

TALLER NO. 3  
HIDRÁULICA BÁSICA

Fluid Mechanics (White, 7ed)

**P11.17** A centrifugal pump has  $d_1 = 7$  in,  $d_2 = 13$  in,  $b_1 = 4$  in,  $b_2 = 3$  in,  $\beta_1 = 25^\circ$ , and  $\beta_2 = 40^\circ$  and rotates at 1160 r/min. If the fluid is gasoline at  $20^\circ\text{C}$  and the flow enters the blades radially, estimate the theoretical (a) flow rate in gal/min, (b) horsepower, and (c) head in ft.

**P11.19** A centrifugal pump has  $r_2 = 9$  in,  $b_2 = 2$  in, and  $\beta_2 = 35^\circ$  and rotates at 1060 r/min. If it generates a head of 180 ft, determine the theoretical (a) flow rate in gal/min and (b) horsepower. Assume near-radial entry flow.

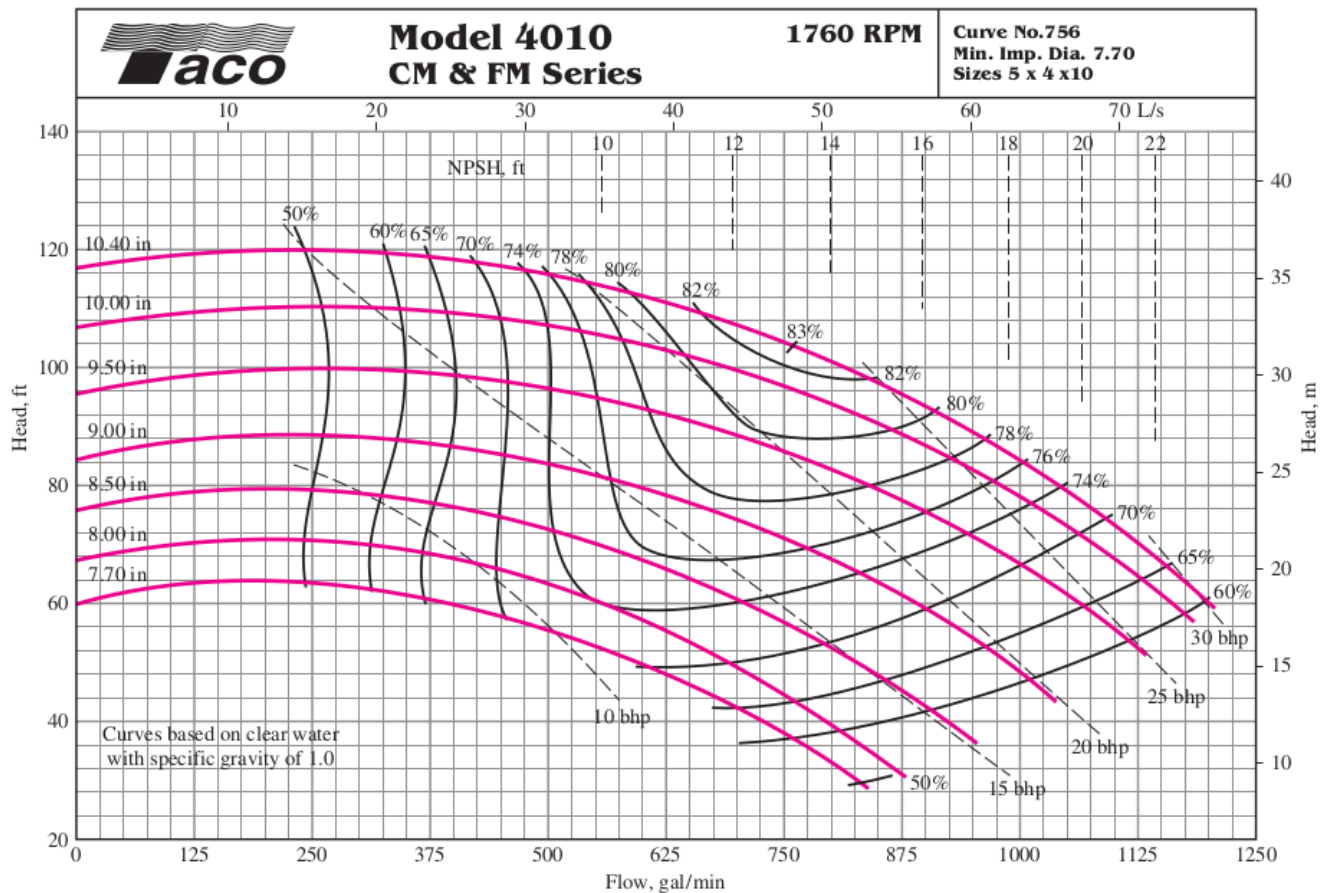
**P11.28** Tests by the Byron Jackson Co. of a 14.62-in-diameter centrifugal water pump at 2134 r/min yield the following data:

