

~~Zag~~~~Pg~~

$$5 + \frac{U^2}{2,981} f \cdot \frac{55}{0,0627} = H \quad f_T = 0,018$$

$$5 + \frac{Q^2}{2,981 \cdot \left(3600 \cdot \pi \cdot 0,0627^2 \right)^2} \cdot f \cdot \frac{55}{0,0627} = H$$

Curva de la Bomba:

$$H = -2,1377 \times 10^{-2} Q^2 + 0,3555 \cdot Q + 26,8816$$

Iterando:

$$Q = 21,54$$

$$H = 24,617$$

$$f = 0,117$$

$$Re = 547$$

b) $-4,444 Q^2 + 247,75 Q + 760,256 = P_m$

$$P_{m_{\max}} = 4213,152 \text{ W} \quad Q = 27,87 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$D,87 = \frac{4213,152}{P_e} \Rightarrow P_e = 4,84 \text{ kW}$$

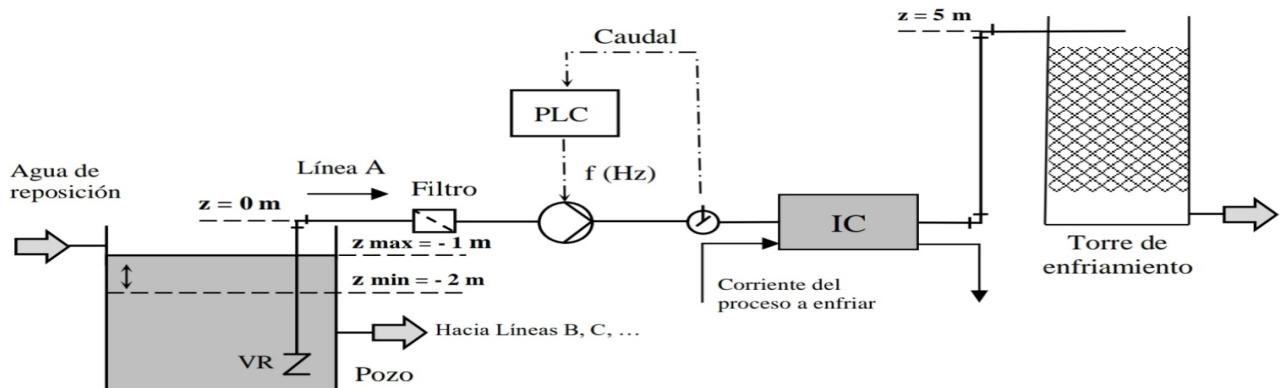
c) Motor con $P_N > 4,2$

MA13251-2	5,5	7,5	2910	10,4	87,0	0,88
-----------	-----	-----	------	------	------	------



c4. En una planta industrial un pozo de nivel variable alimenta agua a distintas líneas de proceso, entre ellas la línea A, en donde está instalado un intercambiador de calor (IC) que permite enfriar una corriente del proceso, como se presenta en la figura. El agua que sale del intercambiador se conduce a una torre de enfriamiento abierta a la atmósfera para ser luego reutilizada.

Con el fin de alimentar el IC con un caudal de agua constante de $30 \text{ m}^3/\text{h}$, se instala un "loop" de control que utiliza el caudal registrado por un caudalímetro en línea para regular la frecuencia de alimentación eléctrica a través de un variador acoplado a la electrobomba modelo CN 40-125/15.



- Hallar la frecuencia eléctrica máxima f (Hz) a la que debe operar la bomba.
- Hallar la potencia demandada a la red eléctrica si la bomba se halla operando en su velocidad máxima de giro.
- Determinar si existe riesgo de cavitación cuando la bomba está operando a velocidad máxima de giro.
- Discutir cualitativamente cómo se afectarían las variables del punto de operación: H, N, ηT , Pe y NPSHd, si el filtro en línea se obstruyera significativamente cuando el pozo está en el nivel mínimo.

