

Nombre y Apellido: \_\_\_\_\_

LU: \_\_\_\_\_

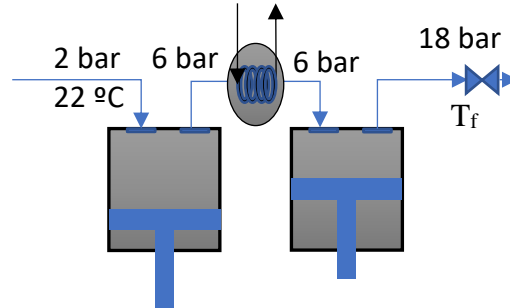
Nº de Hojas: \_\_\_\_\_

**TERMODINÁMICA QUÍMICA PARA INGENIERÍA**  
**Dpto. Ing. Química - Universidad Nacional del Sur**

**Examen Final – 23/09/2020**

**Problema 1**

Un compresor se utiliza para elevar la presión de una corriente de gas desde 2 bar a 18 bar a razón de 4 kg/s. El equipo, como se muestra en la figura, posee dos etapas con una refrigeración intermedia. Se utiliza agua a 25 °C como refrigerante con un caudal de 0.5 kg/s, y sale a 48.9 °C del intercambiador.



- Calcule la potencia requerida por el compresor si el gas se trata de propano puro (2 bar y 22 °C), y la temperatura final de descarga del compresor es de  $T_f = 135$  °C.
- Determine el cambio de entropía de la corriente de propano entre la entrada y la salida del compresor.
- Si en lugar de propano puro se alimenta una mezcla de propano (73 % molar) y butano (27 % molar) ¿Cuál sería la potencia requerida por el equipo si se mantienen las condiciones operativas de temperatura y presión del inciso a)?
- Evalúe la temperatura intermedia mínima a la que se debe enfriar la corriente de propano y butano que sale de la primera etapa de compresión (6 bar) para evitar su condensación.

Nota: considere que la mezcla de gases se comporta como una “solución ideal” y que además es válida la ley de Raoult. La tabla reporta propiedades de los compuestos de interés, asuma que el  $C_p$  permanece contante con la temperatura.

|         | $T_c$ [K] | $P_c$ [bar] | $\omega$ | $C_p$ (g.i.)/R | $\log_{10}(P^{sat} \text{ [bar]})$                  |
|---------|-----------|-------------|----------|----------------|---|
| Propano | 369.8     | 42.48       | 0.152    | 9.011          | $4.2786 - \frac{939.895}{T \text{ [°C]} + 273.15}$  |
| Butano  | 425       | 38          | 0.199    | 11.928         | $4.3576 - \frac{1175.581}{T \text{ [°C]} + 271.09}$ |

**Problema 2**

Se quiere fraccionar una mezcla de metanol (1) y cloroformo (2) utilizando dos separadores líquido-vapor (separadores flash) en cascada que por requerimientos de proceso operan a 6 bar (figura 1.A). El sistema a esta presión tiene un comportamiento líquido-vapor según se muestra en la figura 1.B. Se alimenta al tren de separación una mezcla con 30 % molar de metanol.

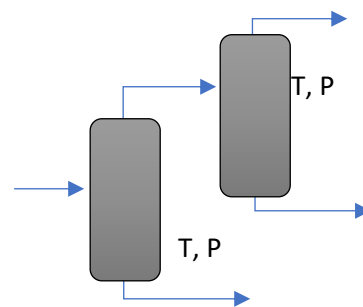


Figura 1 A

Nombre y Apellido: \_\_\_\_\_

LU: \_\_\_\_\_

Nº de Hojas: \_\_\_\_\_

- i. Si se quiere obtener un producto vapor con una concentración del 40 % molar de metanol en el segundo separador, ¿cuál debería ser la temperatura operativa de este equipo? ¿Cuál sería la concentración de metanol en el producto líquido de este (segundo) separador?
- ii. Se desea obtener una fracción vaporizada (V/F) del 60 % en el primer separador. Determine la temperatura operativa apropiada.
- iii. Un ingeniero quiere cambiar la temperatura operativa de ambos equipos para alcanzar una composición del 50 % de metanol en el vapor a la salida del segundo separador. ¿Es posible alcanzar esta composición de producto vapor?
- iv. Las presiones de vapor de metanol y cloroformo a 390 K son de 5.84 bar y 4.70 bar, respectivamente. Determine los coeficientes de actividad del cloroformo a partir de la información experimental. Asuma que la fase vapor de este sistema se comporta como una solución ideal.

|            | $T_c$ [K] | $P_c$ [bar] | $\omega$ |
|------------|-----------|-------------|----------|
| Metanol    | 369.8     | 42.48       | 0.152    |
| Cloroformo | 425       | 38          | 0.199    |

