

**FIGURA 8.9** Nomograma para la solución de la fórmula de Hazen-Williams con  $C_h = 100$ .

□ **PROBLEMA MODELO 8.11**

Especifique el tamaño de una tubería de acero, cédula 40, para que conduzca 1.20  $pies^3/s$  de agua, sin que la pérdida de carga exceda 4.0 pies en una longitud de 1000 pies. Utilice el valor de diseño de  $C_h$ .

**Solución**

La tabla 8.3 sugiere que  $C_h = 100$ . Ahora, con el empleo de la figura 8.9, se traza una línea recta que una al valor de  $Q = 1.20$   $pies^3/s$  en el eje del flujo volumétrico con el valor de  $s = (4.0$  pies)/(1000 pies) en el eje de la pérdida de energía. Con lo anterior, la línea recta intercepta el eje del tamaño de tubería en aproximadamente 9.7 pulg. El tamaño siguiente de tubo estándar que se menciona en el apéndice F es el nominal de 10 pulg, con diámetro interior de 10.02 pulgadas.

Regrese a la gráfica de la figura 8.9 y vuelva a alinear con cuidado a  $Q = 1.20$  pies<sup>3</sup>/s con  $D = 10.02$  pulg; se leerá una velocidad promedio de  $v = 2.25$  pies/s. Ésta es relativamente baja para un sistema de distribución hidráulico, y la tubería es demasiado larga. Si la línea es larga, el costo de la tubería sería excesivo.

Si se permite que la velocidad de flujo se incremente a aproximadamente 6.0 pies/s para el mismo flujo volumétrico, se puede utilizar la gráfica para demostrar que una tubería de 6 pulg ocasionaría una pérdida de carga de aproximadamente 37 pies por cada 1000 pies de tubería. Tendría que compararse el costo menor de éste y el de 10 pulg, con el costo mayor de la energía que se requiere para superar la pérdida adicional de carga.

## REFERENCIAS

1. Fox, Robert W., Alan T. McDonald y Philip J. Pritchard. 2003. *Introduction to Fluid Mechanics*, 6a. ed, Nueva York: McGraw-Hill.
2. Moody, L. F. 1994. Friction Factors for Pipe Flow. *Transactions of the ASME* 66(8): 671-684. Nueva York: American Society of Mechanical Engineers.
3. Swamee, P. K. y A. K. Jain. 1976. Explicit Equations for Pipe-flow Problems. *Journal of the Hydraulics Division* 102(HY5): 657-664. Nueva York: American Society of Civil Engineers.
4. McGhee, T. J., T. McGhee y E. W. Steel. 1990. *Water Supply and Sewerage*, 6a. ed. Nueva York: McGraw-Hill.

## SITIOS DE INTERNET

1. The Piping Tool Box [www.piping-toolbox.com/6\\_307.html](http://www.piping-toolbox.com/6_307.html)  
Esta página proporciona una tabla de datos para la pérdida de presión en tuberías de acero, cédula 40, como función del flujo volumétrico y el tamaño de la tubería. Desde este sitio también puede accederse a otros datos para sistemas de tubería.
2. The MacTutor History of Mathematics <http://turnbull.mcs.st-and.ac.uk/history/> Archivo de más de 1000 biografías y temas de historia, incluida la biografía de Osborne Reynolds. Consulte el Biographies Index.
3. CARF-Engineering [www.carf-engineering.com](http://www.carf-engineering.com) Calculadora para la caída de presión con ayuda visual para mostrar flujo laminar y turbulento. Contiene vínculos con otros programas de movimiento de fluidos

## PROBLEMAS

Los problemas siguientes requieren el manejo de los datos de referencia listados a continuación:

- Apéndices A-C: propiedades de los líquidos.
- Apéndice D: viscosidad dinámica de fluidos.
- Apéndice F-J: dimensiones de tuberías y tubos.
- Apéndice K: factores de conversión.
- Apéndice L: propiedades de áreas.

### Números de Reynolds

- 8.1E Una tubería de 4 pulg de diámetro conduce 0.20 pie<sup>3</sup>/s de glicerina ( $sg = 1.26$ ) a 100 °F. ¿El flujo es laminar o turbulento?
- 8.2C Calcule la velocidad mínima del flujo en pies/s y m/s cuando circula agua a 160 °F en una tubería de 2 pulg de diámetro y el flujo es turbulento.
- 8.3M Calcule el máximo flujo volumétrico de combustóleo a 45 °C, en la que el flujo permanecerá como laminar en una

tubería de 100 mm de diámetro. Para el combustóleo utilice  $sg = 0.895$  y viscosidad dinámica =  $4.0 \times 10^{-2}$  Pa·s.

- 8.4E Calcule el número de Reynolds para la circulación de cada uno de los fluidos siguientes, en una tubería de 2 pulg, cédula 40, si el flujo volumétrico es 0.25 pie<sup>3</sup>/s: (a) agua a 60 °F, (b) acetona a 77 °F, (c) aceite de ricino a 77 °F y (d) aceite SAE 10 a 210 °F ( $sg = 0.87$ ).
- 8.5M Determine el tamaño más pequeño de tubo de cobre que conducirá con flujo laminar 4 L/min de los fluidos siguientes: (a) agua a 40 °C, (b) gasolina ( $sg = 0.68$ ) a 25 °C, (c) alcohol etílico ( $sg = 0.79$ ) a 0 °C y (d) combustóleo pesado a 25 °C.
- 8.6M En una instalación, debe transportarse aceite SAE 10 ( $sg = 0.89$ ) por una tubería de acero de 3 pulg, cédula 40, a razón de 850 L/min. La operación eficiente de cierto proceso requiere que el número de Reynolds del flujo sea de aproximadamente  $5 \times 10^4$ . ¿A qué tempe-

ranura debe calentarse el aceite para que cumpla con lo anterior?

