

Valvula linear  
(VA)

$$K_{V100} = 11,8$$

→ abierta 50%

Verano → caudal mayor a  $5,5 \frac{m^3}{h}$  para regar

a) Balance del pozo al tanque para riego

$$\frac{P_0}{\rho g} + \frac{V_0^2}{2g} + z_0 + H_s = \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 + h_f + H_v$$

→ considero  $z=0$  en la bomba

→ Tanques a  $P_{atm}$

→ vel en la superficie = 0

$$-5m + H_s = 7m + h_f + H_v \quad \checkmark$$

$$h_f = \frac{8Q^2}{\pi^2 g} \left( \frac{L_s f_s}{D_s^5} + \frac{L_A f_A}{D_A^5} + \frac{L_B f_B}{D_B^5} + \frac{L_D f_D}{D_D^5} \right)$$

$$D_s = D_A = D_D = 2,067 \text{ pig} \frac{1m}{39,37 \text{ pig}} \rightarrow D_s = D_A = D_D = 0,053 m$$

$$D_B = 0,824 \text{ pig} \frac{1m}{39,37 \text{ pig}}$$

$$\rightarrow D_B = 0,021 m$$

$$f_s = f_A = f_D = 0,019$$

$$L_s = 7m$$

$$L_D = 30m$$

$$f_B = 0,025$$

$$L_A = 15m$$

$$L_B = 15m$$

$$h_f = Q^2 \left( \frac{1h}{3600s} \right)^2 \cdot 0,083 \frac{s^2}{m} \left( 318033,08 m^{-4} + 681499,45 m^{-4} + \right.$$

$$\left. 91819472,63 m^{-4} + 1362998,907 m^{-4} \right)$$

$$h_f = Q^2 \cdot 0,603 \frac{h^2}{m^5} \quad \checkmark$$

$$H_V = \frac{\Delta P_V}{\rho g}$$

$$K_V = Q \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right] \sqrt{\frac{\rho r}{\Delta P_V [\text{bar}]}}$$

$$\Delta P_V = \frac{\rho r}{\left( \frac{K_V}{Q} \right)^2} = \frac{\rho r Q^2}{K_V^2}$$

$$H_V = \frac{\rho r Q^2}{\rho g K_V^2 \cdot \frac{1 \text{ bar}}{100000 \text{ Pa}}} \rightarrow H_V = Q^2 \frac{10,20 \text{ Pa}}{5,9^2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \left( \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right)^2}$$

$$K_{V100} = 17,8 \rightarrow K_{V50} = 5,9$$

$$H_S = 7 + 5 + 0,603 Q^2 + \frac{10,20}{5,9^2} \cdot Q^2$$

→ En la primer hoja del excel se encuentran graficadas las curvas tanto del sistema como la bomba

↳ En la intersección vemos que el punto op es:

$$\boxed{Q = 4,5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}} \quad H \approx 30 \text{ m}$$

→ No se obtiene un caudal mayor a  $4,5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$  como se había solicitado

→ Al tanque llega un caudal de  $4,5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$

→ En la primer hoja del excel podemos ver tambien graficos de  $\eta$  y  $\text{ANPA}_{\text{req}}$ .

→ con el caudal leo  $\eta \left( 4,5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) = 44 \%$

$$\text{ANPA}_{\text{req}} \left( 4,5 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right) \approx 1,45 \text{ m}$$

$$ANPA_{disp} = \frac{P_0 - P_v}{\rho g} + z_0 - h_{fs}$$

$$ANPA_{disp} = \frac{101325 \text{ Pa} - 0.0234 \cdot 1000000 \text{ Pa}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} - 5 \text{ m} -$$

$$\frac{8 \cdot \left(4.5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}\right)^2 \left(\frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}\right)^2 \cdot 7 \text{ m} \cdot 9.81 \text{ m/s}^2}{\pi^2 \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot (0.053 \text{ m})^5}$$

$$ANPA_{disp} = 5.06 \text{ m}$$

→ NO hay riesgo de cavitación pq  $ANPA_{req} < ANPA_{disp}$

$$\dot{W}_s = \frac{\rho g H Q}{\eta} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 30 \text{ m} \cdot 4.5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}}{0.44}$$

$$\dot{W}_s = 835.23 \text{ Watts}$$

b) válvula abierta 100% → máximo caudal que sería posible alcanzar.

