

# 1. MÁQUINAS HIDRÁULICAS

## 1.1. DEFINICIÓN DE MÁQUINA

Una máquina es un transformador de energía. La máquina absorbe energía de una clase y restituye energía de otra clase o de la misma clase, pero transformada.

Ejemplos: Un motor eléctrico absorbe energía eléctrica y restituye energía mecánica.

Una grúa o un torno absorben energía mecánica y restituyen energía mecánica.

## 1.2. CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS

Las máquinas se clasifican en:

- Máquinas de fluido
- Máquinas herramientas
- Máquinas eléctricas

Dentro de las máquinas de fluido se ubican las máquinas hidráulicas.

### 1.2.1. Máquinas de Fluido

Son aquellas máquinas en las que el fluido proporciona la energía que absorbe la máquina (ejemplo: las turbinas absorben la energía potencial que trae un caudal de agua proveniente de un embalse y la transforma en energía mecánica), o bien aquellas máquinas en que el fluido es el receptor de energía, al que la máquina restituye la energía mecánica absorbida (es el caso de bombas y ventiladores).

En toda máquina de fluido hay un intercambio entre energía de fluido y energía mecánica. Por ejemplo, el agua que sale de una bomba con más presión que la que tenía a la entrada de la misma, porque la bomba ha restituido al agua la energía absorbida en el eje.

---

A su vez, las máquinas de fluido se subdividen en:

- Máquinas hidráulicas
- Máquinas térmicas

### **1.2.1.1. Máquinas Hidráulicas**

Son aquellas en las cuales el fluido que intercambia su energía no varía sensiblemente de densidad, peso específico y, por tanto, de su volumen específico, en su paso a través de la máquina, es decir  $\rho$  permanece constante.

Un gas puede considerarse incompresible a su paso por la máquina, cuando el incremento de presión  $\Delta p$  (presión a la salida menos presión a la entrada de la máquina) es pequeño.

### **1.2.1.2. Máquinas Térmicas**

Son aquellas en las que el fluido, en su paso a través de la máquina, varía de densidad, peso específico y de volumen específico, es decir  $\rho$  es variable. En estas máquinas,  $\Delta p$  es lo suficientemente grande, como para que los efectos de compresibilidad no puedan despreciarse.

Ejemplos:

- La turbina de vapor funciona con agua, sin embargo no es una máquina hidráulica, sino térmica.
- En un ventilador, el fluido es aire; no obstante, es una máquina hidráulica.
- Las bombas que impulsan líquidos diferentes al agua son máquinas hidráulicas, aunque el líquido bombeado esté caliente.
- Las bombas se diseñan suponiendo que el líquido bombeado es incompresible, luego las bombas son máquinas hidráulicas.
- El diseño de un turbo-reactor no puede hacerse, sin tener en cuenta la variación del volumen específico del aire a través de la máquina. El turbo-reactor es, entonces, una máquina térmica.

- 
- En un compresor, el fluido es un gas y éste es muy compresible y, por tanto, su volumen específico varía considerablemente. Sin embargo, si la relación de compresibilidad es pequeña (menor que 0.7 m c.a.) el diseño del compresor es satisfactorio cuando se realiza con la hipótesis de que el volumen específico del gas es constante. En este caso la máquina suele llamarse Ventilador (máquina hidráulica).
  - En un compresor, si la relación de compresión es grande (mayor que 0.7 m c.a.) no puede despreciarse la variación del volumen específico del gas a través de la máquina. En este caso la máquina se llama Compresor (máquina térmica).

Las máquinas térmicas son objeto de estudio de la Termodinámica, por lo tanto, en este libro sólo se estudiarán las máquinas hidráulicas.

### 1.3. CLASIFICACIÓN DE LAS MÁQUINAS HIDRÁULICAS

Las máquinas hidráulicas se clasifican en atención al elemento u órgano principal de la máquina, o sea, el dispositivo en el cual se intercambia la energía mecánica en energía de fluido, o viceversa. Este órgano, según el caso, suele llamarse rodete, rotor, impulsor, impeller, émbolo, pistón, o diafragma.

Las máquinas hidráulicas se clasifican en:

- Máquinas hidráulicas rotativas, si el órgano intercambiador está provisto de movimiento de rotación.
- Máquinas hidráulicas alternativas, cuando el órgano intercambiador está dotado de movimiento alternativo.

No obstante lo anterior, suele preferirse la siguiente clasificación, basada en su principio fundamental de funcionamiento.

- Máquinas Hidráulicas Turbomáquinas.
- Máquinas Hidráulicas de Desplazamiento Positivo.

- Máquinas Hidráulicas Gravimétricas.

En las máquinas hidráulicas turbomáquinas ocurre un cambio de momentum angular, convirtiendo la energía de un impulsor rotativo en aumento de velocidad y presión de fluido.

En las máquinas hidráulicas de desplazamiento positivo existen cámaras que se llenan o vacían cíclicamente, desplazando paquetes de flujo a intervalos regulares.