Datos adicionales:

Línea A: Tubería de acero comercial IPS Sch 40 de 3" de diámetro nominal, $\epsilon = 4,5 \times 10^{-5}$ m.

En la conducción de succión de la bomba: 10 m de tubería, VR: válvula de pie con filtro con obturador ascendente, 1 codo STD 90°, filtro en línea de malla con 250 mbar de pérdida de carga trabajando a 30 m³/h.

En la conducción de descarga de la bomba: 20 m de tubería, caudalímetro con 50 mbar de pérdida de carga a 30 m³/h, 3 codos STD 90°, IC con 500 mbar de pérdida de carga trabajando a 30 m³/h. Asumir que son despreciables la pérdida de carga y la variación de energía cinética en el sistema de distribución al final de la tubería que descarga sobre la torre de enfriamiento.

Aqua: $\rho = 998$ kg/m³; $\mu = 1 \times 10^{-3}$ Pa.s; $P_{vap} = 2339$ Pa (puede asumirlas constantes pese al cambio de T)

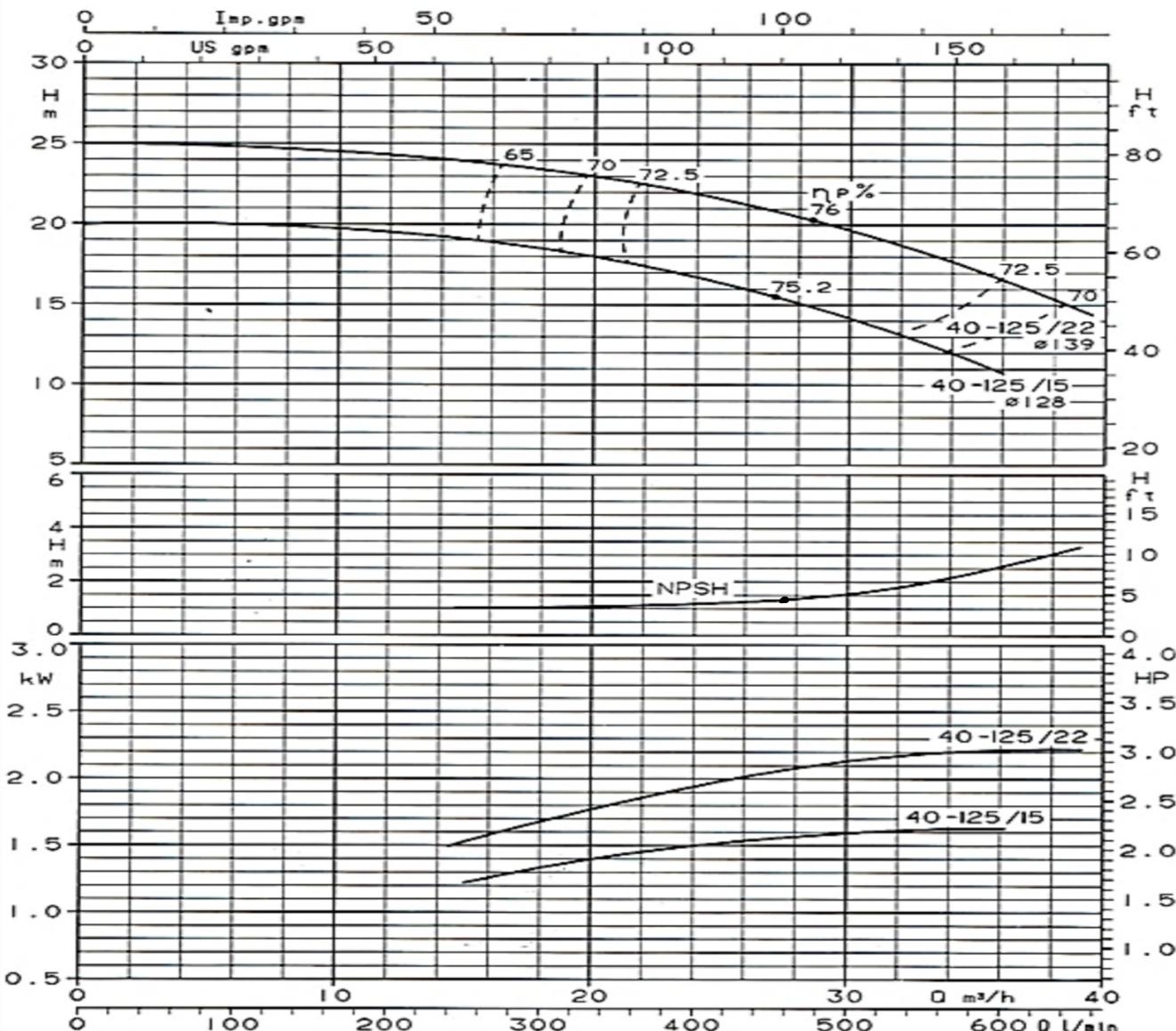
$P_{atm} = 1$ bar

Bombeo: En la siguiente página se adjuntan los gráficos provistos por el fabricante para la electrobomba CN 40-125/15 operando a frecuencia nominal (50 Hz, 2900 rpm, eficiencia total ηT). Despreciar las variaciones en la eficiencia del motor eléctrico al varia la frecuencia de alimentación eléctrica del motor. Asumir que el variador de frecuencia consume el 3 % de la energía eléctrica entrante.

Ajuste de la curva de la bomba

CN 40-125/15 a 2900 rpm:

$$H \text{ (m)} = 20 + 0,085 * Q \text{ (m}^3\text{/h}) - 0,0094 * [Q \text{ (m}^3\text{/h})]^2$$



