



TRANSFERENCIA DE MASA EN LA INTERFASE

Introducción

Muchas operaciones industriales involucran la transferencia de una fase a otra, es decir implican la transferencia de material entre dos fases en contacto. Cualquiera que sea el tipo de contacto, se juntan dos fases distintas para transferir masa a través de una interfase entre dos fases. Por ejemplo, la adsorción gaseosa involucra la transferencia de masa desde una fase gaseosa rica en soluto hasta una fase líquida pobre en soluto.

TRANSFERENCIA DE MASA EN LA INTERFASE GAS LÍQUIDO

FUNDAMENTOS

Conceptos teóricos

Como sabemos la velocidad de transferencia puede expresarse como la fuerza impulsora dividida entre la resistencia:

$$velocidad = \frac{fuerza\ impulsora}{resistencia}$$

Teoría de las dos resistencias

La teoría tiene dos hipótesis principales:

- la rapidez de transferencia de masa entre las dos fases está controlada por la rapidez de difusión a través de las fases a cada lado de la interfase.
- no se ofrece resistencia a la transferencia del componente que se difunde a través de la interfase

Gradiente de concentración entre dos fases en contacto

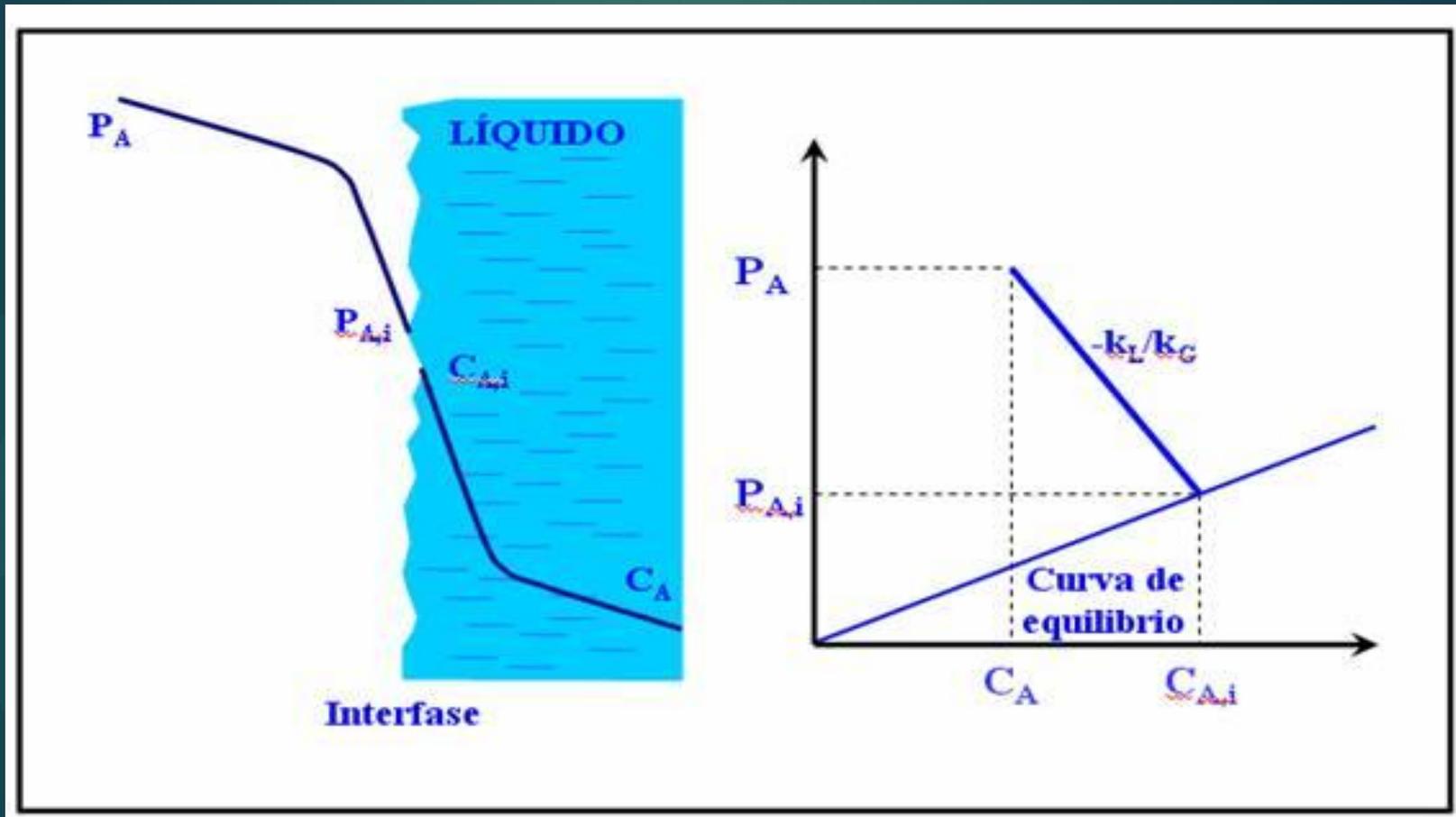


Figura 1

La velocidad de transferencia de soluto desde la fase gaseosa global hasta la interfase es :

$$N_A = \frac{(p_{A,i} - p_{AG})}{\frac{1}{Ak_G}}$$

Ecuación 2

La velocidad de transferencia desde la interfase hasta el líquido global es

$$N_A = \frac{(C_{A,L} - C_{Ai})}{\frac{1}{Ak_L}}$$

Ecuación 3

N_A = velocidad de transferencia del soluto [moles de A transferidos/tiempo]

p_{AG} = presión parcial del soluto en la fase gaseosa [unidades de presión]

C_{AL} = concentración del soluto en la fase líquida [moles de A transferidos/volumen]

A = área de transferencia [longitud al cuadrado]

k_G = coeficiente de transferencia de masa para la fase gaseosa [moles de A transferidos/(tiempo)(área interfacial)(unidades de concentración)]

k_L = coeficiente de transferencia de masa para la fase líquida [moles de A transferidos/(tiempo)(área interfacial)(unidades de concentración)]

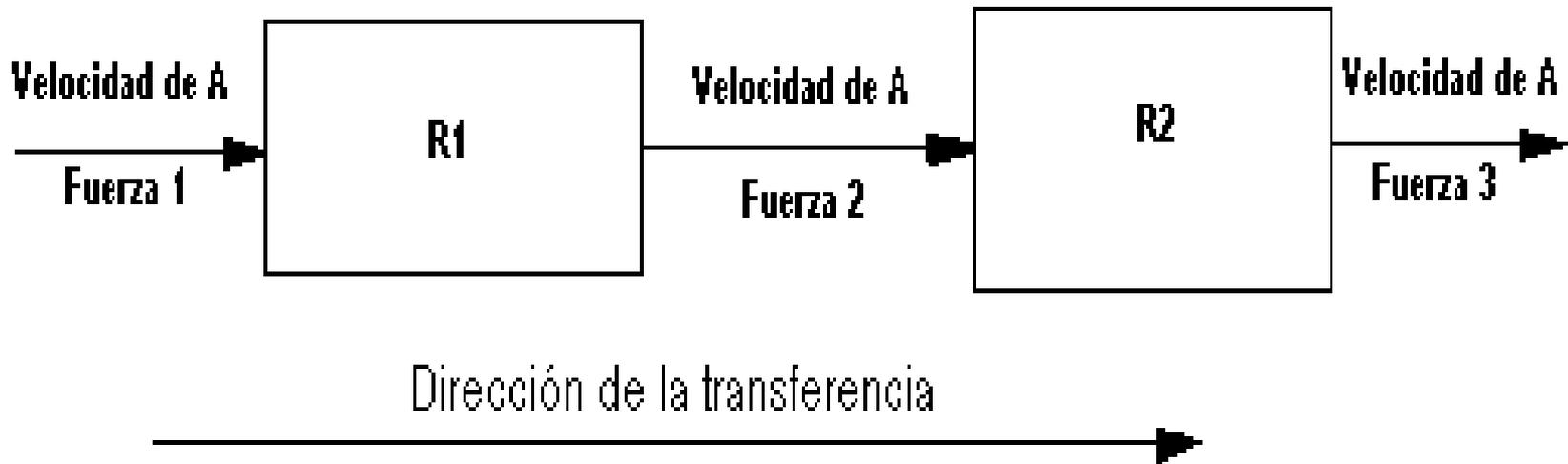
Bajo condiciones de estado estacionario

$$N_A = \frac{(p_{A,i} - p_{AG})}{\frac{1}{Ak_G}} = \frac{(C_{A,L} - C_{Ai})}{\frac{1}{Ak_L}}$$

