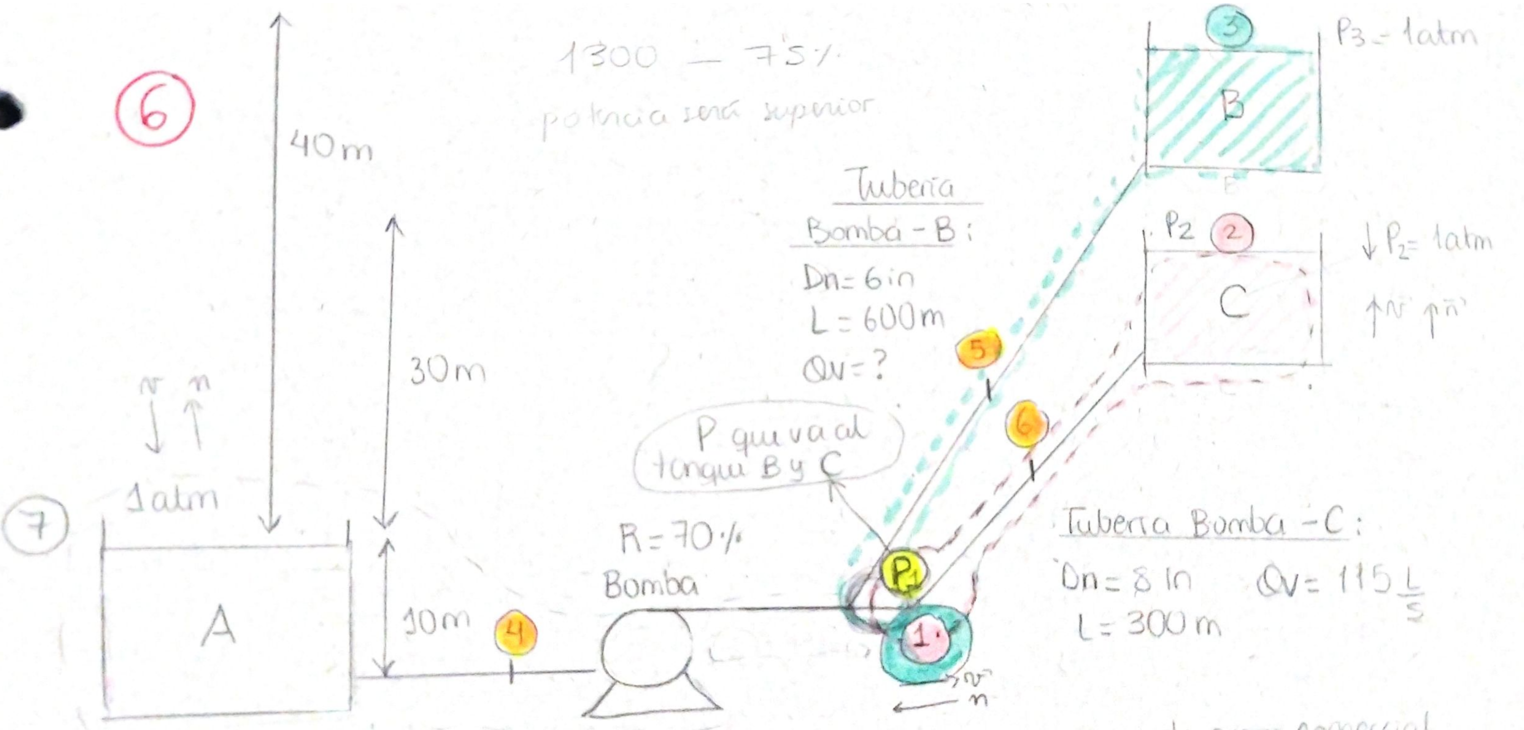


Tubería A - Bomba:

Dn = 12 in

L = 450 m

Qv = ?

Las 3 cañerías son de acero comercial y de cédula 40.

P1 es la misma p/ la rama B y C, es la Presión de ramificación.

Planteo de Balance de Energía entre punto 1 y 2 elegido:

$$\underbrace{\frac{dQ}{dt}}_{\substack{\| \\ 0}} - \underbrace{\frac{\delta w_s}{dt}}_{\substack{\| \\ 0}} = \iint_{SC} \left(e + \frac{P}{\rho}\right)\rho(\vec{v}.\vec{n})\,dA + \underbrace{\frac{\partial}{\partial t}\iiint_{VC} e.\rho\,dV}_{\substack{\| \\ 0}} + \frac{\delta w_\mu}{dt}$$

No hay T.C. (Transferencia de calor) => $e_i = 0$ ($T_1 = T_2$)

No hay bomba (En el punto 1 y 2 elegido)

f.e.e.