- 8.7E** En los datos del apéndice C observamos que el aceite hidráulico automotriz y el aceite de máquina herramienta medio tienen casi la misma viscosidad cinemática, a 212 °F. Sin embargo, debido a su índice de viscosidad diferente, a 104 °F sus viscosidades son muy distintas. Calcule el número de Reynolds para el flujo en cada uno de ellos para cada temperatura, en una tubería de acero de 5 pulg, cédula 80, a 10 pies/s. ¿Los flujos son laminares o turbulentos?
- 8.8M** Calcule el número de Reynolds para el flujo de 325 L/min de agua a 10 °C en una tubería de acero estándar de 2 pulg, con espesor de pared de 0.065 pulg. ¿El flujo es laminar o turbulento?
- 8.9M** Por una tubería de acero de 1 pulg, cédula 80, fluye benceno ( $sg = 0.86$ ) a 60 °C, a razón de 25 L/min. ¿El flujo es laminar o turbulento?
- 8.10M** En una lavadora de trastos fluye agua caliente a 80 °C a razón de 15.0 L/min, a través de un tubo de cobre de 1/2 pulgada tipo K. ¿El flujo es laminar o turbulento?
- 8.11E** Un colector de agua es una tubería de hierro dúctil de 18 pulg. Calcule el número de Reynolds si conduce 16.5 pies<sup>3</sup>/s de agua a 50 °F.
- 8.12E** El cárter de un motor contiene aceite SAE 10 ( $sg = 0.88$ ). El aceite se distribuye a otras partes del motor por medio de una bomba de aceite, a través de un tubo de acero de 1/8 de pulg, con espesor de pared de 0.032 pulg. Es obvio que la facilidad con que el aceite se bombea se ve afectada por su viscosidad. Calcule el número de Reynolds para el flujo de 0.40 gal/h del aceite a 40 °F.
- 8.13E** Repita el problema 8.12 para un aceite a 160 °F.
- 8.14E** ¿A qué flujo volumétrico aproximado se vuelve turbulento el alcohol propílico a 77 °F, si fluye por un tubo de cobre de 3 pulg tipo K.
- 8.15M** Por un tubo de acero de 7/8 pulg y espesor de pared de 0.065 pulg, fluye aceite SAE 30 ( $sg = 0.89$ ) a 45 L/min. Si el aceite está a 110 °C ¿el flujo es laminar o turbulento?
- 8.16M** Repita el problema 8.15 para el aceite con temperatura de 0 °C.
- 8.17M** Repita el problema 8.15 para un tubo de 2 pulg con espesor de pared de 0.065.
- 8.18M** Repita el problema 8.17, para el aceite con temperatura de 0 °C.
- 8.19C** El sistema de lubricación de una prensa troqueladora transporta 1.65 gal/min de un aceite lubricante ligero (consulte el apéndice C), a través de tubos de acero de 3/16 pulg, con espesor de pared de 0.049 pulg. Poco después de que la prensa arranca, la temperatura del aceite es de 104 °F. Calcule el número de Reynolds para el flujo del aceite.
- 8.20C** En el problema 8.19, después de que la prensa funcionó durante cierto tiempo, el aceite lubricante descrito se calienta a 212 °F. Calcule el número de Reynolds para el flujo de aceite a dicha temperatura. Estudie la posible dificultad de operación conforme el aceite se calienta.
- 8.21E** Un sistema está diseñado para transportar 500 gal/min de etilenglicol a 77 °F con una velocidad máxima de 10.0 pies/s. Especifique la tubería de acero estándar más pequeña, cédula 40, que cumpla dicha condición. Después, calcule el número de Reynolds para el flujo en la tubería seleccionada.
- 8.22E** Al rango de los números de Reynolds entre 2000 y 4000 se le denomina *región crítica* porque no es posible predecir si el flujo es laminar o turbulento. En este rango debe evitarse la operación de sistemas de flujo. Calcule el rango de los flujos volumétricos en gal/min de agua a 60 °F, donde el flujo estaría en la región crítica, en un tubo de cobre de 3/4 de pulg tipo K.
- 8.23E** La línea descrita en el problema 8.22 es para distribuir agua fría. En cierto punto del sistema el tubo del mismo tamaño transporta agua a 180 °F. Calcule el rango de los flujos volumétricos donde el flujo estaría en la región crítica.
- 8.24C** En una lechería se informa que la leche a 100 °F tiene una viscosidad cinemática de 1.30 centistokes. Calcule el número de Reynolds para un flujo de 45 gal/min que circula en un tubo de acero de 1 1/4 pulg con espesor de pared de 0.065 pulg.
- 8.25C** En una planta embotelladora de refrescos, el jarabe concentrado que se emplea para fabricar la bebida tiene una viscosidad cinemática de 17.0 centistokes a 80 °F. Calcule el número de Reynolds para un flujo de 215 L/min de jarabe que circula a través de un tubo de cobre de 1 pulg tipo K.
- 8.26C** Cierta combustible aeronáutico tiene una viscosidad cinemática de 1.20 centistokes. Si se lleva combustible al motor a razón de 200 L/min por un tubo de acero de 1 pulg, con espesor de pared de 0.065 pulg, calcule el número de Reynolds para el flujo.

