CAPÍTULO VII

FUNDAMENTOS DEL FLUJO DE FLUIDOS

La hidrodinámica es el componente de la mecánica de los fluidos encargado del estudio de los fluidos en movimiento. El estudio del escurrimiento de los fluidos es complejo y debido a que su descripción no puede realizarse totalmente desde el punto de vista teórico basado en el análisis matemático, hay necesidad de recurrir a la experimentación con el fin de poder describir de manera más precisa su comportamiento.

El movimiento de un fluido puede ser descrito totalmente, cuando se conoce la velocidad en el espacio de cada una de sus partículas en todo momento. Teóricamente desde el punto de vista matemático se han ideado dos procedimientos para explicar el comportamiento de la velocidad de las partículas de un fluido en cada instante. Los métodos usados se conocen con los nombres de Lagrange y de Euler, éste último conocido también con el nombre del Teorema del Transporte. El método de Lagrange, intenta explicar el movimiento de una partícula de fluido, estudiando las variaciones en su trayectoria a lo largo de una línea de corriente. Por el contrario el método de Euler, pretende conocer el comportamiento de una región del flujo de un fluido describiendo el comportamiento de una parte de éste a través del tiempo, cuando atraviesa una zona predeterminada conocida como un volumen de control.

Ambos métodos permiten formular una serie de expresiones matemáticas, que explican el comportamiento de un fluido y las cuales para casos particulares pueden ser apoyadas experimentalmente con factores de corrección, a tal punto que las aplicaciones de la mecánica de los fluidos en la hidráulica han llevado a esta última a ser conocida como la ciencia de los coeficientes.

Las ecuaciones deducidas a partir de los métodos expuestos son: la ecuación de la continuidad, la ecuación de la energía, la ecuación de la cantidad de movimiento lineal y la ecuación de la cantidad de movimiento angular.

a).
$$u = 3xy^2 + 2x + y^2$$
$$v = x^2 - 2y - y^3$$
$$\frac{du}{dx} = 3y^2 + 2$$
$$\frac{dv}{dy} = -23 - 3y^2$$
$$\frac{du}{dx} + \frac{du}{dy} = 0$$
Flujo permanente e incomprensible

Reemplazando $3y^2 + 2 - 2 - 3y^2 = 0$
El flujo es permanente e incompresible.

b).
$$u = 3x^2 + 2y^2$$
$$v = -3xy$$
$$\frac{du}{dx} = 3x$$
$$\frac{dv}{dy} = -3x$$
$$\frac{du}{dx} + \frac{du}{dy} = 0$$

Reemplazando $4x - 3x = x \neq 0$
El flujo no satisface la condición de permanente e incomprensible.

Problema

Cuántos kg/s de anhídrido carbónico fluyen a través de una tubería de 15 cm de diámetro si la presión manométrica es de 1,75 kg/cm², la temperatura de 27°C y la velocidad media de 2.50 m/s?

$$V_2^2 = \frac{2g(P_2 - P_1)}{\left(\frac{A_2}{A_1}\right)^2 - 1} \Rightarrow V_2^2 = \frac{2x9.81\frac{1.4\,\mathrm{kg/cm^2} - 4.2\,\mathrm{kg/cm^2}}{1000\,\mathrm{kg/cm^2}} x10^4\, cm^2/m^2}{\left(\frac{\pi D_2^2}{4} \Big/ \frac{\pi D_1^2}{4}\right)^2 - 1}$$

$$V_2^2 = \frac{19.62\, m/s^2\, \frac{\left(-2.8x10\ \ \mathrm{kg/cm^2}\ \right)}{1000\,\mathrm{kg/cm^3}}}{\left(\frac{0.075}{0.75}\right)^4 - 1}$$

$$V_2 = 24.21\,\mathrm{m/s}$$

$$Q = AV$$

$$Q = \frac{\pi}{4}(0.075)^2\ \mathrm{m}^2 x24.21\, \mathrm{m/s}$$

$$Q = 107\, \mathrm{L/s}$$

Problema

Si en el problema anterior fluye un aceite de densidad relativa 0.752, calcular el caudal.

$$V_2^2 = \frac{2x9.81\,\mathrm{x}\left(\frac{1.4 - 4.2}{752}\right) x10^4}{\left(\frac{0.075}{0.75}\right)^4 - 1} = 729.5\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}^2}$$

$$V_2 = 27\, \mathrm{m/s}$$

$$Q = V_2 A_2 = 119.3\, \mathrm{L/s}$$

Problema

Si lo que fluye en el problema 13) es tetracloruro de carbono (densidad relativa 1.594). Determinar Q.

$$\frac{P_A}{\gamma} = -\frac{1.7^2}{2g} + 52.5 + \frac{6.79^2}{2g} = 54.7m$$

$$P_A = 54700 \, {}^{\text{kg}}\!/\!{}_{\text{m}^2}$$

$$h = \frac{54.700 - 52.500}{(13.570 - 1000)} = 0.175m$$

Problema

Una tubería de 30 cm de diámetro transporta aceite de densidad relativa 0.811 a una velocidad de 24 m/s. En los puntos A y B las medidas de la presión y elevación fueron respectivamente, 3.70 kg/cm² y 2.96 kg/cm² y 30m y 33m Para un flujo permanente, determinar la pérdida de carga entre A y B.

$$P_A = 370 \, {}^{\text{kg}}\!/\!{}_{\text{cm}} \; x \left(\frac{100 \, \text{cm}}{1 \, \text{mt}^2}\right)^2 = 3700 \, {}^{\text{kg}}\!/\!{}_{\text{m}} \;\Rightarrow \frac{P_A}{\gamma_{Liq.}} = \frac{3700 \, {}^{\text{kg}}\!/\!{}_{\text{m}^2}}{811 \, {}^{\text{kg}}\!/\!{}_{\text{m}^3}} = 45.62m$$

$$P_B = 2.96 \, {}^{\text{kg}}\!/\!{}_{\text{cm}^2} \, x \left(\frac{100 \, \text{cm}}{1 \, \text{m}^2}\right)^2 = 29600 \, {}^{\text{kg}}\!/\!{}_{\text{m}^2} \Rightarrow \frac{P_A}{\gamma_{Liq}} = \frac{29600 \, {}^{\text{kg}}\!/\!{}_{\text{m}^2}}{811 \, {}^{\text{kg}}\!/\!{}_{\text{m}^3}} = 36.50m$$

$$Z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^2}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + h_f \Rightarrow \frac{V_A^2}{2g} = \frac{V_B^2}{2g} = \frac{(24m)^2}{2g}$$

$$30m + 45.62m + \frac{V_A^2}{2g} = 33m + 36.50\text{m} + \frac{V_A^2}{2g} + h_f$$