$$H_s = 7 + 5 + 9603 Q^2 + \frac{10.20}{(11.8)^2} Q^2$$

→ Nuevamente grafico la nueva curva del sistema y la curva de la válvula (2da hoja del excel)

→ Encontró el punto de intersección

$$Q = 5.1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$H = 29.5 \text{ m}$$

→ El caudal máximo que logramos es de  $5,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

↳ Por lo tanto, incluso si abrimos la válvula del todo no negaremos al caudal solicitado (es decir mayor a  $5,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ )

→ En la 2da hoja de excel tmb tenemos los graficos de  $\eta$  y ANPAreq.

→ con el caudal leo

$$\eta \left( 5,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) \approx 46 \%$$

$$\text{ANPAreq} \left( 5,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right) = 1,5 \text{ m} \quad \checkmark$$

$$\text{ANPA}_{\text{disp}} = \frac{101325 \text{ Pa} - 0,0234 \cdot 100000 \text{ Pa}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} - 5 \text{ m} -$$

$$\frac{8 \cdot \left( 5,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)^2 \left( \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} \right)^2 \approx 0,019}{\pi^2 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} (0,053 \text{ m})^5}$$

$$\boxed{\text{ANPA}_{\text{disp}} = 5,05 \text{ m}} \quad \checkmark$$

→ NO hay riesgo de cavitación pq  $\text{ANPA}_{\text{disp}} > \text{ANPA}_{\text{req}}$

$$\dot{W}_s = \frac{\rho g H Q}{\eta} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 29,5 \text{ m} \cdot 5,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}}{0,46}$$

$$\boxed{\dot{W}_s = 890,34 \text{ W}} \quad \checkmark$$

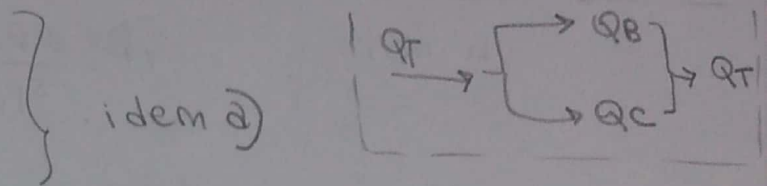


c) Valvula abierta a 50%  $\rightarrow K_v = 5,9$

Balance del pozo al tanque de riego (por la rama sup).

$$H_s = 7 + 5 + h_f + H_v$$

$$H_v = \frac{10,20}{5,9^2} \cdot Q_T^2$$



$$h_f = \frac{0,083}{3600^2} \frac{h^2}{m} \left( \frac{L_s f_s Q_T^2}{D_s^5} + \frac{L_A f_A Q_T^2}{D_A^5} + \frac{L_B f_B Q_B^2}{D_B^5} + \frac{L_D f_D Q_T^2}{D_D^5} \right)$$

$$H_s = 7 + 5 + \frac{10,20}{5,9^2} Q_T^2 + \frac{0,083}{3600^2} \left( 318033,08 \cdot Q_T^2 + 681499,45 Q_T^2 + 91819472,63 Q_B^2 + 1362998,907 Q_T^2 \right)$$

$\rightarrow$  Además sabemos que las pérdidas en cañerías en paralelo son iguales.

$$h_{fB} = h_{fC}$$

$$\frac{f_B L_B Q_B^2}{\pi^2 D_B^5} = \frac{f_C L_C Q_C^2}{\pi^2 D_C^5}$$

$$D_C = 1049 \text{ pig} \cdot \frac{1 \text{ m}}{39,37 \text{ pig}}$$

$$\rightarrow D_C = 0,027 \text{ m}$$

$$f_C = 0,023$$

$$L_C = 55 \text{ m}$$

$$Q_B = \sqrt{\frac{55 \cdot (0,027)^5 Q_C^2 \cdot 0,023}{(0,027)^5 \cdot 0,025 \cdot 15}}$$

$$Q_T = Q_B + Q_C$$

$\rightarrow$  Con el solver en excel obtengo cuanto valen  $Q_B$  y  $Q_C$  para cada  $Q_T$

→ una vez obtenidos los caudales podemos nuevamente graficar la curva del sistema y de la bomba y encontrar la intersección (hoja 3 del excel)

$$Q_T = 8,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

$$H = 27,5 \text{ m}$$

→ Logramos un caudal de  $8,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$

→ Ahora si se cumple con lo solicitado ( $Q > 5,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ )

→ En la tercer hoja del excel tambien estan los graficos de  $\eta$  y ANPA reg.

