



Universidad de Chile
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas
Departamento de Ingeniería Química

Guía Adsorción control 2 IQ46B 2004

Rodrigo Caro E.¹

¹ Dudas o reclamos a rcaro@ing.uchile.cl

Adsorción.

PROBLEMA 1

Una solución de azúcar en bruto 48% de sacarosa en peso, esta coloreada por la presencia de pequeñas cantidades de impurezas. Se va a decolorar a 80°C por tratamiento con un carbón adsorbente en una planta de filtración por contacto. Los datos de la isoterma de adsorción se obtuvieron agregando diferentes cantidades de carbón para separar lotes de una solución original y observando el color alcanzado en el equilibrio en cada uno de los casos. Los datos, con la cantidad de carbón expresada con base en el contenido de azúcar de la solución pueden ser resumidas en la ecuación de Freundlich:

$$Y = k \cdot X^n \text{ con } n = 2,215 \text{ y } k = 6,107 \times 10^{-7}.$$

X = color adsorbido / kg carbón

Y = color en solución / kg azúcar

La solución original tiene una concentración de color de 20, medida en una escala arbitraria; se desea reducir el color a un 2,5% de su valor original.

- Calcule la dosis necesaria de carbón fresco, por 1000 kg de solución para un tratamiento en una sola etapa.
- Calcule la dosis necesaria de carbón fresco por 1000 kg de solución para un tratamiento en dos etapas en corriente cruzada, utilizando la dosis mínima de carbón.
- Si se utiliza una cantidad de carbón 1,5 veces determine cuantas etapas en contracorriente se requieren de contacto.

Solución problema 1

- a) Para 1000 kg de solución existirán 480 kg de azúcar (ya que existe 48% de sacarosa en peso dentro de la solución).

En nuestra escala arbitraria se tiene $Y_0 = 20$,

$$Y_1 = 2,5/100 \times 20 = 0,5$$

Además el adsorbente se alimenta fresco, es decir $X_0 = 0,0$. Como se cumple la ecuación de Freundlich se puede calcular la dosis de adsorbente utilizando:

$$\frac{S_s}{L_s} = \frac{Y_0 - Y_1}{\left(\frac{Y_1}{k}\right)^{1/n}} = \frac{20 - 0,5}{\left(\frac{0,5}{6,107 \times 10^{-7}}\right)^{1/2,215}} = 0,0417$$

$$S_s = L_s \times 0,0417 = 480 \times 0,0417$$

$$S_s = 20,01 \text{ kg de carbón}$$

- b) Para dos etapas en corriente cruzada se considera $Y_0 = 20$, $Y_2 = 0,5$

$$Y_2 / Y_0 = 0,5/20 = 0,025$$

$$\text{Además } n = 2,215$$

$$Y_1 / Y_0 = 0,22$$

$$Y_1 = 0,22 \times Y_0 = 0,22 \times 20 = 4,4$$

Luego podemos calcular:

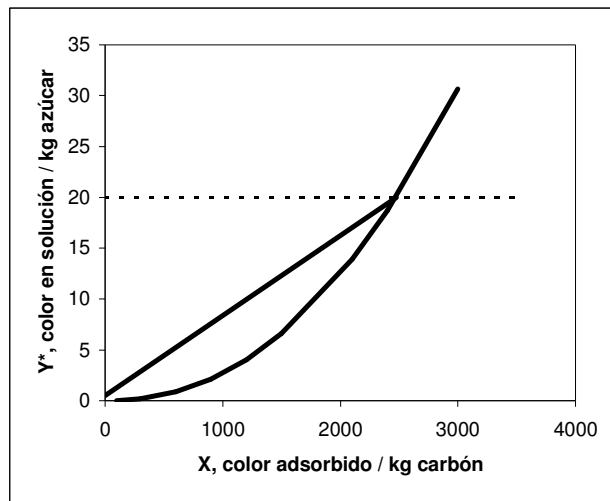
$$\frac{S_{s1}}{L_s} = \frac{Y_0 - Y_1}{\left(\frac{Y_1}{k}\right)^{1/n}} = \frac{20 - 4,4}{\left(\frac{4,4}{6,107 \times 10^{-7}}\right)^{1/2,215}} = 0,0125 \text{ _kg / kg _azucar}$$

$$\frac{S_{s2}}{L_s} = \frac{Y_1 - Y_2}{\left(\frac{Y_2}{k}\right)^{1/n}} = \frac{4,4 - 0,5}{\left(\frac{0,5}{6,107 \times 10^{-7}}\right)^{1/2,215}} = 0,00834 \text{ _kg / kg _azucar}$$

en total se requiere : 480 (kg azúcar) x (0,0125+0,00834)

se requieren 10,0 kg carbón / 1000 kg soln.