$$h_f = -33m - 36.50m + 30\,\text{m} + 45.62\text{m}$$

$$\text{h}_\text{f} = 75.62\text{m} - 69.50\text{m}$$

$$\text{h}_\text{f} = 6.12\text{m}$$

Problema

Un chorro de agua, de 7.5 cm de diámetro, descarga en la atmósfera a una velocidad de 24 m/s. Calcular la potencia del chorro, en caballos de vapor, utilizando como plano de referencia el horizontal que pasa por el eje del chorro.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_3 + \frac{P_3}{\gamma} + \frac{V_3^2}{2g} + h_f$$

$$V_3 = \frac{q}{A_3} = \frac{0.035}{\frac{\pi}{4}(0.15)^2} = 1.98\ {}^{m}\!/_{s} \qquad ; \frac{V_3^2}{2g} = 0.2\ m$$

$$0 = 2.2m - 3.2m + 0.2m + h_f \Rightarrow h_f = 0.80\ m$$

Problema

Calcular la pérdida de carga en una tubería de 15 cm de diámetro si es necesario mantener una presión de kg/cm² en un punto aguas arriba y situado 1.80 m por debajo de la sección de la tubería por la que desagua la atmósfera 55 L/s de agua.

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_f$$

$$Z_1 = 0\ (N.R)$$

$$\frac{P_1}{\gamma} = \frac{2.35\ {}^{kg}\!/_{cm^2}\ x\ 10^4\ \frac{cm^2}{m^2}}{1000\ {}^{kg}\!/_{m^2}} = 23.5\ m$$

$$V_1 = V_2 \Rightarrow \frac{V_1^2}{2g} = \frac{V_2^2}{2g}\ \text{(sección constante)}$$

$$P_2 = P_{atmosférica} = 0$$

$$23.5 = 1.8 + h_f \Rightarrow h_f = 23.5 - 1.8 = 21.7\ m$$

Problema

Un depósito cerrado de grandes dimensiones está parcialmente lleno de agua y el espacio superior con aire y presión. Una manguera de 5 cm de diámetro conectada al depósito, desagua sobre la azotea de un edificio un caudal de 12 L/s.

Bernoulli entre (1) y (2)

$$\left(Z+\frac{P}{\gamma}+\frac{V_2}{2g}\right)_{nivel\ \text{agua}}=\left(Z+\frac{P}{\gamma}+\frac{V_2}{2g}\right)_{alto\ \text{sifón}}+h_f$$

$$0=1.5+\frac{P}{\gamma}+\frac{V_2}{2g}+1.5\frac{V_2}{2g}$$

$$\frac{P}{\gamma}=-0.45\,{}^{kg}\!/_{cm^2}$$

Problema

Una tubería horizontal de 60 cm de diámetro transporta 440 L/s de un aceite de densidad relativa 0.825. Las cuatro bombas instaladas a lo largo de la línea son iguales, es decir, las presiones a la entrada y a la salida son respectivamente – 0.56 kg/cm² y 24.50 kg/cm². Si la pérdida de carga, en las condiciones en que se desagua, es 6.00 m cada 1000 m de tubería, ¿Con qué separación deben colocarse las bombas?

$$\gamma_{\text{aceite}}=825\,{}^{\text{kg}}\!/_{\text{m}^3}$$

$$P_A=24.50\,{}^{\text{kg}}\!/_{\text{m}^2}\Rightarrow P_A=24.50\,{}^{\text{kg}}\!/_{\text{m}^2}\ \text{x}\ \frac{1\,\text{cm}^2}{(0.01\text{m})^2}=24.50\,{}^{\text{kg}}\!/_{\text{m}^2}$$

$$P_B=-5600\,{}^{\text{kg}}\!/_{\text{m}^2}$$

$$Z_A+\frac{P_A}{\gamma}+\frac{V_A{}^2}{2g}=Z_B+\frac{P_B}{\gamma}+\frac{V_B{}^2}{2g}+hf(A-B)$$

$$Z_A=Z_B=0$$

$$V_A=\text{V}_\text{B}\ \text{por tanto se cancelan}$$

$$6\text{m}\rightarrow 1000\,\text{m} \qquad\qquad \text{h}_\text{f}=\frac{6\,\text{m}}{1000\,\text{m}}$$

$$hf\rightarrow\ \text{X}$$

$$\frac{245000\,{}^{\text{kg}}\!/_{\text{m}^2}}{825\,{}^{\text{kg}}\!/_{\text{m}^3}}=-\frac{5600\,{}^{\text{kg}}\!/_{\text{m}^2}}{825\,{}^{\text{kg}}\!/_{\text{m}^3}}+\frac{6m}{1000}$$

$$296.9\,\text{m}+6.7\,\text{m}=\frac{6\text{X}}{1000}=\frac{303.6\,m\,x\,1000}{6}=X$$

$$X=50600m$$

Las bombas deben colocarse a 50600 m cada una.

$$Q = 1140\,\frac{\mathrm{m}^3}{\mathrm{min}}\,\mathrm{x}\,\frac{1\,\mathrm{min}}{60\,\mathrm{s}}$$

$$Q = 19\,\mathrm{m}^3/\mathrm{s}$$

$$P_A = \gamma\, h_A = 1000\,\frac{\mathrm{kg}}{\mathrm{m}^3}\,x\,(-0.05\,\mathrm{m})$$

$$\mathrm{P_A} = -50\,\mathrm{kg}/\mathrm{m}^2$$

$$P_B = \gamma\, h_B = 1000\,\mathrm{kg}/\mathrm{m}\,2\,\mathrm{x}\,0.075\,\mathrm{m}$$

$$\mathrm{P_B} = 75\,\mathrm{kg}/\mathrm{m}^2$$

$$Z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^{\ 2}}{2g} + H_B = Z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^{\ 2}}{2g}$$

$$\frac{P_A}{\gamma} + H_B = 1 + \frac{P_B}{\gamma}$$

$$HB = 1 + \frac{(P_B\ \text{-}\ \mathrm{P_A})}{\gamma}$$

$$H_B = \frac{1 + (75+50)\,\mathrm{kg}/\mathrm{m}^2}{1000\,\mathrm{kg}/\mathrm{m}^3}$$

$$H_B = 105.17m$$

$$P_o t = \frac{\gamma_{\mathrm{aire}}\ \mathrm{x\,Q\,x\,H_B}}{75\,\mathrm{x}\,68}$$

$$P_o t = \frac{1.2\,\mathrm{kg}/\mathrm{m}^3\ x19\,m^3/\mathrm{s}\ \mathrm{x}\,105.17\,\mathrm{m}}{75\,x\,68}$$

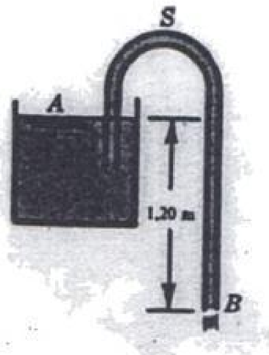
$$P_o t = 48\,\mathrm{C.V}$$

Problema

Se está ensayando una tubería de 30 cm para evaluar las pérdidas de carga. Cuando el caudal de agua es 180 L/s, la presión en el punto A de la tubería es de 2.80 kg/cm^2. Entre el punto A y el punto B, aguas abajo y 3.0 m más elevado que A, se conecta un manómetro diferencial. La lectura manométrica es de 1.0 m, siendo el líquido mercurio e indicando mayor presión en A ¿cuál es la pérdida de carga entre A y B?

