

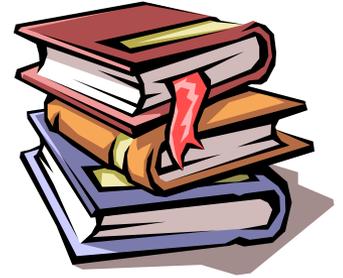
OPERACIONES UNITARIAS

2023



TEMA 4 – *ABSORCION GASEOSA*

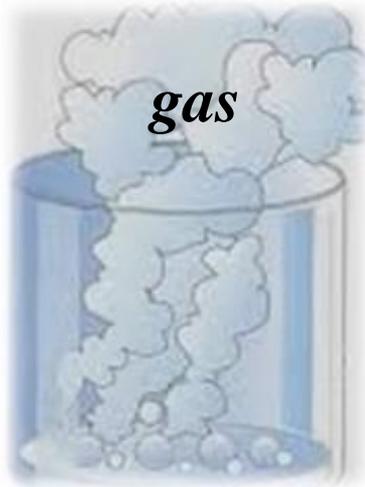
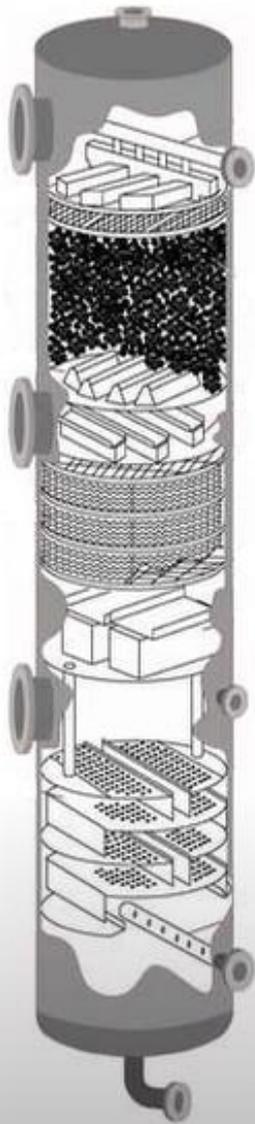
BIBLIOGRAFIA



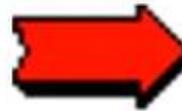
- **Apuntes de la cátedra de Operaciones Unitarias.**
- **Operaciones Básicas de Ingeniería Química. McCabe-Smith Harriot.**
- **Operaciones de Separación en Ingeniería Química. Pedro J. Martínez de la Cuesta.**
- **Manual del Ingeniero Químico. Perry y otros.**

ABSORCIÓN

**CONTACTO
DIRECTO DE DOS
FASES INMISCIBLES**



ABSORCIÓN



DESORCIÓN

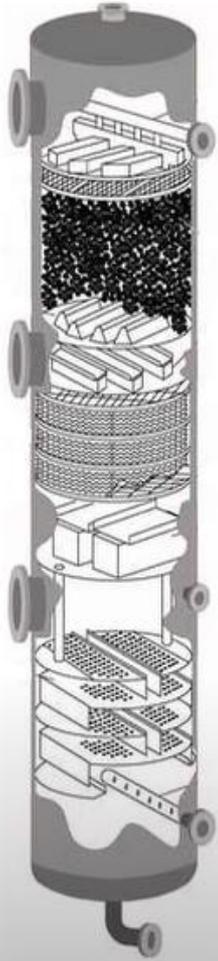
líquido

LA TRANSFERENCIA DE UN COMPONENTE DEPENDE:

- DESVIACION DE LAS CONDICIONES DE EQUILIBRIO

- COEFICIENTE DE TRANSFERENCIA DE MASA

- TIPO DE FLUJO (LAMINAR, TURBULENTO)