Cañería cilíndrica

Usar Dint de la cañería

└ Me dan Dn → hallar Dint.

$$\iint_{SC} \left(e+\frac{P}{\rho}\right)\rho.(\vec{v}.\vec{n})dA + \frac{\delta w_\mu}{dt} = 0$$

$\boxed{\rho = \rho_1 = \rho_2}$ ← T. inc => $T_1 = T_2$

$$\left(ec_1 + \underset{\substack{\| \\ 0}}{ep_1} + \frac{P_1}{\rho_1}\right).\rho_1.(v_1.n_1.\cos 180)\,dA + \left(ec_2 + ep_2 + \frac{P_1}{\rho_2}\right)\rho_2\,(v_2.n_2.\cos 0°)\,dA + \frac{\delta w_\mu}{dt} = 0$$

$$-\left(\frac{v_1^2}{2\alpha} + \frac{P_1}{\rho}\right)\rho.\underbrace{v_1 A_1}_{Q_{v1}} + \left(\overset{=0\,(\uparrow A)}{\frac{v_2^2}{2\alpha}} + g.\underset{\substack{\| \\ 40m}}{y_2} + \frac{\overset{=1atm}{P_2}}{\rho}\right)\rho.\underbrace{v_2.A_2}_{Q_{v2}} + \underbrace{\left(2.ff.\overset{\text{veloc. de la cañería }(v_1)}{v_c^2}.\Sigma\frac{L}{Dint}.\rho.Q_v\right)}_{\text{Trabajo viscoso.}} = 0$$

v_1: calcular c/el caudal, ya que es el mismo en todo el V. Control. (Nos dan de dato)

α: calcular Re └ para el punto 1 y 2 calcular.

$\boxed{Q_v = Q_{v1} = Q_{v2}}$

$\rho_{H_2O} = 1000\ kg/m^3$

$y_2 = 40\ m$ desde la bomba hasta C.

$P_2 = P_{atm} = 1\ atm = 101325\ Pa$

$\mu\ H_2O = 0{,}001\ kg/m.s$

$$\boxed{v_1 = \frac{Q_v}{A_1}} = \frac{Q_v}{\pi.\frac{Dint^2}{4}}$$

Dn = 8 in => Dint = 7,981 in = 0,2027 m (de la cañería en V.C. elegido)

$Q_v = 115\ \frac{L}{s} = 0{,}115\ \frac{m^3}{s}$

$v_1 = 3{,}56\ \frac{m}{s}$ → Es de la cañería que va al tanque C.

$$\boxed{Re = \frac{\rho.v.Dint}{\mu}}$$

v = veloc. de la cañería = v_1

$$Re = \frac{1000 . 3{,}56 . 0{,}2027}{0{,}001} = \underbrace{722.360{,}86}_{7{,}2\times10^5 \to \text{ en tabla Moody}} > 6000 \Rightarrow \alpha = 1$$

Flujo turbulento

$\left.\frac{\varepsilon}{Dint}\right\}$ Con el diámetro interno y el tipo de material de la tubería puedo hallarlo

Acero comercial

fd $\left\{ \begin{array}{l} \frac{\varepsilon}{Dint} = 0{,}00025 \\ + \\ Re \end{array} \right.$

$\underbrace{fd = 0{,}0157}_{\text{En gráfica de Moody}} \Rightarrow ff = 0{,}0039$

$\left(ff = \frac{fd}{4}\right)$

$$0 = -\left(\frac{v_1^2}{2\alpha}+\frac{P_1'}{\rho'}\right)\rho . Q_v + \left(g . y_2 + \frac{P_2}{\rho}\right)\rho . Q_v + 2 f_f\, v_1^2 \sum \frac{L}{D_{int}} . \rho . Q_v = 0$$

$$\left(\frac{3{,}56^2}{2}+\frac{P_1}{1000}\right)1000 . 0{,}115 + \left(9{,}8 . 40 + \frac{101325}{1000}\right)1000 . 0{,}115 + 2 f_f\, v_1^2 \sum \frac{L}{D_{int}} . \rho\, Q_v = 0$$

$$\left(\frac{3{,}56^2}{2}+\frac{P_1}{1000}\right)115 = \left(9{,}8 . 40 + \frac{101325}{1000}\right)115 + \left(2 . 0{,}004 . 3{,}56^2 . \frac{300}{0{,}2027} . 1000\right)115 = 0$$