Problema

Con referencia a la figura siguiente la presión absoluta en el interior de la tubería en S no debe ser inferior a 0.24 kg/cm². Despreciando las pérdidas. ¿Hasta qué altura sobre la superficie libre A del agua puede elevarse S?



Aplicando Bernoulli entre B y S se tiene:

$$h_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} = h_s + \frac{P_s}{\gamma} + \frac{V_s^2}{2g} + h_f$$

$h_f = 0$ (pérdidas despreciables)

$\mathrm{h_B} = 0$ (N.R)

$\mathrm{V_B} = V_s$ (sección constante)

$$\frac{P_B}{\gamma} = hs + \frac{P_s}{\gamma} \text{ pero hs} = \mathrm{h} + 1.2\ \mathrm{m}$$

$$\frac{P_B}{\gamma} = h + 1.2 + \frac{P_s}{\gamma} = 6.74 + 1.2 + 2.4$$

$$\frac{P_B}{\gamma} = \frac{P_{atmos.}}{\gamma} = 10.34\ \mathrm{m} = 10336\ \mathrm{kg}/\mathrm{m}^2\ x \frac{1}{1000\ \mathrm{kg}/\mathrm{m}^3} = 10.336\ \mathrm{m\ de\ agua} \approx 10.34\ \mathrm{mm}$$

$$\frac{P_s}{\gamma} = 0.24\ kg/cm^2\ x 10^4\ cm^2/cm^2\ x\ 1/1000\ \mathrm{kg}/\mathrm{m}^2 = 2.4m$$

$$h = \frac{P_B}{\gamma} - 1.2\ \mathrm{m} - \frac{P_s}{\gamma} = 10.34m - 1.2\ \mathrm{m} - 2.4\ \mathrm{m} = 6.74\ \mathrm{m}$$

$$\int_o^{r_o} r_o r_o^{-k} y^k - \frac{1}{r_o^k}\frac{y_{k+2}}{k+2}\Big]_o^{r_o} \Rightarrow \int_o^{r_o} r_o^{\,k+1} y^k - \frac{1}{r_0^k}\frac{r_o^{\,k+2}}{k+2}$$

$$\Rightarrow r_o^{(-k+1)}\int_o^{r_o} y^r\, dy \Rightarrow \frac{r_o^{-(k-1)} r_o^{(k+1)}}{k+1} \Rightarrow \frac{1}{k+1}$$

$$\left(\frac{1}{k+1} - \frac{r_o^2}{k+2}\right) \text{remplazando}$$

$$V = \frac{2V_{max}}{}\left(\frac{1}{k+1} - \frac{1}{k+2}\right) \Rightarrow V = 2V_{max}\left(\frac{(k+2)-(k+1)}{(k+1)(k+2)}\right)$$

$$V = 2V_{max}\left(\frac{1}{(k+1)(k+2)}\right)$$

Problema

Encontrar el coeficiente de corrección de la energía cinética α para el problema anterior.

$$\alpha = \frac{1}{A}\int\left(\frac{L}{V}\right)^3 dA = \frac{1}{\pi r_o^2}\int_o^{r_o}((k+1)(k+2))^3\left(1 - {r}/{r_o}\right)^{3k} 2\pi r dr$$

$$\alpha = \frac{2\pi(k+1)^3(k+2)^3}{\pi r_o^2}\int_0^{r_o}\left((r_o - y)\left({y}/{r_o}\right)^k\right)^3 dy = \frac{2\pi(k+1)^3(k+2)^3}{r_o^2}\int_0^{r_o} r_o^{\,3}\frac{y^{3k}}{r_o^{3k}} - \int_0^{r_o} y^3 \frac{y^{3k}}{r_o^{\,3k}} dy$$

$$\alpha = \frac{2(k+1)^3(k+2)^3}{r_o^2}\int_0^{r_o} r_o^{\,3}\, r_o^{-3k} - y^{3k} dy - \int_0^{r_o}\frac{y^{3k*3}}{r_o^{\,3k}} dy$$

$$\alpha = \frac{2(k+1)^3(k+2)^3}{r_o^2} r_o^{(3k+3)}\frac{r_o^{\,3k+1}}{3k+1} - \frac{1}{r_o^{3k}} - \frac{r_o^{3k+4}}{3k+4}$$

$$\alpha = \frac{2(k+1)^3(k+2)^3}{r_o^2}\left(r_o^2\frac{1}{(3k+1)} - \frac{1}{(3k+4)}\right)$$

$$\alpha = 2(k+1)^3(k+2)^3\left(\frac{1}{(3k+1)} - \frac{1}{(3k+4)}\right)$$

$$\alpha = \frac{6(k+1)^3(k+2)^3}{(3k+1)^3(5k+4)}$$

Problema

Qué radio ha de tener una tubería para que la tensión cortante en la pared sea de 3.12 kg/m², cuando al filtrar agua a lo largo de 100 m de tubería produce una pérdida de carga de 6m?

$$\tau_o = \frac{\gamma\, h_L\, r}{2L}$$

$$r = \frac{\tau_o\, 2L}{\gamma\, h_l} = \frac{3.12 kg/m^2 \text{ x } 2 \text{ x } 100 \text{ m}}{1000 kg/m^3 x 6m} = 0.104m = 10.40 \text{ cm}$$

Problema

Calcular la velocidad critica (inferior) para una tubería de 10 cm que transporta agua a 27°C.