$Q$ , ft <sup>3</sup> /s	0	2	4	6	8	10
$H$ , ft	340	340	340	330	300	220
bhp	135	160	205	255	330	330

What is the BEP? What is the specific speed? Estimate the maximum discharge possible.

**P11.29** If the scaling laws are applied to the pump of Prob. P11.28 for the same impeller diameter, determine (a) the speed for which the shutoff head will be 280 ft, (b) the speed for which the BEP flow rate will be  $8.0 \text{ ft}^3/\text{s}$ , and (c) the speed for which the BEP conditions will require 80 hp.

**P11.34** You are asked to consider a pump geometrically similar to the 9-in-diameter Taco pump of Fig. P11.34 to deliver 1200 gal/min at 1500 r/min. Determine the appropriate (a) impeller diameter, (b) BEP horsepower, (c) shutoff head, and (d) maximum efficiency. The fluid is kerosene, not water.



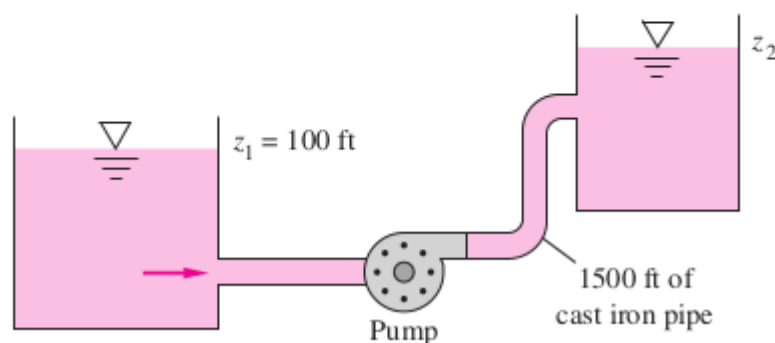
**P11.38** A 6.85-in pump, running at 3500 r/min, has the following measured performance for water at 20°C:

$Q$ , gal/min	50	100	150	200	250	300	350	400	450
$H$ , ft	201	200	198	194	189	181	169	156	139
$\eta$ , %	29	50	64	72	77	80	81	79	74

(a) Estimate the horsepower at BEP. If this pump is rescaled in water to provide 20 bhp at 3000 r/min, determine the appropriate (b) impeller diameter, (c) flow rate, and (d) efficiency for this new condition.

**P11.42** An 8-in model pump delivering 180°F water at 800 gal/min and 2400 r/min begins to cavitate when the inlet pressure and velocity are 12 lbf/in<sup>2</sup> absolute and 20 ft/s, respectively. Find the required NPSH of a prototype that is 4 times larger and runs at 1000 r/min.

