Guía de problemas resueltos: Pérdidas de Carga

Problema 1

Datos: $\rho = 998{,}4\ \mathrm{Kg/m^3}$

$\nu = 1{,}007\ 10^{-6}\ \dfrac{m^2}{s}$

$Q = 1200\ m^3/h$

$e = 1{,}25\ mm$

(de tabla de rugosidad media)

a) Velocidad $= \dfrac{4Q}{\pi d^2}$

$$V = \frac{4\ 1200\ m^3}{\pi\ (0{,}5\,m)^2\ 3600\,s} = 1{,}69\ m/s$$

b) Caída de presión A-B (Sólo fricción tramo recto)

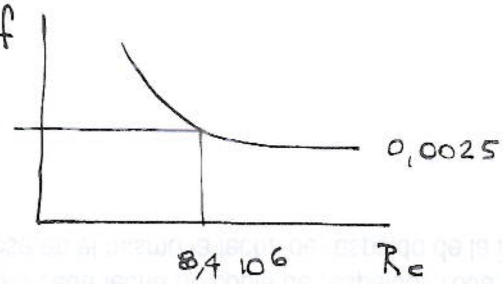
$$H_{f\,AB} = f\ \frac{l}{d}\ \frac{V^2}{2g}$$

debemos calcular f y para ello necesitamos $\frac{e}{d}$ y Re

$$\frac{e}{d} = \frac{1{,}25\ mm}{500\ mm} = 2{,}5\ 10^{-3} \qquad Re = \frac{Vd}{\nu} = \frac{1{,}69 \times 0{,}5}{1{,}007\ 10^{-6}} = 8{,}4\ 10^{6}$$

de Moody f

$\sim 0{,}026$



$$H_{f\,l_{AB}} = 0{,}026\ \frac{800\,m}{0{,}5\,m}\ \frac{(1{,}69\,m/s)^2}{2\ 9{,}8\,\frac{m}{s^2}} = 6{,}061\ mts$$

$$\Delta P_{AB} = \gamma_f\ .\ \Delta H_{f\,AB} = 998{,}4\ \frac{Kg}{m^3} \times 9{,}8\ \frac{m}{s^2} \times 6{,}061\ mts =$$

$$\Delta P_{AB} = 59{,}31\ KPa$$

Potencia para vencer la fricción

$$Pot = \gamma Q H = 998{,}4\ \frac{Kg}{\cancel{m^3}} \times 9{,}8\ \frac{m}{s^2} \times \frac{1200}{3600}\ \frac{\cancel{m^3}}{s} \times 6{,}061\ m$$

$$Potencia = 19{,}76\ KW$$

Problema 2

Datos de tabla

$e = 4{,}6\ 10^{-5}$ mm (rugosidad absoluta)

$\gamma_f = 1000\ kg/m^3$

$\nu = 1{,}007\ 10^{-6}\ \frac{m^2}{s}$

De la ecuacion de continuidad

$$V.A = Q \Rightarrow \frac{V\pi d^2}{4} = Q$$

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} = \sqrt{\frac{4 \times 250 m^3}{\pi \left(1{,}4\frac{m}{s}\right) 3600 s}} = 0{,}251\,m$$

$$\varnothing_{\pi} = 10''$$

Aplicando la ecuación de la energía entre las superficies de los tanques, (1 (inferior) . 2 (superior))

$$-H_B = \left(\frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2\right) - \left(\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1\right) + Hf_{TOTAL}$$

a) $P_1 = P_2$ b) V_1 y V_2 despreciable

$$-H_B = \Delta Z + Hf_{TOTAL}$$

Notese el signo ⊖ qué indica?
La energía debe entregarse al fluido

b) Calculo de f

$$\frac{e}{d} = \frac{4{,}6\,10^{-5}}{0{,}251} = \qquad R_e = \frac{Vd}{\nu} = 3{,}48\,10^5$$