$$\left(\frac{3{,}56^2}{2}+\frac{P_1}{1000}\right) = \frac{\left(9{,}8 . 40 + \frac{101325}{1000}\right)\cancel{115} + \left(2 . 0{,}004 . 3{,}56^2 . \frac{300}{0{,}2027}\right)\cancel{115}}{\cancel{115}}$$

$$P_1 = \left[9{,}8 . 40 + \frac{101325}{1000} + \left(2 . 0{,}004 . 3{,}56^2 . \frac{300}{0{,}2027}\right) - \frac{3{,}56^2}{2}\right] . 1000$$

$$P_1 = 637045{,}6248\ Pa = 6{,}37\times10^5\ Pa$$

Con este valor hallado puedo plantear el balance en otro V.C. y hallar lo que me pide a) Q_{VA} y Q_{VB}:

Balance de Energía Entre punto 1 y 3 elegido:

$$\underbrace{\frac{dQ}{dt}}_{=0} - \underbrace{\frac{\delta W_s}{dt}}_{=0} = \iint_{SC} \left(e+\frac{P}{\rho}\right)\rho . (\vec{v} . \vec{n})\, dA + \underbrace{\frac{\partial}{\partial t}\iiint_{VC} e . \rho . dV}_{=0\ f.e.e.} + \frac{\delta W_u}{dt}$$

No hay T.C. No hay Trabajo

$$0 = \iint_{SC} \left(e+\frac{P}{\rho}\right)\rho . (\vec{v} . \vec{n})\, dA + \frac{\delta W_u}{dt}$$

$$0 = \left(\frac{v_1^2}{2\alpha} + g . \underbrace{y_1}_{=0} + \frac{P_1}{\rho_1}\right)\rho_1 . v_1 . n_1 \cos 180 . A_1 + \left(\frac{v_3^2}{2\alpha} + g . y_3 + \frac{P_3}{\rho_3}\right)\rho_3 . \underbrace{v_3 . n_3 \cos 0 . A_3}_{Q_v} + \frac{\delta W_u}{dt}$$

— Averiguar ? $\approx 0\ \uparrow A$ $\times 0$

$\rho = \rho_1 = \rho_3$ por F. inc. $T_1 = T_2$

$v_1 \neq 0 \Rightarrow$ Averiguar, es de la cañería que lleva al tanque B.

$$0 = -\left(\frac{v_1^2}{2\alpha} . \frac{P_1}{\rho}\right)\rho . \underbrace{v_1 . A_1}_{Q_{v1}} + \left(g . y_3 + \frac{P_3}{\rho}\right)\rho . \underbrace{v_3 . A_3}_{Q_{v3}} + 2 f_f . v_c^2 \sum \frac{L}{D_{int}} . \rho . Q_{v_c} = 0$$

v_c = velocidad de la cañería $= v_1$

Q_{vc} = Caudal volumétrico de la Cañería $= \underbrace{Q_{v1} = Q_{v3}}_{\text{por balance de Masa}}$

Por balance de Masa y f.e.e entre puntos ① y ③ $\Rightarrow$ $Q_{v1} = Q_{v3}$ } Anotar esto!
(y ρ cte)

$$0 = -\left(\frac{v_1^2}{2\alpha} + \frac{P_1}{\rho}\right)\rho.Q_v + \left(g.y_3 + \frac{P_3}{\rho}\right)\cancel{\rho.Q_v} + 2.ff.v_1^2 \sum \frac{L}{D_{int}} \cancel{\rho.Q_v}$$

Saco factor común $\rho.Q_v$ y lo elimino de la expresión.

$$0 = -\left(\frac{v_1^2}{2\alpha} + \frac{P_1}{\rho}\right) + \left(g.y_3 + \frac{P_3}{\rho}\right) + 2\,ff\,v_1^2 \sum \frac{L}{D_{int}}$$

$ff \rightarrow Re = \frac{\rho.v.D_{int}}{\mu}$ Tengo que hallar esa velocidad primero

$\Rightarrow$ Hacemos procedimiento de iteración para la expresión:

1°) obtenemos una ff en función de la velocidad $ff = f(v)$ (1° Ecuación)

2°) $Re = \frac{\rho.v_1.D_{int}}{\mu}$ (2da Ecuación)

Realizamos una tabla con $\neq$ v asignadas y trabajar con las ecuaciones, cuando coincidan ese es el valor de v que voy a utilizar

	v	Ecuación 1	Ecuación 2	Moody
Ej:	1 m/s	ff_1	Re	ff_2
propuestos	1,3 m/s	0,00353	200200 = 2×10^5 ← $\alpha = 1$	fd = 0,018 ff = 0,0045
propuestos	1,1 m/s Es correcta	0,004	$1,7\times10^5$ ← $\alpha = 1$	fd = 0,016 ff = 0,004