### Pérdidas de energía

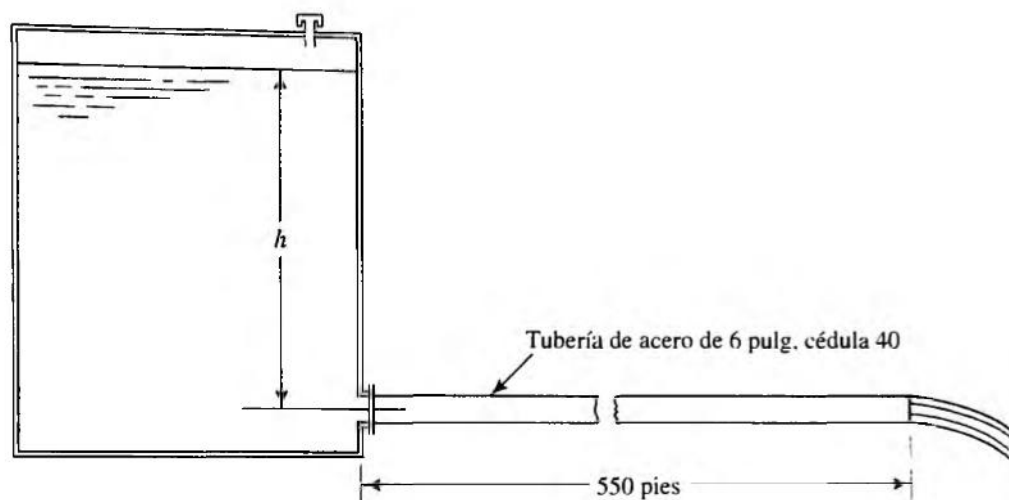
- 8.27M** Por una tubería de acero de 1 pulg, cédula 80, fluye petróleo crudo 60 m hacia abajo en forma vertical, a una velocidad de 0.64 m/s. El petróleo tiene una gravedad específica de 0.86 y está a 0 °C. Calcule la diferencia de presión entre las partes superior e inferior de la tubería.
- 8.28M** A través de un tubo de cobre de 1/2 pulg tipo K fluye agua a 75 °C a razón de 12.9 L/min. Calcule la diferencia de presión entre dos puntos separados 45 m, si el tubo está en posición horizontal.
- 8.29E** Por una tubería de acero de 4 pulg, cédula 40, fluye combustóleo a la tasa máxima para que el flujo sea laminar. Si el líquido tiene una gravedad específica de 0.895 y viscosidad dinámica de  $8.3 \times 10^{-4}$  lb-s/pies<sup>2</sup>, calcule la pérdida de energía por cada 100 pies de tubo.
- 8.30E** Una tubería de acero de 3 pulg, cédula 40, tiene 5000 pies de longitud y conduce un aceite lubricante entre dos puntos A y B, de modo que el número de Reynolds es 800. El punto B está 20 pies más arriba que el A. El aceite tiene una gravedad específica de 0.90 y viscosidad dinámica de  $4 \times 10^{-4}$  lb-s/pies<sup>2</sup>. Si la presión en A es de 50 psig, calcule la presión en B.

- 8.31M** Por una tubería de acero de 1 pulg. cédula 80, circula benceno a  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  a razón de  $20\text{ L/min}$ . El peso específico del benceno es de  $8.62\text{ kN/m}^3$ . Calcule la diferencia de presión entre dos puntos separados  $100\text{ m}$  si la tubería se encuentra en posición horizontal.
- 8.32M** Como prueba para determinar la rugosidad de la pared de una instalación de tubería, se bombea agua a  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  a razón de  $225\text{ L/min}$ . La tubería es de acero comercial estándar de  $1\frac{1}{2}$  pulg con espesor de pared de  $0.083$  pulg.

Las lecturas de dos medidores de presión a  $30\text{ m}$  de distancia uno de otro en un tramo horizontal de la tubería son de  $1035\text{ kPa}$  y  $669\text{ kPa}$ . Determine la rugosidad de la pared de la tubería.

- 8.33E** Desde un tanque de almacenamiento fluye agua a  $80\text{ }^{\circ}\text{F}$  a través de  $550$  pies de tubería de acero de  $6$  pulg. cédula 40, como se observa en la figura 8.10. Si se toma en cuenta la pérdida de energía debido a la fricción, calcule la altura  $h$  que se requiere sobre la entrada de la tubería con el fin de producir un flujo volumétrico de  $2.50\text{ pies}^3/\text{s}$ .

FIGURA 8.10 Problema 8.33.

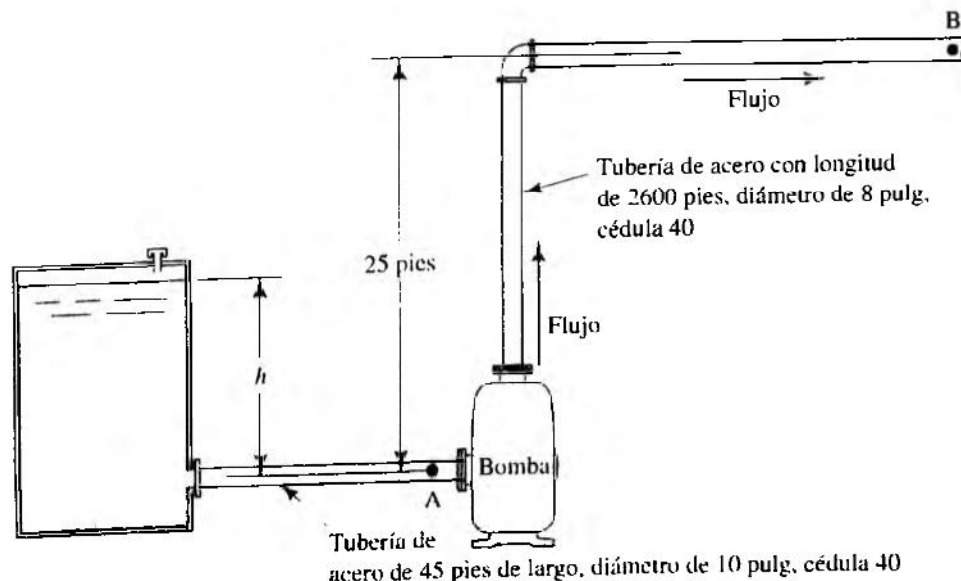


- 8.34E** Un colector de agua está hecho de tubo de concreto de  $18$  pulg de alta presión. Calcule la caída de presión en una longitud de una milla debido a la fricción del tubo, si éste conduce  $15\text{ pies}^3/\text{s}$  de agua a  $50\text{ }^{\circ}\text{F}$ .
- 8.35E** La figura 8.11 muestra una parte de un sistema de protección contra incendios donde una bomba impulsa agua a  $60\text{ }^{\circ}\text{F}$  desde un depósito y la lleva al punto B a razón de  $1500\text{ gal/min}$ .
- a. Calcule la altura  $h$  que se requiere para el nivel del agua en el tanque, con el fin de mantener una presión de  $5.0\text{ psig}$  en el punto A.

