

**Universidad Nacional de Ingeniería**

**Facultad de Ingeniería Mecánica**

**Turbomáquinas I (MN232A)**

# **Monografía I**

**Josue Huaroto Villavicencio,  
Bruno Landeo Sosa,  
Eduardo Saldivar Montero,  
Sergio Sotelo Caverro,**

**20174070I  
20172024J  
20174013E  
20172125K**

**2020**



## Problema 7.

Por qué razones no se puede instalar la turbina a gas a 4 000 msnm?. Fundamente su respuesta.

La razón es que, en una turbina a gas, no puede elevar suficiente relación de compresión o temperatura de entrada para las etapas de expansión. Por lo tanto, tiene un ciclo de gas con eficiencia limitada (35 % como máximo).

A 4000 msnm, la presión atmosférica es considerablemente menor a la de la costa; por lo tanto, se requiere destinar una mayor cantidad de potencia en el acondicionamiento del aire; es decir, el compresor de la instalación necesita más potencia, lo cual disminuye la eficiencia de la turbina.

## Problema 17.

En una bomba de flujo axial, el rotor tiene un diámetro exterior de 75 cm y un diámetro interior de 40 cm, si gira a 500 RPM. En el radio medio del álabe, el ángulo en la entrada es de  $128^\circ$  y el ángulo a la salida es  $158^\circ$ . Dibuje los diagramas de velocidad correspondiente en entrada y salida, y estime a partir de ellos (1) la altura que la bomba generaría, (2) la descarga o la tasa de flujo en L/s, (3) la potencia al eje de entrada necesaria para accionar la bomba, y (4) la velocidad específica de la bomba. Supongamos una eficiencia manométrica o hidráulica de 88 % y una eficiencia total o global de 81 %

Se asume que la velocidad de entrada en la bomba axial es vertical:

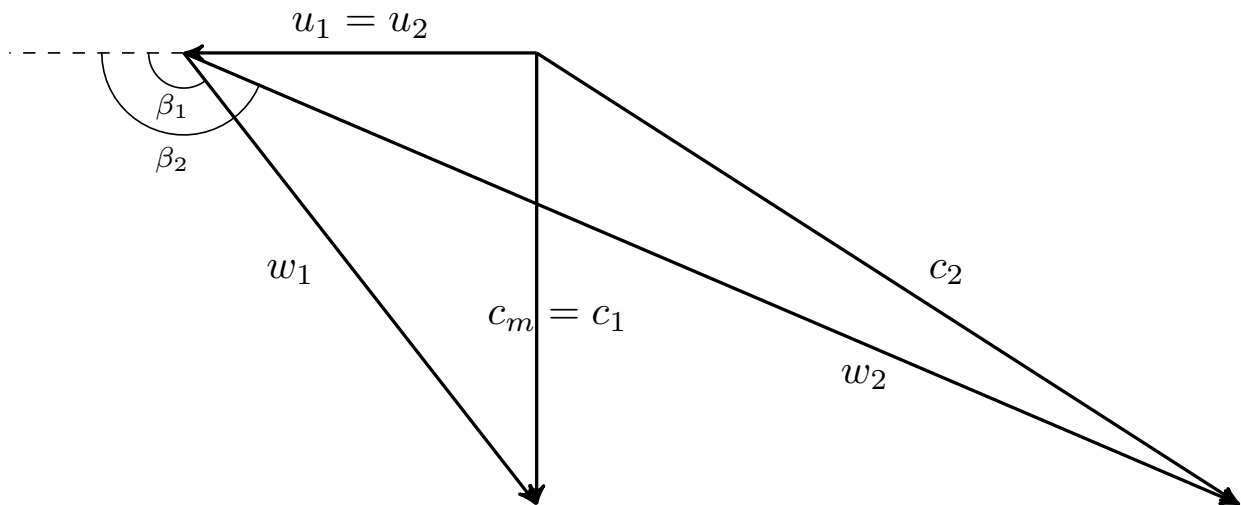


Figura 1: Triángulo de velocidades

- $\beta_1 = 128^\circ$
- $\beta_2 = 158^\circ$
- $N = 500 \text{ RPM}$
- $D_1 = 75\text{e-}2 \text{ m}$
- $D_2 = 40\text{e-}2 \text{ m}$