En efecto, la ecuación de Bernoulli escrita entre un punto a la entrada (1), y otro a la salida (2) del órgano intercambiador de energía de una máquina hidráulica, puede escribirse así:

$$E_1 \pm \Delta H = E_2 \quad (1.1)$$
$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} \pm \Delta H = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g}$$

Luego:

$$\Delta H = \pm \left[ \frac{p_1 - p_2}{\gamma} + (z_1 - z_2) + \frac{\alpha_1 v_1^2 - \alpha_2 v_2^2}{2g} \right] \quad (1.2)$$

Si  $\Delta H (+)$ , se trata de un motor hidráulico (necesita energía del fluido). Ejemplo: una turbina.

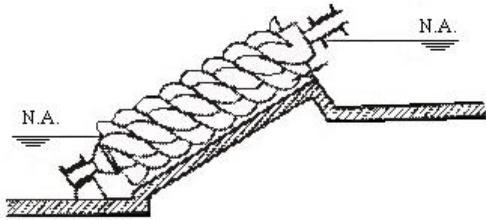
Si  $\Delta H (-)$ , se trata de un generador hidráulico (suministra energía al fluido). Ejemplo: una bomba.

En las máquinas de desplazamiento positivo (máquinas volumétricas), el órgano intercambiador de energía cede energía al fluido o el fluido a él en forma de presión.

$$\frac{p_1 - p_2}{\gamma}$$

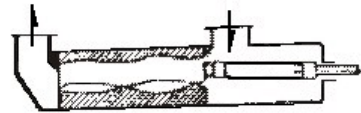
y su principio de funcionamiento es el Principio de Desplazamiento Positivo, el cual consiste en el movimiento de un fluido causado por la disminución del volumen de una cámara que se llena y se vacía, alternadamente. Los cambios en la dirección y magnitud de

la velocidad del fluido no juegan papel esencial alguno. Ver las Figuras 1.1 (b), (c), (d), (e) y (f).



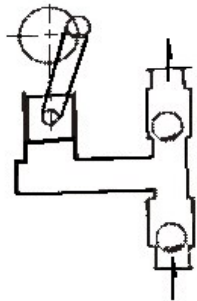
Tornillo de Arquímedes

(a)



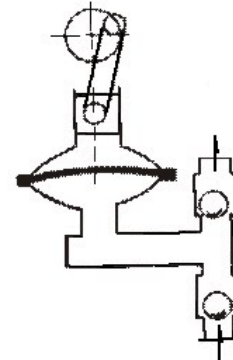
Mano Bomba

(b)



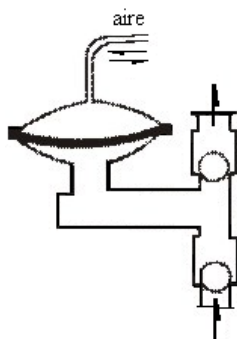
Bomba de Embolo

(c)



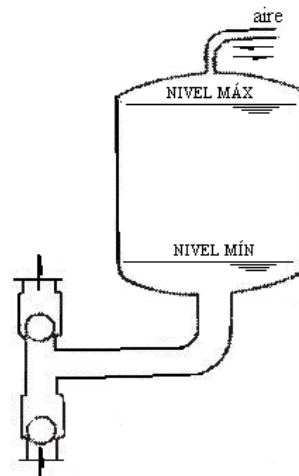
Bomba de Embolo y Membrana (diafragma)

(d)



Bomba de Membrana impulsada por aire

(e)



Sistema de Elevación por aire

(f)

Figura No. 1.1 Bombas gravimétricas y de desplazamiento positivo

En las turbomáquinas (máquinas de corriente) dicho órgano cede energía al fluido, o el fluido a él, en forma de energía cinética,

$$\frac{\alpha_1 v_1^2 - \alpha_2 v_2^2}{2g}$$

y de presión:

$$\frac{p_2 - p_1}{\gamma}$$

porque en estas máquinas es esencial la variación de la energía cinética del fluido. El principio de funcionamiento es la ecuación de Euler.

En las máquinas gravimétricas se intercambia energía en forma de energía potencial ( $z_2 - z_1$ ). Ejemplos: cangilones, tornillo de Arquímedes, ruedas hidráulicas (norias), etc. Véase la Figura 1.1 (a).

Las turbomáquinas y las máquinas de desplazamiento positivo se subdividen en motoras y generadoras.

Las motoras absorben energía del fluido y restituyen energía mecánica.

Las generadoras absorben energía mecánica y restituyen energía al fluido.