- b. Si suponemos que la presión en A es de  $5.0\text{ psig}$ , calcule la potencia que transmite la bomba al agua con objeto de conservar una presión de  $85\text{ psig}$  en el punto B. Incluya la pérdida de energía debido a la fricción, pero ignore las demás.

- 8.36E** Una bomba sumergible de pozo profundo mueve  $745\text{ gal/h}$  de agua a  $60\text{ }^{\circ}\text{F}$ , a través de una tubería de acero de  $1$  pulg. cédula 40, cuando opera en el sistema de la figura 8.12. Si la longitud total de la tubería es de  $140$  pies, calcule la potencia que la bomba trasmite al agua.

FIGURA 8.11 Problema 8.35.



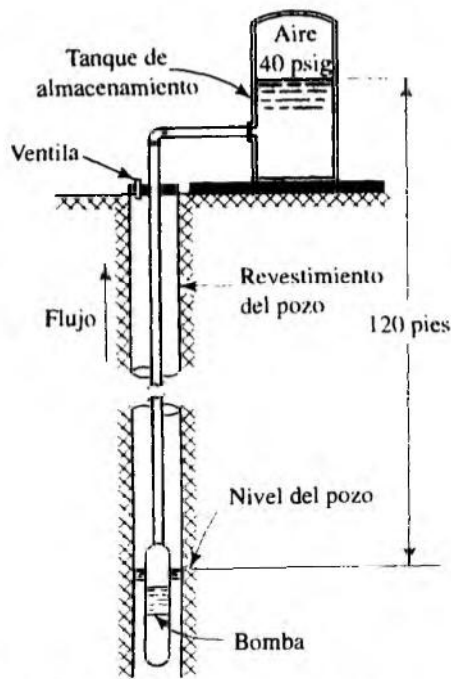


FIGURA 8.12 Problema 8.36.

**8.37E** En una granja se transporta agua a  $60^\circ\text{F}$ . desde un tanque de almacenamiento presurizado hasta un bebedero para animales, por medio de una tubería de 300 pies de longitud, de  $1\frac{1}{2}$  pulg, cédula 40, como se ilustra en la figura 8.13. Calcule la presión de aire que se requiere sobre el agua del tanque con el fin de producir un flujo de 75 gal/min.

**8.38M** La figura 8.14 muestra un sistema de distribución de fertilizante líquido de pasto. Para operar con eficacia, la boquilla en el extremo de la manguera requiere 140 kPa de presión. La manguera es de plástico liso y tiene un diámetro interior de 25 mm. La solución del fertilizante tiene una gravedad específica de 1.10 y viscosidad dinámica de  $2.0 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ . Si la longitud de la manguera es de 85 m, determine (a) la potencia que trasmite la bomba a la solución y (b) la presión en la salida de la bomba. Ignore la pérdida de energía en el lado de toma de la bomba. El flujo volumétrico es de 95 L/min.

**8.39M** Un ducto que transporta petróleo crudo ( $sg = 0.93$ ) a 1200 L/min está hecho de tubería de acero de 6 pulg, cédula 80. Las estaciones de bombeo están espaciadas a 3.2 km. Si el petróleo está a  $10^\circ\text{C}$ , calcule (a) la caída de presión entre las estaciones y (b) la potencia que se requiere para mantener la misma presión en la entrada de cada bomba.

**8.40M** Para el oleoducto que se describe en el problema 8.39, considere que el aceite se va a calentar a  $100^\circ\text{C}$  con el fin de disminuir su viscosidad.

- ¿Cómo afecta lo anterior al requerimiento de potencia de la bomba?
- ¿A qué distancia podrían separarse las bombas con la misma caída de presión que la del problema 8.39?

FIGURA 8.13 Problema 8.37.

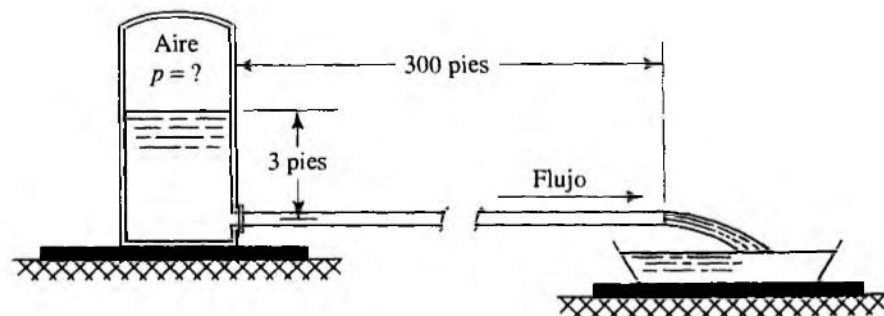


FIGURA 8.14 Problema 8.38.