Para usar las ecuaciones 2 y 3 se requieren conocer la composición de la interfase

Es muy difícil obtener las composiciones interfacial de manera experimental. En cambio, es fácil medir las concentraciones del soluto en las fases globales. Entonces, este es un caso excelente para el uso de las fuerzas impulsoras y resistencia totales.

Esquema de dos resistencias en paralelo





No es posible combinar directamente las ecuaciones 2 y 3 debido a que están expresadas en distintas unidades. Se necesita una relación para la concentración de soluto en la interfase, donde las concentraciones de ambas fases son comunes, antes de poder combinar estas ecuaciones.

Ecuación general del equilibrio de fases

$$P_A^* = f(C_A)$$

C_A = concentración de la fase líquida [moles de soluto/unidad de volumen de líquido]

P_A^* = presión parcial del soluto en la fase gaseosa en equilibrio con C_A .

Se han desarrollado ecuaciones que relacionan las concentraciones de equilibrio en las fases

Para el caso de fases gaseosas no ideales y líquidas, las relaciones en general son complejas. Sin embargo, en casos en que intervienen fases de gas ideal y líquida, se conocen algunas relaciones relativamente simples y, sin embargo útiles.

Relaciones de equilibrio

- ▶ Cuando la fase líquida es ideal, se aplica la Ley de Raoult

$$p_A = x_A P_A$$

p_A = presión parcial de equilibrio del componente A en la fase vapor sobre la fase líquida

x_A = fracción mol de A en la líquida

P_A = presión de vapor de A puro a la temperatura de equilibrio

- ▶ Cuando la fase gaseosa es ideal, se obedece la Ley de Dalton

$$p_A = y_A P$$

y_A = fracción mol de A en la fase gaseosa

P = es la presión total de sistema

- ▶ Cuando ambas fases son ideales

$$y_A P = H c_A$$

Combinación de las ecuaciones Ley de Raoult y Dalton

- ▶ Cuando las soluciones son diluidas se obedece la Ley de Henry

$$p_A = y_A H$$

H = constante de Henry

c_A = es la composición de equilibrio de A en la fase líquida

Fuerza impulsora de la fase gaseosa con unidades de presión

$$N_A = \frac{-(p_A^* - p_{AG})}{\left[\frac{1}{Ak_G} + \frac{m}{Ak_L} \right]} \quad \text{Ecuación 5}$$

Expresión similar usando las fuerzas impulsoras de la fase líquida

$$N_A = \frac{-(C_{AL} - C_A^*)}{\left[\frac{1}{mAk_G} + \frac{1}{Ak_L} \right]} \quad \text{Ecuación 6}$$

Coeficiente total de transferencia de masa

$$\frac{1}{AK_G} = \frac{1}{Ak_G} + \frac{m}{Ak_L} \quad \text{Ecuación 7}$$

$$\frac{1}{Ak_L} = \frac{1}{mAk_G} + \frac{1}{Ak_L} \quad \text{Ecuación 8}$$

K_G = coeficiente total de transferencia de masa de la fase gaseosa
[moles de A transferidos/(tiempo)(área interfacial)(presión)]

K_L = coeficiente total de transferencia de masa de la fase líquida
[moles de A transferidos/(tiempo)(área interfacial)(moles/ volumen)]

Grafico de las fuerzas impulsoras de concentración para la teoría de las dos resistencias