Si $ff_1 = ff_2$
$\Rightarrow$ 1m/s es correcta

Ecuación 1: $ff = f(v)$ Cálculos:

$$0 = -\left(\frac{v_1^2}{2\alpha} + \frac{P_1}{\rho}\right) + \left(g.y_3 + \frac{P_3}{\rho}\right) + 2.ff.v_1^2.\sum \frac{L}{D_{int}}$$

$$2ff.v_1^2.\sum\frac{L}{D_{int}} = \left(\frac{v_1^2}{2\alpha} + \frac{P_1}{\rho}\right) - \left(g.y_3 + \frac{P_3}{\rho}\right)$$

$$ff = \frac{\left(\frac{v_1^2}{2\alpha} + \frac{P_1}{\rho} - g.y_3 - \frac{P_3}{\rho}\right)}{2.v_1^2.\sum\frac{L}{D_{int}}}$$ ← Ecuación 1

Ecuación 2 $\longrightarrow$ $Re = \dfrac{\rho \cdot v_1 \cdot D_{int}}{\mu}$ $\begin{cases} > 6000 \Rightarrow \alpha = 1 \\ < 2300 \Rightarrow \alpha = 0{,}5 \end{cases}$

Moody $\begin{cases} Re \\ \varepsilon / D \end{cases}$ $\begin{cases} D_n = 6in \Rightarrow D_{int} = \underbrace{6{,}065\,in}_{=0{,}154\,m} \Rightarrow \overbrace{\dfrac{\varepsilon}{D} = 0{,}0003}^{\text{Del Acero Comercial}} \\ \text{(Cedula 40)} \end{cases}$

Datos:

$P_1 = 6{,}37 \times 10^5\, Pa$ (hallado previamente)

$\rho_{H_2O} = 1000\, kg/m^3$ $\quad g = 9{,}8\, m/s$ $\quad y_3 = 50m$

$P_3 = 1atm = 101325\, Pa$ $\quad \mu_{H_2O} = 0{,}001\, kg/m.s$

$L = 600m$ $\quad D_{int} = 0{,}154m$

$\therefore$ La velocidad $v_1 = 1{,}1 m/s$ es la velocidad con la que circula el fluido por la cañería en el tramo 1-3.

$\Rightarrow$ Podemos determinar el Q_v de la cañería 1-3.

$Q_v = v \cdot A$

$Q_v = v_1 \cdot$ Area de la cañeria (Tramo 1-3)

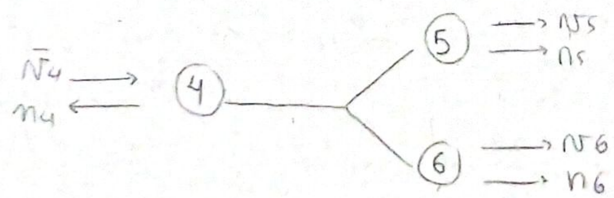
$Q_v = 1{,}1 \dfrac{m}{s} \cdot \dfrac{\pi \cdot D_{int}^2}{4}$ $\quad D_{int} = 0{,}154m$

$$\boxed{Q_v = 0{,}020 \dfrac{m^3}{s} = 20{,}48 \dfrac{L}{s}}$$

Este es el caudal que circula por la cañeria que enlaza a la bomba con el depósito B.

Para determinar el Q_v que falta, el que circula en la cañeria que une el depósito A con la bomba, podemos hacer balance de Masa.

Tomamos el V. Control entre los puntos 4, 5 y 6:



$$\iint_{SC} \rho (\vec{v} \cdot \vec{n})\, dA + \underbrace{\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} \rho \, dV}_{\overset{\shortparallel}{0}\ f.e.e} = 0$$

$- \rho_4 v_4 . n_4 . A_4 + \rho_5 v_5 . n_5 . A_5 + \rho_6 v_6 n_6 A_6 = 0$ $\quad \rho = \rho_4 = \rho_5 = \rho_6$ F. inc. T = cte

$- \rho . Q_{v4} + \rho Q_{v5} + \rho Q_{v6} = 0$

$\therefore \quad Q_{V4} = Q_{V5} + Q_{V6}$

$Q_{V5} = Q_V (\text{Tramo } 1-3) = 20{,}48 \frac{L}{s}$

$Q_{V6} = Q_V (\text{Tramo } 1-2) = 115 \frac{L}{s}$

$\boxed{Q_{V4} = 135{,}48 \frac{L}{s} = 0{,}1354 \frac{m^3}{s}}$ Este es el caudal que circula por la conducción que enlaza la bomba con el depósito A.

b) Calcular potencia necesaria de bombeo (rendimiento 70%)

Tomamos Volumen de Control entre el punto 7 y el punto 1.

