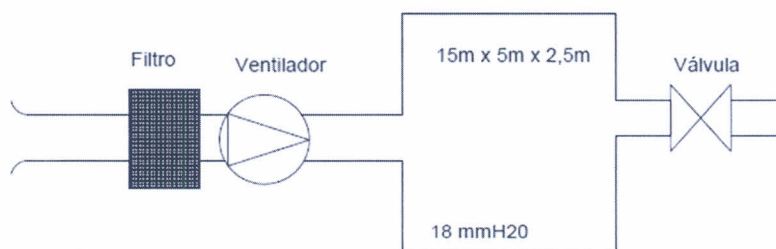


Máquinas para Fluidos I

Examen – Diciembre 2022

En un laboratorio clínico cuyas dimensiones son 12m x 5m x 2.5m, se requiere garantizar 30 renovaciones por hora del aire interior. Para ello se cuenta con un sistema de ventilación forzada y un ducto de extracción con válvula automática, de modo que la presión manométrica dentro del laboratorio sea siempre 18 mmH₂O y su temperatura 20°C. Previo al ventilador se cuenta con un filtro HEPA que para un caudal de 3400 m³/h impone una caída de presión (cuando el filtro es nuevo) de 350 Pa.

Despreciar pérdidas distribuidas y por entrada al ducto donde se ubica el ventilador.

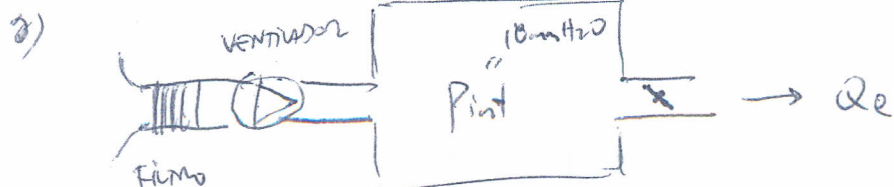


El ventilador centrífugo, cuya sección de salida es de 450 mm x 315 mm, tiene la siguiente curva de funcionamiento a 1440 rpm:

Q (m ³ /h)	3000	4000	5000	6000	7000	8000
Pest (mmH ₂ O)	65	58	47	36	24	10
η(%)	35	60	65	62	55	40

- Si la pérdida de carga en el ducto de extracción (incluida la válvula, entrada y salida) se puede modelar como $K_e Q^2$, determinar el valor del coeficiente K_e para que dentro del laboratorio se establezca la presión mencionada.
- Determinar la velocidad a la que debería girar y la potencia que consumiría el ventilador, para asegurar la renovación del aire en el interior del laboratorio.
- Luego de un tiempo se realiza una medida del caudal que sale por el ducto de extracción, siendo un 85% del caudal necesario. Si se asume que el único cambio es la acumulación de partículas en el filtro, determinar el nuevo valor del coeficiente de pérdida de carga del mismo.
- No es posible operar el ventilador a velocidades mayores a 2000 rpm. Para asegurar las renovaciones de aire necesarias mientras el filtro se encuentra en las condiciones de c), se cuenta con un ventilador auxiliar (de sección de salida 250mm x 100mm y sin regulación de velocidad) que puede instalarse en paralelo al primero (tomando del mismo filtro). Determinar la nueva velocidad de giro del ventilador principal y la potencia total consumida, si la curva del ventilador auxiliar es la siguiente:

Q (m ³ /h)	250	500	750	1000	1250
Pest (mmH ₂ O)	120	107	93	69	41
η(%)	25	40	45	42	35



$$\frac{P_{int}}{\gamma_{aire}} = K_e Q^2 \rightarrow K_e = \frac{P_{int}/\gamma}{Q^2} = \frac{\frac{18}{1000} \times \frac{1000 \times 9.8}{9.8 \times 1.2}}{4500^2 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$Q = 30 \times (12 \times 5 \times 2.5) = 4500 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$K_e = 7.91 \times 10^{-7} \frac{\text{m}}{\text{m}^3/\text{h}}$$

b) CURVA DE VENTILADOR a 1440 rpm ($H = \frac{P_{est}}{\gamma} + \frac{V^2}{2g}$; $V = \frac{Q}{0.45 \times 0.315}$)

