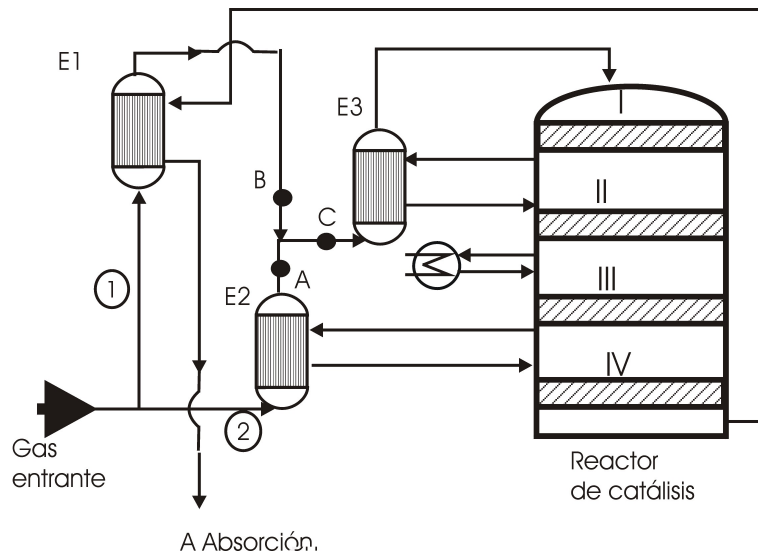
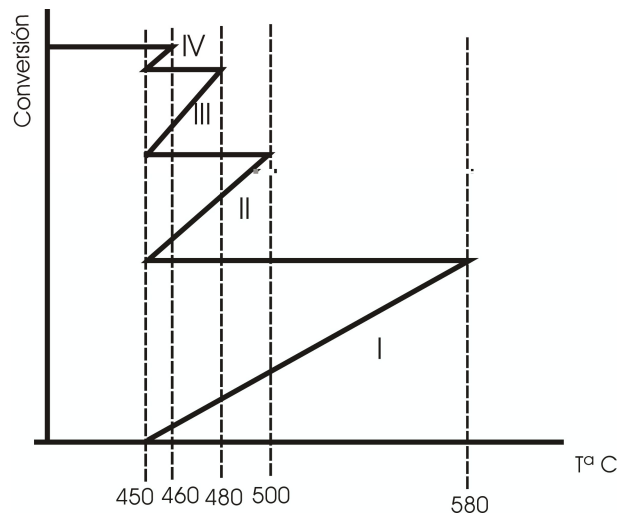


En una planta de producción de ácido sulfúrico a partir de piritas el gas entrante a la catálisis tiene la siguiente composición molar: O_2 10%, N_2 82% y SO_2 8%. El caudal de este gas es 200t/h y su temperatura de entrada de 57°C . La figura representa el reactor de catálisis de 4 lechos con los enfriamientos entre los mismos según sucede en el proceso de simple absorción.



El siguiente diagrama muestra las temperaturas de entrada y salida de los lechos del reactor.



Conociendo que el calor de reacción a 25°C es -23450kcal/kmol (referido al SO₂), se pide:

- Representar la evolución de la conversión y la composición del gas a la salida de cada lecho de reacción.(5ptos)
- ¿En qué porcentaje se debe dividir la alimentación entre las corrientes ① y ②? ¿Es este porcentaje único? En caso de que no sea único, ¿puede ser cualquier porcentaje?(2.5 ptos)
- Calcular las temperaturas en los puntos A, B y C de la figura.(2.5ptos)

Datos:

- Cp (kcal/kmol K) Considérense los calores específicos medios que se dan a continuación.
- SO₂ 12.3
- SO₃ 17
- N₂ 7.4
- O₂ 7.9

Solución

La alimentación de 200t/h con la composición molar indicada en el enunciado queda representada en la siguiente tabla:

	kmol/h
O ₂	640
N ₂	5248
SO ₂	512

Haciendo un balance entálpico a cada lecho obtenemos los moles que se producen y por tanto podemos ir hallando la conversión y la composición.

$$\sum m_{\text{entra}} h_{\text{entra}} = \sum m_{\text{sale}} h_{\text{sale}} + m_{\text{reac}} * h_{\text{reac}}$$

Las entalpías de las corrientes de entrada y salida las obtenemos mediante el calor específico y el incremento de temperatura, el balance para el primer lecho siendo ξ los moles de SO₂ consumidos es:

LECHO I

$$\begin{aligned} [512 * 12.3 + 640 * 7.9 + 5248 * 7.4](450 - 25) &= [(512 - \xi) * 12.3 + (640 - 1/2\xi) * 7.9 + 5248 * 7.4 + \xi * 17] \\ (580 - 25) - 23450 * \xi \\ \xi &= 283.3 \text{ kmol/h} \end{aligned}$$