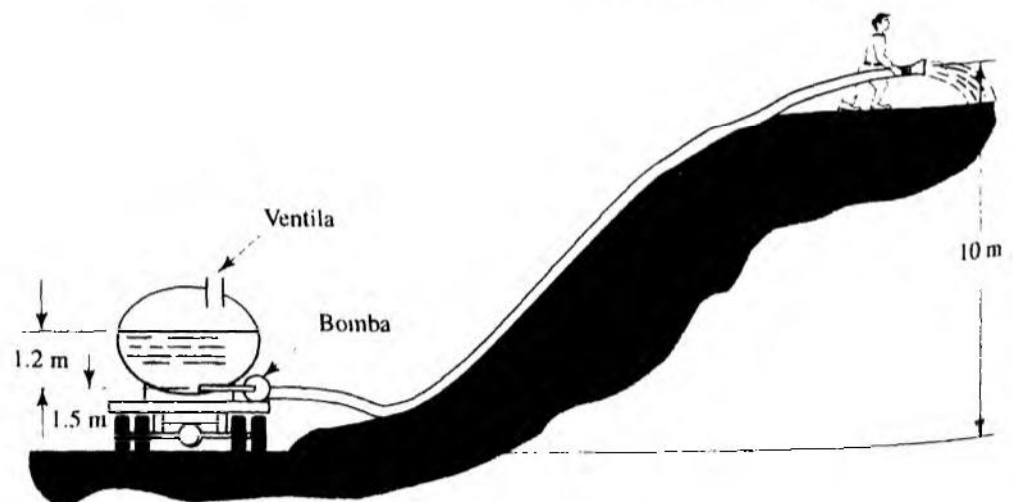
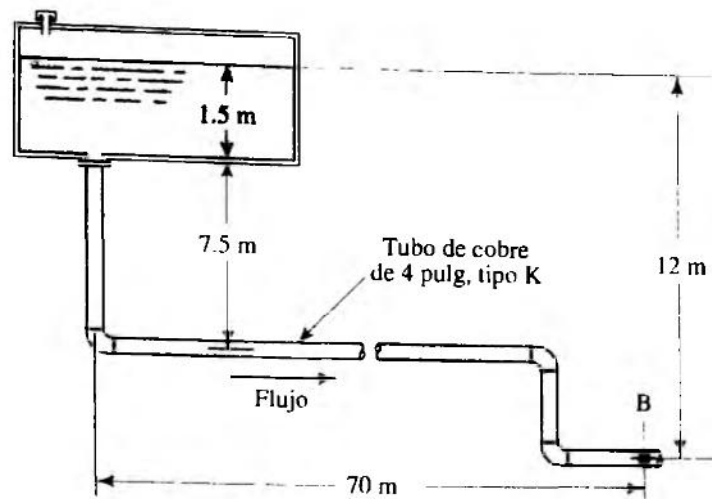


FIGURA 8.15 Problema 8.41.

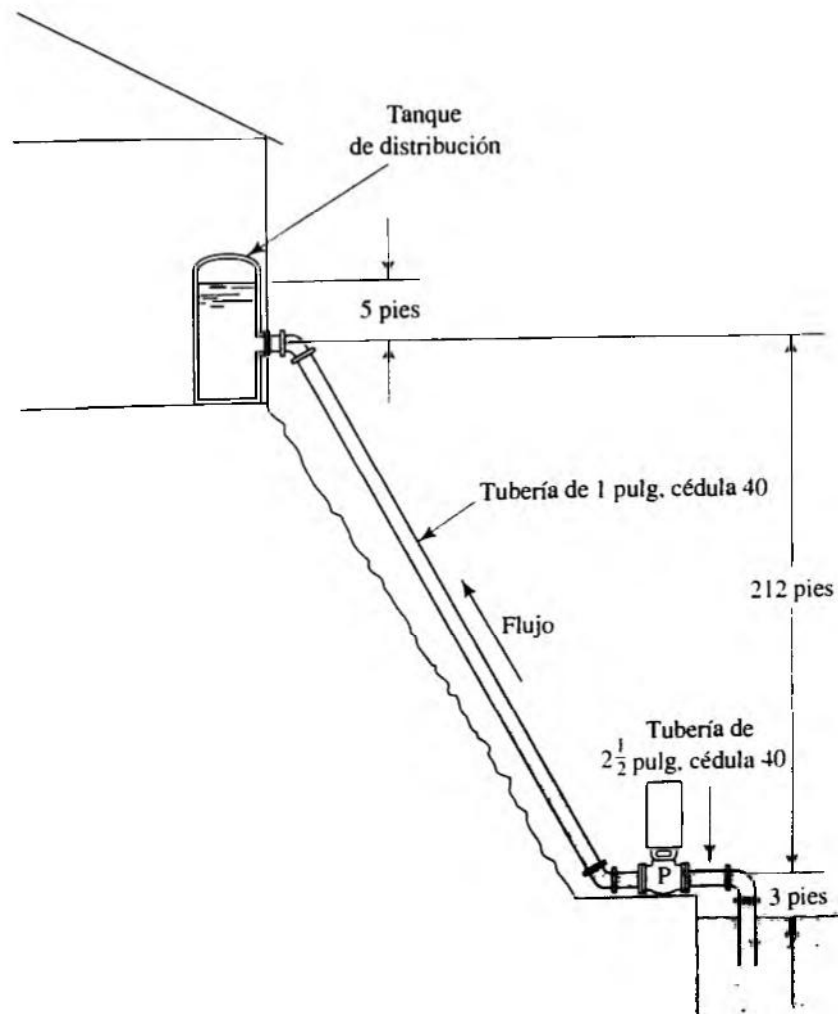


**8.41M** Desde el depósito de la figura 8.15 y por el tubo que se aprecia, fluye agua a  $10^{\circ}\text{C}$ , a razón de  $900\text{ L/min}$ . Calcule la presión en el punto B; tome en cuenta la pérdida de energía debido a la fricción, pero ignore las demás.

**8.42E** Para el sistema de la figura 8.16, calcule la potencia que la bomba trasmite al agua si mueve  $50\text{ gal/min}$  de agua

a  $60^{\circ}\text{F}$  hacia el tanque. El aire en el tanque se encuentra a  $40\text{ psig}$ . Considere la pérdida por fricción en la tubería de descarga de  $225\text{ pies}$  de largo e ignore las demás. Después, rediseñe el sistema con el empleo de un tamaño de tubería más grande, con el fin de reducir la pérdida de energía y reducir la potencia que se requiere a no más de  $5.0\text{ hp}$ .