Q (m ³ /h)	3000	4000	5000	6000	7000
P _{est} (mm H ₂ O)	65	58	47	36	24
H (m)	55.9	51.5	44.1	37.1	29.6
η (%)	35	60	65	62	50

$$H_{msf} = \frac{P_{int}}{\gamma} + Q^2 K_F + 1.0 \frac{V^2}{2g} = \frac{P_{int}}{\gamma} + \left(K_F + \frac{1/3.600^2}{(0.45 \times 0.315)^2 \cdot 2g} \right) Q^2$$

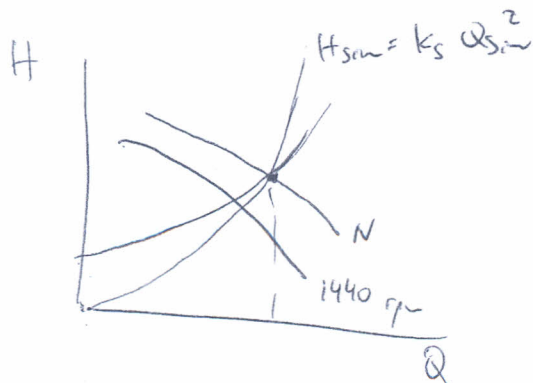
$$K_F = \frac{350 \text{ Pa}}{(3400 \text{ m}^3/\text{h})^2} \times \frac{1}{1.2 \times 9.8} = 2.77 \times 10^{-6} \frac{\text{m}}{(\text{m}^3/\text{h})^2}$$

$$\rightarrow H_{msf} = 15 + 2.77 \times 10^{-6} Q^2 \rightarrow \text{construir curva ventilador en } 3000 < Q < 4000$$

$$H_v = 69.1 - 4.4 \times 10^{-3} Q$$

$$\rightarrow Q = 3696 \text{ m}^3/\text{h} < 4500 \text{ m}^3/\text{h}$$

SE DEBE AUMENTAR N



PARA $Q = 4500 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow H = 71.1 \text{ m}$

$$K_{sen} = \frac{71.1}{4500^2} = 3.5 \times 10^{-6} \text{ m}/(\text{m}^3/\text{h})^2$$

CURVA DE SIMILITUD CON LA CURVA DE VENTILADOR EN $3000 < Q < 4000$

$$\rightarrow 3.5 \times 10^{-6} Q^2 = 69.1 - 4.4 \times 10^{-3} Q \rightarrow Q_{sim} = 3859 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\rightarrow \frac{3859}{1440} = \frac{4500}{N} \rightarrow \boxed{N = 1680 \text{ rpm}}$$

$$\eta_{sim} = 56.5\% \rightarrow P = \frac{1.2 \times 9.8 \times 4500/3600 \times 71.1}{0.565} \rightarrow \boxed{P = 1.85 \text{ kW}}$$

c) $Q = 0.85 \times 4500 = 3825 \text{ m}^3/\text{h}$

$$H_{inst} = 15 + (K_f + 1.96 \times 10^{-7}) Q^2 \rightarrow K_{f_{sim}} = \frac{(H - 15)}{Q^2} - 1.96 \times 10^{-7}$$

CURVA VENTILADOR A 1680 rpm

$Q (\text{m}^3/\text{h})$	3500	4667	5833
$H (\text{m})$	76.1	70.1	60
$\eta (\%)$	35	60	65

$$\rightarrow H_v (3825 \text{ m}^3/\text{h}) = 74.4 \text{ m}$$

$$\rightarrow K_{f_{sim}} = \frac{74.4 - 15}{3825^2} - 1.96 \times 10^{-7} \rightarrow \boxed{K_{f_{sim}} = 3.86 \times 10^{-6} \text{ m}/(\text{m}^3/\text{h})^2}$$

$$\Delta P_{H_{sim}} = 1.2 \times 9.8 \times 3.86 \times 10^{-6} \times 3400^2 = \underline{\underline{525 \text{ Pa}}}$$

$$d) Q = 4500 \text{ m}^3/\text{h} = Q_p + Q_A$$

$$H_{\text{inst}} = 15 + (3.86 \times 10^{-6} + 1.96 \times 10^{-7}) \times 4500^2 = 97 \text{ m}$$

