

Introducción a la Termodinámica

Examen

Ejercicio 1

Dentro de la Unidad de Esferas de GLP de una Refinería, se tiene una esfera de almacenamiento de Propano - C_3H_8 , de 800 m³. La Unidad **recibe de forma continua 10 m³/h de propano líquido saturado a 17 bar**, provenientes de la Unidad de Cracking Catalítico de la Refinería (proceso de fraccionamiento catalizado de los aceites pesados provenientes del fraccionamiento en vacío de la refinería).

La esfera cuenta con dos interruptores de nivel de líquido, para su operativa, uno por **alto nivel al 80% en volumen (es decir, cuando el volumen de líquido es 640 m³)**, y otro por **bajo nivel al 20% en volumen (es decir, cuando el volumen de líquido es 160 m³)**. Al contacto de alto nivel, se enciende el sistema de bombeo que trasiega la fase líquida a la Planta de Envasado. Las bombas paran con el interruptor de bajo nivel. La **capacidad de bombeo es de 180 m³/h de propano líquido**.

Considerando una temperatura ambiente de 25°C:

- a) Halle la masa contenida en una esfera en el alto nivel y en el bajo nivel
- b) Halle la calidad en el alto nivel y en el bajo nivel
- c) Determine el tiempo de llenado de la esfera, en [h], desde el bajo al alto nivel (bombas apagadas)
- d) Determine la transferencia de calor, en [MJ], durante el tiempo de llenado de la esfera (bombas apagadas)
- e) Determine la potencia calorífica, en [kW], durante el tiempo de llenado de la esfera (bombas apagadas)
- f) Determine el tiempo de vaciado de la esfera, en [h], desde el alto al bajo nivel (bombas prendidas)

Propiedades del Propano (C_3H_8) Saturado

P (bar)	T (°C)	vf (m ³ /kg)	vg (m ³ /kg)	hf (kJ/kg)	hg (kJ/kg)	uf (kJ/kg)	ug (kJ/kg)	sf (kJ/kg.K)	sg (kJ/kg.K)
7,0	13,4	0,00196	0,0661	234,21	589,23	232,84	542,98	1,121	2,360
9,5	25,0	0,00203	0,0485	265,11	600,84	263,17	554,66	1,225	2,351
15,0	44,0	0,00217	0,03002	318,81	617,36	315,55	572,32	1,395	2,337
17,0	50,0	0,00222	0,02612	335,71	621,42	331,93	577,02	1,447	2,332
23,0	64,0	0,00239	0,0182	381,52	628,99	376,03	587,06	1,582	2,315

Notas:

- 1) Considere la superficie de la Esfera como diaterma
- 2) Considere los procesos de llenado y vaciado como cuasiestáticos



Introducción a la Termodinámica Examen

Ejercicio 2

Una planta frigorífica cuenta con un tanque que contiene una mezcla bifásica de refrigerante Amoniaco a $T = -12^\circ\text{C}$.

Un evaporador es alimentado con un flujo másico $\dot{m}_3$ ingresando al mismo como líquido saturado a la temperatura del tanque y abandonando el mismo como vapor saturado a la misma presión. Sabiendo que en evaporador se extrae un calor $\dot{Q}_e = 750 \text{ kW}$

a) Determine el flujo másico $\dot{m}_3$

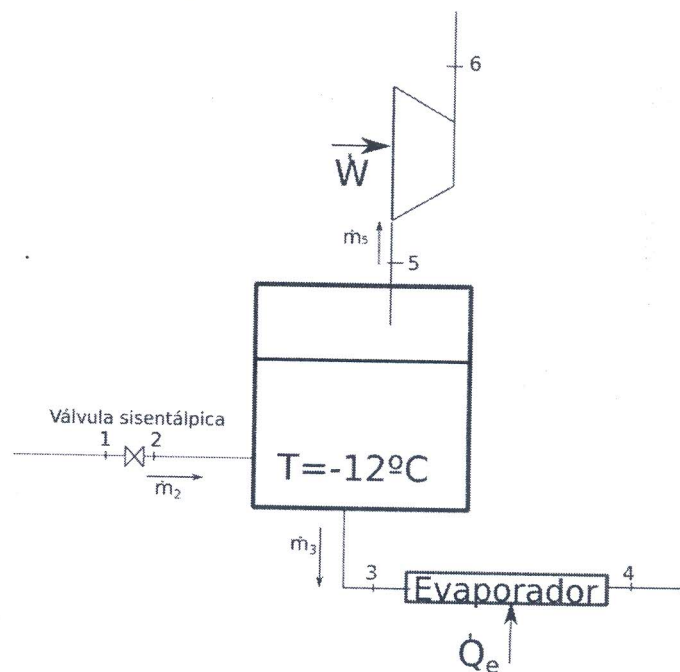
El tanque esta muy bien aislado y es alimentado por refrigerante que ingresa a una válvula isoentálpica como líquido subenfriado a $T_1 = 28^\circ\text{C}$ y $P_1 = 14 \text{ bar}$, y abandona la misma a la presión del tanque (estado 2).