- P11.47** A pump must be designed to deliver  $6 \text{ m}^3/\text{s}$  of water against a head of 28 m. The specified shaft speed is 20 r/s. What type of pump do you recommend?
- P11.54** It is desired to pump  $50 \text{ ft}^3/\text{s}$  of water at a speed of 22 r/s, against a head of 80 ft. (a) What type of pump would you recommend? Estimate (b) the required impeller diameter and (c) the brake horsepower.
- P11.69** The pump of Prob. P11.38, running at 3500 r/min, is used to deliver water at  $20^\circ\text{C}$  through 600 ft of cast iron pipe to an elevation 100 ft higher. Determine (a) the proper pipe diameter for BEP operation and (b) the flow rate that results if the pipe diameter is 3 in.
- P11.70** The pump of Prob. P11.28, operating at 2134 r/min, is used with  $20^\circ\text{C}$  water in the system of Fig. P11.70. (a) If it is operating at BEP, what is the proper elevation  $z_2$ ? (b) If  $z_2 = 225 \text{ ft}$ , what is the flow rate if  $d = 8 \text{ in.}$ ?



**P11.70**

- P11.72** Performance data for a small commercial pump are as follows:

$Q$ , gal/min	0	10	20	30	40	50	60	70
$H$ , ft	75	75	74	72	68	62	47	24

This pump supplies  $20^\circ\text{C}$  water to a horizontal  $\frac{5}{8}$ -in-diameter garden hose ( $\epsilon \approx 0.01 \text{ in}$ ) that is 50 ft long. Estimate (a) the flow rate and (b) the hose diameter that would cause the pump to operate at BEP.

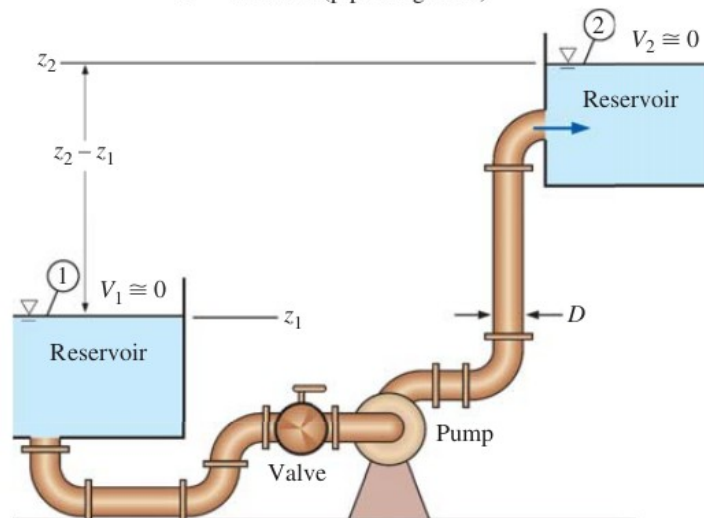
**14–28** The performance data for a centrifugal water pump are shown in Table P14–28 for water at 20°C (Lpm = liters per minute). (a) For each row of data, calculate the pump efficiency (percent). *Show all units and unit conversions for full credit.* (b) Estimate the volume flow rate (Lpm) and net head (m) at the BEP of the pump.

**TABLE P14–28**

$\dot{V}$ , Lpm	$H$ , m	bhp, W
0.0	47.5	133
6.0	46.2	142
12.0	42.5	153
18.0	36.2	164
24.0	26.2	172
30.0	15.0	174
36.0	0.0	174

**14–43** A water pump is used to pump water from one large reservoir to another large reservoir that is at a higher elevation. The free surfaces of both reservoirs are exposed to atmospheric pressure, as sketched in Fig. P14–43. The dimensions and minor loss coefficients are provided in the figure. The pump's performance is approximated by the expression  $H_{\text{available}} = H_0 - a\dot{V}^2$ , where shutoff head  $H_0 = 24.4$  m of water column, coefficient  $a = 0.0678$  m/Lpm<sup>2</sup>, available pump head  $H_{\text{available}}$  is in units of meters of water column, and capacity  $\dot{V}$  is in units of liters per minute (Lpm). Estimate the capacity delivered by the pump. *Answer: 11.6 Lpm*