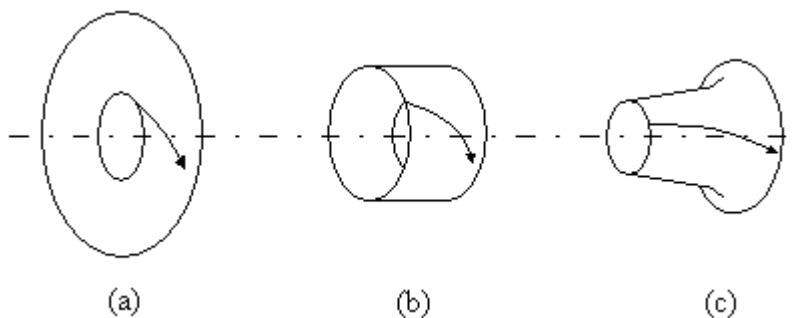


Figura No. 1.2 Tipos de dirección del flujo en turbomáquinas hidráulicas

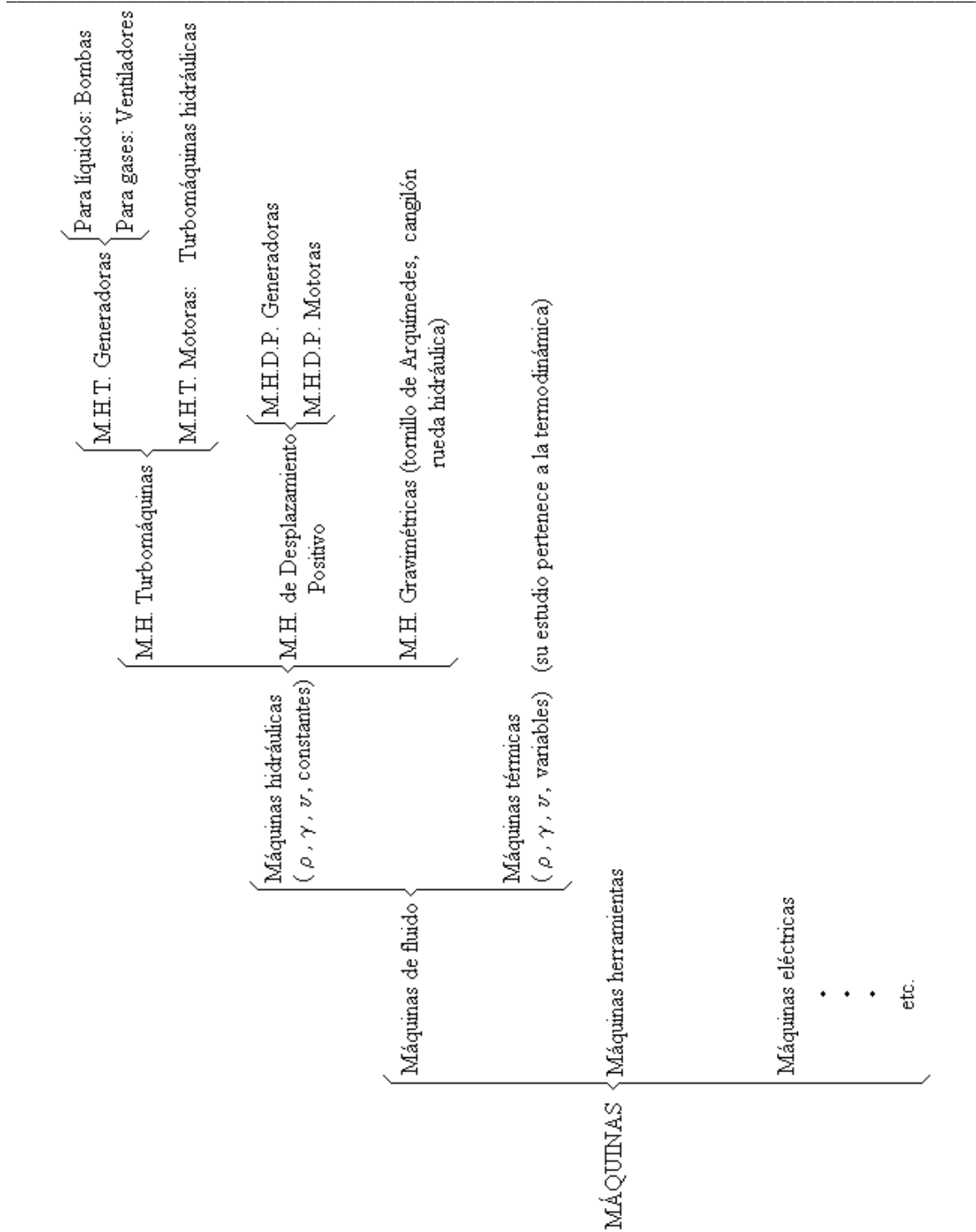


Figura No. 1.3 Cuadro de clasificación de las máquinas hidráulicas

#### **1.4. CLASIFICACIÓN DE LAS TURBOMÁQUINAS, SEGÚN LA DIRECCIÓN DEL FLUJO**

- Máquina Radial. Es aquella en la cual el fluido se mueve perpendicularmente al eje. Véase la Figura 1.2 (a).
- Máquina Axial. En ésta, el líquido se mueve en la dirección del eje. Véase la Figura 1.2 (b).
- Máquina Radioaxial (de flujo helicoidal, mixto o radioaxial). En esta máquina, el fluido se mueve con componentes axial y radial, y presenta un comportamiento intermedio entre la axial y la radial. Ver la Figura 1.2 (c).