- c) En forma gráfica o analítica se determina la razón mínima sólido / líquido para alcanzar el contacto con la curva de equilibrio.



obteniéndose $(S_S/L_S)_{\min} = 0,00788$
 es decir $(S_S)_{\min} = 3,78$ kg de carbón.

Si se utiliza un cantidad de carbón 1,5 veces la mínima se debe utilizar
 $S_S = 5,67$ kg carbón.

En esta condición se traza la línea de operación y se pueden determinar gráficamente el número de etapas teorizas necesarias para desarrollar el proceso, como se observa en la figura.

Solución problema 2

Una solución acuosa que contiene un soluto valioso está coloreada con pequeñas cantidades de una impureza. Antes de la cristalización, se va a eliminar la impureza por adsorción con carbón decolorante que sólo adsorbe cantidades insignificantes del soluto principal. Mediante una serie de pruebas de laboratorio se agitaron distintas cantidades del adsorbente en lotes de una solución original, hasta que se estableció el equilibrio: se obtuvieron los siguientes datos a temperatura constante:

kg de carbón / kg de solución	0.000	0.001	0.004	0.008	0.020	0.040
Color en el equilibrio	9.6	8.1	6.3	4.3	1.7	0.7

La intensidad de color se midió de acuerdo con una escala arbitraria, proporcional a la concentración de la sustancia coloreada. Se desea reducir el color al 10% de su valor original, 9.6. Calcular la cantidad de carbón fresco que se requiere por 1000 kg de solución en los siguientes casos:

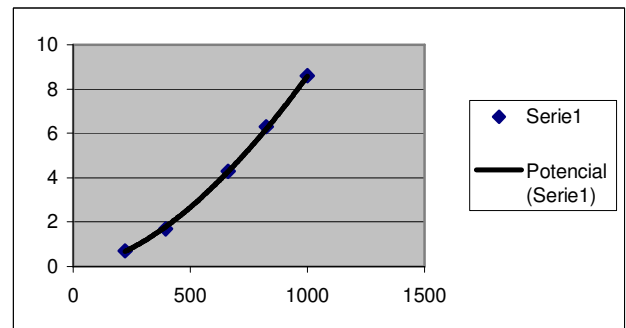
- Para una operación en una etapa.
- Para un proceso de dos etapas a corriente cruzada que utilice la mínima cantidad total de carbón.
- Para una operación de dos etapas en contracorriente.

Solución problema 2

Primero encontremos la ecuación de Freundlich

Como $X = \text{color adsorbido} / \text{kg carbón} = (\text{color eliminado}) / (\text{masa carbón})$, podemos calcular X como $X = \frac{\Delta \text{Color}}{\Delta \text{carbon}} = \frac{9.6 - 8.6}{0.001 - 0} = 1000 \left[\frac{\text{color}}{\text{carbón}} \right]$ de donde se puede obtener los parámetros de la ecuación de Freundlich:

X	Y	LogX	LogY
1000	8,6	3,000	0,934
825	6,3	2,916	0,799
663	4,3	2,822	0,633
395	1,7	2,597	0,230
223	0,7	2,348	-0,155



$$\Rightarrow Y = 8.91E-05 \cdot X^{1.66}$$

- a) En una etapa $Y=9.6$, y se pide que salga a 10% del valor original

$$\Rightarrow Y_1 = 0.1 \cdot 9.6 = 0.96 \Rightarrow Y_1 = 8.91E-05 \cdot X_1^{1.66} \Rightarrow X_1 = 270 \text{ unidades.}$$

Además del enunciado sabemos que:

$X_0 = 0$ (carbón fresco)

Se puede calcular la dosis de adsorbente utilizando:

$$\frac{S_s}{L_s} = \frac{Y_0 - Y_1}{X_1 - X_0} = \frac{9.6 - 0.96}{270 - 0} = 0.032 \left[\frac{\text{Kgcarbón}}{\text{Kgsolución}} \right]$$

$$\text{Además como } L_s = 1000 \text{ Kg solución.} \Rightarrow S_s = 32 \left[\frac{\text{Kgcarbon}}{\text{Kgsolución}} \right]$$

b) Para dos etapas en corriente cruzada se considera $Y_0 = 9.6$, $Y_2 = 0.96$
 $Y_2 / Y_0 = 0.96/9.6 = 0.1$