$$3) \text{ BEM: } \frac{\Delta U^2}{2\alpha g} + \Delta z + \cancel{\frac{\Delta P}{\rho g}} + \Delta h_f = H$$

$D_{int} = 0,07793 \text{ m}$

$$\frac{U^2}{2\alpha g} + f + \frac{U^2}{2g} \left(\frac{F \cdot (10+20)}{0,07793} + \sum K \right) + P = H$$

$F_T = 0,018$

$$\sum K = 4 \cdot 30 F_T + 420 F_T = 9,72$$

$$P = \frac{500 \times 10^2 + 250 \times 10^2 + 50 \times 10^2}{998,9,81}$$

$$F(Q=30 \frac{m^3}{h}) = 0,019$$

$$H_2 = 17,9766 \text{ m}$$

$$\left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2 = \frac{H_1}{H_2}$$

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$N_1 = 2900$$

$$Q_2 = 30$$

$$H (\text{m}) = 20 + 0,085 * Q (\text{m}^3/\text{h}) - 0,0094 * [Q (\text{m}^3/\text{h})]^2$$

$$\left(\frac{2900}{N_2} \right)^2 \cdot 17,9766 = 20 + 0,085 \cdot \frac{2900}{N_2} \cdot 30 - 0,0094 \left(\frac{2900}{N_2} \cdot 30 \right)^2$$

$$N_2 = 3160,57$$

$$\begin{array}{rcl} 2900 & - & 50 \\ 3160 & - & f = 54,5 \text{ Hz} \end{array}$$

b) $P_H = \rho g H Q = 1467 \text{ W}$

$$\eta_T = \frac{P_H}{P_E} \quad \frac{Q_1}{Q_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$Q_1 = \frac{2900}{3160} \cdot 30$$

$$Q_1 = 27,5 \Rightarrow \eta_T = 75,2$$

$$P_E = 1950,8 \cdot 1,03 = 2009 \text{ W} \Rightarrow 2 \text{ kW}$$

c) $NPSH_D = h_s - h_{VAP} = \frac{P_s - P_{VAP}}{\rho g} + \frac{U^2}{2g}$

BEM:

$$\frac{P_s - P_{VAP}}{\rho g} + \frac{U^2}{2g} + Z + \frac{\Delta h_{F, \text{filtration}}}{\rho g} + \Delta h_f = 0$$