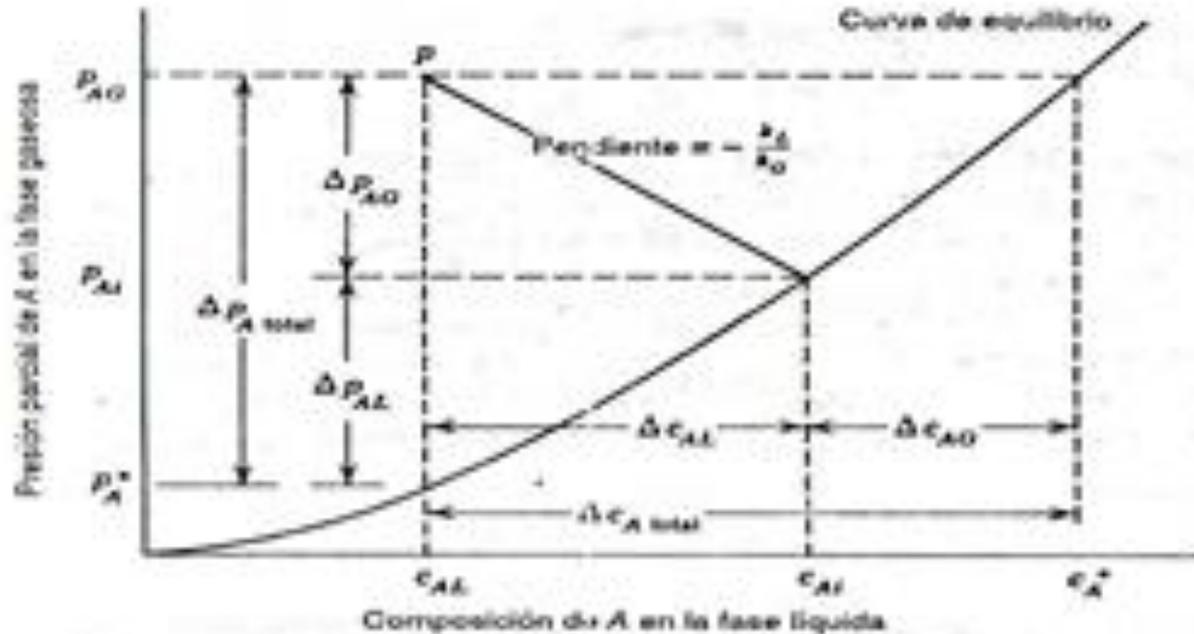
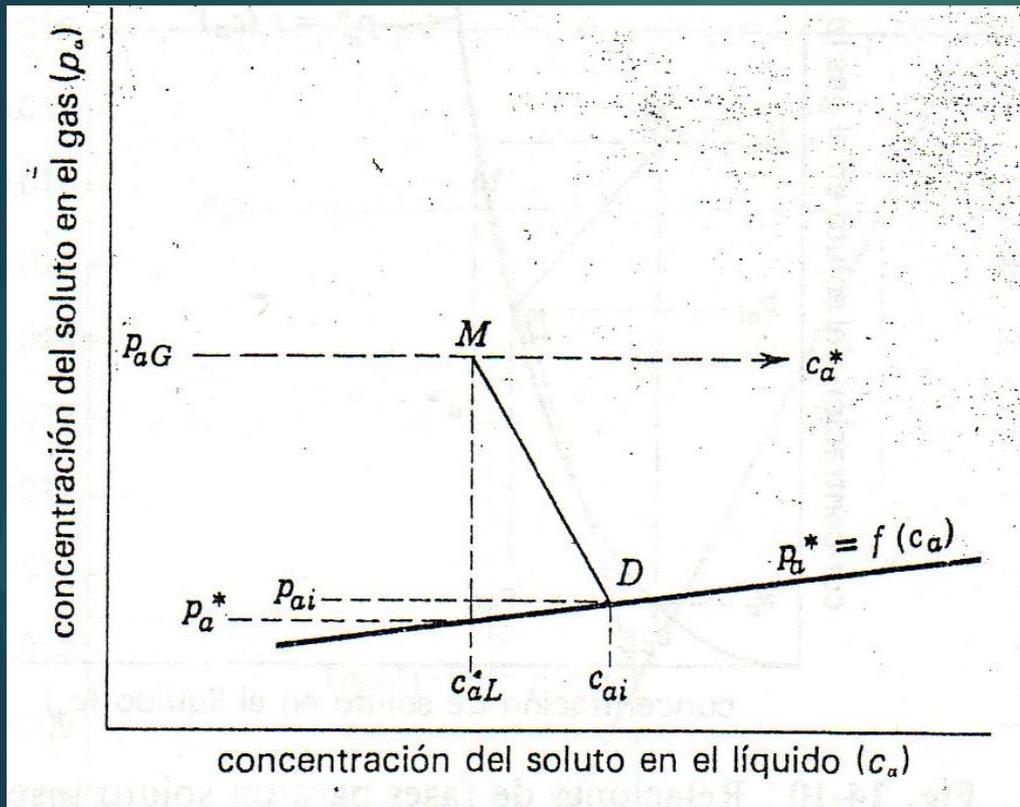


Figura 29.4 Fuerzas impulsoras de concentración para la teoría de las dos resistencias.