Además $n = 1.66$

Utilizando el grafico entregado en clases se obtiene $Y_1 / Y_0 = 0.22$
 $\Rightarrow Y_1 = 0.22 \times Y_0 = 0.22 \times 9.6 = 2.11$

Luego podemos calcular:

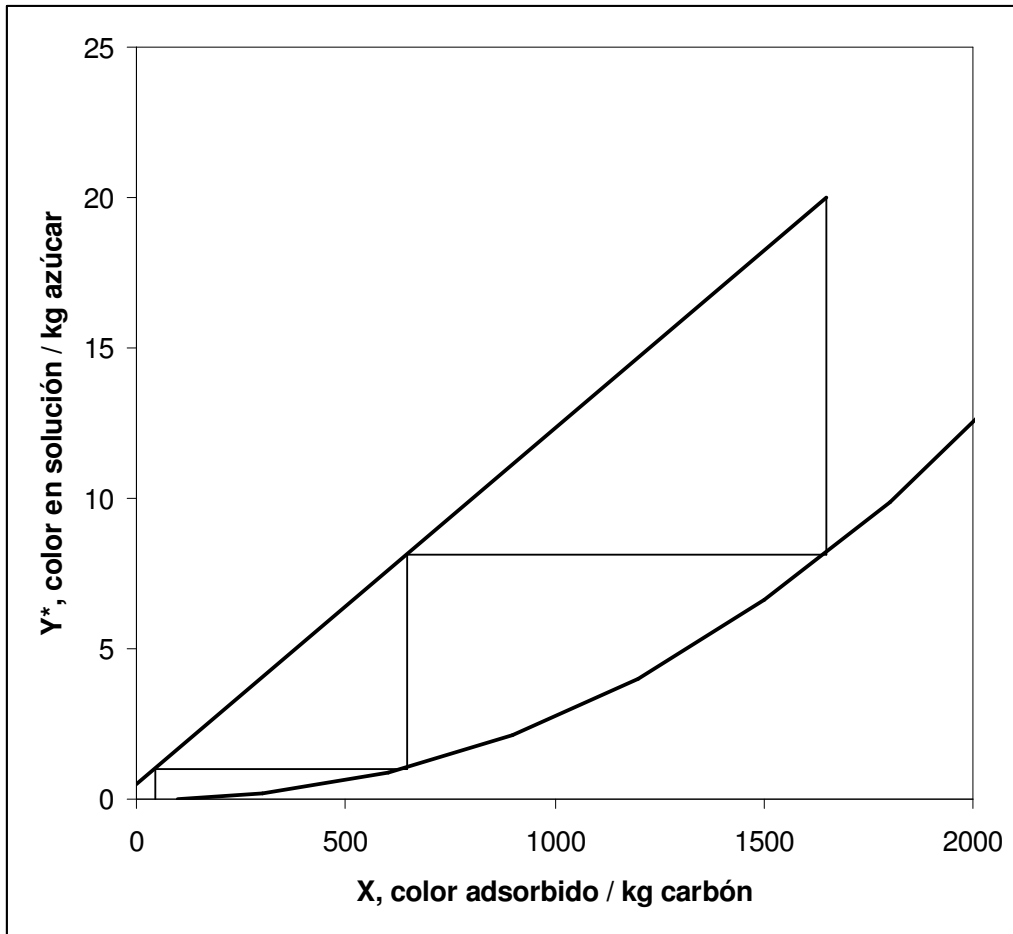
$$\frac{S_{s1} + S_{s2}}{L_s} = m^{1/n} \cdot \left(\frac{Y_0 - Y_1}{Y_1^{1/m}} + \frac{Y_1 - Y_2}{Y_2^{1/m}} \right) = 0.02074 \frac{\text{kg}}{\text{kgsolución}}$$

Por lo tanto en total se requiere : $1000(\text{kg azúcar}) \times (0.02074)$
 se requieren 20.74 kg carbón / 1000 kg soln.

c) Para contracorriente se considera $Y_0 = 9.6$, $Y_2 = 0.96$
 $Y_2 / Y_0 = 0.96/9.6 = 0.1$
 Además $n = 1.66$

Utilizando el grafico entregado en clases se obtiene $Y_1 / Y_0 = 0.215$
 $\Rightarrow Y_1 = 0.215 \times Y_0 = 4.465$

$$\frac{S_s}{L_s} = \frac{Y_0 - Y_2}{\left(\frac{Y_1}{m} \right)^{1/n}} \Rightarrow S = 12.32 \left[\frac{\text{Kgcarbón}}{1000 \text{ Kgsolución}} \right]$$



Se encuentra que dos etapas de contacto es insuficiente, por lo tanto se debe utilizar tres etapas de contacto.

