

**TEMA 2. DESTILACIÓN Y RECTIFICACIÓN**

**PROBLEMA 2.1**

Una mezcla de composición molar: 30% de etano, 30% de n-butano y 40% de n-pentano está en fase líquida a 40°C y elevada presión. Cuando se reduce adiabáticamente su presión hasta 700 kPa ¿tiene lugar alguna vaporización? ¿cuál es la temperatura final de la transformación?

- Presiones de vapor de los componentes puros:

$$\ln p_v = A + \frac{B}{T} + C \cdot \ln T + D \cdot T^2 \quad p_v \text{ (kPa)} ; T \text{ (K)}$$

	etano	n-butano	n-pentano
<b>A</b>	44.01	66.94	63.33
<b>B</b>	-2568.82	-4604.09	-5117.78
<b>C</b>	-4.976	-8.255	-7.483
<b>D</b>	1.46·10 <sup>-5</sup>	1.16·10 <sup>-5</sup>	7.77·10 <sup>-6</sup>

- Entalpías de las mezclas líquidas y vapor (h, H en kJ/kmol; T en °C)

$$h = a + b \cdot T \quad H = c + d \cdot T$$

	a	b	c	d
<b>Etano</b>	11,271	0,10187	23,602	0,06280
<b>n-butano</b>	4,569	0,04042	11,144	0,02454
<b>n-pentano</b>	3,477	0,03198	8,813	0,02326

**PROBLEMA 2.2**

Una mezcla equimolecular de etano, propano, n-butano y n-pentano se somete a un proceso de destilación súbita a 340 K y 14 atm.

- a) Determinar las composiciones y las cantidades de las fases líquida y vapor resultantes.

- b) ¿Sería posible conseguir en una única etapa de destilación súbita en otras condiciones de presión y/o temperatura la recuperación en la fase vapor del 70% del etano alimentado sin que la proporción de n-butano en dicha fase supere el 5% de la cantidad alimentada?

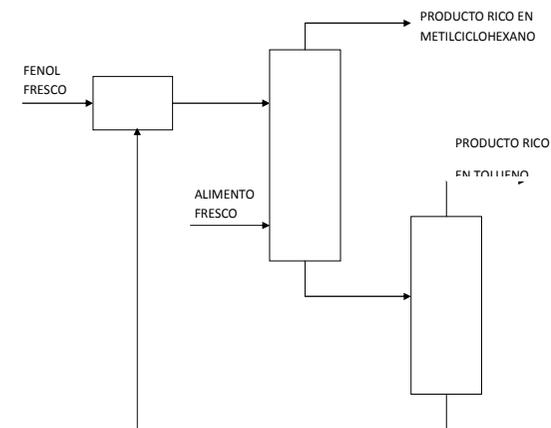
- Presiones de vapor de los componentes puros:

$$\ln p_v = A + \frac{B}{T} + C \cdot \ln T + D \cdot T^2 \quad p_v \text{ (kPa)} ; T \text{ (K)}$$

	Etano	Propano	n-Butano	n-Pentano
<b>A</b>	44,9	52,2	59,4	71,8
<b>B</b>	-2598	-3492	-4363	-5420
<b>C</b>	-5,13	-6,10	-7,05	-8,82
<b>D</b>	1,49·10 <sup>-5</sup>	1,09·10 <sup>-5</sup>	0,95·10 <sup>-5</sup>	0,96·10 <sup>-5</sup>

**PROBLEMA 2.3**

El siguiente esquema corresponde a un diagrama de flujo de una columna de destilación extractiva y adiabática, que utiliza fenol como disolvente, para separar tolueno de metilciclohexano. La corriente de fenol fresco no contiene ni tolueno ni metilciclohexano y el alimento fresco no contiene fenol. En el resto de corrientes están presentes los tres componentes en distinta proporción. Las dos columnas están equipadas con condensadores totales y calderas parciales. Determinar el número de variables de diseño que deben especificarse y seleccionar las más adecuadas.