Para que el flujo sea laminar, el máximo número de Reynolds es (2000) de la tabla 2 del apéndice de viscosidad cinemática a 27°C

$T\,°C$	V.	
25	0.897	Por interpolación
27	X	
30	0.804	

$X = V = 0.89598 \text{ x } 10^{-6} \text{ m/s}$

$R_e = V\, D/\upsilon$

$$V = \frac{R_e \text{ x } \upsilon}{D} = \frac{2000 \text{ x } 0.8598 \text{ x } 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}{0.1\text{m}} = 0.0172 \text{ m}/\text{s} = 1.72 \text{ x } 10^{-2}\, m/s$$

Problema

Calcular la velocidad crítica (inferior) para una tubería de 10 cm que transporta un fuel-oil pesado a 43 °C.

$$V = \frac{\upsilon R_e}{D} = \frac{44.6 \text{ x } 10^{-6} \frac{\text{m}^2}{\text{s}} x2000}{0.1\text{ m}} = 0.892 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Problema

¿Cuál será la caída de la altura de presión en 100 m de una tubería nueva de fundición, horizontal, de 10 cm de diámetro que transporta un fuel-oil medio a 10°C, si la velocidad es de 7.5 cm/s?

$$0+2+0-100\left(\frac{1.69}{2g}\right)-0.068\frac{250}{0.15}\frac{(1.69)}{2g}=0+\frac{V^2}{2g}+0$$

Tubería corriente de la tabla A-5

$1000\frac{V^2}{2g}(m)$ pérdida de carga en m.

$$Z=100\frac{(1.69^2)}{2g}+0.068\left(\frac{256}{015}\right)\left(\frac{169}{2g}\right)^2=0.15+16.49=16.63\,\text{m}$$

Problema

Un aceite de densidad relativa 0.802 y viscosidad cinemática 1.86 x 10^{-4} m^2/s fluye desde el depósito B a través de 300 m de tubería nueva, siendo el caudal de 88 L/s. La altura disponible es de 16 cm, qué tamaño de tubería deberá utilizarse?

$$Q=V.A\Rightarrow \text{V}=\frac{\text{Q}}{\text{A}}=\frac{0.088\,\text{m}^3/\text{s}}{\frac{\pi}{4}(D^2)}=\frac{0.112}{D^2}$$

Aplicando Bernoulli

$$\frac{P_A}{\gamma}+\frac{V_A{}^2}{2g}+Z_A-f\frac{L}{d}\frac{V^2}{2g}=\frac{P_B}{\gamma}+\frac{V_B{}^2}{2g}+Z_B$$

$$(Z_A-Z_B)=f\frac{L}{d}\frac{\text{V}^2}{1\text{g}}$$

$$0.16m=\text{f}\frac{\text{L}}{\text{D}}\frac{\text{V}^2}{2\text{g}}$$

$f = 0.05 \qquad V = 1.44\,\mathrm{m/s}$

$$\mathrm{Re} = \frac{DV}{\upsilon} = \frac{06m\,x1.44\,\mathrm{m/s}}{3.31x10^{-6}\,\frac{\mathrm{m}^2}{\mathrm{s}}} = 2.61x10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.048}{60} = 0.0008$$

$$\left.\begin{array}{l}\mathrm{Re} = 2.61\,\mathrm{x}\,10^5 \\ \\ \frac{E}{D} = 0.0008\end{array}\right\} Diagrama\ A-1 \rightarrow f = 0.02 \qquad \mathrm{V} = \sqrt{\frac{1059\,\mathrm{x}\,0.6\,\mathrm{x}\,19.62}{0.02x1.200}} = \mathrm{V} = 2.28\,\mathrm{m/s}$$

$$Q = VxA = \frac{2.28\,\mathrm{x}\,\pi\,\mathrm{x}\,(0.6)^2}{4} = 0.65\,\mathrm{m^3}/s$$

Problema

Desde un depósito A, cuya superficie libre está a una cota de 25 m, fluye agua hacia otro depósito B, cuya superficie está a una cota de 18 m. Los depósitos están conectados por una tubería de 30 cm de diámetro y 30 m de longitud (f = 0.020) seguida por otros 30 m de tubería de 15 cm (f = 0.015). Existen dos codos de 90° en cada tubería (K = 0.50 para cada uno de ellos), K para la contracción es igual a 0,75 y la tubería de 30 cm es entrante en el depósito A. Si la cota de la contracción brusca es de 16 m, determinar la altura de presión en la tubería de 30 y 15 cm en el cambio de sección.

$$Z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^{\ 2}}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_A^{\ 2}}{2g} + f\frac{L}{D}\frac{V_{30}^2}{2g} + f\frac{L}{D}\frac{V_{15}^2}{2g} + \frac{V_{30}^2}{2g} + \frac{V_{30}^2}{2g} + \frac{V_{15}^2}{2g} + 0.75\left(\frac{V_{15}^2 - V_{30}^2}{2g}\right)$$

$$V_{30}\,d_{30}^2 = V_{15}\,\mathrm{d}_{15}^2$$

$$V_{15} = V_{30}\left(\frac{d_{30}}{d_{15}}\right)^2$$

$$V_{15} = 4\,\mathrm{V}_{30}$$

$$\frac{V_{15}^2}{2g} = 16\frac{V_{30}^{\ 2}}{2g}$$

$$V = \frac{0{,}018\,\mathrm{m}^3/s}{0.05m \times 0.1\,\mathrm{m}} = 0.018\,\mathrm{m}^3/s$$

$$\mathrm{Re} = \frac{VD}{\upsilon} =$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{0.05 \times 0.10}{2(0.05) + 0.10} = 0.025\,\mathrm{m}.$$

$$\mathrm{Re} = \frac{4V_R}{\upsilon} = \frac{4 \times 3.6\,\mathrm{m}/_{\mathrm{s}}\, x0.025\,m}{1.132 \times 10^{-6}\,\mathrm{m}^2/_{\mathrm{s}} = 318021.20} = 3.18x10^5$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0{,}025cm}{4(7.5)m} = 0.025$$

En el gráfico f = 0.042

$$h_f = f\frac{L}{d}\frac{\mathrm{V}^2}{2\mathrm{g}} = f\frac{L}{4R}\frac{V}{2g}$$

$$h_f = 0.042x\frac{100m}{0.1m}x\frac{(3.6m/s)^2}{19.62\,\mathrm{m/s}^2} = 27.74m = 27.80m$$

Problema

Cuando circulan 40 L/s de un fuel-oil medio a 15°C entre A y B a través de 1000 m de una tubería nueva de fundición de 15 cm de diámetro, la pérdida de carga es de 40 cm Las secciones A y B tienen cotas de 0,0 m y 18,0 m, respectivamente, siendo la presión en B de 3.50 kg/cm². ¿Qué presión debe mantenerse en A para que tenga lugar el caudal establecido?

De tablas se obtiene la densidad relativa del Fuel-oil medio a 15°C.

Es de 0.857, luego γ =857 kg/m³

$$Z_A + \frac{P_A}{\gamma} + \frac{V_A^{\,2}}{2g} = Z_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^{\,2}}{2g} + h_f(A - B)$$

Z_A = 0 se encuentra en el nivel de referencia (N.R.).