Con los datos del problema, se calculan las velocidades:

$$u = \frac{N\pi D}{60} = 15,0534648 \text{ m/s} \quad (1)$$

$$c_1 = u \tan(180^\circ - \beta_1) = 19,2675563 \text{ m/s} = c_m \quad (2)$$

$$w_1 = \sqrt{u^2 + c_1^2} = 24,45088 \text{ m/s} \quad (3)$$

$$w_2 = \frac{c_m}{\sin(180^\circ - \beta_2)} = 51,4341088 \text{ m/s} \quad (4)$$

$$c_2 = \sqrt{w_2^2 + u^2 - 2w_2u \cos(180^\circ - \beta_2)} = 37,898664 \text{ m/s} \quad (5)$$

$$c_{2u} = w_2 \cos(22^\circ) - u = 32,6354105 \text{ m/s} \quad (6)$$

Mientras que, la altura útil, caudal, potencia y velocidad específica:

$$H_\infty = \frac{c_{2u}u}{g} = 50,079103288 \text{ m} \rightarrow H_{\text{util}} = 88 \% H_\infty = 44,06961089 \text{ m} \quad (7)$$

$$Q = c_m \frac{\pi(D_1^2 - D_2^2)}{4} = 6,09091309 \text{ m}^3/\text{s} = 6090,91309 \text{ L/s} \quad (8)$$

$$P_{\text{eje}} = \frac{1000QH_{\text{util}}}{102 \times 0,81} = 3248,9006277 \text{ kW} = 4360,138 \text{ HP} \quad (9)$$

$$N_q = \frac{N\sqrt{Q}}{H_{\text{util}}^{3/4}} = 72,1463 \quad (10)$$

## Problema 27.

Marque con **V** si es verdadera o con **F** si es falsa a las siguientes afirmaciones:

- En una turbina Francis con tubo difusor, la presión manométrica a la salida del rodete es negativa. **(V)**.  
Aumenta la altura útil y mejora la eficiencia, además si el tubo es difusor mejora más
- Teóricamente la velocidad relativa en la cuchara de la turbina Pelton es constante. **(V)**.  
Teóricamente sí es constante pues  $u_1 = u_2$ , entonces  $w_1 = w_2$  para que  $H_{\text{estatica}} = 0$ .
- La altura útil de un aerogenerador es  $C^2/2g$ , donde  $C$  es la velocidad del viento en la entrada y despreciable la velocidad del viento a la salida. **(V)**.  
Sí, la velocidad de salida es casi nula, y como sale a la misma presión que entra, la única energía transmitida es la cinética.
- La turbina Francis es lenta cuando el ángulo de la velocidad relativa es mayor a  $90^\circ$ . **(V)**.  
Pues  $C_{2u} > u_2$ , entonces  $\beta_2$  es obtuso y es Francis lenta.
- Se inyecta agua a la cámara de combustión de una turbina a gas para aumentar la potencia y la eficiencia. **(F)**.  
La potencia aumenta pero la eficiencia disminuye.

### Problema 37.

En la fig. se muestra una bomba, donde la presión atmosférica es 14.7 PSIA, su eficiencia 79 %, para los datos indicados y tomando las consideraciones que sean necesarias. Determinar:

- El caudal en  $\text{m}^3/\text{s}$
- La altura útil en m de agua
- La potencia hidráulica y la potencia al eje en kW
- Haga un diagrama h-s donde se muestre la altura útil.

