$$



**Fuerza que se ejerce sobre un codo:**  $\begin{cases} P = F/A \Rightarrow F = P \cdot A \\ F = \rho \cdot Q \cdot \Delta V \end{cases}$

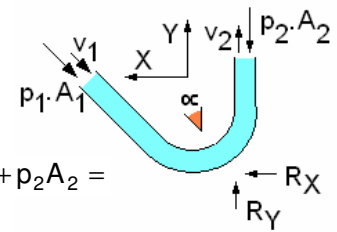
- Si tiene un giro de 90°

$$\begin{cases} R_X = F_x + p_1 A_1 = \rho Q v_{1X} + p_1 A_1 = \rho Q v_1 + p_1 A_1 \\ R_Y = -F_y + p_2 A_2 = -\rho Q v_{2Y} + p_2 A_2 = -\rho Q v_2 + p_2 A_2 \end{cases}$$



- Si tiene un giro de α°

$$\begin{cases} R_X = F_x + p_1 A_1 \sin \alpha = \rho Q v_{1X} + p_1 A_1 \sin \alpha = \\ = \rho Q v_1 \sin \alpha + p_1 A_1 \sin \alpha = (\rho Q v_1 + p_1 A_1) \sin \alpha \\ R_Y = F_y + p_1 A_1 \cos \alpha + p_2 A_2 = \rho Q (v_{1Y} - v_{2Y}) + p_1 A_1 \cos \alpha + p_2 A_2 = \\ = \rho Q (v_1 \cos \alpha - v_2) + p_1 A_1 \cos \alpha + p_2 A_2 \end{cases}$$



$$R = \sqrt{R_X^2 + R_Y^2}$$

**Fuerza que se ejerce sobre un cuerpo en movimiento:**

Considerar velocidades relativas, ej: álabe de turbina ...

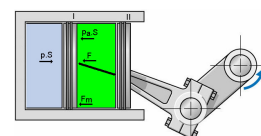
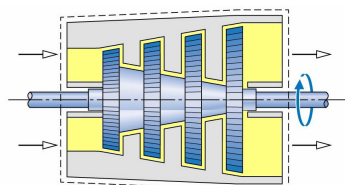
## Máquinas de Fluidos:

son máquinas por las que circula un fluido de trabajo, de forma que los elementos de la máquina permiten que intercambie energía mecánica con el exterior (añadiendo o extrayendo energía al fluido)

## Clasificación: (I)

### ➤ Por la continuidad de la circulación del fluido de trabajo

- **Dinámicas o Turbomáquinas:** circulación continua  
ej: bomba centrífuga, ventilador, turbina hidráulica, ...
- **Volumétricas o de Desplazamiento Positivo:** en cada instante evoluciona una cantidad determinada de fluido  
ej: motor de combustión interna, compresor alternativo, ....

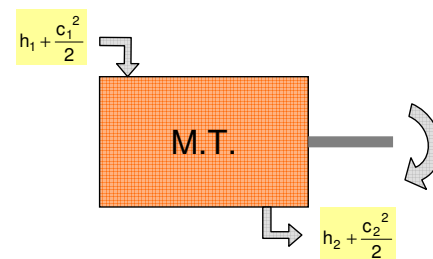
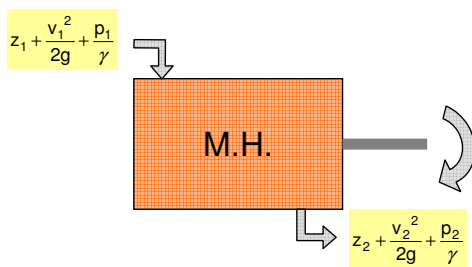




#### Clasificación: (II)

➤ **Por el fluido de trabajo**

- **Máquina Hidráulicas:** no cambian (o casi no) la densidad el fluido  
ej: bomba centrífuga, ventilador, turbina hidráulica, ...
- **Máquinas Térmicas:** si se modifica la densidad del fluido  
ej: motor de combustión interna, turbina de gas, turbina de vapor, compresor alternativo, ...

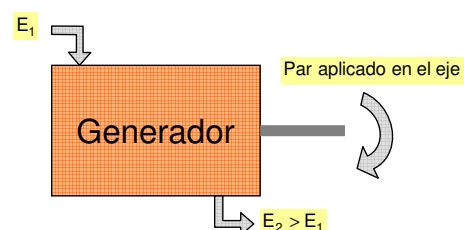
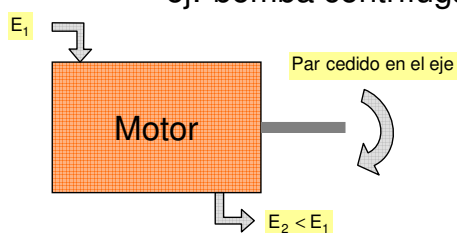