b) Determine la entalpía y calidad en el estado 2 a la salida de la válvula

El flujo másico $\dot{m}_5$ ingresa como vapor saturado a la presión del tanque a un compresor adiabático de eficiencia isentrópica $\eta_s = 82\%$, el cuál lo comprime hasta la presión $P_6 = 14 \text{ bar}$.

c) Determine los flujos másicos $\dot{m}_5$ y $\dot{m}_2$

d) Determine la entalpía h_6 y la potencia $\dot{W}$ consumida por el compresor

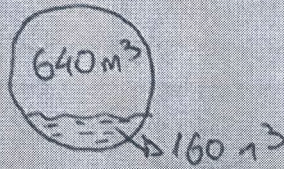


TIM 32 - Examen Dic-21

Ejercicio 1

01/03

a) ^{25%}
d 20%.



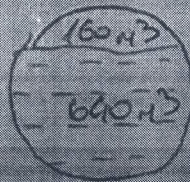
$$m_f = \frac{V_f}{V_f} = \frac{160 \text{ m}^3}{20000 \text{ m}^3/\text{kg}} = 78.818 \text{ kg}$$

$$m_f = \frac{V_f}{V_f} = \frac{640 \text{ m}^3}{0.0485 \text{ m}^3/\text{kg}} = 13.196 \text{ kg}$$

$$m_{\text{TOT}} = 92014 \text{ kg}$$

$$x_{20\%} = \frac{m_f}{m_{\text{TOT}}} = 0.14 = x_{20\%}$$

d 80%.



$$m_f = \frac{640 \text{ m}^3}{20000 \text{ m}^3/\text{kg}} = 319.270 \text{ kg}$$

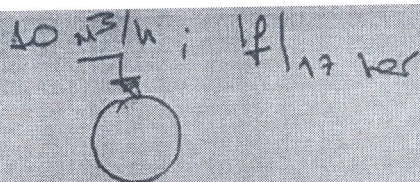
$$m_f = \frac{160 \text{ m}^3}{0.0485 \text{ m}^3/\text{kg}} = 3299 \text{ kg}$$

$$m_{\text{TOT}} = 318.569 \text{ kg}$$

$$x_{80\%} = \frac{m_f}{m_{\text{TOT}}} = 0.01 = x_{80\%}$$



b) Balance de masa



52/03

$$\Delta m = m_2 - m_1 = 318.569 \text{ kg} - 92014 \text{ kg} = 226.555 \text{ kg}$$

$$\frac{dm}{dt} = \dot{m}_m = \frac{\dot{V}_m}{V_m} = \frac{10 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ s/h}}{0,00222 \text{ m}^3/\text{kg}} = 1,25 \text{ kg/s}$$

$$\Delta t = \frac{\Delta m}{dm/dt} = 181.244 \text{ s} \approx \boxed{50,3 \text{ ks} = \Delta t_{\text{vac}}}$$

c) 1er PPO llenado

$$\Delta U = Q - W + \Delta m \cdot h_e$$

$$m_2 \cdot u_2 - m_1 \cdot u_1 = Q + \Delta m \cdot h_e$$

$$u_2 = u|_{17} = 263,17 \text{ kJ/kg} + 0,05 \cdot (554,66 - 263,17) \text{ kJ/kg} = 266,04 \text{ kJ/kg}$$

$$u_1 = u|_{14} = 263,17 \text{ kJ/kg} + 0,14 \cdot (554,66 - 263,17) \text{ kJ/kg} = 304,02 \text{ kJ/kg}$$

$$\rightarrow 318.569 \text{ kg} \cdot 266,04 \text{ kJ/kg} - 92014 \text{ kg} \cdot 304,02 \text{ kJ/kg} = Q + 226.555 \text{ kg} \cdot 335,71 \text{ kJ/kg}$$