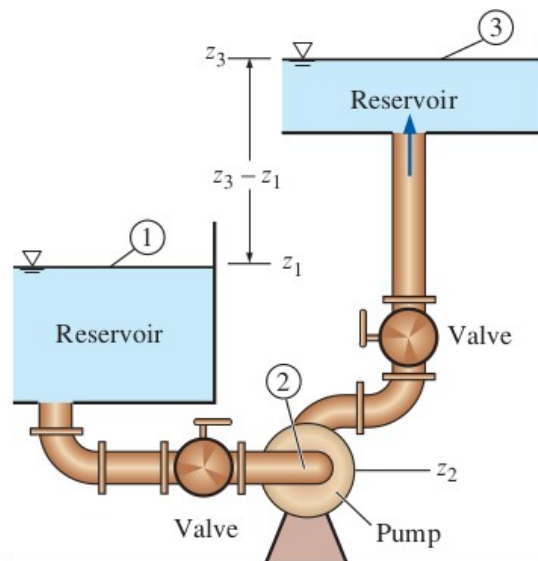
$$\begin{aligned}
 z_2 - z_1 &= 7.85 \text{ m (elevation difference)} \\
 D &= 2.03 \text{ cm (pipe diameter)} \\
 K_{L, \text{entrance}} &= 0.50 \text{ (pipe entrance)} \\
 K_{L, \text{valve}} &= 17.5 \text{ (valve)} \\
 K_{L, \text{elbow}} &= 0.92 \text{ (each elbow—there are 5)} \\
 K_{L, \text{exit}} &= 1.05 \text{ (pipe exit)} \\
 L &= 176.5 \text{ m (total pipe length)} \\
 \varepsilon &= 0.25 \text{ mm (pipe roughness)}
 \end{aligned}$$

**FIGURE P14–43**

**14–44** For the pump and piping system of Prob. 14–43, plot required pump head  $H_{\text{required}}$  (m of water column) as a function of volume flow rate  $\dot{V}$  (Lpm). On the same plot, compare available pump head  $H_{\text{available}}$  versus  $\dot{V}$ , and mark the operating point. Discuss.

**14–45** Suppose that the free surface of the inlet reservoir in Prob. 14–43 is 3.0 m lower in elevation, such that  $z_2 - z_1 = 10.85$  m. All the constants and parameters are identical to those of Prob. 14–43 except for the elevation difference. Calculate the volume flow rate for this case and compare with the result of Prob. 14–43. Discuss.

**14–58E** A centrifugal pump is used to pump water at 77°F from a reservoir whose surface is 20.0 ft above the centerline of the pump inlet (Fig. P14–58E). The piping system consists of 67.5 ft of PVC pipe with an ID of 1.2 in and negligible average inner roughness height. The length of pipe from the bottom of the lower reservoir to the pump inlet is 12.0 ft. There are several minor losses in the piping system: a sharp-edged inlet ( $K_L = 0.5$ ), two flanged smooth 90° regular elbows ( $K_L = 0.3$  each), two fully open flanged globe valves ( $K_L = 6.0$  each), and an exit loss into the upper reservoir ( $K_L = 1.05$ ). The pump's required net positive suction head is provided by the manufacturer as a curve fit:  $\text{NPSH}_{\text{required}} = 1.0 \text{ ft} + (0.0054 \text{ ft/gpm}^2)\dot{V}^2$ , where volume flow rate is in gpm. Estimate the maximum volume flow rate (in units of gpm) that can be pumped without cavitation.



**FIGURE P14–58E**



### Cálculo de la NPSH

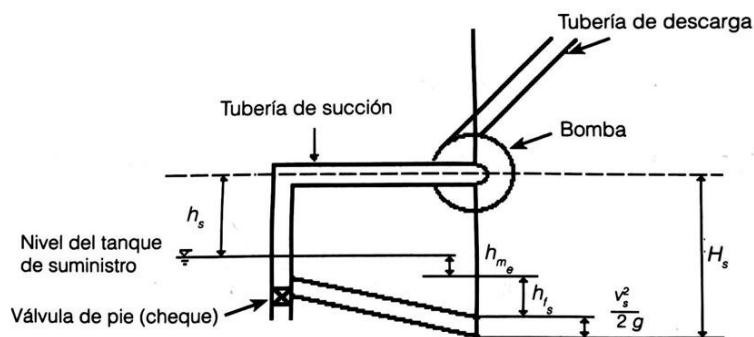
Suponer que la bomba mostrada en la figura 4.5 tiene una *NPSH*, recomendada por el fabricante, de 4.25 m y que debe bombear un caudal de 110 l/s a través de una tubería de 12 pulgadas de diámetro. La tubería de succión tiene una longitud de 16.5 m, una rugosidad de 0.0015 mm (PVC) y un coeficiente global de pérdidas menores de 2.4, el cual incluye la entrada, el cheque y el codo. Calcular la máxima altura a la que pueda ser colocada la bomba por encima del nivel de la superficie del agua en el tanque de suministro. Suponer que la presión atmosférica es 90000 Pa y que el agua se encuentra a una temperatura de 15°C.