→ Con el caudal leo  $\eta (8,1 \text{ m}^3/\text{h}) = 57\%$

$$\text{ANPA}_{\text{reg}} (8,1 \text{ m}^3/\text{h}) = 1,9 \text{ m}$$

$$\text{ANPA}_{\text{disp}} = \frac{101325 \text{ Pa} - 0,0234 \cdot 1000000 \text{ Pa}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}} - 5 \text{ m}$$

$$\frac{8 \left( 8,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right)^2 \left( \frac{14}{3600 \text{ s}} \right)^2 7 \text{ m} \cdot 0,019}{\pi^2 \cdot 9,8 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} (0,053 \text{ m})^5}$$

$$\text{ANPA}_{\text{disp}} = 4,97 \text{ m}$$

→ NO hay riesgo de cavitación pq  $\text{ANPA}_{\text{disp}} > \text{ANPA}_{\text{reg}}$

$$\dot{W}_s = \frac{\rho g H Q}{\eta} = \frac{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 27,5 \text{ m} \cdot 8,1 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{14}{3600 \text{ s}}}{0,57}$$

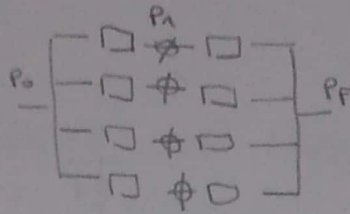
$$\dot{W}_s = 1063,82 \text{ watts}$$

a)

$$D_1 = 0,15 \text{ m}$$

$$L_{S1} = 0,125 \text{ m}$$

$$C_1 = 0,06$$



$$P_{inicia} = 5,7 \text{ bar}$$

$$P_{final} = 25 \text{ bar}$$

$$r_{pG} = 4,39$$

$$r_{pJ} = \sqrt{r_{pG}} = 2,09$$

$$r_{p1} = \frac{P_1}{P_0}$$

$$\rightarrow P_1 = 11,91 \text{ bar}$$

→ En excel en azul esta marcada la primer etapa adiab.

→ Tenemos =

$$P_0 = 5,7 \text{ bar}$$

$$P_1 = 11,91 \text{ bar}$$

$$T_0 = 10^\circ\text{C} = 283,15 \text{ K}$$

$$T_1 = 44^\circ\text{C} = 317,15 \text{ K}$$

$$\frac{T_1}{T_0} = \left( \frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} \rightarrow K_n = 1,18$$

$$\eta_{ad} = \frac{2,09^{\frac{0,18}{1,18}} - 1}{2,09^{\frac{1-1}{1}} - 1} = 0,7 \rightarrow \eta_n = 1,27$$

$$E_v = 1 + C_1 - C_1 (r_{p1})^{1/n_1} \rightarrow E_v = 0,95$$

$$E_v = 0,95 = \frac{V_{a1}}{V_{S1}}$$

$$V_{S1} = \frac{\pi}{4} \cdot D_1^2 \cdot L_{S1} = 2,21 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$V_{a1} = 2,1 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$Q_0 = V_{a1} \cdot N = 2,1 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot 1800 \frac{1}{\text{min}} \rightarrow Q_0 = 3,78 \frac{\text{m}^3}{\text{min}}$$

$$V_{esp0} = 0,084 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}}$$

$$\dot{M} = \frac{Q_0}{V_{esp0}} \rightarrow \dot{M} = 45 \frac{\text{kg}}{\text{min}}$$