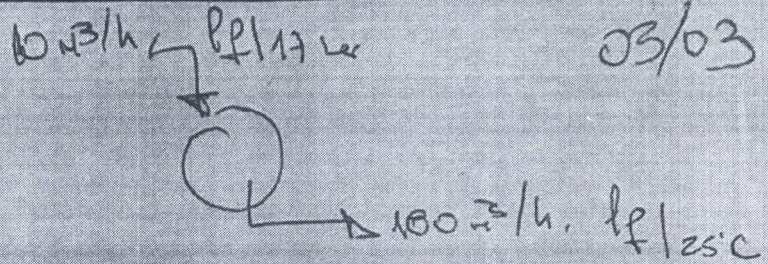
$$\rightarrow \boxed{Q_{\text{vendo}} = -19.290 \text{ MJ}}$$

necesita liberar calor (condensa el vapor) para mantener la presión

$$d) \dot{Q} = \frac{Q}{\Delta t} = \frac{-19.290 \text{ MJ}}{181.244 \text{ s}} = \boxed{-106,4 \text{ kW} = \dot{Q}_{\text{vendo}}}$$

03/03

e) Balance de masa



$$\Delta m = -226.555 \text{ kg}$$

$$24.63 \text{ kg/s}$$

$$\frac{dm}{dt} = 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{s}} - \frac{100 \text{ m}^3/\text{h} / 3600 \text{ s/h}}{0.00203 \text{ m}^3/\text{kg}} = -23.38 \text{ kg/s}$$

$$dt = \frac{dm}{dm/dt} = 9.690 \text{ s} \approx \boxed{2.7 \text{ hs} = \Delta t_{\text{vac.}}}$$

f) 1º ppo vacado

$$\Delta U = Q - W + \Delta m_{\text{in}} \cdot h_e - \Delta m_{\text{out}} \cdot h_{\text{out}}$$

$$92014 \text{ kg} \cdot \frac{301.06 \text{ kJ}}{\text{kg}} - 318.569 \text{ kg} \cdot \frac{266.06 \text{ kJ}}{\text{kg}} = Q + \frac{1.25 \text{ kg/s} \cdot 335.71 \text{ kJ}}{(9.690 \text{ s})^{-1}} \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

$$- \frac{24.63 \text{ kg/s} \cdot 265.11 \text{ kJ}}{(9.690 \text{ s})^{-1}} \frac{\text{kg}}{\text{kg}}$$

$$\rightarrow \boxed{Q_{\text{vac}} = 2.439 \text{ MJ}}$$

, necesite obtener calor
(vaporizo la fase líquida) P/mantener
la presión

$$g) \quad \dot{Q} = \frac{Q}{dt} = \frac{2.439 \text{ MJ}}{9.690 \text{ s}} = \boxed{251.7 \text{ kW} = \dot{Q}_{\text{vac}}}$$

5/6

Ejercicio 2

Estado	T (°C)	P (kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kgK)	x
1	28	14	312,75		
2		~~2,8~~	312,75		
3	-12	~~2,8~~	124,83		0,199
4	-12	2,05	1428,11	~~5,4948~~	~~10~~
5	-12	2,68	1428,11	~~5,4948~~	1
6s	107,7	14	1670,8	5,4948	1
6		14	1724,1		

a) $Q_{rev} = 750 \text{ kW} = \dot{m}_3 (h_4 - h_3) \rightarrow \dot{m}_3 = 0,5755 \text{ kg/s}$

b) $h_1 \approx h_2 @ 28^\circ\text{C} = 312,75 \text{ kJ/kg}$ $h_1 = h_2$ (valvula isotérmica)
 $x_2 = \frac{h_2 - h_{f@-12}}{h_{fg@-12}} = 0,199$

$s_1 = s_5 \rightarrow s_5 = 5,4948 \text{ kJ/kgK}$



c) Balance de energía al tanque: $\dot{m}_2 h_2 = \dot{m}_3 h_3 + \dot{m}_5 h_5$

u de masa $\rightarrow \dot{m}_2 = \dot{m}_3 + \dot{m}_5$

$(\dot{m}_3 + \dot{m}_5) h_2 = \dot{m}_3 h_3 + \dot{m}_5 h_5$

$\rightarrow \dot{m}_5 = \dot{m}_3 \frac{h_3 - h_2}{h_2 - h_5} \rightarrow \dot{m}_5 = 0,097 \text{ kg/s}$
 $\dot{m}_2 = 0,6725 \text{ kg/s}$

o) $s_6 = s_5$
 $P_{6s} = 14 \text{ bar} \rightarrow T_{6s} = 107,7^\circ\text{C} \rightarrow h_{6s} = 1670,8 \text{ kJ/kg}$

$\dot{q}_s = \frac{h_3 - h_{6s}}{h_5 - h_6} \rightarrow h_6 = \frac{h_5 - h_{6s}}{\dot{q}_s} + h_3 = 1724,1 \text{ kJ/kg}$

0,87

$\dot{W} = (h_6 - h_5) \dot{m}_5 = 28,7 \text{ kW}$