$$r = \frac{e}{d} = 0{,}00018 \qquad \text{(Reg. Turbulento)}$$

de Moody $\rightarrow f = 0{,}0155$

c) Calculo de K

$K_{entrada} \cong 0{,}5$ — $0{,}5$

$K_{salida} \cong 1$ — $+\ 1$

$K_{exclusa} \cong 400 f_T$ $\Big\}\ (\times 2) \Rightarrow K_T = 11{,}2$ $+$

$K_{codo} \cong 20 f_T$ — $+\ 0{,}56$

De tablas ad hoc se sacan los factores como se explicó en la clase, se deben tener tablas o catálogos

$$H_f = 0{,}0155 \; \frac{102\,m}{0{,}251} \; \frac{(1{,}4\,m/s)^2}{2 \cdot 9{,}8\,m/s^2} = \boxed{0{,}63\,m}$$

$$H_{ACC} = 13{,}26 \; \frac{V^2}{2g} = \boxed{1{,}326\,m}$$

$$-H_B = 12\,m + \left[0{,}63\,m + 1{,}326\,m\right] =$$

$$\underbrace{-H_B}_{\text{a entregarse}} = 13{,}956 \cong \underline{14\ \text{metros}}$$

$$\text{Potencia} = \gamma Q H_B = 1000 \frac{\cancel{kg}}{\cancel{m^3}} \times \frac{250}{3600} \frac{\cancel{m^3}}{seg} \times 14\,m \times \frac{9{,}8\,N}{\cancel{kg}} =$$

$$\text{Potencia} = \underline{9{,}52\,KW}$$

La bomba funcionará.

Problema 3

A) $N° Re = \dfrac{V\,d}{\nu} = \dfrac{4 \times 0{,}6}{1{,}007\,10^{-6}} = 2{,}38\,10^{6}$

B) De tabla $\epsilon = 1{,}5\,mm$ $\quad r = \dfrac{e}{d} = 0{,}0025$

de Moody sacamos $f = 0{,}025$

c) la potencia del chorro sera $P_{ch} = \gamma\, Q\, H_{neta}$

$$H_{neta} = 80\,m - H_{f\ \text{tubería}}$$

$$H_f = f \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g} = 0{,}025 \; \frac{400\,mts}{0{,}600\,m} \; \frac{(4\,m/s)^2}{2 \cdot 9{,}8\,m/s^2} = 13{,}60\,mts$$

$H_{neta} = 66{,}4 \text{ mts}$ hoja 4

$\text{Potencia} = \gamma Q H$ $\rightarrow Q = V \cdot A$

$$\text{Potencia} = 1000 \frac{\cancel{kg}}{\cancel{m^3}} \times 1{,}13 \frac{\cancel{m^3}}{seg} \times 66{,}4 \text{ mts} \times 9{,}8 \frac{N}{\cancel{kg}}$$

$$\underline{\underline{\text{Potencia} = 735{,}3 \text{KW}}}$$

Problema 4:

Aplicamos la ecuación de la energía entre la salida de la bomba y la entrada a la refinería

$$\frac{P_A}{\gamma} + Z_A = \frac{P_{atm}}{\gamma} + \Delta Z + H_{rf} \Rightarrow$$

$$\frac{P_A}{\gamma} = \frac{P_{atm}}{\gamma} + (Z_{ref} - Z_A) + H_{rtotal}$$

$$P_A = P_{atm} + \gamma(\Delta Z) + \gamma H_{rtotal} \quad (1)$$

$$\frac{e}{d} = \frac{4{,}6\,10^{-5}}{0{,}25 m} = 0{,}000184$$

$$Re = \frac{V d}{\nu} = \frac{4 Q \cancel{d}}{\pi d^2 \nu} = \frac{4 Q}{\pi d \nu} =$$

$$Re = \frac{4 \times 60 \, m^3/}{\pi \times 3600 s \times 0{,}25 m \times 15{,}2\,10^{-6}} = 5584$$

sacamos f del gráfico de Moody $f \cong 0{,}033$

$$H_{fT} = f \frac{l}{d} \frac{V^2}{2g} = f \frac{l}{d} \frac{4^2 Q^2}{\pi^2 d^4 g\, 2} = 8 f \frac{l}{g d^5} \frac{Q^2}{\pi^2}$$