$$\begin{aligned} f_T &= 0,018 \\ U &= 1,747 \frac{\text{m}}{\text{s}} \\ \sum K &= 8,1 \end{aligned}$$

$$\Delta h_f = \left(\frac{10 \cdot 0,019}{0,07793} + \sum K \right) \frac{U^2}{2g}$$

$$\frac{U^2}{2g} + \frac{P_s}{\rho g} = 4,02$$

$$NPSH_D = 4,02 - \frac{23,39}{998,981} = 3,78 \text{ m}$$

$$NPSH_r = 1,4$$

$$\frac{NPSH_{r_1}}{NPSH_{r_2}} = \left(\frac{N_1}{N_2} \right)^2$$

$$\Rightarrow NPSH_{r_2} = 1,66 \text{ m}$$

$$NPSH_{r_2} < NPSH_D$$

\Rightarrow No Cavitación

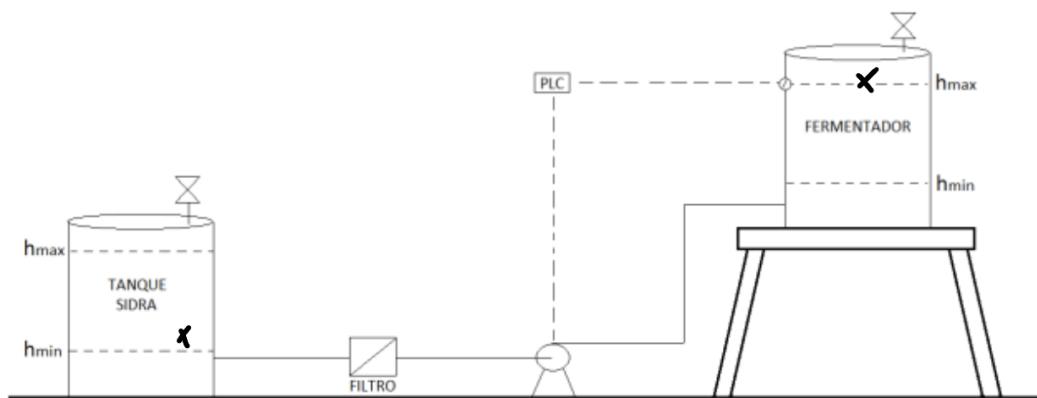
c) $H \uparrow, N \uparrow, P_e \uparrow, \eta_T \downarrow, NPSH \downarrow$

Problema de resolución previa

p5. La sidra es un producto intermedio de la producción de vinagre de manzana. A partir del tanque de sidra, se alimenta el reactor de fermentación de acetonas, en el cual se forma el vinagre ($\rho = 1050 \text{ kg/m}^3$ $\mu = 1 \times 10^{-3} \text{ Pa.s}$). Ambos recipientes están abiertos a la atmósfera y funcionan entre niveles mínimos de 1 m y máximos de 4,5 m. La base del reactor de fermentación se encuentra 2 m sobre la base del tanque. El fermentador tiene un diámetro de 3 m y funciona en batch, se carga desde el nivel mínimo y cuando alcanza el nivel máximo un medidor de nivel asociado a un PLC apaga la bomba para que comience la fermentación. La tubería es de acero comercial nuevo IPS Sch 40 $\Phi_N = 2 \frac{1}{2}''$, con longitud equivalente de 65 m. La línea cuenta con un filtro cuya pérdida de carga es de 30.000 Pa, la cual puede asumirse prácticamente constante en las condiciones de operación.

En base a los tiempos de operación, el fermentador debe cargarse con un caudal de al menos $30 \text{ m}^3/\text{h}$.

- a) Determine si la bomba 201 mm puede cumplir el servicio
- b) Determine si acoplando dos bombas 177 mm se puede cumplir el servicio



d) BEM: ~~$\frac{\Delta u^2}{2g}$~~ + Δz + ~~$\frac{\Delta P}{\rho g}$~~ + $\Delta h_f = H$

Situación
más desfavorable