$V_A = V_B$ permanecer constantes el caudal y el diámetro de la tubería

Luego

$$7.5 = 16 f_1 \frac{L_1}{D_1}\frac{V_2^2}{2g} + f_2 \frac{L_2}{D_2}\frac{V_2^2}{2g} + 32K_2\frac{V_2^2}{2g} + K_3\frac{V_2^2}{2g}$$

$$7.5 = 16 f_1 \frac{50}{0.075} x \frac{V_2^2}{19.63} + f_2 \frac{30}{0.15} x \frac{V_2^2}{19.62} + 32x(0.80)\frac{V_2^2}{19.62} + 0.6\frac{V_2^2}{19.62} + 3\frac{\sqrt{2}}{19.62}$$

$$7.5 = 643.66\ f_1V_2^2 + 10.19\ x\ f_2V_2^2 + 1.30\ V_2^2 + 0.03\ V_2^2 + 0.15\ V_2^2$$

$\rightarrow f_1 \cong f_2 \cong f \rightarrow$ suponiendo un f = 0.020

Reemplazo $: \rightarrow$ V = 0.597 m/s

$$\text{Re} = \frac{V_2D}{\upsilon} = \frac{(0.597)*(0.15)}{0.6874\,x10^{-6}} = 130333.8 \rightarrow \text{Re} \cong 1.3x10^{-5}$$

$$\frac{E}{D} = \frac{0.012}{15cm} = 0.0008 \text{ en Moody} \rightarrow f_{calculado} = 0.021 \text{ diferente al supuesto}$$

Reemplazando

$$7.5 = (543.66)(0.021)\,V_2^2 + (10.19)(0.021)\,V_2^2 + 1.30V_2^2 + 0.03V_2^2 + 0.15V_2^2$$

$$7.5 = 11.41V_2^2 + 0.21V_2^2 + 1.30V_2^2 + 0.03V_2^2 + 0.15V_2^2 = 13.1V_2^2 \Rightarrow V_2 = 0.76 \text{ m/s}$$

$$\text{Re} = \frac{V_2D_2}{\upsilon} = \text{Re} = \frac{(0.76)(0.15)}{0.6874x10^{-6}} = 165842.3 \cong 1.7x10^5$$

$$\frac{E}{D} = 0.008 \rightarrow \text{f calculado} = 0.0205 \text{ diferente al f supuesto}$$

$$7.5 = (543.66)(0.025)\,V_2^2 + (10.19)(0.205)\,V_2^2 + 1.30V_2^2 + 0.03V_2^2 + 0.15V_2^2$$

$$7.5 = 11.14V_2^2 + 0.20V_2^2 + 1.30V_2^2 + 0.03V_2^2 + 0.15V_2^2 = 12.82V_2^2 \rightarrow V_2 = 0.77 \text{ m/s}$$

$$\frac{E}{D} = 0.008 \rightarrow \text{f calculado} = 0.0205 \text{ semejante al f supuesto}$$

$$Q = V_2A_2 \Rightarrow Q = (0.77)\left(\frac{\pi x(0.15)^2}{4}\right) = 0.0136\ m^3/s$$

$$V_1 = \frac{D_2^2}{D_1}V_2 = \frac{(0.15)^2}{(0.075)^2} z0.77 = 3.08\ m/s$$

$$Q = V_1A_1 = (3.08)\left(\frac{\pi x(0.075)^2}{4}\right) = 0.0136\ m^3/s = 0.0136\ m^3/s\ x\frac{1000\ \text{Lts.}}{1\ m^3} = Q = 13.6\ L/s$$

Problema

Si la bomba B de la figura transfiere al fluido 70 CV cuando el caudal de agua es de 220 L/s. ¿A qué elevación puede situarse el depósito D?

$$h_B + \frac{P_B}{\gamma} + \frac{V_B^{\ 2}}{2g} + 85 - f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} - 6 = h_E + \frac{P_E}{\gamma} + \frac{V_E^{\ 2}}{2g}$$

$$h_B + \frac{P_B}{\gamma} = 29 \text{ m.} \qquad h_E + \frac{P_E}{\gamma} = 9.9 \text{ m.}$$

$$29 + 85 - \text{f}\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} - 6 = 99m$$

$$9 = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g}$$

$$V = \sqrt{\frac{9Dx2g}{fL}} = \sqrt{\frac{9x0.6x19.62}{0.02x600}} = 2.97 \ \mathrm{m}/\mathrm{s}$$

$$Q = VA = 2.97 \text{ x } \frac{\pi(0.6)^2}{4} = 0.840 \ \mathrm{m}^3/\mathrm{s}$$

$$P_{bomba} = \frac{Q \text{ x } \gamma \text{ x H}}{75} = 952 \text{ Cv}$$

$$\mathrm{P}_{\mathrm{Turbina}} = \frac{Q \text{ x } \gamma \text{ x B}}{75} = 67.7 \text{ Cu}$$

La cota de la superficie libre mantenida en el depósito F.

$$h_F = f\frac{L}{D}\frac{\mathrm{V}^2}{2\mathrm{g}} = 0.020x\frac{600}{0.6}x\frac{(2.97)^2}{19.62} = 4.0\,m$$

Nivel del tanque F = 99 - 9 = 90 m

Problema

A través de una tubería de 5 cm de diámetro circulan 68 kg/s de aire a la temperatura constante de 20°C. La tubería es usada y el material de fundición. En la sección A la presión absoluta es de 3.80 kg/cm². ¿Cuál será la presión absoluta 150 m aguas abajo de A si la tubería es horizontal? Utilizar e = 0.0249 cm.

Problema

Para el flujo laminar en tuberías f = 64/R_E. Mediante esta información desarrollar una expresión de la velocidad media en función de la pérdida de carga, diámetro y otras magnitudes oportunas.

En tuberías y conductos, las pérdidas de carga en longitud de tubería se obtienen mediante la ecuación de Darcy - Weisbach.

$$h_L = f\frac{LV^2}{D2g}$$ Reemplazando en esta ecuación el valor de f :

$$h_L = \frac{64}{R_E}\frac{LV^2}{D2g}$$ Sabiendo que $R_E = \frac{V}{\upsilon.D}$ *por* la cual se reemplaza este valor

$$h_L = \frac{64\,\upsilon LV^2}{VD\ \ D2g} = \frac{32\,\upsilon LV}{D2g}$$

En esta ecuación despejando la velocidad media se obtiene la expresión en función de las pérdidas de carga.

$$h_L = \frac{32\,VL\,\upsilon}{D\,2\,g} \Rightarrow V = \frac{h_L D2\,g}{32\,\upsilon L}$$

Problema

Determinar el caudal en una tubería de 30 cm de diámetro si la ecuación de la distribución de velocidades es v^2=70 (y-y^2), con el origen de distancias en la pared de la tubería.

$$Q = \pi\sqrt{70}\int_0^r \left(8r^3 - 16r^4\right)^{0.5} dr.$$

Problema

Qué pérdida de carga producirá en una tubería nueva de fundición de 40 cm un caudal que, en una tubería de fundición de 50 cm, también nueva, da lugar a una caída de la línea de alturas piezométricas de 1.0 m/1000 m?