$$H_{fT} = \frac{8 \times 0{,}033 \times 18000 m}{9{,}8 \times (0{,}25)^5 \times \pi^2} \times \left(\frac{60 m^3}{3600 s}\right)^2 = \frac{4752}{0{,}0944} \, 2{,}7\,10^{-4} = \underline{\underline{13{,}98 \text{ mts}}}$$

de (1)

$$Pa = 101{,}3\,KPa + 850\,\frac{Kg}{m^3} \times 9{,}8\frac{m}{s^2}\,(0 - 40m) + 13{,}98\,mts\ 850 \times 9{,}8$$

$$Pa = 101{,}3\,KPa - 333{,}2\,KPa + 116{,}45\,KPa$$

$$Pa = -115{,}45\,KPa$$ → Significa que con los 40 mts de diferencia no necesito bomba.

¡Pero se se necesitará para bombear desde el fondo del tanque a la base de bombeo!

Problema 5:

4Km

Caudal $130\,\frac{m^3}{h} = 0{,}03611\,\frac{m^3}{s}$

$\gamma = 1100\ Kg/m^3$; $\mu = 0{,}00346\ Kg/m.s$

Velocidades admisibles e/ 1 y 2 m/s presión máxima admisible en cañería 7bar.

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}} \Rightarrow$$

	d (m)	Re	f	r = e/d
$v = 1\,\frac{m}{s}$	0,214	68034	0,021	0,0021
$v = 1{,}5\ m/s$	0,175	102051	0,0195	0,0002
$v = 2\ m/s$	0,151	136068	0,018	0,0003

$e = 0{,}046mm$

Pérdida de Carga $\quad H_{f_{AB}} = f\,\frac{l}{d}\,\frac{V^2}{2g}$

Para $d_1; V_1; f_1 = 20{,}2m \rightarrow \Delta P_{AB} = 1{,}71\ Kg/cm^2$

$d_2, V_2, f_2 = 51{,}6\ m \rightarrow \Delta P_{AB} = 4{,}38\ Kg/cm^2$

Se utilizará la opción 2
para no pasar los 7 Kg/cm² en cualquier punto.

Problema 6

Si planteamos la Ec de la energía e/ 1 y 2 tendremos

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + Hf_{TOTAL} \quad (A)$$

$$Hf_{TOTAL} = f_1 \frac{l_1}{d_1} \frac{V_1^2}{2g} + \sum K \frac{V_1^2}{2g} + f_2 \frac{l_2}{d_2} \frac{V_2^2}{2g} + \sum K \frac{V_2^2}{2g}$$

Calculamos los NRe para conocer cuál es el regimen

$$Re_1 = \frac{V d_1}{\nu} = 5{,}7\,10^4 \qquad r_1 = e_1/d_1 = 0{,}0015$$

$$Re_2 = \frac{V d_2}{\nu} = 1{,}1\,10^5 \qquad r_2 = e_2/d_2 = 0{,}0031$$

Ahora $f_1 = 0{,}024$ $f_2 = 0{,}0185$ de gráfico para régimen turbulento $(Re > 2400)$

De tablas se obtienen los valores de K.

$K_{codo\ 90\ 6''} = 0{,}3$

$K_{contracción} = 6$

$K_{45°\ 3''} = 0{,}27$

$K_{válvula} = 0{,}144$

$$Hf_{T\,6''} = 0{,}024 \times \frac{152}{0{,}1524} \times \frac{0{,}38^2}{2 \cdot g} = 0{,}17\,m$$

$$H_{Acc\,6''} = (2K_C + K_{CONTR.})\frac{V^2}{2g} = 0{,}04\,m$$

Total $= 0{,}218\,m$

$$Hf_{T\,3''} = 0{,}0185\ \frac{30{,}5}{0{,}0762}\ \frac{1{,}53^2}{19{,}6} = 0{,}88\,m$$