→  $\dot{M}$  de una rama

$$V_{esp0} = 0,048 \text{ m}^3/\text{kg} \text{ (mal leído)}$$

$$\dot{M}_{total} = 4 \cdot \dot{M} \rightarrow \boxed{\dot{M}_{total} = 180 \frac{\text{kg}}{\text{min}}}$$

$$315 \text{ kg/min}$$


$$\eta_{ad} = 0,7$$

$$\Delta H_{ad1} = 458 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 436 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \rightarrow \Delta H_{ad1} = 22 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \checkmark$$

$$\eta_{ad} = \frac{\Delta H_{ad1}}{\Delta H_{real1}} \rightarrow \Delta H_{real1} = 31,43 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \checkmark$$

$$\Delta H_{real1} = x - 436 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \rightarrow x = 467,49 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \checkmark$$

↳ entalpia real salida primera etapa

⇒ Agua de enfriamiento a 20°C → puede enfriar hasta 30°C entre las etapas 

⇒ En excel en verde esta marcada la 2da etapa adiab.

$$\Delta H_{ad2} = 466 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 444 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \rightarrow \Delta H_{ad2} = 22 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \checkmark$$

$$\eta_{ad} = \frac{\Delta H_{ad2}}{\Delta H_{real2}} \rightarrow \Delta H_{real2} = 31,43 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

$$\Delta H_{real2} = x - 444 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \rightarrow x = 475,43 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$

↳ entalpia real salida segunda etapa

$$\text{Potencia compresor} = \dot{M}_{\text{total}} (w_{real1} + w_{real2})$$

$$\text{Potencia compresor} = 180 \frac{\text{kg}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \cdot \left( 31,43 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} + 31,43 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$$

$$\text{Potencia compresor} = 188,58 \text{ kW} \checkmark$$

315.5 kW



Potencia de refrigeración =  $\dot{M}_{total} \overrightarrow{DH \text{ en el evap.}}$

Potencia de refrigeración =  $180 \frac{\text{kg}}{\text{min}} \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \left( 436 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right)$

Potencia de refrigeración = 540 kW

872.1 kW

b) Marcado con rosa en excel

c)  $\eta_{pol1} = \frac{\frac{n_1}{n_1-1}}{\frac{k_1}{k_1-1}} \rightarrow \boxed{\eta_{pol1} = 0,72}$

→ De la etapa ad 2 tenemos

$T_1 = 30^\circ\text{C} = 303,15 \text{ K}$

$T_2 = 59^\circ\text{C} = 332,15 \text{ K}$

$P_1 = 11,91 \text{ bar}$

$P_2 = 25 \text{ bar}$

$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} \rightarrow k_2 = 1,14$

$\eta_{ad} = \frac{2,09 \frac{0,14}{1,14} - 1}{2,09 \frac{n-1}{n} - 1} = 0,7 \rightarrow \eta_2 = 1,21$

$\eta_{pol2} = \frac{\frac{n_2}{n_2-1}}{\frac{k_2}{k_2-1}} \rightarrow \boxed{\eta_{pol2} = 0,71}$

Como la variación de la temperatura no es muy grande, se puede asumir que  $k$  es ctte. Como  $\eta_{ad}$  es ctte para todos los compresores,  $r_p$  ctte y  $k$  ctte, se puede asumir que  $n$  no varía con el compresor. Cuando la variación de la temperatura es muy grande, se puede ajustar el  $k$  a cada compresor y luego  $n$ .

LEILA GONZÁLEZ

LV=117898

PROBLEMA 2 - (4)

d)  $\Rightarrow$  Para aumentar la potencia de refrigeración podríamos sobrecalentar más el vapor a la entrada del compresor.

$\Rightarrow$  Por ejemplo, si decidimos sobrecalentar el vapor hasta  $30^{\circ}\text{C}$  tendríamos -

$$\Delta H_{14} = 455 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} - 256 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \longrightarrow \Delta H_{14} = 199 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$$



$\Rightarrow$  Logramos aumentar el  $\Delta H_{14}$  (antes era  $180 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$ )

$\Rightarrow$  Entonces si mantenemos el caudal masico constante obtendremos una mayor potencia de refrigeración.

$\Rightarrow$  También podríamos optar por aumentar el caudal masico del circuito. (aumentando las rpm)

-> También se puede aumentar  $\Delta H_{14}$  limpiando el condensador, por lo que se podrá subenfriar un poco más el líquido condensado.