$S = h/L \qquad S = 1.0\ m/1000\ m$

$R = d/4 \qquad R = 50\ cm/4 = 12.5\ cm. = 0.125\ m$

De la tabla 6 del Apéndice: $C_1 = 130$

$$Q = AV = \frac{1}{4}\pi(0,5)^2\left[0.8494 * 130(0.125)^{0.63}(0.001)^{0.54}\right] = 0.14033\ m^3/s = 140.33\ L/s$$

Por la fórmula de Hazen - Williams: $V = 0.8494\ C_1\ R^{0.63}\ S^{0.54}$

Para la tubería de 40 cm. $= 0.14033 = \frac{1}{4}\pi(0.4)^2\left[0.8494\ x130\ (0.4/4)^{0.63}\ S^{0.54}\right]$

$$S^{0.54} = \frac{0,14033}{3.2523} \qquad S = 2.96x10^{-3}\ x\frac{1000}{1000} = 2,96\ m/1000\ m$$

Pérdida de carga = 2.96 m/1000 m.

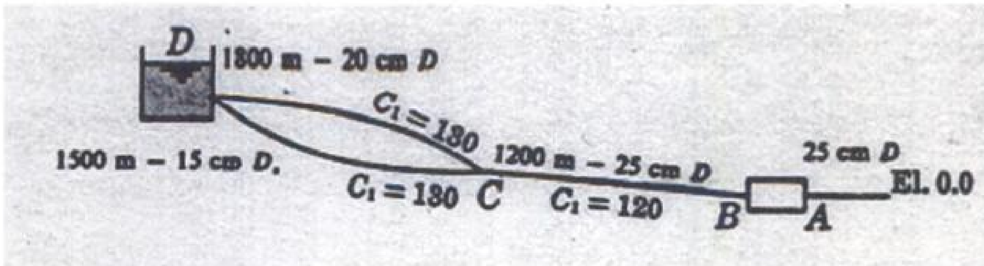
Problema

La tubería compuesta (sistema de tuberías en serie) ABCD está constituida por 6000 m de tubería de 40 cm, 3000 m de 30 cm y 1500 m de 20 cm (C_1=100): a). Calcular el caudal cuando la pérdida de carga entre A y B es de 60 m. b). Qué diámetro ha de tener una tubería de 1500 m de longitud, colocada en paralelo con la existente de 20 cm. y con nudos en C y D, para que la nueva sección C-D sea equivalente a la sección ABC (utilizar C_1 =100), c). Si entre los puntos C y D se pone en paralelo con la tubería de 20 cm otra de 30 cm. y 2400 m de longitud. Cuál será la pérdida de carga total entre A y D para Q=80 L/s?

$$\frac{f_1}{29}\left(V_2^1\frac{L_1}{d_1} + \frac{V_1 d_1^2}{d_2}\right)^2 L_2 + \left(\frac{V_1 d_1^2 / d_3^2}{d_3}\right)^2 = 60$$

Suponer un f = 0.02

$$\frac{0.02}{2\ x\ 9.81}(V_1^2\frac{600}{0.4} + \frac{\left(V_1(0.4)^2/(0.3)^2\right)^2 3000}{0.3} + \frac{\left(V_1(0.4)^2/(0.2)^2\right)1500^2}{0.2} = 60$$



$H_B = 90\text{ m} - 3\text{m} = 87\text{ m}$

$$P_{(CV)} = \frac{\gamma H Q_B}{7.5} \Rightarrow Q = \frac{75 * 100}{1000 * 87} \Rightarrow Q = 0.0862\, \mathrm{m^3/s}$$

$$Q = 86.21\, \mathrm{L/s}$$

$$(Q_{25})_{120} = 86.21\, \mathrm{L/s} \Rightarrow (Q_{25})_{100} = \frac{100}{120} * 86.21$$

$$(Q_{25})_{100} = 71.84\, \mathrm{L/s}$$

De la tabla B, se obtiene una pérdida en función del caudal y del diámetro:

S = 13.2 m/1000 m

$$S = \frac{h_f}{L} \Rightarrow h_f = \frac{13.2}{1000} * 1200$$

$$h_f = 15.84 m$$

Son las pérdidas producidas en el tramo BC

Se suponen unas pérdidas para las tuberías en paralelo de 20 m.

$$S_{15} = \frac{20}{1500} \Rightarrow S_{15} = \frac{13.3}{1000}$$

Del diagrama B $(Q_{15})_{100} = 18.0\, \mathrm{L/s}$

$$S_{20} = \frac{20}{1800} \Rightarrow S_{20} = \frac{11.1}{1000} \Rightarrow (Q_{20})_{100} = 34\, L/s$$

Como la tubería en paralelo el

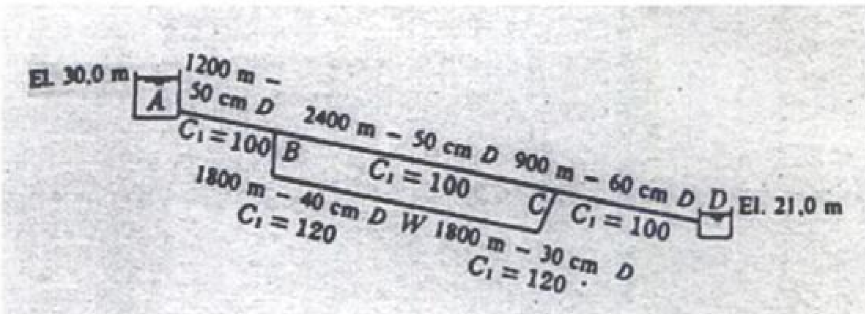
$Q_T = Q_1 + Q_2$

$Q_T = 18.0+34.0=52.0$ L/s.

$$S_2 \rightarrow 100\% \Rightarrow 18 \rightarrow 34.62\% \text{ y } 34 \rightarrow 65.38\%$$

Problema

Determinar el caudal que circula a través de cada una de las tuberías del sistema mostrado en la siguiente figura.