$$H_{Acc\,3''} = (2 \times 0{,}27 + 0{,}144)\frac{1{,}53^2}{19{,}6} = 0{,}08$$

Total $= 0{,}96$ mts

de la ecuación A despejamos P_2

$$P_2 = P_1 + \gamma\left(\frac{V_1^2 - V_2^2}{2g}\right) + \gamma(Z_2 - Z_1) - \gamma\, Hrt$$

$$P_2 = 3{,}5\,Kg/cm^2 - 1{,}07\,Kg/cm^2 - 0{,}59\,Kg/cm^2 - 0{,}177\,Kg/cm^2$$

$$\boxed{P_2 = 1{,}663\ Kg/cm^2}$$

Problema 9

$Q = 56{,}6\ 10^{-3}\ \frac{m^3}{seg}$ aplicando continuidad tenemos

$V_{6''} = \frac{4Q}{\pi a^2} = 3{,}10\ \frac{m}{s}$ $\quad V_{3''} = 12{,}41\ m/s$

Datos : $e = 1{,}2\ 10^{-4}$

$\nu = 1{,}007\ 10^{-6}\ \frac{m^2}{s}$

Valores de K de tabla:

Codos $6'' = 0{,}36$
Expansión $3''$ a $6'' = 9$
Salida $= 1$
Entrada $K = 0{,}5$

Las tablas se proporcionan con las guías NO son únicas; existen diferentes textos de referencia

Calculamos $Re_1 = \frac{V\, \emptyset_{6''}}{\nu} = 4{,}6\ 10^{+5}$

Turbulento

luego tenemos $\frac{e_1}{d_1} = 0,00157$ $\frac{e_2}{d_2} = 0,0007$

del gráfico de Moody sacamos f_1 y f_2 →

$f_1 = 0,023$

$f_2 = 0,018$

Planteamos la ec. de la energía entre P_1 (Tanque cerrado) y la salida a la atmósfera.

$$(A) \quad \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + Hf_{TOTAL} \Rightarrow$$

(V_1 se desprecia)

$$P_1 = P_{atm} + \gamma \frac{V_2^2}{2g} + \gamma (z_2 - z_1) + Hf_{TOTAL}\,\gamma$$

Cálculo de Hr total

$$Hrt_1 = \left(f_1 \frac{l_1}{d_1} + \Sigma K_{6''}\right) \frac{V_1^2}{2g} = 188 \text{ mts}$$

$$Hrt_2 = \left(f_2 \frac{l_2}{d_2} + \Sigma K_{3''}\right) \frac{V_2^2}{2g} = 1,373 \text{ mts}$$

$Hrt \cong 109,9$ mts

$\boxed{Hf_T = 110 \text{ Mts}}$

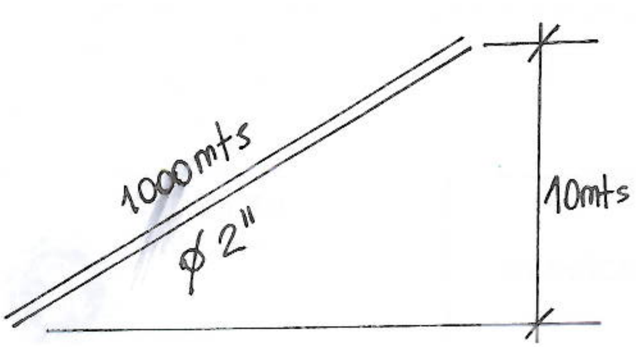
Poniendo el valor en (A)

$$P_1 = 101,3 \text{ KPa} + 1000 \frac{kg}{m^3} \times 9.8 \frac{m}{s^2} \times \frac{3,10^2 \, m^2}{2g} + 1000 \frac{kg}{m^3} . 9.8 \frac{m}{s^2} . (-9,15 m) + 110 \text{ mts } 1000 \frac{kg}{m^3} \, 9.8 \frac{m}{s^2}$$

$$P_1 = 101,3 \text{ KPa} + 4,805 \text{ KPa} - 89,67 \text{ KPa} + 1078 \text{ KPa} =$$

$$P_1 = 1094,43 \text{ KPa} \quad (10,80 \text{ kg/cm}^2)$$

Problema



(1) de tabla (Ej Ronal V. Giles - Apéndice)