FIGURA 8.16 Problema 8.42.



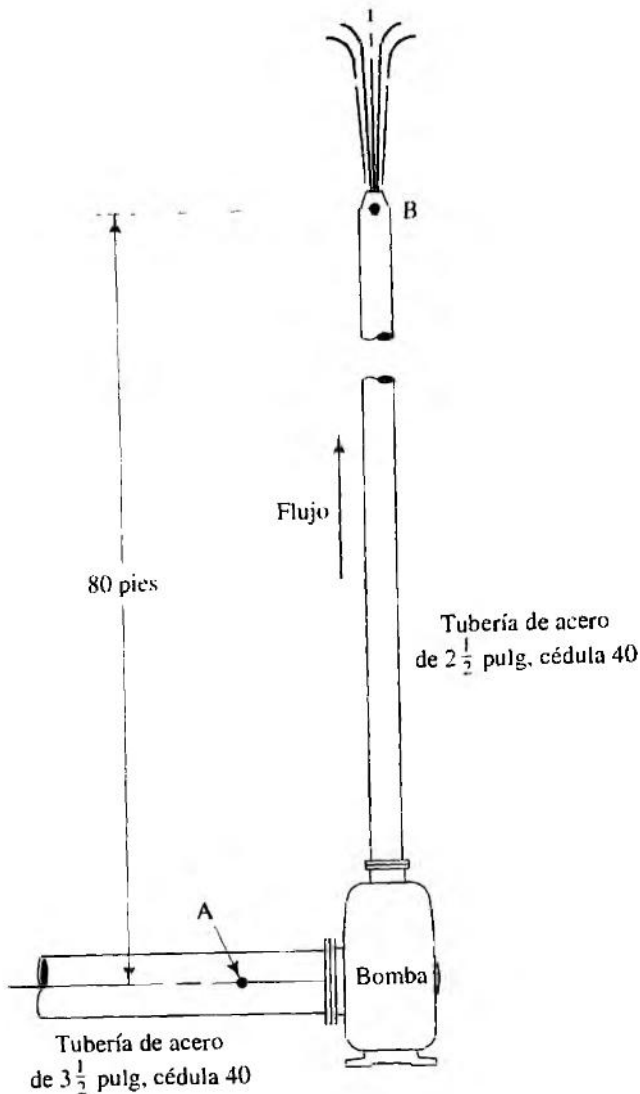


FIGURA 8.17 Problema 8.44.

**8.43E** Se transporta combustóleo ( $sg = 0.94$ ) a una caldera, a razón de 60 gal/min, a través de una tubería de acero de  $1\frac{1}{2}$  pulg, cédula 40. Calcule la diferencia de presión entre dos puntos separados por 40.0 pies, si la tubería está en posición horizontal y el combustóleo está a  $85^\circ\text{F}$ .

**8.44E** La figura 8.17 muestra un sistema que se usa para rociar agua contaminada al aire, con el fin de incrementar el contenido de oxígeno de aquella y hacer que los solventes volátiles que contiene se evaporen. La presión en el punto B, justo afuera de la boquilla, debe ser de 25.0 psig para que ésta tenga un rendimiento apropiado. La presión en el punto A (entrada de la bomba) es de  $-3.50$  psig. El flujo volumétrico es de  $0.50 \text{ pie}^3/\text{s}$ . La viscosidad dinámica del fluido es de  $4.0 \times 10^{-5} \text{ lb}\cdot\text{s}/\text{pies}^2$ . La gravedad específica del fluido es de 1.026. Calcule la potencia que la bomba trasmite al fluido; tome en cuenta la pérdida de energía en la línea de descarga.

**8.45E** En un sistema de procesamiento químico el flujo de glicerina a  $60^\circ\text{F}$  ( $sg = 1.24$ ) por un tubo de cobre debe permanecer en régimen laminar, con un número de Reynolds aproximadamente igual a 300, sin excederlo. Especifique el tubo estándar de cobre más pequeño que transportaría un flujo volumétrico de  $0.90 \text{ pie}^3/\text{s}$ . Después, para un flujo de  $0.90 \text{ pie}^3/\text{s}$  en el tubo que haya especificado, calcule la caída de presión entre dos puntos separados por 55.0 pies, si el tubo se encuentra en posición horizontal.

**8.46E** Se bombea agua a  $60^\circ\text{F}$  desde una corriente hacia un almacenamiento cuya superficie está a 210 pies por arriba de la bomba. (Consulte la figura 8.18.) La tubería que va de la bomba al almacenamiento mide 2500 pies de largo, es de acero de 8 pulg, cédula 40. Si se bombean  $4.00 \text{ pie}^3/\text{s}$ , calcule la presión en la salida de la bomba. Considere la pérdida por fricción en la línea de descarga e ignore las demás.