CADA VENTILADOR DEBE ENVEGAR 97 m DE CARGA

CURVA DE VENTILADOR AUXILIAR $(N = \frac{Q}{0.25 \times 0.1})$

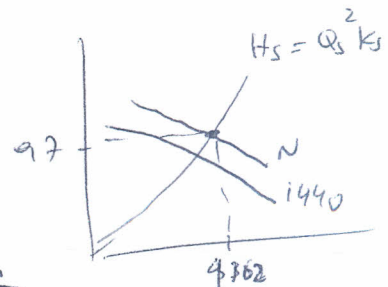
Q (m ³ /h)	250	500	750	1000	1250
P _{est} (mm H ₂ O)	120	107	93	89	81
H (-)	100.4	90.7	81.0	72.8	64.0
η (%)	25	40	45	42	35

$$Q_A = 3376 \text{ m}^3/\text{h} \rightarrow Q_p = 4162 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\eta_A = 30\%$$

$$P_A = 0.357 \text{ kW}$$

$$K_s = \frac{97}{4162^2} = 5.6 \times 10^{-6} \frac{\text{m}}{(\text{m}^3/\text{h})^2}$$



$$5.6 \times 10^{-6} Q_s^2 = 69.1 - 4.4 \times 10^{-3} Q_s \rightarrow Q_s = 3142 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\eta_s = 38.6\%$$

$$\frac{3142}{1440} = \frac{4162}{N} \rightarrow N = 1907 \text{ rpm}$$

$$P_B = 3.42 \text{ kW}$$

$$P_{\text{tot}} = 3.77 \text{ kW}$$

Máquinas Para Fluidos 1

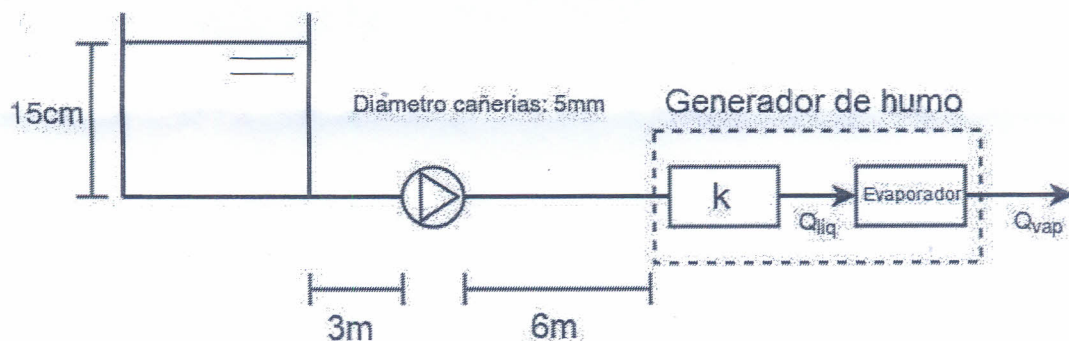
Examen Diciembre 2022

Los datos del ensayo de una micro bomba de engranajes se presenta a continuación:

Ensayos	Q (ml/min)	ΔP (bar)	N (rpm)	P (W)
Ensayo de vacío	30	0	50	3
Ensayo de Carga	23	8	40	2.5

La micro bomba es usada para alimentar de gotas de aceite a una máquina generadora de humo por medio de un intercambiador de calor, en la cual se modelan la totalidad de pérdida de carga en la máquina de la forma kQ^2 (en metros de columna de aceite líquidos), siendo Q el caudal de aceite líquido en (ml/min), siendo $k = 1.53 \times 10^{-2} (m \text{ aceite liq}) / (ml/min)^2$. En el intercambiador de calor de la máquina se evapora todo el aceite entregado por la bomba y lo descarga al ambiente a P_{atm} , se desprecia la pérdida de carga en la máquina cuando el aceite se encuentra en fase gaseosa.