29

#### Clasificación: (III)

➤ **Por el aumento/disminución de energía del fluido de trabajo**

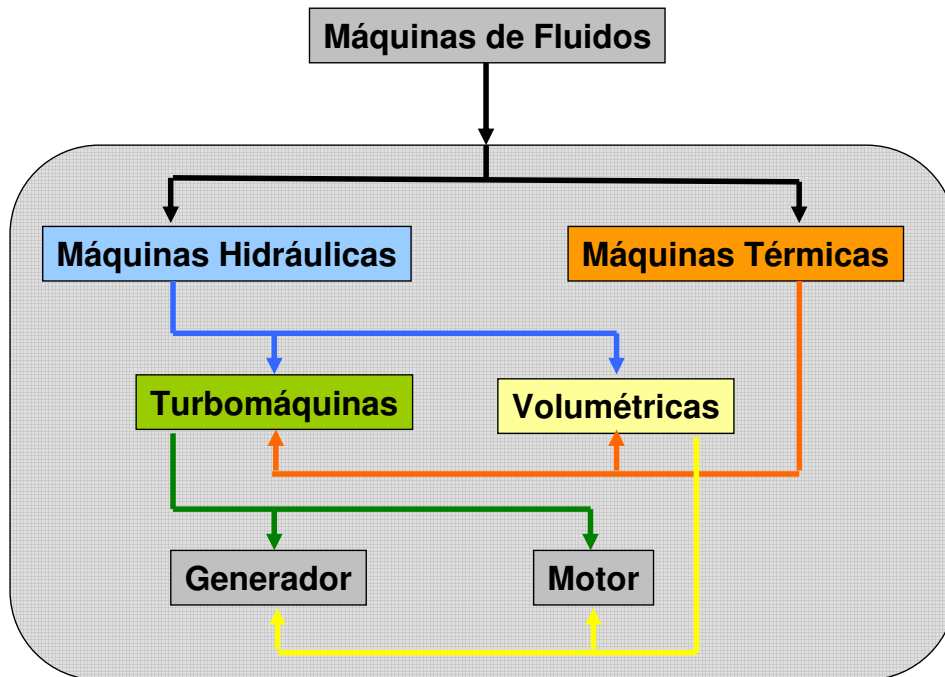
- **Motor:** absorbe energía de un fluido (de presión o cinética) y la proporciona en el eje  
ej: turbina hidráulica, motor de combustión interna, turbina de vapor, ...
- **Generador:** absorbe energía en el eje y la proporciona a un fluido  
ej: bomba centrífuga, ventilador, compresor alternativo, ...



**Similar a las máquinas eléctricas:**  
El motor absorbe energía eléctrica  
El generador genera energía eléctrica

**El generador hidr. genera E. hidr.**  
**El motor hidr. absorbe E. hidr.**

30



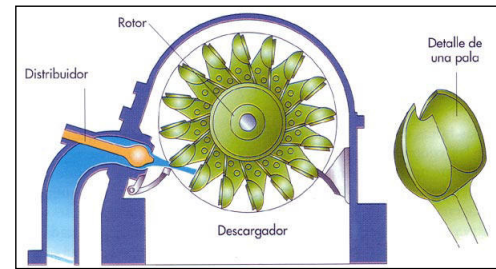
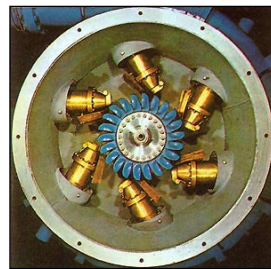
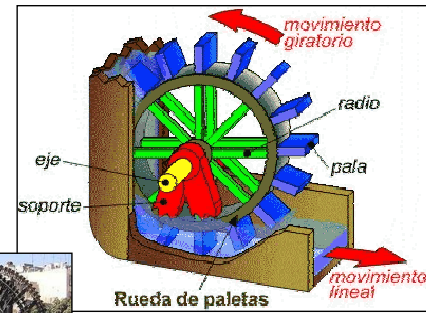
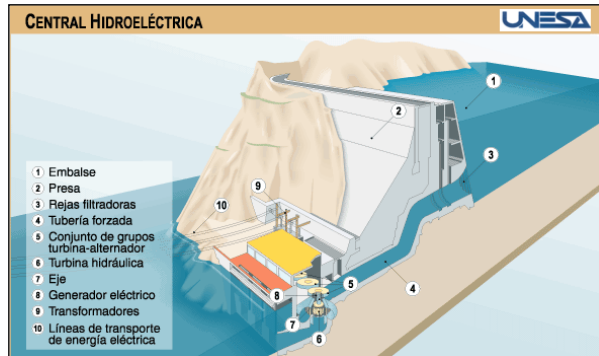
**Bombas Centrífugas:**

- *Centrales Térmica*
- *Industrial*
- *Climatización*
- *Agrícola*
- ...