Los moles de SO₃ formados serán igualmente 283.3 luego la conversión:

$$\alpha = \text{SO}_{3\text{prod}} / \text{SO}_{2\text{alim}} = 283.3 / 512 = 55.3\%$$

Salida lecho I

	kmol/h
O ₂	498.4
N ₂	5248
SO ₂	228.7
SO ₃	283.3

LECHO II

$$\begin{aligned} [228.7 * 12.3 + 498.4 * 7.9 + 5248 * 7.4](450 - 25) &= [(228.7 - \xi) * 12.3 + (498.4 - 1/2\xi) * 7.9 \\ + 5248 * 7.4 + \xi * 17](500 - 25) - 23450 * \xi \\ \xi &= 109.4 \text{ kmol/h} \end{aligned}$$

Los moles de SO₃ formados serán igualmente 283.3+109.4=392.7kmol/h luego la conversión:

$$\alpha = \text{SO}_{3\text{prod}} / \text{SO}_{2\text{alim}} = 392.7 / 512 = 76.7\%$$

	kmol/h
O ₂	443.7
N ₂	5248
SO ₂	119.3
SO ₃	392.7

LECHO III

$$[119.3 * 12.3 + 443.7 * 7.9 + 5248 * 7.4](450 - 25) = [(119.3 - \xi) * 12.3 + (443.7 - 1/2\xi) * 7.9 + 5248 * 7.4 + \xi * 17](460 - 25) - 23450 * \xi$$

$$\xi = 65.7 \text{ kmol/h}$$

Los moles de SO₃ formados serán igualmente 392.7+65.7=458.4kmol/h luego la conversión:

$$\alpha = \text{SO}_{3\text{prod}}/\text{SO}_{2\text{alim}} = 458.4/512 = 89.5\%$$

	kmol/h
O ₂	410.9
N ₂	5248
SO ₂	53.6
SO ₃	458.4

LECHO IV

$$[53.6 * 12.3 + 410.9 * 7.9 + 5248 * 7.4](450 - 25) = [(53.6 - \xi) * 12.3 + (410.9 - 1/2\xi) * 7.9 + 5248 * 7.4 + \xi * 17](450 - 25) - 23450 * \xi$$

$$\xi = 21.9 \text{ kmol/h}$$

Los moles de SO₃ formados serán igualmente 458.4+21.9=480.3kmol/h luego la conversión:

$$\alpha = \text{SO}_{3\text{prod}}/\text{SO}_{2\text{alim}} = 480.3/512 = 93.8\%$$

	kmol/h
O ₂	400
N ₂	5248
SO ₂	31.7
SO ₃	480.3

La alimentación se puede dividir en infinitos porcentajes entre las corrientes ① y ② dado que no se especifica la temperatura del producto que va a la absorción. Por tanto hay más incógnitas que ecuaciones. Aún siendo infinitas las variaciones no puede ser cualquiera, ya que hay ciertas restricciones en la temperatura de la corriente que va a la absorción, y por supuesto hay que permitir un salto de temperatura en los cambiadores, y que no haya cruce de temperaturas.

Temperatura en el punto C, balance al cambiador E3

$$(512 * 12.3 + 640 * 7.9 + 5248 * 7.4)[450 - T_C] = (228.7 * 12.3 + 283.3 * 17 + 5248 * 7.4 + 498.4 * 7.9)[580 - 450] \Rightarrow T_C = 319.5^\circ\text{C}$$

Temperatura en los puntos A y B. Se considera que el 80% de la alimentación va al cambiador E1 y el 20% al cambiador E2.

Balance al cambiador E2:

$$0.2 * (512 * 12.3 + 640 * 7.9 + 5248 * 7.4)[T_A - 57] = (53.6 * 12.3 + 458.4 * 17 + 5248 * 7.4 + 410.9 * 7.9)[480 - 450] \Rightarrow T_A = 208^\circ\text{C}$$

Haciendo un balance entálpico al divisor (entre los puntos A,B y C) se obtiene la temperatura del punto B:

$$\begin{aligned} 0.8 * (512 * 12.3 + 640 * 7.9 + 5248 * 7.4) * T_B + 0.2 * (512 * 12.3 + 640 * 7.9 + 5248 * 7.4) * T_A \\ = (512 * 12.3 + 640 * 7.9 + 5248 * 7.4) T_C \\ T_B = 347.3^{\circ}\text{C} . \end{aligned}$$

El balance al cambiador E1 serviría para conocer la temperatura de la corriente que va a la absorción. (haciendo el balance sale una temperatura de 230°C).