Tomamos los valores de ν para cada temperatura y calculamos los valores de R_e; estimando una velocidad general de 2 m/seg

Teniendo entonces

$$Re_1 = \frac{Vd}{\nu_1} = 2{,}5\,10^4$$

$$Re_2 = \frac{Vd}{\nu_2} = 3{,}72\,10^4$$

$$Re_3 = \frac{Vd}{\nu_3} = 5{,}14\,10^4$$

$$\frac{e}{d} = \frac{4{,}6\,10^{-5}\,m}{2\,(0{,}054\,m)} = 9{,}05\,10^{-4}$$

del diagrama de Moody (o bien de fórmula) obtenemos f

$$f_1 = 0{,}026$$

$$f_2 = 0{,}0245$$

$$f_3 = 0{,}023$$

Con todos los valores estamos en condiciones de calcular la pérdida de carga con la formula de Darcy

$$Hf_1 = \frac{f\,l}{d}\,\frac{V^2}{2g} = 104{,}45\,mts$$

$$Hf_2 = 98{,}42\,m \qquad Hf_3 = 92{,}4\,mts$$

Calculamos ahora la altura total a salvar, o sea sumamos la energía potencial

$$H_{T_1} = 114{,}45\,mts \qquad H_{T_2} = 108{,}42\,m \qquad H_{T_3} = 102{,}4\,mts$$

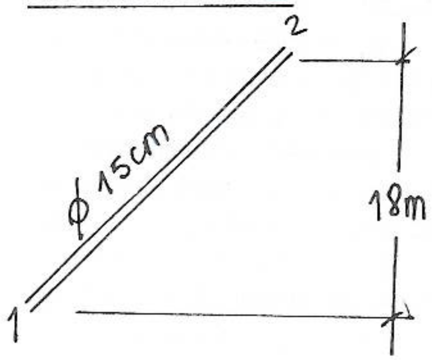
y calculando las diferentes potencias a bombear tenemos

$$P_1 = \gamma_1\,Q\,H_1 = 3{,}89\,KW\ (15°C)$$

$$P_2 = \gamma_2\,Q\,H_2 = 3{,}65\,KW\ (30°C)$$

$$P_3 = \gamma_3\,Q\,H_3 = 3{,}41\,KW\ (50°C)$$

Problema 11



$P_2 = 3{,}5\,bar$ (dato)

$Q = 40\,10^{-3}\frac{m^3}{s}$ $\quad V = 2{,}26\,\frac{m}{s}$ (por continuidad)

de tabla $\quad e = 2{,}4\,10^{-4}\,m \qquad \rho = 855\,kg/m^3$

$$\frac{e}{d} = \frac{2{,}4\,10^{-4}}{0{,}15} = 0{,}0016$$

$$Re = \frac{V d}{\nu} = \frac{2{,}26 \times 0{,}15\,m}{\nu_{fuel}} = 7{,}58\,10^4$$

Tabla $\qquad$ R TURBULENTO.

Nos dicen que H_{fr} ya está establecido y vale 40m

Si planteamos $\quad \frac{P_1}{\gamma} + \cancel{\frac{V_1^2}{2g}} + \cancel{z_1} = \frac{P_2}{\gamma} + \cancel{\frac{V_2^2}{2g}} + z_2 + H_r$

0 $\quad$ las velocidades son iguales ϕ(cte)

$$\frac{P_1}{\gamma} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + H_r \Rightarrow P_1 = P_2 + \gamma z_2 + \gamma H_f$$

$$P_1 = 3{,}5\,\frac{kg}{cm^2} + 855\,\frac{kg}{m^3} \cdot 18\,m + 855\,\frac{kg}{m^3} \cdot 40\,m$$

$$P_1 = 3{,}5\,kg/cm^2 + 1{,}539\,kg/cm^2 + 3{,}42\,kg/cm^2$$

$P_1 = 8{,}46\,kg/cm^2$ para que fluya el caudal

Problema 12

1) Calculamos la altura (H_B) que transfiere la bomba al fluido $\quad P = \gamma Q H \Rightarrow \quad H_B = \frac{P}{\gamma Q} = 23{,}86\,mts$

