Mecánica de Fluidos

Mayo 2014

Apellidos, Nombre:

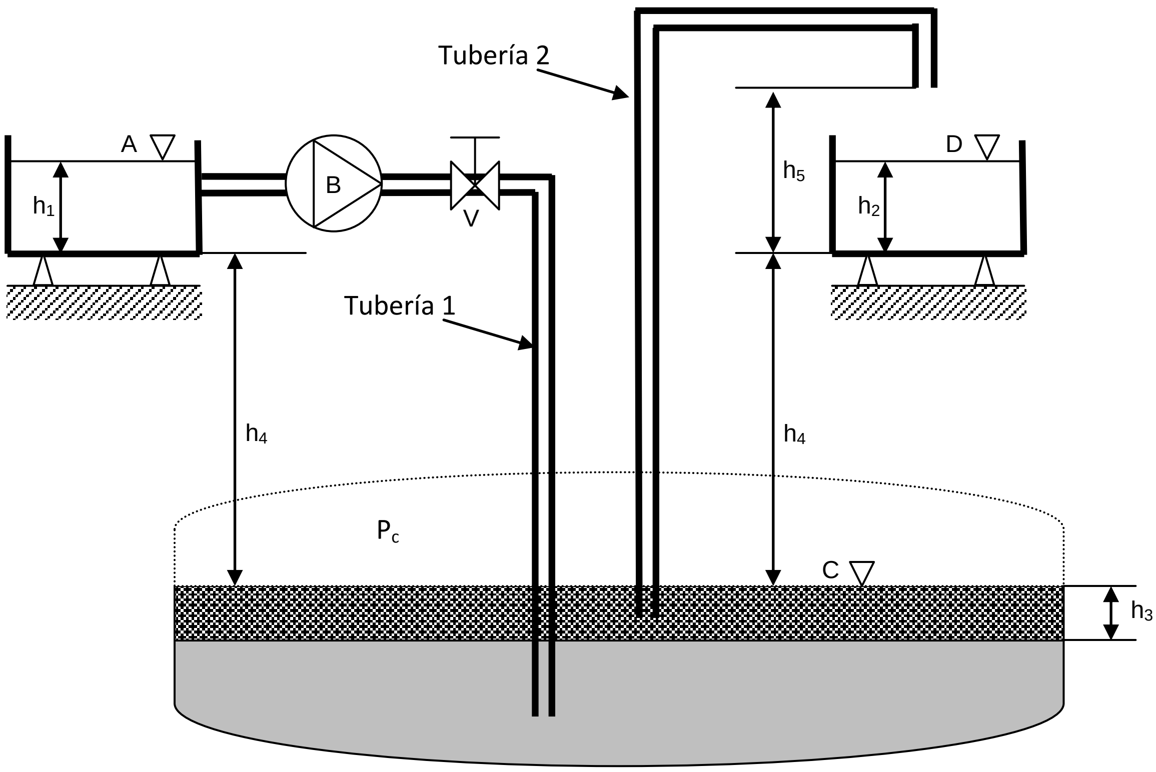
Grupo:

Problema 1

Una forma de extraer petróleo es inyectar agua salada a través de la tubería 1, con mayor densidad, hasta la parte inferior de la bolsa, desplazándolo por tanto hasta la superficie a través de la tubería 2. La bomba, en funcionamiento, aporta una altura de 60 m. Se asumirán todos los codos iguales, que los depósitos A, D y la bolsa son de grandes dimensiones y que los fluidos no se mezclan. Determinar, para el instante en que $h_3 = 1$ m y la presión relativa del gas atrapado (P_c) en la bolsa es de 180 bar:

a) Caudal de agua salada en m^3/h.
b) Pérdidas de carga total (primarias y secundarias) en la tubería de petróleo.

L_1	3	km	L_2	2.5	km	$\rho_{agua\ salada}$	1030	kg/m^3	h_1	1	m
D_1	4	cm	D_2	3.5	cm	$\mu_{agua\ salada}$	0.0016	kg/ms	h_2	1	m
ε_1	0.05	mm	ε_2	0.06	mm	$\rho_{petróleo}$	900	kg/m^3	h_3	1	m
$K_{válvula}$	20		K_{codos}	0.5		$\mu_{petróleo}$	0.01	kg/ms	h_4	2	km
			$K_{entradas}$	0.5		g	9.81	m/s^2	h_5	2	m



a) Ber A-E

$$\cancel{\frac{P_A}{\rho g}} + z_A + \cancel{\frac{V_A^2}{2g}} - h_{f1} - \Sigma h_{m1} + h_B = \frac{P_E}{\rho g} + \cancel{z_E} + \cancel{\frac{V_E^2}{2g}}$$

$$P_E = P_C + \rho_{pet} \cdot g \cdot h_3 = 180 \cdot 10^5 + 900 \cdot 9{,}81 \cdot 1 = 1{,}8009 \cdot 10^7 \text{ Pa}$$