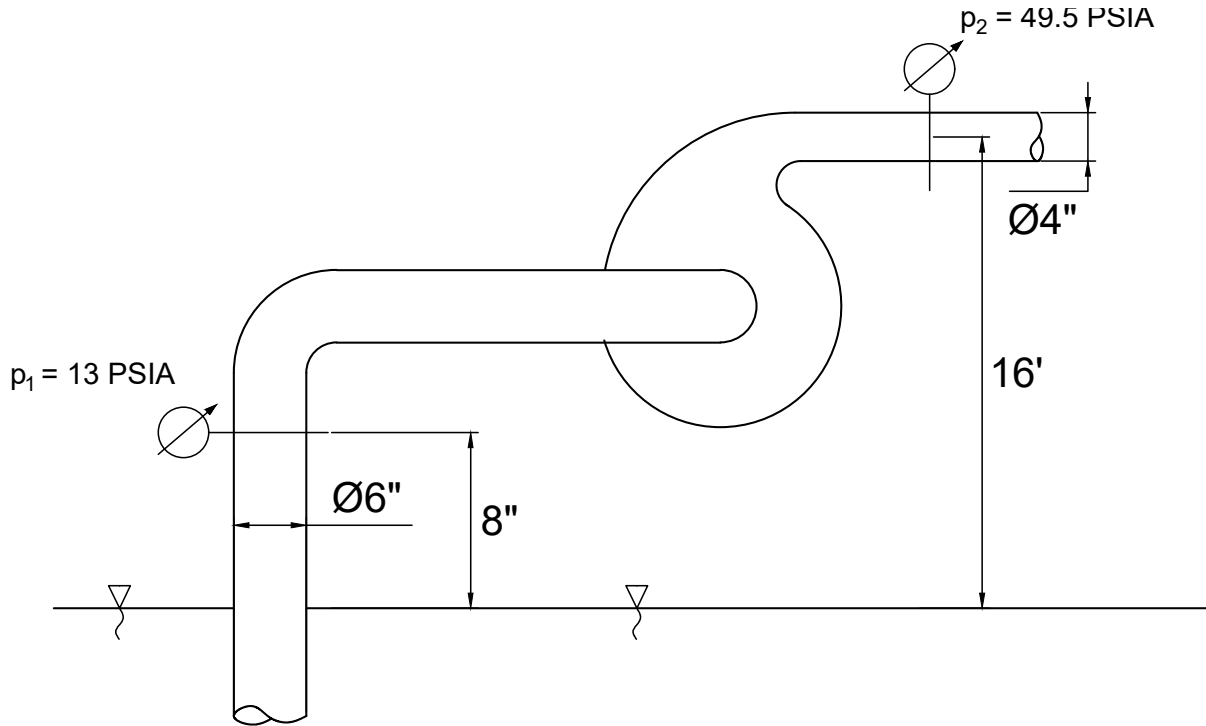


Figura 2: Bomba hidráulica

#### Caso 1:

De las ecuaciones de energía en (0) y (2), (1) y (2) y la condición de continuidad del flujo:

$$H_B + \frac{P_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} + z_0 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \quad (11)$$