ABSORCIÓN

La mezcla gaseosa se pone en contacto con un líquido

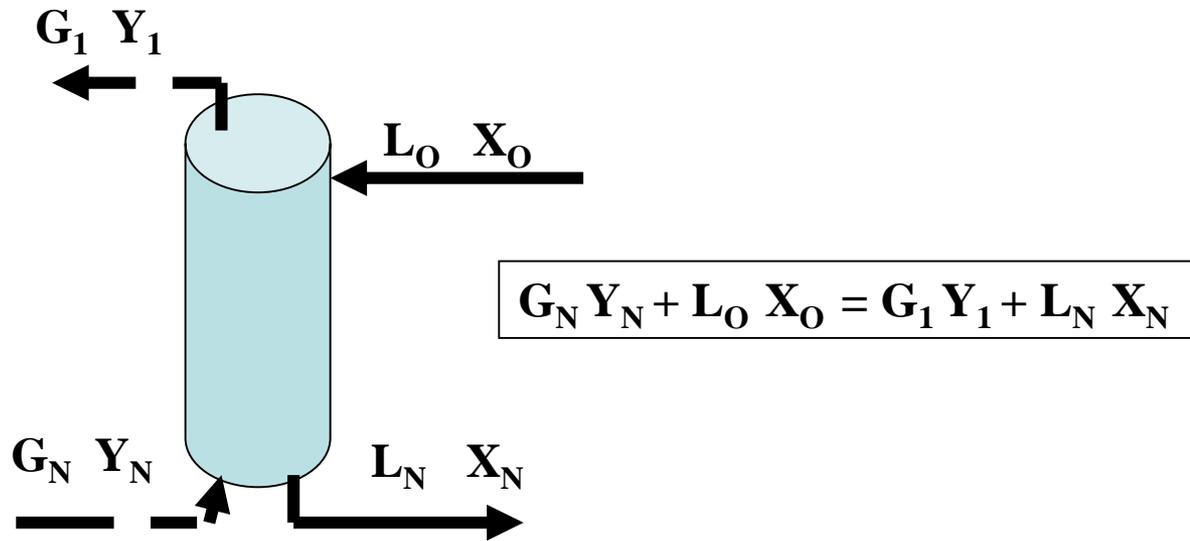
La transferencia de masa es desde la corriente gaseosa al líquido.

Absorbente líquido.

- Se transfiere un componente a la fase líquida, o componente transferible y el resto permanece en fase gaseosa o «componente» portador.

ABSORCIÓN

GAS - LIQUIDO



ABSORCIÓN

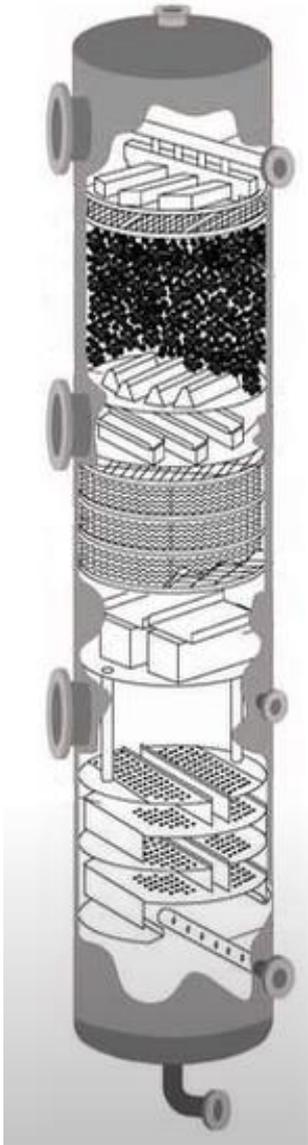
Leyes que rigen el proceso:

Fase gaseosa ideal:	$y_1 = P_1 / P_T$	Ley de Dalton
Fase líquida ideal:	$P_1 = P_1^0 x_1$	Ley de Raoult
Soluciones diluidas:	$P_1 = H x_1$	Ley de Henry