Propuestos.

PROBLEMA 3

Una solución de azúcar de caña en bruto, lavada, 48% de sacarosa en peso, está coloreada por la presencia de pequeñas cantidades de impurezas. Se va a decolorar a 80°C por tratamiento con un carbón adsorbente en una planta de filtración por contacto. La solución inicial en una escala arbitraria tiene una concentración de impurezas 20. En esta misma escala se han medido los siguientes datos de equilibrio al contactar la solución con distintas cantidades de carbón:

X (unidades de color / Kg de carbón)	Y (unidades de color / Kg soln.)
50	0,25
100	1,00
200	4,00
500	25,00
1000	100,00

- Determine los parámetros de la ecuación de Freundlich que ajustan los datos de equilibrio.
- Calcule la dosis necesaria de carbón por 1000 kg de solución para un tratamiento en una sola etapa.
- Calcule la dosis necesaria de carbón por 1000 kg de solución para un tratamiento en dos etapas de corriente cruzada utilizando la mínima cantidad total de carbón.

Suponga que el carbón inicialmente no tiene impurezas adsorbidas (cero unidades de color) y utilice el siguiente gráfico para determinar las condiciones de óptima operación en el caso de dos etapas.

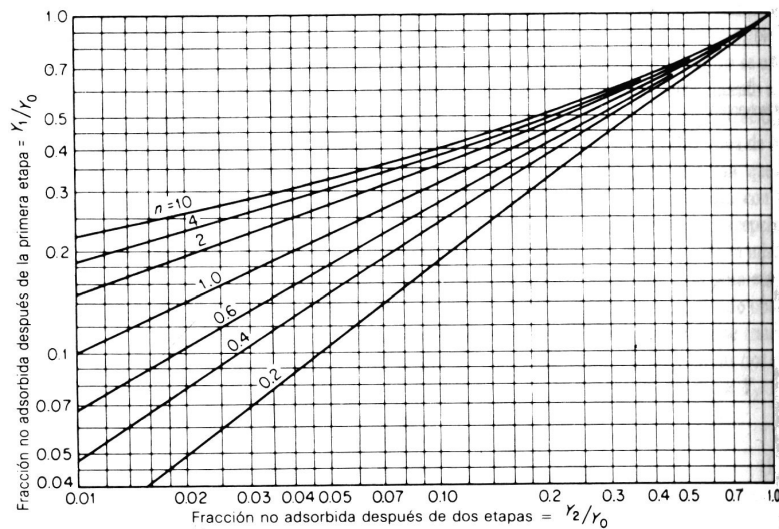


Figura 11.19 Solución a la ecuación (11.13). Adsorbente mínimo total, operación a corriente cruzada en dos etapas.

PROBLEMA 4

Un flujo de 100 Kg./hr de un gas consistente en una mezcla de 60% etileno y 40% de propano en volumen, se contacta con un flujo de carbón activado puro de 400 Kg./hr en una etapa de adsorción en equilibrio. Determinar el flujo y concentración de los gases (expresada como % de propano) en la mezcla de gases de salida y en el adsorbente de salida.

PROBLEMA 5

Se desea retirar una impureza desde una solución acuosa utilizando carbón activado. En pruebas preliminares se ha encontrado que el equilibrio de este sistema puede ser descrito por la siguiente expresión:

$$Y^* = 10^{-2} X^{1.8}$$

Si se desea disminuir la concentración de impureza en un 95% desde 1000 ppm iniciales, calcular la cantidad de carbón activado necesario si se utiliza:

- a) Una etapa de contacto.
- b) Dos etapas de contacto en flujo cruzado
- c) Dos etapas de contacto en contracorriente.
- d) Si se utiliza la mitad de carbón respecto a la calculada en cada caso cuanto varía la adsorción.