Para el agua a 15°C se tienen las siguientes propiedades:

$$\rho = 999.1 \text{ kg/m}^3$$

$$\nu = 1.141 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$p_v = 1666.2 \text{ Pa}$$



**Figura 4.5** Esquema de la tubería de succión en un sistema bomba-tubería con el fin de ilustrar la *NPSH*.

- 4.4** Para el sistema de riego de un cultivo intensivo de cítricos se debe instalar una bomba IHM - 12 × 40 PE, cuyas curvas se muestran en la figura 4.13, con el fin de bombear 95 l/s de agua. Si la caseta de bombeo se localiza de tal manera que el nivel de succión de la bomba queda 3.2 m por encima del nivel del agua en la fuente, ¿cuál es la máxima longitud de tubería de succión que puede colocarse si ésta tiene un diámetro de

8" en PVC? El coeficiente global de pérdidas menores es de 2.4, el cual incluye una válvula de cheque, un codo y dos uniones. La presión atmosférica en el sitio del cultivo es de 93500 Pa.

- 4.8 En la figura P4.8a se muestra el esquema de una tubería simple con bombeo. En la figura P4.8b se muestran las curvas de la bomba instalada en la tubería. Calcule el caudal que pasa por la tubería. ¿Cuál es la potencia requerida? La tubería tiene un diámetro de 8 pulgadas en acero comercial. Los coeficientes de pérdidas menores son: entrada  $k_m = 0.5$ , cheque  $k_m = 4.5$ , codo = 0.8, válvula  $k_m = 1.2$ , salida  $k_m = 1.0$ , uniones  $k_m = 7.0$ .

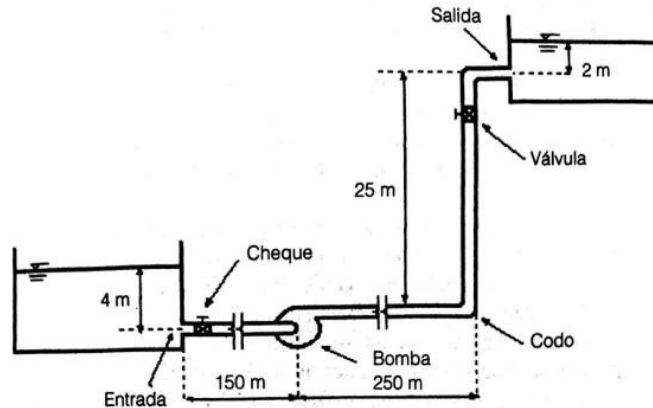


Figura P4.8a Esquema de una tubería simple con bombeo.