Ley de Dalton: cálculo de las presiones parciales

Ley de Raoult: la presión de vapor de cada componente

Ley de Henry: la cantidad de gas disuelto en un líquido



ABSORCIÓN

ley de Dalton

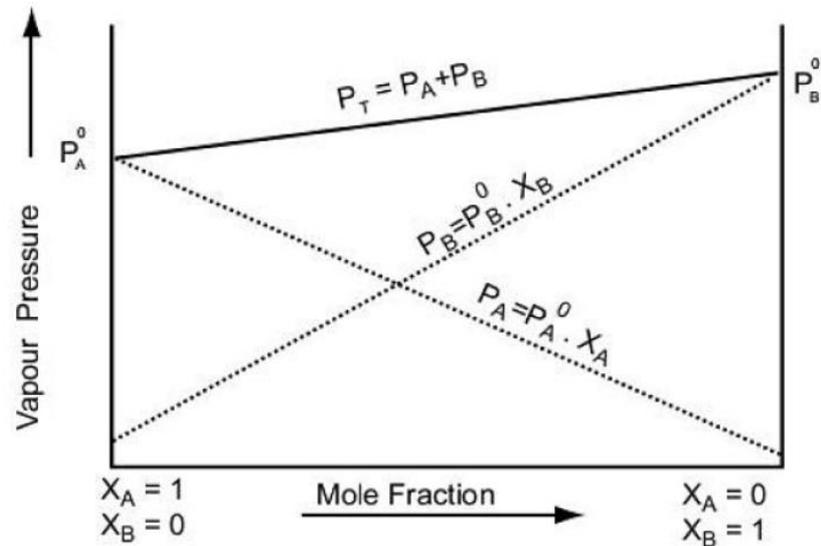
La ley de las presiones parciales

Establece que la presión de una mezcla de gases, que no reaccionan químicamente, es igual a la suma de las presiones parciales que ejercería cada uno de ellos si sólo uno ocupase todo el volumen de la mezcla, sin variar la temperatura. La ley de Dalton es muy útil cuando deseamos determinar la presión total de una mezcla.

ABSORCIÓN

La ley de Raoult

Principio y fórmula de la Ley de Raoult



Vapour Pressure Diagram for Ideal Solution

La **ley de Raoult** es una ley termodinámica que establece que la presión de vapor parcial de cada componente de una mezcla ideal de líquidos es igual a la presión de vapor del componente puro multiplicado por su fracción molar en la mezcla.

ABSORCIÓN

Ley de Henry

La ley de Henry indica que la concentración de un gas disuelto en un líquido es proporcional a la presión parcial del gas

La Ley de Henry es idéntica a la de Raoult con la excepción de que la constante de la Ley de Henry reemplaza a la presión de vapor:

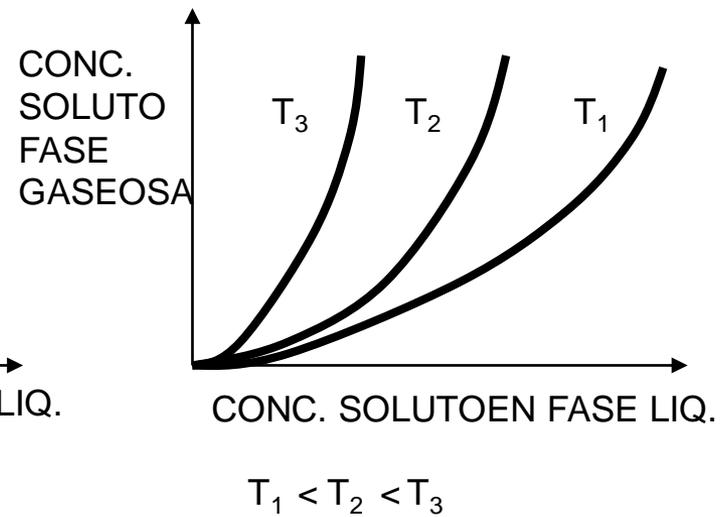
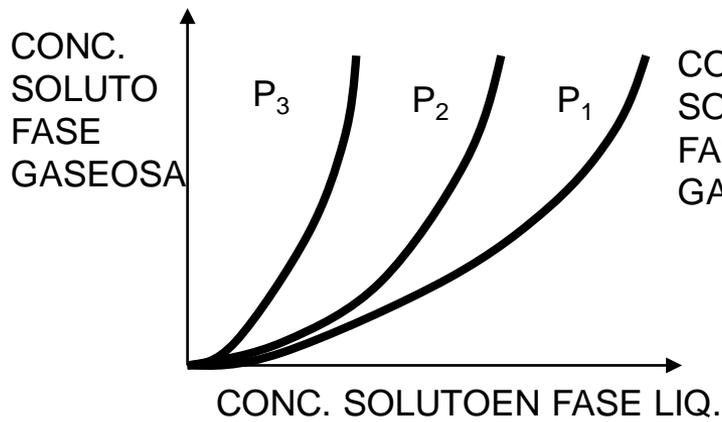
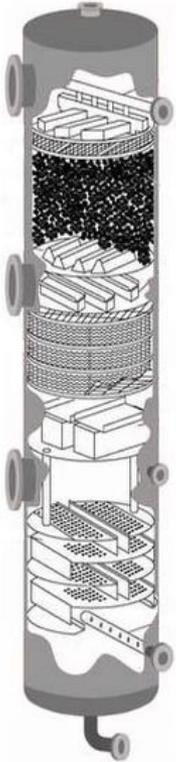
$$p_i = x_i H_i$$