**Turbinas Hidráulicas:**

- **Centrales Hidráulicas**



**Ventiladores:**

- **Instalaciones de Climatización**
- **Sistemas de Extracción**
- ...





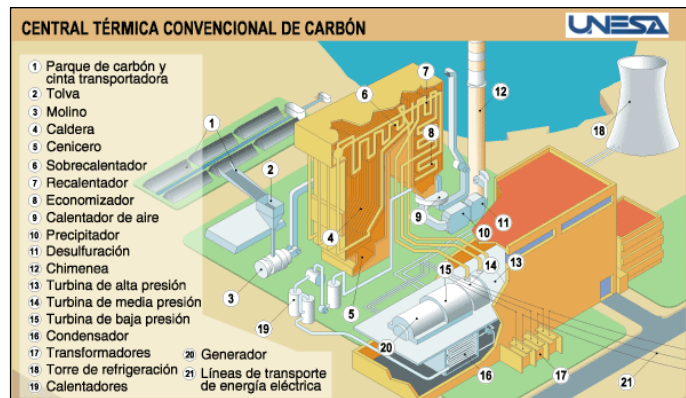
**Compresores:**

- *Instalaciones Neumáticas*
- *Instalaciones de Vacío*
- *Máquinas de Refrigeración*
- ...



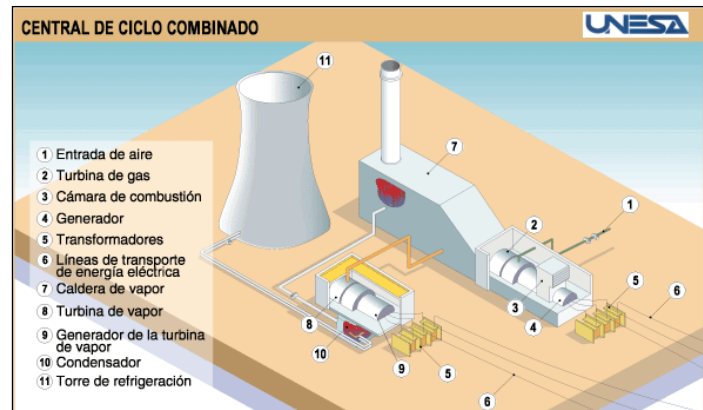
**Turbinas de Vapor:**

- *Centrales Térmicas Convencionales*
- *Ciclos Combinados*



**Turbinas de Gas:**

- *Centrales Térmicas*
- *Ciclos Combinados*
- *Aviación*
- ...



**Motores de Combustión Interna:**

- *Automoción*
- *Sistemas de Cogeneración*
- *Grupos Electrógenos*
- *etc*



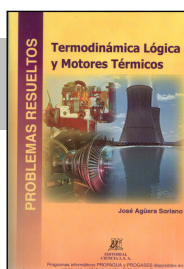


Otros:

- *Propulsión marina*
- *Aerogeneradores*
- *etc*

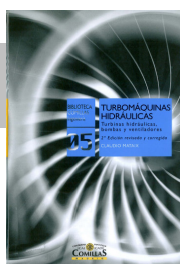
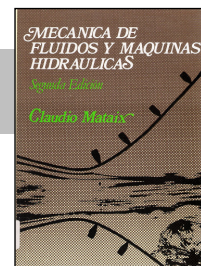


39



*Termodinámica Lógica y Motores Térmicos*; Ed Ciencia 3, J. Agüera;  
*Problemas Resueltos. Termodinámica Lógica y Motores Térmicos*

*Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*,  
Ed Oxford, C. Mataix



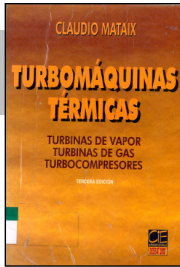
*Máquinas Hidráulicas*  
Ed Oxford, C. Mataix

*Mecánica de Fluidos y Máquinas Hidráulicas*,  
Ud 5 y 6, Ed UNED, J.M. Hernández



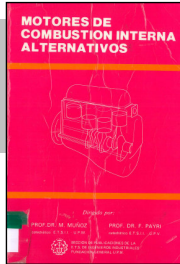
40





**TurboMáquinas Térmicas, Ed CIE DOSSAT 2000  
C. Mataix**

**Ingeniería Térmica, Ed: UNED  
M. Muñoz, A.J Rovira**



**Motores de Combustión Interna Alternativos,  
Ed. Servicio de Publicaciones de ETS Industriales UPM  
M. Muñoz y F Payri**

**<http://es.libros.redsauce.net/index.php?folderID=3>  
Bombas, Turbinas (hidráulicas, de gas y de vapor),  
Compresores y Ventiladores; P. Fernández**