2) Con la ayuda de la ec. de la continuidad podemos conocer las velocidades en los dos tramos $\Rightarrow V_1 = 1{,}38\,m/s$

de tabla $\gamma = 1000\ kg/m^3$ NO hace falta Re pues como dato adicional tenemos f de cada tramo

Pérdida en tramo 1

$$Hf_{T1} = f_1 \frac{l_1}{d_1}\frac{V_1^2}{2g} + \Sigma K \frac{V^2}{2g} = 0{,}030\ \frac{6m}{0{,}45m}\ \frac{(1{,}38\ m/s)^2}{2 \cdot 9{,}8 \frac{m}{s^2}} + 0{,}5\ \frac{(1{,}38\ m/s)^2}{2 \cdot 9{,}8 \frac{m}{s^2}} =$$

$$Hf_{T_1} = 0{,}038m + 0{,}048m = 0{,}086m$$

$$Hf_{T2} = f_2 \frac{l_2}{d_2}\frac{V_2^2}{2g} + \Sigma K \frac{V_2^2}{2g} = 0{,}020\ \frac{120m}{0{,}3m}\ \frac{(3{,}11\ m/s)^2}{2 \cdot 9{,}8 \frac{m}{s^2}} + 6\ \frac{3{,}11^2}{2g} =$$

$$= 3{,}94m + 2{,}96m = 6{,}90m$$

Planteamos la ec. de la energía de tanque izq a derecho.

$$\cancel{\frac{P_1}{\gamma}} + \cancel{\frac{V_1^2}{2g}} + z_1 - H_B = \cancel{\frac{P_2}{\gamma}} + \cancel{\frac{V_2^2}{2g}} + z_2 + Hrt$$

$$6m - (-23{,}86\ mts) = z_2 + Hrt \Rightarrow$$

$$\Rightarrow z_2 = 6m + 23{,}86m - 6{,}90\ mts$$

$$z_2 = 22{,}9\ mts$$

El nivel D está a 22,9 mts del nivel 0 (cero)

Problema 13

Planteamos la ecuación de la energía

$$\cancel{\frac{P_A}{\gamma}} + \cancel{\frac{V_A^2}{2g}} + z_A = \cancel{\frac{P_B}{\gamma}} + \cancel{\frac{V_B^2}{2g}} + z_B + Hr\ total$$

$$z_B - z_A = Hr\ total = \left(f_1 \frac{l_1}{d_1}\frac{V_1^2}{2g} + \Sigma K \frac{V_1^2}{2g}\right) + \left(f_2 \frac{l_2}{d_2}\frac{V_2^2}{2g} + \Sigma K \frac{V^2}{2g}\right) \quad (1)$$

podemos poner V_1 en función de V_2 como

Este es un problema iterativo no se conoce f_1 ó f_2 ni velocidad ni Re. se debe iterar hasta encontrar una solución

Para comenzar puede elegirse del diagrama de Rose ($\frac{e}{d}$; d y f) para turbulencia totalmente desarrollada un valor para cada f

ej: $f_1 = 0{,}026$ y $f_2 = 0{,}0225$, se calcula V_2 de la ecuación (1) poniendo en función de V_1; con el valor de V_2 y V_1 se calculan los Re; y con $\frac{e}{d}$ y Re se entra en el diagrama de Moody para hallar f_1 y f_2

La iteración acaba si los f_1 y f_2 hallados coinciden con los elegidos, se debe cumplir entonces la ecuación (1) cerrando así la iteración y el problema