$$H_B + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + z_2 \quad (12)$$

$$\frac{v_1}{4^2} = \frac{v_2}{6^2} \quad (13)$$

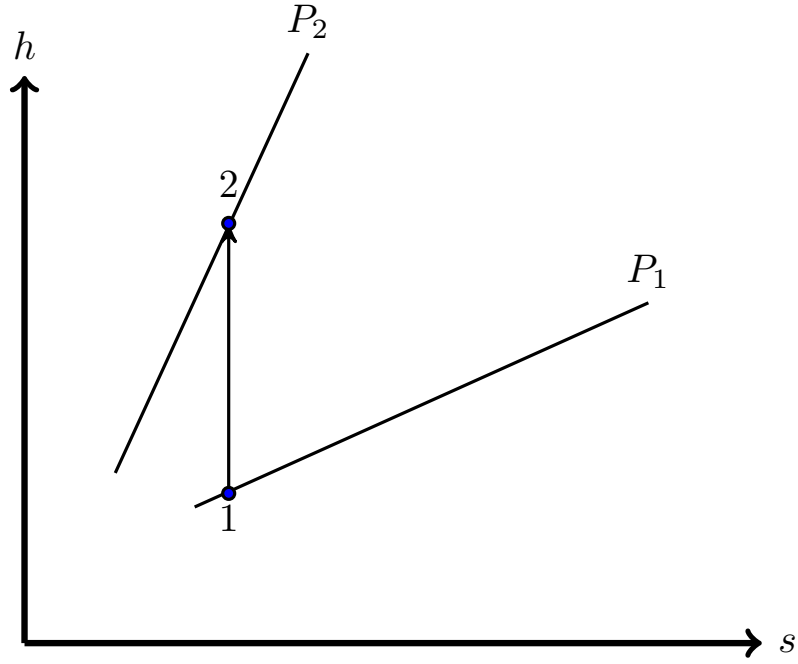


Figura 3: Diagrama h-s

Resolviendo el sistema de ecuaciones no lineales:

$$v_1 = 4,41082633 \text{ m/s} \quad (14)$$

$$v_2 = 9,924359 \text{ m/s} \quad (15)$$

$$H_B = 34,43210516 \text{ m} \quad (16)$$

$$Q = A_1 v_1 = 0,08046 \text{ m}^3/\text{s} \quad (17)$$

$$P_H = \frac{\rho Q H_B}{102} = 27,160838804 \text{ kW} \quad (18)$$

$$P = \frac{P_H}{\eta} = 34,38080861 \text{ kW} \quad (19)$$

**Caso 2:**

$$A_2 = 0,0081073 \text{ m}^2, \quad A_1 = 0,01824147 \text{ m}^2 \quad (20)$$

A falta de datos, se asume velocidades iguales a las áreas:

$$v_1 = 0,81073 \text{ m/s}, \quad v_2 = 1,824147 \text{ m/s} \longrightarrow Q = v_1 A_1 = 0,014789 \text{ m}^3/\text{s} \quad (21)$$

$$H_B = \frac{P_2 - P_1}{h} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + z_2 - z_1 \quad (22)$$

$$H_B = \frac{49,5 - 13}{10^3 \times (0,0254)^2 \times 2,2} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + (16 \times 12 - 8) \times (0,0254) \quad (23)$$

$$H_B = 30,5250837 \text{ m} \quad (24)$$

$$P_H = \frac{1000 Q H_B}{102} = 4,42581 \text{ kW} \quad (25)$$

$$P = 5,6022912 \text{ kW} \quad (26)$$

## Problema 47.

Una turbina hidráulica llamada 1 opera con un salto de 50 m y el caudal de  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , el modelo llamado 2 en semejanza funciona con un salto de 10 m y el caudal de  $100 \text{ L/s}$ . se pide:

- ¿Cuál es la relación entre la velocidad de rotación del modelo con la velocidad de rotación del prototipo?
- ¿Cuál es la relación entre el diámetro del modelo con la del prototipo?
- Si el modelo genera una potencia de 9 KW ¿Cuál es la potencia de la turbina real?

Turbina 1 (Prototipo)

- $H_p = 50 \text{ m}$
- $Q_p = 10 \text{ m}^3/\text{s}$

Turbina 2 (Modelo)

- $H_m = 10 \text{ m}$
- $Q_m = 0,1 \text{ m}^3/\text{s}$

a)

$$N_q = \frac{NQ^{1/2}}{H^{3/4}} \longrightarrow \frac{N_P \sqrt{10}}{50^{3/4}} = \frac{N_M \sqrt{0,1}}{10^{3/4}} \longrightarrow \frac{N_M}{N_P} = 2,991$$

b)

$$\psi = \frac{gH}{(ND)^2} = \frac{g \times 50}{(N_P D_P)^2} = \frac{g \times 10}{(N_M D_M)^2} \longrightarrow \frac{D_M}{D_P} = \sqrt{\frac{1}{5}} \frac{N_P}{N_M} = 0,1495$$

c)

$$P_M = 9 \text{ kW}, \hat{P} = \frac{P}{\rho N^3 D^5} \longrightarrow \frac{P_P}{\rho N_P^3 D_P^5} = \frac{9}{\rho N_M^3 D_M^5} \longrightarrow P_P = 4503,885 \text{ kW} = 6037,38 \text{ HP}$$