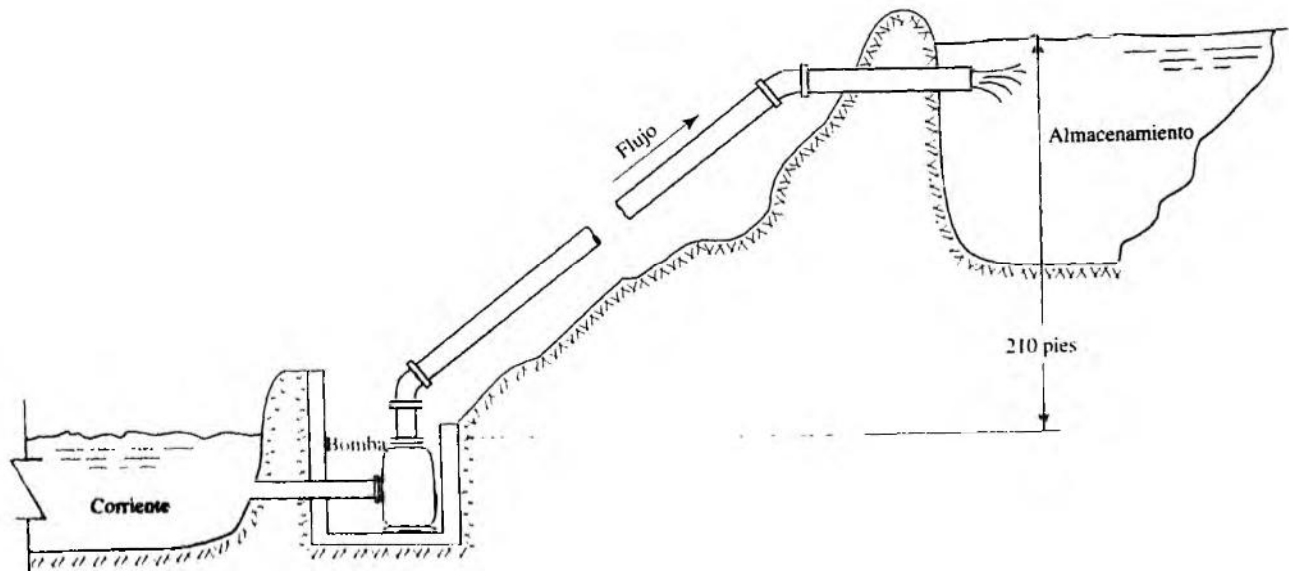
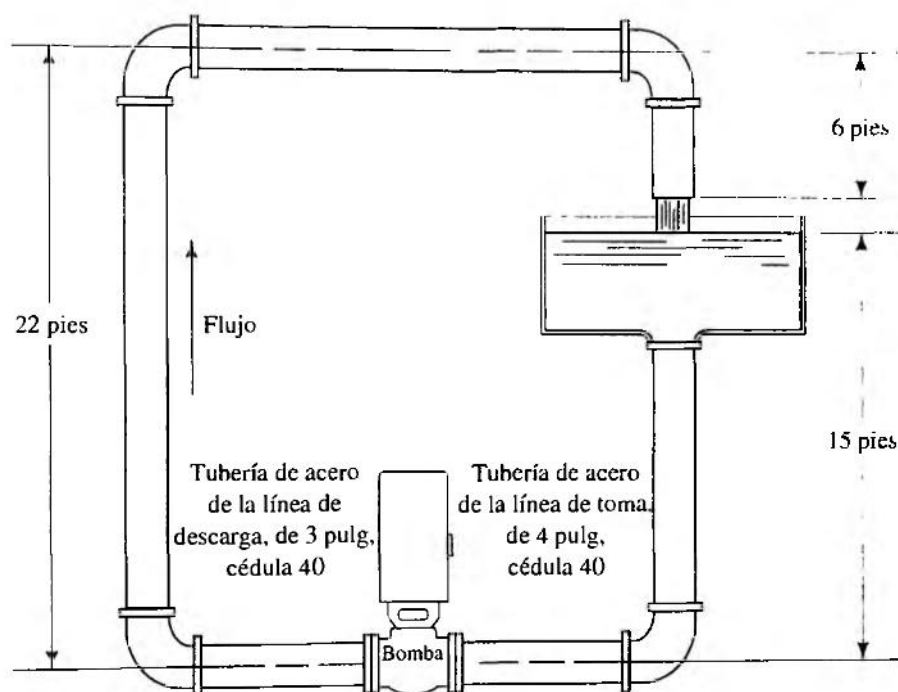


FIGURA 8.18 Problemas 8.46 y 8.47.

- 8.47E** Si la presión en la entrada de la bomba descrita en el problema 8.46 es  $-2.36$  psig, calcule la potencia que la bomba transmite al agua.
- 8.48E** A lo largo de 3200 pies de una tubería de acero estándar de 10 pulg, cédula 40, fluye gasolina a  $50$  °F del punto A al B a razón de  $4.25$  pies<sup>3</sup>/s. El punto B se encuentra a 85 pies por arriba del punto A y la presión en B debe ser de 40.0 psig. Calcule la presión que se requiere en A. Considere la pérdida por fricción en la tubería.
- 8.49E** En la figura 8.19 se ilustra una bomba que recircula 300 gal/min de aceite lubricante pesado para máquinas herramientas, a  $104$  °F, con objeto de probar la estabilidad del aceite. La longitud total de la tubería de 4 pulg es de 25.0 pies, y la de la tubería de 3 pulg es de 75.0 pies. Calcule la potencia que la bomba transmite al aceite.

FIGURA 8.19 Problema 8.49.



- 8.53M** En una tubería de acero, cédula 80, de 1 pulg, fluye benceno ( $sg = 0.88$ ) a  $60$  °C, a razón de  $20$  L/min.
- 8.54E** A través de un tubo de hierro dúctil de 6 pulg, recubierto, fluye agua a  $80$  °F a razón de  $2.50$  pies<sup>3</sup>/s.
- 8.55E** En un tubo de concreto con diámetro interior de 18.0 pulg, circulan  $15.0$  pies<sup>3</sup>/s de agua a  $50$  °F.
- 8.56E** En una tubería de acero de 10 pulg, cédula 40, fluyen  $1500$  gal/min de agua a  $60$  °F.
- 8.57M** Un líquido fertilizante ( $sg = 1.10$ ) con viscosidad dinámica de  $2.0 \times 10^{-3}$  Pa·s, circula a razón de  $95$  L/min por una manguera de plástico liso de 25 mm de diámetro.
- 8.58M** En una tubería de acero de 6 pulg, cédula 80, fluye petróleo crudo ( $sg = 0.93$ ) a  $100$  °C a una tasa de  $1200$  L/min.
- 8.59M** Agua a  $65$  °C, fluye en una tubería de acero de  $1\frac{1}{2}$  pulg, cédula 40, con una velocidad de  $10$  m/s.