$h_{f\,\mathrm{TOTAL}} = 31.0 - 21.0m = 9m\left[h_f(1-4)\right]$

entre los tramos 2 - 3 del sistema en paralelo

$h_f(2-3) = h_f(B-C) = h_f(BWC)$

A su vez $h_f(BWC) = h_f(BW)_f\, h_f(W-C)$ [por ser BW y W - C tuberías en serie]

$Q_{BWC} = Q_{BW} = Q_{WC}$ [*por* ser tuberías en serie]

1). $Q_{1\text{-}2} = Q_{2\text{-}3} = Q_{3\text{-}4}$

2). $Q_{2\text{-}3} = Q_{B\text{-}C} + Q_{BWC}$

3). $h_f(1-4) = 9\text{m}$

4). $h_f(1-4) = h_f(1-2) + h_f(2-3) + h_f(3-4)$

Suponiendo Q = 500 L/s.

$h_f(1-2) = 21.6\text{m}$

$L = 1200\text{m}$ del diagrama B

$D = 50\text{cm}$ $S = {}^{18\text{m}}\!/_{1000\text{m}} = {}^{21,6}\!/_{1200\text{m}}$

$C_1 = 100$

$h_f(3-4) = 6.57m$

$L = 900m$ del diagrama B

$D = 60\text{cm}$ $S = {}^{7.3\text{m}}\!/_{1000\text{m}} = {}^{6.57}\!/_{900m}$

$C_1 = 100$

$h_f(2-3) = ?$

Con la tabla B

$Q = 54L/s$ pero para C_1=100, para C_1=120, Q_{RS} = 64.8 L/s

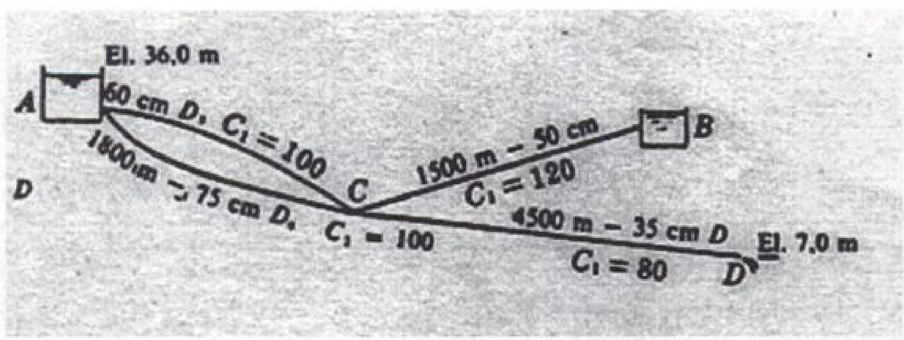
Entre los puntos T y S además de la pérdida de carga normal hay otra de 3m por efecto de la válvula Z. Hay que anotar lo siguiente, con las alturas piezométricas obtenidas se puede deducir que el tanque T abastece de agua tanto a la bomba como al depósito R, por ello haciendo un balance en S, el caudal que sale por el tramo TS es Q_{Ts} = 360+64.8 = 424.8 L/s.

El dato de caudal obtenido es con C_1=120, se pasa a C_1=100. Q_{TS}= $354L/s$, con este dato y el diámetro se lee en la tabla B y S_{60}=4.5m/1000m, y la caída es: $4{,}5\left(\frac{2400}{1000}\right)+30 = 13.8\text{ m}$. entonces la altura a la que se encuentra el tanque T es

H_T = 13.4 m + 27.2 m.

Problema

El caudal total que sale de A, es de 380 L/s. Y el caudal que llega a B es de 295 L/s. Determinar: a). la elevación de B y b). la longitud de la tubería de 60 cm.



El caudal que pasa por C es igual al caudal total que sale de A. Por ello:

$$Q_D = Q_C - Q_B \qquad Q_B = 295\,{}^{L}\!/_{s}$$

$$Q_D = 85\,{}^{L}\!/_{seg} \qquad Q_C = 380\,{}^{L}\!/_{s}$$

$$Q_D C_1 = 100 = 85 \text{ x} \left(\frac{100}{80}\right) = 106.3\,{}^{L}\!/_{s} \rightarrow S = {}^{6m}\!/_{1000m} \rightarrow HL = 27m$$

Con este cálculo la altura piezométrica del punto C es de 34 metros.

Ahora:

Suponiendo H = 8m

$S = \left[\frac{8}{1500} = 5.33 \, m/1000 \right] 45cm \quad Q_1 = 234$ L/s

Q = 379.20 L/s

$S = \left[\frac{8}{3300} = 2{,}42 \, m/1000 \right] 44cm \quad Q = 145.2$ L/s

$S_T = B/1031{,}25 = 7.73 \, m/1000m \Rightarrow$ Diagrama B D = 51 cm.

$Q = 379.20 \; L/s$

A	1031.25m - 51 cm.	C
C	1800 m - 60 cm.	D

Suponiendo un caudal Q = 150 L/s en el total de longitud de la tubería.

Tramo	Caudal	D(cm)	L(m)	Sm/1000m	H_L(m)
AC	150	51	1031.25	1.31	1.35
CD	150	60	1800.00	0.54	0.97
			2831.25		2.32

$$S = \frac{2.32}{2831.25} = 0.82 \, m/1000m \Rightarrow \textit{Diagrama}\ B \quad D = 55\,cm$$

Q = 600 L/s

Suponiendo H = 6 m

	Q (diag. B)	%Q	Q_{Dado}
$S_{50} = \frac{6}{3000} = 1.67 \, m/1000m$	162	38.57	231.42
$S_{56} = \frac{6}{2831} = 2.12 \, m/1000m$	258	51.43	308.58
	420	100%	600.00

H_L = por el tramo (1):

$$\text{Altura piezométrica en D} = 23 + \frac{28000 \, kg/m^2}{1000 \, kg/m^3} = 51m$$

Altura piezométrica en A = 30 + X

H_L= 30 + X - 51 m. -→ X = H_L + 2L

$$X^2 = \frac{2V^2}{g} \text{ y } V^2 = \frac{(2.457)^2 \text{ x } 9.81}{2(0.924)} \qquad V = 5.66\ \text{m/s}$$

$$A = \frac{\pi D^2}{4} = 4.9 \text{ x } 10^{-4} \text{ m} \qquad C = Cv \text{ x } Cc \qquad C = 0.60$$

$$\text{Velocidad Real} = Cv\sqrt{2gH} \qquad \left(\frac{5.66}{0.98}\right)^2 = 2gH$$

$$H = \frac{33.35}{2g} = 1.7 \text{ m}$$

$$Q = CA\sqrt{2gH} = 0.6\left(4.9\text{x}10^{-4}\right)\sqrt{2g(1.7)} = 0.0017\ \text{m}^3/\text{s}$$