$$\frac{P_E}{\rho_{agua} \cdot g} = \frac{1{,}8009 \cdot 10^7}{1030 \cdot 9{,}81} = 1782{,}3 \text{ m}$$

$$z_A = h_3 + h_4 + h_1 = 2002 \text{ m}$$

$$h_{f1} = f_1 \cdot \frac{L_1}{D_1} \cdot \frac{V_1^2}{2g} = f_1 \cdot \frac{3000}{0{,}04} \cdot \frac{V_1^2}{2g}$$

$$\Sigma h_{m1} = (K_{entrada} + K_{valv} + K_{codo} + K_{salida}) \cdot \frac{V_1^2}{2g} = 22 \cdot \frac{V_1^2}{2g}$$

$$h_B = 60 \text{ m}$$

$$\frac{V_1^2}{2g} = \frac{2002 + 60 - 1782{,}3}{f_1 \cdot \frac{3000}{0{,}04} + 22}$$

Suponiendo régimen turbulento, $f_1 = 0{,}02 \rightarrow V_1 = 1{,}89 \text{ m/s} \rightarrow Re = 48904 \rightarrow$

↓ efectivamente turbulento

$$\left(\text{Colebrook: } \frac{1}{\sqrt{f_1}} = -2 \cdot \log\left(\frac{\varepsilon/d}{3{,}7} + \frac{2{,}51}{Re\sqrt{f_1}}\right), \frac{\varepsilon}{d} = 0{,}00125 \right)$$

$\rightarrow f_1 = 0{,}02475 \rightarrow V_1 = 1{,}71 \text{ m/s} \rightarrow Re = 44050 \rightarrow f_1 = 0{,}025$

$\rightarrow V_1 = 1{,}699 \text{ m/s} \rightarrow Re = 43757 \rightarrow f_1 = 0{,}02511$

$\rightarrow V_1 = 1{,}698 \text{ m/s} \rightarrow Re = 43738$

↓

$$\boxed{Q_1 = 0{,}0021 \text{ m}^3/\text{s} = 7{,}684 \text{ m}^3/\text{h}}$$

b) Ber C-D'

$$\frac{P_C}{\rho g_{pet}} + \cancel{z_C} + \cancel{\frac{V_C^2}{2g}} - h_{f2} - \sum h_{m2} = \cancel{\frac{P_D'}{\rho g}}^{\,P_{atm}} + z_D' + \frac{\alpha V_D'^2}{2g}$$

$$\frac{P_C}{\rho g_{pet}} = \frac{180 \cdot 10^5}{900 \cdot 9{,}81} = 2038{,}7 \text{ m}$$

$$h_{f_2} = f_2 \frac{L_2}{D_2} \frac{V_2^2}{2g} = f_2 \frac{2500}{0{,}035} \cdot \frac{V_2^2}{2g}$$

$$\sum h_{m2} = (K_{ent} + 2K_{codo}) \frac{V_2^2}{2g} = (0{,}5 + 2 \cdot 0{,}5) \frac{V_2^2}{2g}$$

$$z_D' = h_4 + h_5 = 2002 \text{ m}$$

$$\frac{\alpha V_D'}{2g} = \frac{\alpha V_2^2}{2g}$$

$$\frac{V_2^2}{2g} = \frac{\frac{P_C}{\rho_{pet} \cdot g} - h_4 - h_5}{f_2 \frac{L_2}{D_2} + K_{ent} + 2K_{codo} + \alpha} = \frac{2038{,}74 - 2002}{f_2 \frac{2500}{0{,}035} + 0{,}5 + 2 \cdot 0{,}5 + \alpha} \qquad (1)$$

Suponiendo rég. turbulento $\left.\begin{matrix} \alpha = 1 \\ f_2 = 0{,}02 \end{matrix}\right\}$ $V_2 = 0{,}7097$ m/s $\longrightarrow$ $Re = 2235{,}5 \longrightarrow$ laminar!!

$$f_2 = \frac{64}{Re} = \frac{64\mu}{V_2 \cdot D \cdot \rho} = \frac{64 \cdot 0{,}01}{V_2 \cdot 0{,}035 \cdot 900} = \frac{0{,}0203}{V_2}$$

$\alpha_2 = 2$

con esto en (1) :
(no hace falta iterar)

$V_2 = 0{,}496$ m/s $\longrightarrow$ $Re = 1562{,}57$

$$\boxed{\left.\begin{matrix} h_{f_2} = 36{,}692 \text{ m} \\ \sum h_{m_2} = 0{,}018 \text{ m} \end{matrix}\right\} \quad h_{total} = 36{,}71 \text{ m}}$$

Apartado a) 5 puntos.

- 2,5 planteamiento
- 2,5 resolución

Apartado b) 5 puntos:

- 2,5 planteamiento
- 2,5 resolución.

- Bernoulli mal planteado → 0,5 p. en el planteamiento
  → 1,5 p. como máx. en la resolución.

- Resolución: teniendo bien aplicado Bernoulli:
  - 1 p. si se comprueba Re
  - 0,5 p por el procedimiento
  - 1 p. si resultado correcto.

  } 2,5 p.