Modelo de **DISOLUCIÓN DILUIDA IDEAL**. Es una disolución en la cual las moléculas de soluto prácticamente sólo interaccionan con moléculas de disolvente. Es el límite cuando la concentración de soluto tiende a cero y es aplicable a disoluciones de no electrolitos (a dilución suficiente todas las disoluciones de no electrolitos son disoluciones diluidas ideales).

La constante de la Ley de Henry depende de T y tiene unidades diferentes en función de la expresión de las unidades de concentración. El inverso de la constante de Henry es la "solubilidad" del gas en el líquido.

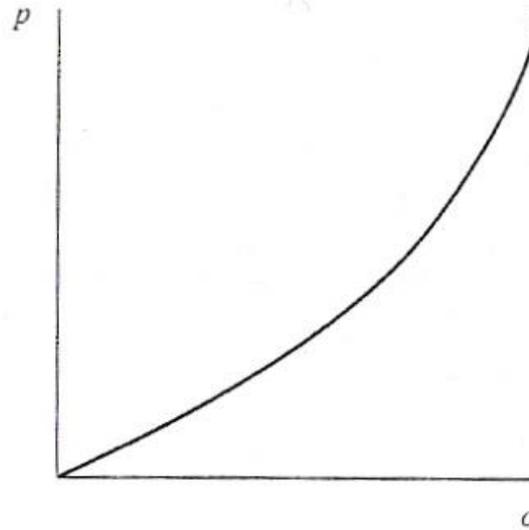
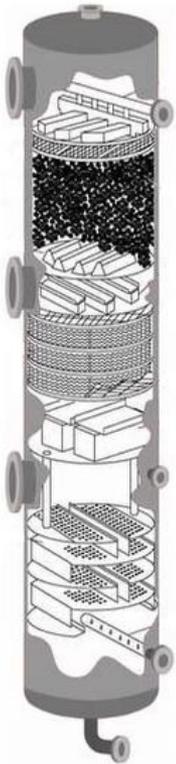
ABSORCIÓN

**LA SOLUBILIDAD DE UN GAS EN UN LIQUIDO
DEPENDE DE LA P y la T^o**



ABSORCIÓN

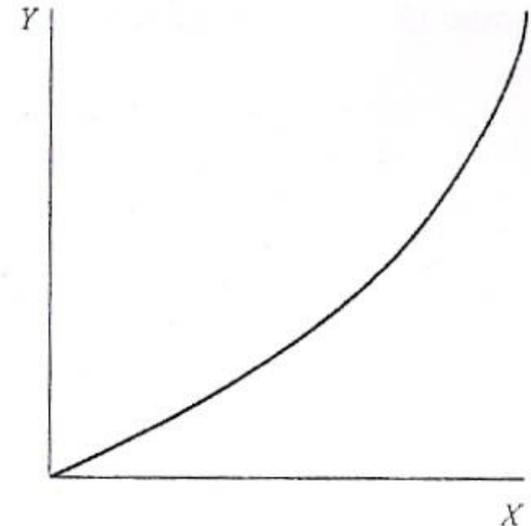
LA SOLUBILIDAD DE UN GAS EN UN LIQUIDO DEPENDE DE LA DESVIACION DEL EQUILIBRIO



a)

$$Y = \frac{p}{P - p}$$

$$X = \frac{c}{c_t - c}$$



b)

donde:

Y = Razón molar en la fase gaseosa.