Problema 15

Planteamos entre superficies la ecuación de la energía

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + H_{rt}$$ → haciendo las suposiciones correspondientes tenemos

$$(z_1 - z_2) = \left(f\frac{l}{d} + \Sigma K\right)\frac{V^2}{2g}$$

de donde sabemos que ⇒ $V = \sqrt{\dfrac{2g\,\Delta z}{\left(f\frac{l}{d} + \Sigma K\right)}}$

o sea que $V = \sqrt{\dfrac{2 \times 9{,}8\,m \cdot 30\,mts}{\quad}}$

$$V = \sqrt{\frac{588\ m^2/s^2}{(f\ 1333 + 3)}}$$

para comenzar seleccionamos un valor de f del diagrama de turbulencia total (ej: $f = 0{,}015$)

calculamos la velocidad como $V = \sqrt{\frac{588}{(0{,}015\ 1333 + 3)}}$

$$V = 5{,}05\ m/s \rightarrow Re = \frac{5{,}05 \times 0{,}15}{1{,}007\ 10^{-6}} =$$

$$Re = 7{,}52\ 10^5 \qquad \frac{e}{d} = 0{,}0003$$

para acero comercial
$e = 4{,}6\ 10^{-5}\ m$
de tabla

para este Re y r tenemos del gráfico de Moody $f = 0{,}0155$

probamos c/ 0,0155 $\rightarrow V = 4{,}98\ m/s$

$$Re = 7{,}42\ 10^5$$

$$f \cong 0{,}0155$$

por lo tanto la velocidad está en 4,9 m/s

$$Q = VA = 4{,}9\frac{m}{s}\ \frac{\pi (0{,}15)^2}{4} = 86{,}5\ lts/seg$$

Si colocamos una Bomba

$$H_B = \frac{Pot}{\gamma V.A}$$

$$\frac{Pot}{\gamma VA} + 30\,m = (1333 f + 3)\frac{V^2}{2g}$$

Tenemos una ecuación con f y V para ello debemos

a) Dar un valor a f

b) En la ecuación se debe calcular V

c) Se calcula Re con la velocidad anterior y con $\frac{e}{d}$

d) Se busca f en el gráfico de Moody

Se llega a la solución igual que antes

Problema 17

$$\cancel{\frac{P_1}{\gamma}} + \cancel{\frac{V_1^2}{2g}} + z_1 - H_T = \cancel{\frac{P_2}{\gamma}} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + \left[f\frac{l}{d} + \Sigma K\right]\frac{V^2}{2g}$$

$$(z_1 - z_2) - H_T = \frac{V^2}{2g} + \left(f\frac{l}{d} + \Sigma k + 1\right)$$

$z_2 = 0$ NIVEL de referencia

$$39m - \frac{100\,CV}{\gamma Q} = \frac{V^2}{2g}\left(f\frac{90}{0{,}305} + 1{,}5 + 1\right)$$

$$39m - \frac{73550\,Nm}{1000\,9{,}8\frac{N}{m^3}.Q\,s} = \frac{V^2}{19{,}6\frac{m}{s^2}}(295{,}08 f + 2{,}5)$$

$$764{,}4\frac{m^2}{s^2} - \frac{73550\,\cancel{N}.m\,19{,}6\,m}{980\frac{\cancel{N}}{\cancel{m^3}}.Q\frac{m^3}{\cancel{s}}\cancel{s}\,s^2} =$$

$Q = V.Area$

$$764{,}4\frac{m^2}{s^2} - \frac{147{,}1}{Q}\frac{m^2}{s^2} = V^2(295{,}08 f + 2{,}5)$$

$Q = 0{,}073V$

$$764{,}4\frac{m^2}{} - \frac{2015{,}06}{}\frac{m^2}{} = V^2(295{,}08 f + 2{,}5)\ (1)$$