Casos especiales

Caso A

Relaciones de fases para un soluto soluble



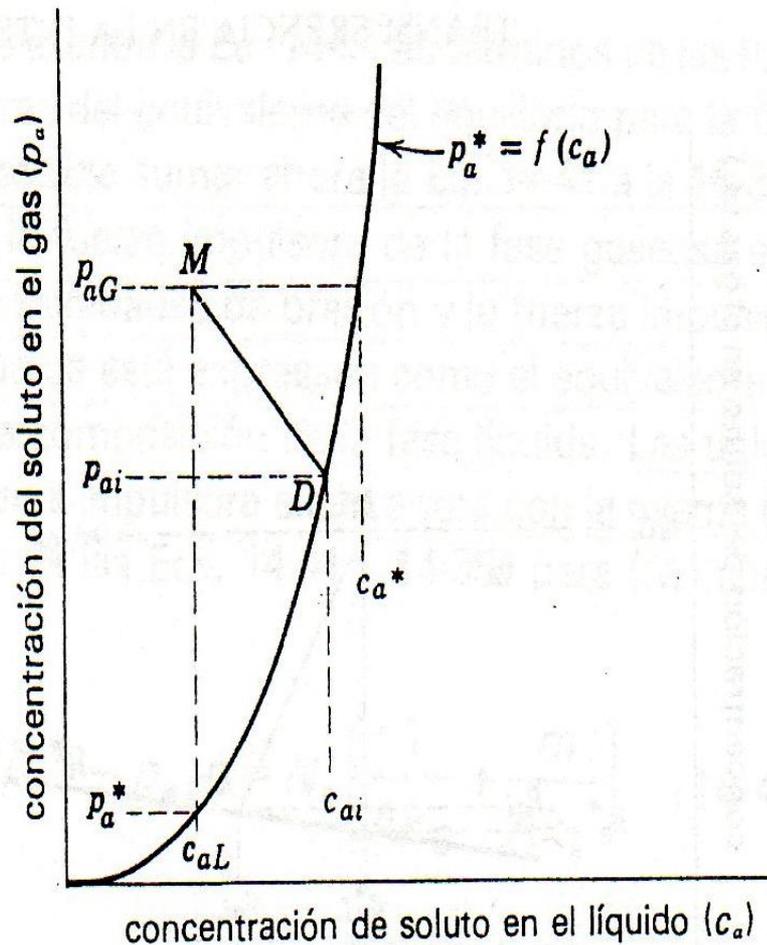
Cuando m tiende a 0

$$(p_{A,i} - p_{AG}) \rightarrow (p_A^* - p_{AG})$$

$$\frac{1}{k_G} \sim \frac{1}{K_G}$$

Caso B

Relaciones de fase para un soluto insoluble



la fase líquida se aproxima a la resistencia total

$$(C_{A,L} - C_{Ai}) \rightarrow (C_{AL} - C_A^*)$$

$$\frac{1}{k_L} \sim \frac{1}{K_L}$$

Caso C

Distribución de un soluto entre dos líquidos inmiscibles

En esta situación se aplica la ecuación de la “Ley de distribución”, la cual es:

$$C_{A,\text{líquido 1}} = K C_{A,\text{líquido 2}}$$

c_A = es la concentración del soluto A en la fase líquida especificada

K = es el coeficiente de distribución

Ejemplos de aplicación de la transferencia de masa en la INTERFASE

Operación gas-líquido

❖ *Destilación*

❖ *Evaporación*

Operación líquido-líquido

❖ *Extracción*

❖ *Lixiviación*

❖ *Adsorción*

❖ *Cristalización*

Operaciones gas-líquido

❖ ***Liofilización***

❖ ***Secado***

❖ ***Adsorción***