X = Razón molar en la fase líquida.

p = Presión parcial.

P = Presión total.

c = Concentración molar.

c_t = Concentración molar total.

ABSORCIÓN

TRANSFERENCIA DE MATERIA ENTRE FASES

COEFICIENTES INDIVIDUALES Y GLOBALES

TRANSFERENCIA DE MATERIA POR dA

p_i = Presión del componente i en el seno de la fase I.

p_{i0} = Presión del componente i en la interfase.

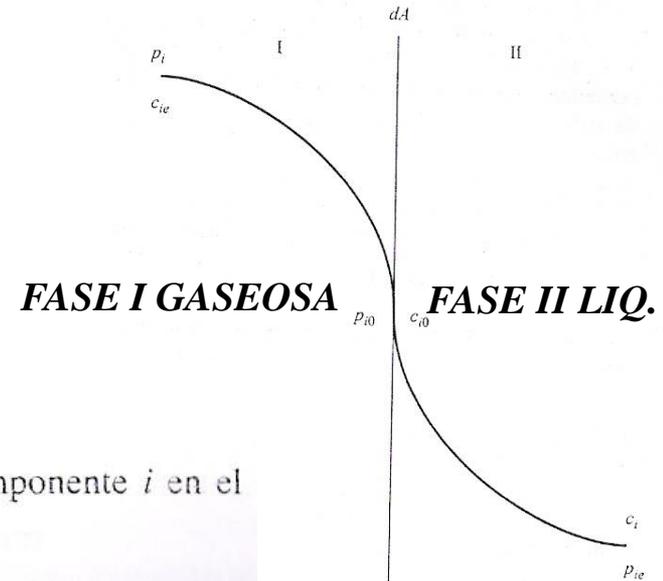
p_{ie} = Presión del componente i en equilibrio con la concentración del componente i en el seno de la fase II.

c_i = Concentración del componente i en el seno de la fase II.

c_{i0} = Concentración del componente i en la interfase.

c_{ie} = Concentración del componente i en equilibrio con la presión del componente i en el seno de la fase I.

dA = Área de la superficie interfacial elemental.