Resolvemos por iteración $f = 0,0145$

$V = 2,70\ m/s \qquad Re = \frac{2,7\,d}{\nu} = 8,1\ 10^5$

$f \cong 0,015$

Probamos con $f = 0,015 \qquad V \cong 2,7\ m/s$

Problema 16

1) $\varnothing = 0,4m \qquad Q = V.A = \frac{4Q}{\pi d^2} \Rightarrow V = 7,95\frac{m}{s}$

$$\frac{e}{d} = \frac{4,6\,10^{-5}m}{0,4m}$$

$$\frac{e}{d} = 0,00115$$

$100\,KW = \gamma Q H$

$$\frac{100\ 10^3\ Nm}{9800\frac{N}{m^3} \times 1\frac{m^3}{s}\ seg} = 10,20mts$$

$20KW = 2,04mts$

$H_{TOTAL} = H_B - H_T = 8,159\ mts$

2) Planteando ec. de la energía tenemos

$$8,16m + \frac{500KPa}{\gamma} - 30mts - Hrt = \frac{P_B}{\gamma}\ (A)$$

$$Hrt = f\frac{l}{d}\frac{V^2}{2g}$$

$$Re = \frac{Vd}{\nu} = \frac{7,95 \times 0,4}{0,00114\ 10^4} = 2,78\ 10^6$$

$$f \cong 0,012$$

$$Hrt = 0,012\ \frac{30}{0,4}\ \frac{7,95^2}{2g} = 2,90mts$$

Reemplazando en (A) tenemos

$$8,16m + 51,02m - 30m - 2,90mts = \frac{P_B}{\gamma}$$

$$P_B = 2,62\ bar\ \text{ó}\ 257,446\ KPa$$

③ Ahora vamos desde la tubería hasta la entrada de la bomba hoja 16

$$\frac{P_B}{\gamma} + z_B = \frac{P_C}{\gamma} + z_C + f\frac{l}{d}\frac{V^2}{2g} \qquad l = h$$

$$\frac{P_B - P_C}{\gamma} + (z_B - z_C) = f\frac{h}{d}\frac{V^2}{2g}$$

$$2{,}42m + h = 0{,}0967h \Rightarrow \boxed{h = 23{,}03\,mts}$$

Problema 20

Planteando e/ A y B ecuación de la energía tenemos

$$-H_B = 24m + \left[\left(f\frac{l}{d} + \Sigma K\right)\frac{V^2}{2g}\right]$$

$$\frac{e}{d} = 0{,}0002$$

$$Re = \frac{Vd}{\nu} = 7\,10^4$$

$$f = 0{,}020$$

$$V = \frac{4 \times 0{,}025}{\pi d^2} = 0{,}943\,\frac{m}{seg}$$

$$-H_B = 24m + \left[\left(0{,}020\frac{400m}{0{,}075m} + 2{,}22\right)\frac{0{,}94^2}{2g}\right]$$

$$K_{codo} = 20 f_T = 0{,}86$$

(de tabla dado en guía Libro Crane & Co.)

$$K_{entrada} = 0{,}5 \qquad K_{salida} = 1$$

$$K_{TOTAL} = 2{,}22$$

$$-H_B = 28{,}90\,mts$$

se dá al sistema

$$\boxed{Potencia = \gamma Q H_B = 1{,}19\,KW}$$

Si tomamos e/ A y Manómetro de salida de la bomba.

$$\cancel{\frac{P_A}{\gamma}} + \cancel{z_A} - H_B = \frac{P_{MAN}}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + z_B$$

$$-H_B = \frac{P_{man}}{\gamma} + \frac{V_B^2}{2g} + 0{,}5m \Rightarrow -H_B - \frac{V_B^2}{2g} - 0{,}5 = \frac{P_{man}}{\gamma}$$

$P_{MAN} = 277{,}87 \text{ KPa}$

$P_{B\,salida} = 277{,}87 \text{ KPa} - \gamma\, H_{r_{TOTAL}} =$

$P_{B\,salida} = 277{,}87 \text{ KPa} - \left[1000 \frac{kg}{m^3}\ 9{,}8 \frac{m}{s^2} \times \quad 4{,}9 \text{ mt}\right]$

$\boxed{P_{B\,salida} = 229{,}85 \text{ KPa manométricos}}$