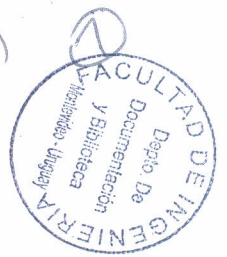
El aceite utilizado tiene densidad $\rho_{liq} = 1036 \text{ kg/m}^3$ y una viscosidad dinámica $\mu_{liq} = 0.042 \text{ Pa s}$, mientras que su densidad en estado gaseoso es $\rho_{vap} = 1.2 \text{ kg/m}^3$.



- Calcular la expresión del caudal y la potencia en función de la velocidad de giro del rotor y diferencia de presiones entre la descarga y la toma de la bomba.
- Se quiere tener un caudal de **vapor** de 10 l/min . ¿Qué caudal de aceite líquido deberá impulsar la bomba?
 - Calcular las pérdidas de carga distribuidas en metros de columna de aceite líquido para ambos tramos de cañería, hallar la diferencia de presión impuesta en la bomba.
 - Calcular la velocidad de giro que debe operar la bomba y la potencia.
- Se decide cambiar el aceite empleado por otro de misma densidad en ambas fases vapor y líquido siendo la viscosidad dinámica $\mu_{liq} = 0.030 \text{ Pa s}$. Calcular la velocidad de giro a la que debe operar la bomba, así como la potencia si se desea mantener constante el caudal de vapor. ¿El cambio de velocidad de giro es significativo?

a)

ENSAYOS	Q (ml/min)	ΔP (bar)	N (rpm)	P (W)
VACÍO	30	0	50	3
CARGA	23	8	40	2,5



$$Q = V_D N - \beta \Delta P$$

ENSAYO DE VACÍO

$$30 = V_D 500 \quad V_D = \frac{3}{5} \text{ ml}$$

ENSAYO DE CARGA

$$23 = \frac{3}{5} 40 - \beta 8 \quad \beta = \frac{\frac{3}{5} 40 - 23}{8} = 0,125$$

$$P_{OT} = V_D N \Delta P + K_1 N + K_2 N^2$$

POTENCIA ENSAYO VACÍO

$$3 = 50 K_1 + 2500 K_2$$

$$2,5 = \left(\frac{\frac{3}{5} \times 40}{1 \times 10^6 \times 60} \right) \times 8 \times 10^5 + K_1 40 + 1600 K_2$$

$$2,2 = 40 K_1 + 1600 K_2$$

$$\rightarrow K_1 = 0,035 \text{ W/rpm}$$

$$K_2 = 0,0005 \text{ W/rpm}^2$$

b) BALANCE DE MASAS EN EL GENERADOR DE HUM

$$\dot{V}_{IAR} \beta_{IAR} = \dot{V}_{LH} \beta_{LH}$$

$$10 \times 1,2 = \dot{V}_{LH} 1036$$

$$\dot{V}_{LH} = 11,6 \text{ ml/min} \quad 6/9$$

(2)

i) $\dot{V}_{aq} = 11,6 \text{ ml/min}$

$$\dot{V}_{aq} = v_{aq} \frac{\pi \phi^2}{4}$$

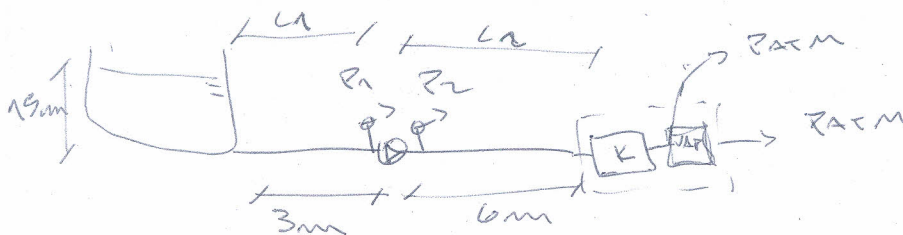
$$v_{aq} = \frac{11,6 \times 10^{-6}}{60} \frac{1}{\left(\frac{3,14 \times 9,005^2}{4} \right)} = 0,0028 \text{ m/s}$$