- 8.50E** En un tubo de cobre de  $\frac{3}{4}$  pulg, tipo K, fluye aceite de linaza a  $25$  °C y  $3.65$  m/s. Calcule la diferencia de presión entre dos puntos del tubo, separados por  $17.5$  m, si el primer punto está a  $1.88$  m por arriba del segundo.
- 8.51M** Por un tubo de cobre recto (3 pulg, tipo K) fluye glicerina a  $25$  °C, a una tasa de  $180$  L/min. Calcule la diferencia de presión entre dos puntos separados por  $25.8$  m, si el primer punto está a  $0.68$  m por debajo del segundo.

Nota: Para calcular el factor de fricción en los problemas 8.52 a 8.62, utilice las ecuaciones de la sección 8.8.

- 8.52M** En un tubo de cobre, tipo K de  $\frac{1}{2}$  pulg, fluye agua a  $75$  °C, a una tasa de  $12.9$  L/min.

- 8.60M** En un tubo de cobre de 3 pulg, tipo K, fluye alcohol propílico a  $25$  °C, a razón de  $0.026$  m<sup>3</sup>/s.
- 8.61E** En un tubo de concreto de 12 pulg de diámetro fluyen  $3.0$  pies<sup>3</sup>/s de agua a  $70$  °F.
- 8.62E** En una tubería de acero de 6 pulg, cédula 40, fluye combustible pesado a  $77$  °F y  $12$  pies/s.

### Pérdida de energía por medio de la fórmula de Hazen-Williams

A menos que se diga otra cosa, utilice los valores de diseño para el coeficiente  $C_H$  de la tabla 8.2. Emplee cualquiera de las distintas formas de la fórmula o el nomograma de la figura 8.9, según se pida.

- 8.63E** Fluyen  $1.50$  pies<sup>3</sup>/s de agua a través de 550 pies de una tubería de hierro dúctil recubierto de cemento de 6 pulg. Calcule la pérdida de energía.
- 8.64M** Calcule la pérdida de energía conforme pasa agua a lo largo de  $45$  m de un tubo de cobre de 4 pulg, tipo K, a razón de  $1000$  L/min.



- 8.65E** Un colector de agua de 18 pulg de diámetro está hecho de tubo de concreto de alta presión. Calcule la pérdida de energía a lo largo de 1 m, si conduce 7.50 pies<sup>3</sup>/s de agua.
- 8.66E** Un sistema de protección contra incendios incluye 1500 pies de tubería de acero de 10 pulg, cédula 40. Calcule la pérdida de energía en el tubo cuando conduce 1500 gal/min de agua.
- 8.67M** En un tubo de cobre de 4 pulg tipo K fluyen 900 L/min de agua a lo largo de 80 m. Calcule la pérdida de energía.
- 8.68E** Determine la pérdida de energía de 0.20 pie<sup>3</sup>/s de agua que fluye en una longitud de 80 pies a través de una tubería de acero de 2 1/2 pulg, cédula 40.
- 8.69E** Se desea transportar 2.0 pies<sup>3</sup>/s de agua en una longitud de 2500 pies a través de una tubería de 8 pulg. Calcule la pérdida de carga tanto para una tubería de acero cédula 40 como para un tubo de hierro dúctil recubierto con cemento aplicado en forma centrífuga.
- 8.70E** Especifique un tamaño apropiado de tubería de acero nuevo y limpio, cédula 40, capaz de conducir 300 gal/min de agua en una longitud de 1200 pies, con no más de 10 pies de pérdida de carga. Para la tubería seleccionada, calcule la pérdida de carga real esperada.
- 8.71E** Para la tubería seleccionada en el problema 8.70, encuentre la pérdida de carga con el empleo del valor de diseño de  $C_h$ , en lugar del que corresponde a una tubería nueva y limpia.
- 8.72E** Compare la pérdida de carga que resultaría del flujo de 100 gal/min de agua que recorriera 1000 pies de tubería de acero nueva y limpia, cédula 40, para tamaños de 2 y 3 pulgadas.

## TAREA DE PROGRAMACIÓN DE COMPUTADORAS

- Diseñe un programa que calcule el factor de fricción para el flujo de cualquier fluido a través de tuberías y tubos, por medio de las ecuaciones (8-5) y (8-7). El programa debe calcular el número de Reynolds y la rugosidad relativa. Después, debe tomar decisiones según lo siguiente:
  - Si  $N_R < 2000$ , emplee  $f = 64/N_R$  [ecuación (8-5)].
  - Si  $2000 < N_R < 4000$ , el flujo está en el rango crítico y no es posible calcular un valor confiable de  $f$ . Muestre un mensaje para el usuario del programa.
  - Si  $N_R > 4000$ , el flujo es turbulento. Emplee la ecuación (8-7) para calcular  $f$ .
  - Imprima  $N_R$ ,  $D/\epsilon$  y  $f$ .
- Incorpore el programa 1 en otro mejorado para calcular la caída de presión para el flujo de cualquier fluido a través de una tubería de cualquier tamaño. Los dos puntos de interés pueden tener cualquier separación, y un extremo puede estar a cualquier elevación respecto del otro. El programa debe estar configurado para efectuar análisis como los solicitados en los problemas 8.27, 8.28 y 8.31. El programa también debe determinar la pérdida de energía sólo con objeto de resolver problemas como el 8.29.
- Diseñe un programa para resolver la fórmula de Hazen-Williams en cualquiera de las formas presentadas en la tabla 8.4. Permita que el operador del programa especifique el sistema de unidades por utilizar, los valores conocidos y los valores por conocer.
- Diseñe una hoja de cálculo para resolver la fórmula de Hazen-Williams en cualquiera de las formas presentadas en la tabla 8.4. Partes distintas de la hoja calcularán cantidades diferentes: velocidad, pérdida de carga o diámetro de la tubería. Aporte soluciones en unidades del SI y en el sistema tradicional de Estados Unidos.