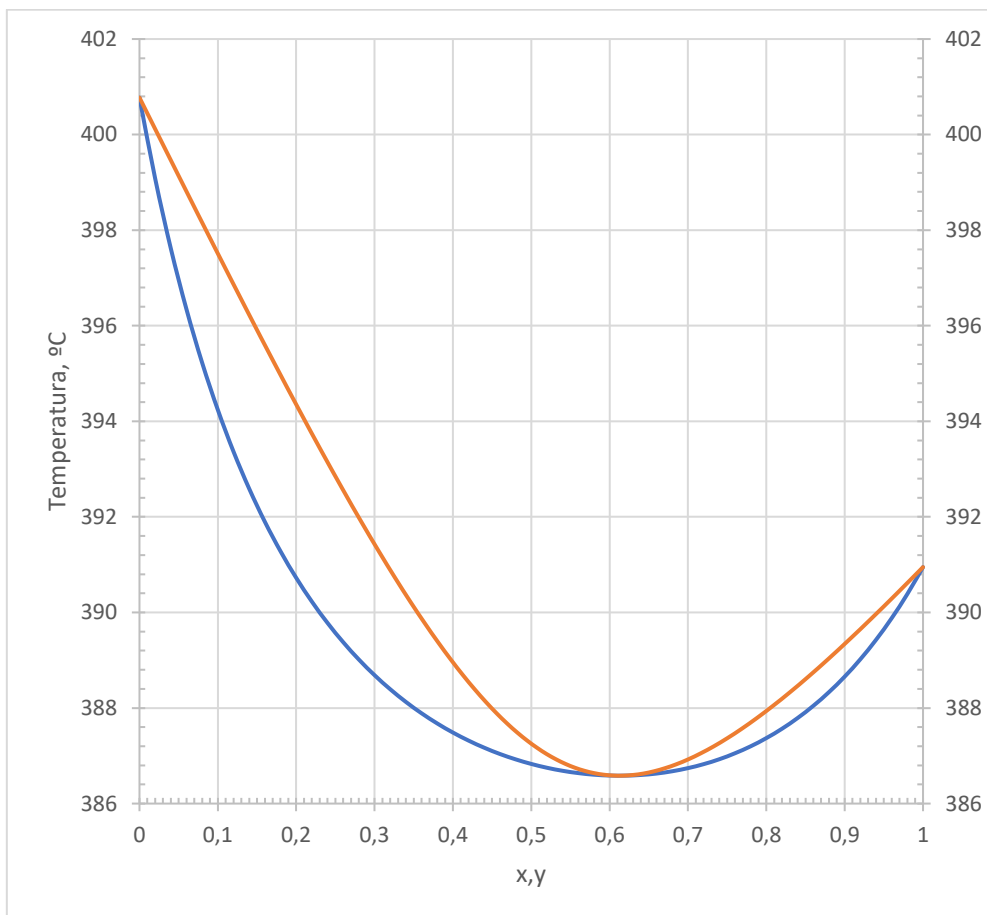


Figura 1.B Equilibrio líquido-vapor de metanol (1) /cloroformo (2) a 6 bar.

Nota: En un gráfico esquemático señale las marcas que correspondan a las respuestas dadas en cada inciso.

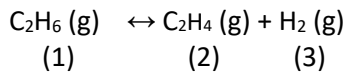
Nombre y Apellido: \_\_\_\_\_

LU: \_\_\_\_\_

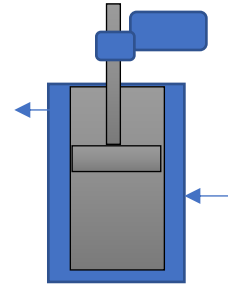
Nº de Hojas: \_\_\_\_\_

### Problema 3.

Se está estudiando la producción de etileno (2) a partir de etano (1) en un reactor discontinuo experimental de escala piloto. La reacción es la siguiente:



El reactor opera 893.15 K y dispone de un pistón que, mediante variaciones de su posición, permite mantener la presión constante durante la operación.



El reactor se carga inicialmente con 250 L de una mezcla gaseosa de etano (1) y agua (4) que se utiliza como agente inerte, con una concentración de 20 % molar de agua. La temperatura operativa es de 893.15 K, y la presión inicial de carga es de 1.2 bar.

- Calcule la constante de equilibrio de la reacción a la temperatura operativa.
- Determine la conversión de equilibrio del etano (1) a 893.15 K si el volumen del reactor se mantiene constante, impidiendo el desplazamiento del pistón del reactor. Asuma comportamiento de gas ideal en los cálculos.
- Si inicialmente la carga se realiza a 893.15 K y 18 bar con un volumen inicial de 250 L ¿Cuál será la conversión de etano? La presión se mantiene constante mediante la variación interna del pistón del reactor. Puede asumir que la fase gas se comporta como gas ideal.
- Si la carga inicial al reactor se realiza con etano (1) puro ¿La conversión de etano (1) sería mayor o menor a la hallada anteriormente una vez alcanzado el equilibrio? ¿Por qué?
- Calcule la masa de etileno producida en los casos estudiados en el inciso (b) [1.2 bar] y en el inciso (c) [18 bar].

Datos:

|                  | Tc, K | Pc, bar | w      | Mw <sub>i</sub> | $\Delta G_{f,298}^0$ J/mol |
|------------------|-------|---------|--------|-----------------|----------------------------|
| Etano            | 305.3 | 48.72   | 0.099  | 30              | -31855                     |
| H <sub>2</sub> O | 647.1 | 220.1   | 0.345  | 18              | -228572                    |
| Etileno          | 282.3 | 50.1    | 0.087  | 28              | 68460                      |
| H <sub>2</sub>   | 33.18 | 13      | -0.216 | 2               | -                          |

Puede considerarse que el calor estándar de reacción prácticamente no varía en el rango de temperatura de interés ( $\Delta H_f^0 = 136330$  J/mol).