$$\nu_{aq} = \frac{\mu_{aq}}{\rho_{aq}} = \frac{0,042}{1036} = 4,05 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$$

$$Re = \frac{v \phi}{\nu} = \frac{0,0028 \times 0,005}{4,05 \times 10^{-5}} = 1,2$$

REJIMEN LAMINAR

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{1,2} = 53$$



$$0,15 = \left(0,5 + f \frac{L_1}{\phi} \right) \frac{v_{aq}^2}{2g} = \frac{P_1}{\rho_{aceite} g}$$

$$\frac{P_2}{\rho_{aceite} g} - \left(f \frac{L_2}{\phi} \frac{v_{aq}^2}{2g} + K_{val} \frac{v_{aq}^2}{2g} \right) = 0$$

$$P_1 = \left(0,15 - \left(0,5 + 53 \times \frac{3}{0,005} \right) \frac{0,0028^2}{2 \times 9,8} \right) \times 9,8 \times 1036$$

$$P_1 = -0,058 \times 9,8 \times 1036 = -58,9 \text{ Pa}$$



$$\frac{P_2}{\gamma_{\text{ACEITE LIQ}}} = f \frac{L_2}{\phi} \frac{v_{\text{Liq}}^2}{2g} + K_{\text{M}} Q^2 \quad (3)$$

$$\frac{P_2}{\gamma_{\text{ACEITE LIQ}}} = \frac{53,6}{0,005} \times \frac{0,0098^2}{2 \times 9,8} + 1,53 \times 10^{-2} \times 11,6^2$$

$$\frac{P_2}{\gamma_{\text{ACEITE LIQ}}} = 2,37 \text{ m}_{\text{ACEITE LIQ}}$$

$$P_2 = 0,241 \text{ bar}$$

$$\Delta P = P_2 - P_1 = 0,241 \text{ bar}$$

$$ii) Q = V_D N - \beta \Delta P$$

$$N = \frac{Q + \beta \Delta P}{V_D} = \frac{11,6 + 0,125 \times 0,241}{3/5}$$

$$N = 19,54 \text{ rpm}$$

$$P_{\text{OT}} = \left(\frac{3}{5} \times \frac{19,4 \times 10^{-6}}{60} \right) \times 0,241 \times 10^5$$

$$+ 0,035 \times 19,4 + 0,0005 \times 19,4^2$$

$$P_{\text{OT}} = 0,2 \text{ W}$$

$$c) \gamma = \frac{0,03}{1036} = 2,9 \times 10^{-5} \quad Re = 1,7 \quad (u)$$

$$f = \frac{64}{Re} = 38$$

$$P_1 = 388 \text{ Pa} \quad P_2 = 0,23 \text{ bar}$$

$$\Delta P = 0,23 \text{ bar}$$

$$B = \frac{C}{\mu} \quad B = \frac{C}{\mu} \quad B = \frac{B_m}{\mu'}$$

$$B = 0,125 \times \frac{(0,042)}{(0,030)} = 0,175 \frac{\text{m}^2}{\text{bar}}$$

$$K_2 = \Delta \mu \quad K_2 = \Delta \mu'$$

$$K_2' = \frac{K_2 \mu'}{\mu} \quad K_2' = 0,0005 \times \frac{0,03}{0,042}$$

$$K_2' = 0,0004 \text{ W/rpm}^2$$

$$Q = V_0 N - B \Delta P$$

$$N = \frac{11,6 + 0,175 \times 0,23}{3/5} = 19,4 \text{ rpm}$$

$$P_{\text{tot}} = V_0 N \Delta P + K_1 N + K_2 N^2$$

$$P_{\text{tot}} = 0,2 \text{ W}$$