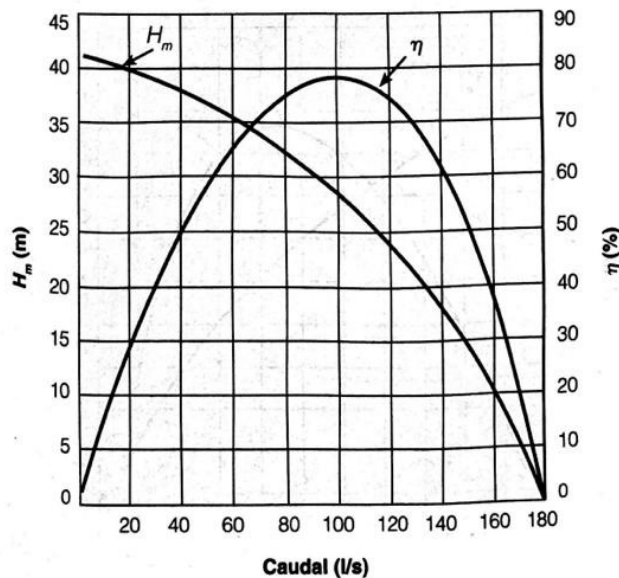
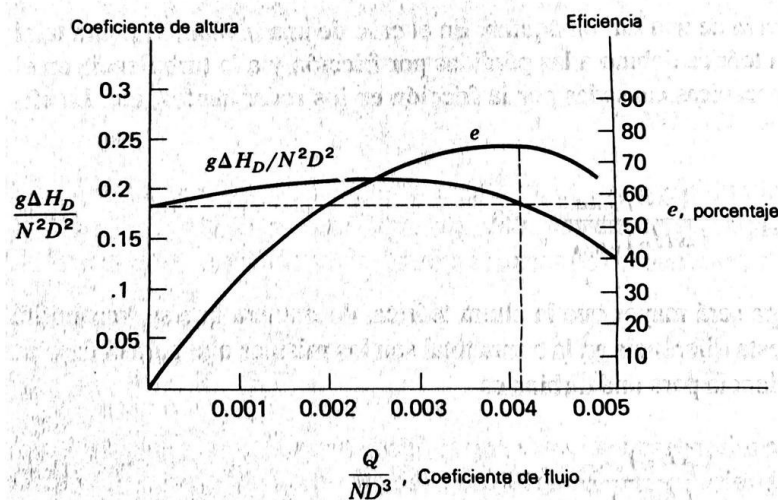


Figura P4.8b Curvas de la bomba instalada en la tubería.

- 4.13 Una bomba va a ser instalada en una tubería horizontal. La presión atmosférica del sitio de instalación es de 89500 Pa. La bomba requiere una NPSH de 3.2 m de cabeza de agua absoluta cuando bombea un caudal de 165 l/s. La tubería horizontal tiene un diámetro de 10 pulgadas en hierro galvanizado. Calcule a qué distancia del embalse de entrada puede colocarse la bomba, de tal manera que ésta no cavite. El embalse genera una cabeza de 2.7 m por encima del nivel de la tubería.

**15.1.** Una bomba centrífuga tiene que desarrollar una altura  $\Delta H_D = 500$  m. ¿Qué caudal  $Q$  tendrá si debe girar a una velocidad de 2,000 r/min y tiene un diámetro impulsor de 0.8 m?, ¿qué eficiencia se esperaría para esta bomba? La bomba es geoméricamente similar a la que se ilustra en la figura 15.3.

**15.2.** Considere una bomba geoméricamente similar a la que se ilustra en la figura 15.3. Elabore la gráfica de una curva de comportamiento de  $\Delta H_D$  versus  $Q$  para una bomba como ésta con un diámetro de impulsor  $D = 0.7$  m y una velocidad  $N = 1,750$  r/min.



**Figura 15.3**

Coeficiente de altura y eficiencia en función del coeficiente de flujo.

**15.32.** Una bomba centrífuga toma 200 galones/minuto de agua desde una presión de 13 lb/pulg<sup>2</sup> hasta una presión  $p_2$ . El diámetro interno del impulsor es 3 pulg y el diámetro externo de éste es 0.8 pies. Si la potencia de la bomba es 26.5 caballos de fuerza al girar a una velocidad de 1,750 r/min, ¿cuál debería ser el ángulo  $\beta_2$  del álabe? La eficiencia es 80%. El ancho de los álbes es  $b = 2$  pulg. Si el fluido de salida se encuentra a la misma elevación del fluido de entrada, ¿cuál es  $p_2$ ? Ignore la difusión en la carcasa. *Sugerencia:* De  $(V_r)$  obtenga  $(V_{r2})$ . Luego utilice la ley de los cosenos para obtener  $V_2$ .