**PROBLEMA 2.4**

Se desea diseñar una columna de destilación para separar una mezcla de isopropanol y agua a su temperatura de ebullición con un contenido del 10% molar en isopropanol, operando a una presión de 1 atm. Como destilado se deberá obtener un producto con un 67,5% de isopropanol, de forma que se consiga recuperar el 98% del isopropanol alimentado. Si la relación de reflujo (L/D) es 1,5 veces superior al valor mínimo determinar el número de pisos teóricos necesarios si en lugar de caldera se introduce directamente vapor de agua saturado en el primer piso de la columna.

Datos:

- Datos de equilibrio isopropanol-agua (fracciones molares de isopropanol) a 1 atm:

x	y
0	0
0.0118	0.2195
0.0841	0.4620
0.1978	0.5242
0.3496	0.5686
0.4525	0.5926
0.6794	0.6821
0.7693	0.7421
0.9442	0.9160
1	1

**PROBLEMA 2.5**

Se desea separar por destilación una mezcla de agua y ácido acético con un contenido del 70% molar de agua en un destilado con un 86% de agua y un residuo con un 71,5% de ácido acético. Se usará una razón de reflujo de 4 moles por cada mol de destilado. Determinar mediante el método analítico de Lewis y el método gráfico de McCabe-Thiele el número de pisos teóricos y la posición del de alimentación si la mezcla agua-ácido acético es un líquido saturado.

Datos:

- Datos de equilibrio agua-ácido acético (fracciones molares de agua) a 1 atm:

x	y
0	0
0,0530	0,1333
0,1250	0,240
0,206	0,338
0,297	0,437
0,394	0,533
0,510	0,630
0,649	0,751
0,803	0,866
0,9594	0,9725
1	1

**PROBLEMA 2.6**

En una columna de rectificación con 15 pisos reales de campanas de borboteo, se concentra una disolución acuosa de acetona con 60% en moles, para obtener un destilado con 95% en moles de acetona y un residuo que contiene un 1% en moles de acetona. La razón de reflujo L/D es 0,75 y el alimento entra a una temperatura de 20°C. La presión de la columna puede considerarse constante e igual a la atmosférica. Determinar:

- Caudales de destilado y residuo por 100 kmol de alimento.
- Eficacia global de los pisos de la columna.
- Agua de refrigeración necesaria en el condensador si entra a 10°C y sale a 40°C
- Vapor de agua necesario para la calefacción en la caldera.

Datos:

- Datos de equilibrio acetona-agua (fracciones molares de acetona) a 1 atm:

x	y	T (°C)
0.01	0.335	87.8
0.04	0.585	78.5
0.12	0.755	66.2
0.30	0.810	61.1
0.54	0.840	59.5
0.61	0.850	58.9
0.66	0.860	58.5
0.79	0.900	57.5
0.85	0.920	57.1

- Calor específico medio de una mezcla acetona-agua con 60% molar de acetona: 26,5 kcal/(kmol·K)
- Calor latente del vapor de calefacción: 530 kcal/kg
- Datos de entalpía-composición (sobre 0°C):

x, y	h (kcal/kmol)	H (kcal/kmol)
0.0	1800	11530
0.1	1360	10100
0.2	1350	9800
0.4	1440	9540
0.6	1570	9380
0.8	1670	9170
1.0	1790	8990

### PROBLEMA 2.7

El alimento de una columna de destilación tiene la siguiente composición molar: propano 0,05; i-butano: 0,15; n-butano: 0,25; i-pentano: 0,20; n-pentano: 0,35. Si se desea obtener un destilado que contenga un 92,5% molar del n-butano alimentado y un residuo con un 82% molar del i-pentano alimentado:

- Estimar el número mínimo de pisos de equilibrio necesarios.
- Determinar mediante la ecuación de Fenske la distribución de los componentes no clave en destilado y residuo.
- Utilizar el método de Underwood para estimar la relación de reflujo mínima asumiendo que el alimento se introduce en la columna a su temperatura de ebullición.
- Determinar el número de etapas teóricas necesarias considerando que  $(L/D)=1,2(L/D)_{\min}$  y la columna está equipada con una caldera parcial y un condensador total.
- Estimar la localización de la etapa de alimentación.

Datos:

- Temperatura de burbuja del reflujo y destilado a 118 psi: 66°C
- Temperatura de burbuja del residuo a 122 psi: 105°C