Problema

A través de un orificio de 7.5 cm de diámetro circula, desde un depósito cerrado, aceite de densidad relativa 0.800 a razón de 0.025 m^3/s. El diámetro del chorro es 5.76 cm. El nivel del aceite es 7.35 m por encima del orificio y la presión de aire es equivalente a –15 cm de mercurio. Determinar los tres coeficientes del orificio.

$$Vch = \frac{0.025}{\frac{\pi(0.0576)^2}{4}} = 9.59\ \text{m/s}$$

Aplicando ecuación de Bernoulli

$$7.35 - \left[\frac{1}{CV^2} - 1\right]\frac{(9.59^2)}{2g} = \frac{(9.59)^2}{2g} + \frac{2040}{800}$$

$$\frac{-4.68}{CV^2} = -4.8 = 4.68 + 2.55 - 7.35$$

$$\frac{-4.68}{CV^2} = 4.68 \Rightarrow C_V{}^2 = 0.975 \rightarrow C_V = 0.987$$

$$Q = CA\sqrt{2gH}$$

$$0.025 = C\left(\frac{\pi(0.075)^2}{4}\right)\sqrt{2g \text{ x } 4.31} \rightarrow C = 0.61$$

$$C = Cv \text{ x } Cc$$

$$0.61 = 0.987 \text{ x } C_c \rightarrow Cc = 0.618$$

$$P_c^1 = h_1\,\gamma_2 + P_3 \;\Rightarrow\; P_1 = P_C^1 - h_1\,\gamma_2$$

$$P_{13} = h\,\gamma_1 + P_c + P_c^1 - h_1\gamma_2$$

$$P_\Delta = h\gamma_1 + P_c$$

$$P_B = h\;\gamma_1 + P_c + P_c^1 - h\,\gamma_{2\gamma}$$

$$P_\Delta - P_B$$

$$P_\Delta - P_B = h\,\gamma_1 + P_c - h\,\gamma_1 - P_c - P_c^1 + h\;{}_1\gamma_2$$

$$P_\Delta - P_B = h\gamma_1 - P_c^1$$

Problema

Circula agua por una tubería de 15 cm en la que se ha instalado una boquilla de aforo a 27ºC a razón de 0.045 m^3/s. ¿Cuál será la diferencia de lecturas en el manómetro diferencial? (Emplear Diagrama D).

$$Q = A.C * \sqrt{\frac{2g\left(P_{A/\gamma} - P_{B/\gamma}\right)}{1 - \left(\frac{D_m}{D_e}\right)}}$$

$$\acute{A}rea = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(0.15)^2}{4} = 1.767 * 10^{-2} m$$

$$Velocidad = \frac{Q}{A} = \frac{0.045\ m^3/s}{1.767 * 10^{-2}\ m} = 2.5467\ m/s$$

$$\text{Reynolds} = \frac{V.D}{\mu} = \frac{2.546\ m/s * (0.15\ m)}{0.859 * 10^{-6}\ m/s}$$

Re = 444.709 Flujo totalmente turbulento

$$\beta = \frac{7.5}{15} = 0.5$$

del diagrama D de boquilla de aforo se encuentra el valor de C = 0.988

m de largo y 0.80 m de alto, se instala en un canal rectangular. La pérdida de carga a través del orificio es de 0.60 m y el Cc = 0.65.

Determinar:

La altura de carga a la cual asciende el agua en el depósito.

El coeficiente de velocidad para el orificio.

$$Q = mbH^{3/2}$$

$$Q = 1.84 \text{ x } 0.60 \text{ m x } (010)^{3/2} = 0.035 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Cc = \frac{A_{chorro}}{A_{orificio}}$$

$$A_{chorro} = Cc \text{ x } A_{\text{orificio}} = 0.65 \text{ x } \frac{\pi(0075)^2}{4} = 2.87 \text{ x } 10^{-3} \text{ m.}^2$$

$$V_{\text{real}} = \frac{Q_{real}}{A_{chorro}} = \frac{0035 \text{ m}^3/s}{2.87 \text{ x } 10^{-3} \text{ m}^2} = 12.2 m/s$$

$$H = \frac{\left(12.20 \text{ m/seg}\right)^2}{2\text{x}9.8 \text{ m/seg}^2} + 0.60 = 8.19\text{m.}$$

$$V_T = \sqrt{2 * g * H} = \sqrt{2 * 9.81 * 8.19} = 12.68\text{m/s}$$

$$CV = \frac{12.20 \text{ m/s}}{12.68 \text{ m/s}} = 0.96$$

Problema

Un vertedero con contracciones de 1.2 m de largo está situado en un canal rectangular de 2.7 m de ancho. La altura de la cresta del vertedero es 1.10 m y la altura de la carga 37.5 cm. Determinar el caudal, empleando m = 1.87.

$Q = CH^n$

$$Q = m\left(b - \frac{2}{10}H\right)H^{3/2} = 1.87(1.2 \text{ m} - \frac{2}{10}0.275) * 0.375^{3/2} = 0.483 m^3/s$$

La fórmula para Q empleada es para vertederos con contracciones

$L_{V.} = 1.2$ m

Ac = 2.7 m; hc = 1.10 m

Puesto que la altura de carga varía con el tiempo se calcula el tiempo de vaciado.

$$Qdt = -A_T dh$$

$$C\,A_o\sqrt{2gh}\,dt = A_T dh$$

$$C\pi r^2\sqrt{2g}dt = \frac{\pi r^2}{(h)^{1/2}}dh$$

$$c\sqrt{2g}\,dt = h^{-1/2}dh$$

$$c\sqrt{2g}\int dt = \int h^{-1/2}dh$$

$$c\sqrt{2g}\quad t = 2h^{1/2}$$

$$t = \frac{2h^{1/2}}{c\sqrt{2g}}$$

El espacio es función de V. y t. Luego

$$X = \sqrt{2Ag + 2g\frac{P_A}{\gamma} + V_A^2} * \frac{2\sqrt{h^1}}{c\sqrt{2g}}$$

$$X = \sqrt{47.0665 + 2g\frac{P_A}{\gamma}} * \frac{2\sqrt{h}}{c\sqrt{19.62}}$$

$$X = 2\sqrt{47.0665 + 2g\frac{P_A}{\gamma}} * h^{0.5}/4.429C$$

Problema

Un orificio de 15 cm de diámetro evacua 0.34 m^3/s de agua bajo una altura de carga de 44m. Este caudal pasa a un canal rectangular de 3.6 m de ancho alcanzando una altura de 0.9 m y de ahí a un vertedero con contracciones. La altura de carga sobre el vertedero es 0.3 m. ¿Cuál es la longitud del vertedero y el coeficiente del orificio?

Fórmula simplificada de Francis.

Velocidad es despreciable