(Se desprecia la distancia entre la bomba y el punto 1.)

Balance de Energía:

$$\underbrace{\frac{\delta Q}{dt}}_{\overset{\parallel}{0} \text{ No hay T.C}} - \frac{\delta W_s}{dt} = \iint_{SC} \left(e + \frac{P}{\rho}\right) \rho (\vec{v} \cdot \vec{n}) \, dA + \underbrace{\frac{\partial}{\partial t} \iiint_{VC} e \cdot \rho \, dV}_{\overset{\parallel}{0} \text{ f.e.e.}} + \frac{\delta W_\mu}{dt}$$

$$-\frac{\delta W_s}{dt} = \iint_{SC} \left(e + \frac{P}{\rho}\right) \rho (\vec{v} \cdot \vec{n}) \, dA + \frac{\delta W_\mu}{dt}$$

$$-\frac{\delta W_s}{dt} = \left(\frac{\overset{0 \uparrow A}{v_7^2}}{2\alpha} + g \underset{10}{y_7} + \frac{\overset{1 atm}{P_7}}{\rho_7}\right) \rho_7 \, v_7 \, n_7 \cos 180 \, A_7 + \left(\frac{v_1^2}{2\alpha} + g \, \overset{\parallel 0}{y_1} + \frac{P_1}{\rho_1}\right) \rho \, v_1 n_1 \cos 0 \, A_1 + \frac{\delta W_\mu}{dt}$$

$\rho = \rho_7 = \rho_1$ F. Inc., T = cte.

$$-\frac{\delta W_s}{dt} = -\left(g \cdot y_7 + \frac{P_7}{\rho}\right) \rho \cdot Q_{V7} + \left(\frac{v_1^2}{2\alpha} + \frac{P_1}{\rho}\right) \rho \cdot Q_{V1} + 2 f_F \cdot v_c^2 \sum \frac{L}{D_{int}} \cdot \rho \cdot Q_V$$

Por balance de masa, f.e.e y ρ = cte $\Rightarrow Q_V = Q_{V7} = Q_{V1}$

v_c = velocidad de la cañería. $= v_1$

$$-\frac{\delta W_s}{dt} = -\left(g \cdot y_7 + \frac{P_7}{\rho}\right) \rho Q_V + \left(\frac{v_1^2}{2\alpha} + \frac{P_1}{\rho}\right) \rho \cdot Q_V + 2 f_F v_c^2 \sum \frac{L}{D_{int}} \cdot \rho \cdot Q_V$$

$$-\frac{\delta W_s}{dt} = \rho Q_V \left(-g \cdot y_7 - \frac{P_7}{\rho} + \frac{v_1^2}{2\alpha} + \frac{P_1}{\rho} + 2 f_F v_c^2 \sum \frac{L}{D_{int}}\right)$$

$y_7 = 10 m$ $\quad P_7 = 1 atm = 101325$ Pa $\quad \rho = 1000 \, kg/m^3$ $\quad \mu = 0{,}001 \, kg/m.s$

$v_c = 1{,}91 m/s$ $\quad P_1 = 6{,}37 \times 10^5$ Pa

(veloc. de la cañería, se calculó c/el dato de Q en tramo desde Tanque A hasta bomba).

$Re = \frac{\rho \cdot v_1 \cdot D_{int}}{\mu} = 3{,}3 \times 10^5 \Rightarrow \alpha = 1$

$\varepsilon/D = 0{,}00012$

$L = 450 m$

$D_n = 12 in \Rightarrow D_{int} = 11{,}938 in = 0{,}30 m$

$f_F = f_d/4 = 0{,}00395$

$$-\frac{\delta W_s}{dt} = \rho Q v \left(-g \cdot y_7 - \frac{P_7}{\rho} + \frac{v_1^2}{2\alpha} + \frac{P_1}{\rho} + 2 f_f \, v_c^2 \sum \frac{L}{D_{int}} \right)$$

Reemplazando todos los datos:

$$-\frac{\delta W_s}{dt} = 481,509 \text{ watt}$$

Calcular el rendimiento de la bomba 70% $\Rightarrow$ $\dfrac{481,509}{0,70}$

100% $\longrightarrow$ 481,509 watt

70% $\longrightarrow$ 337,056 watt

$$\therefore \boxed{\frac{\delta W_s}{dt} = -\ 337,056 \text{ watt}}$$ Potencia Necesaria de bombeo

El signo negativo me indica que si es necesaria esa potencia.