ABSORCIÓN

TRANSFERENCIA DE MATERIA ENTRE FASES

COEFICIENTES INDIVIDUALES Y GLOBALES

p_{i0} esta en equilibrio con c_{i0}

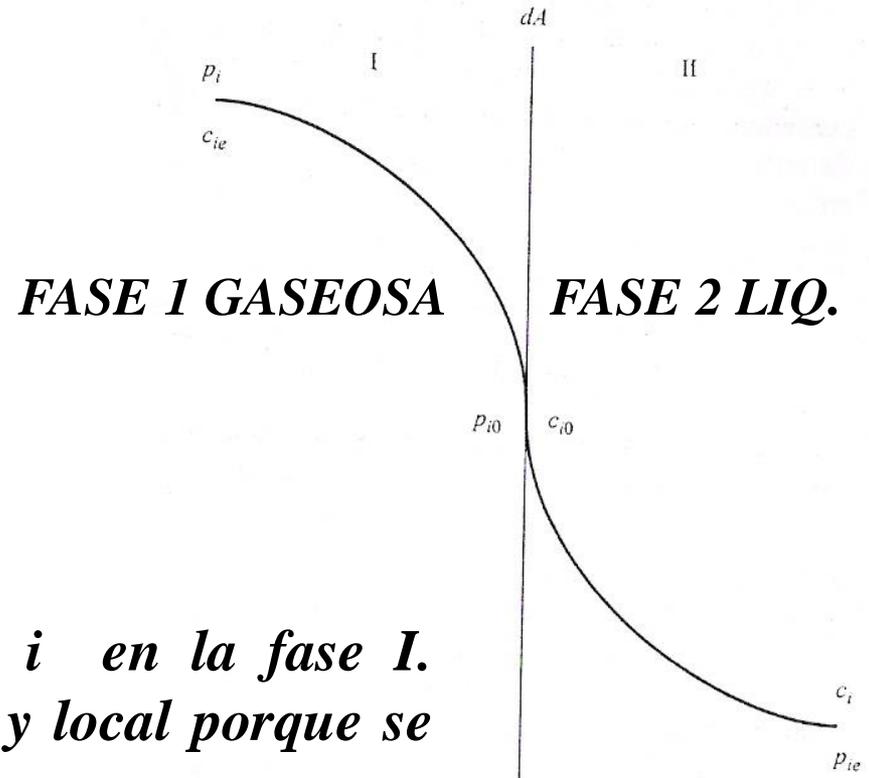
La masa transferida de i desde el seno de la fase gaseosa a la interfase:

$$(N_i dA) \propto dA(p_i - p_{i0})$$

$$(N_i dA) = k_{G_i} dA(p_i - p_{i0})$$

N_i = flujo másico

k_{G_i} = coeficiente individual y local de i en la fase I. Individual porque se refiere a la fase I y local porque se refiere a la sup. interfacial dA .



ABSORCIÓN

TRANSFERENCIA DE MATERIA ENTRE FASES

COEFICIENTES INDIVIDUALES Y GLOBALES

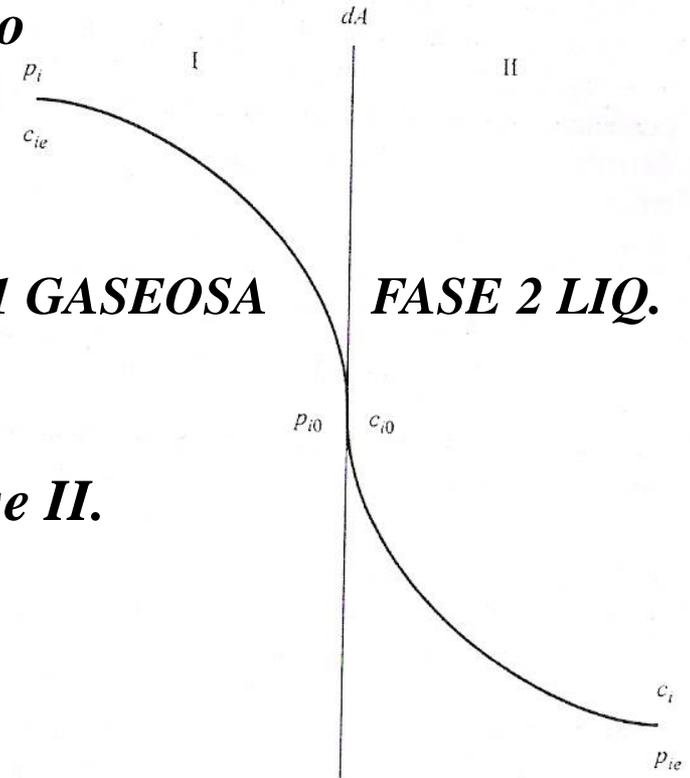
análogamente, suponiendo régimen estacionario el caudal transferido de i desde la interface a la fase II será el mismo:

$$(N_i dA) \propto dA(c_{i0} - c_i)$$

$$(N_i dA) = k_{L_i} dA(c_{i0} - c_i)$$

FASE 1 GASEOSA

FASE 2 LIQ.



k_{L_i} = coeficiente individual y local de i en la fase II.

Si consideramos una fuerza impulsora $(p_i - p_{ie})$

$$(N_i dA) \propto dA(p_i - p_{ie})$$

$$(N_i dA) = K_{G_i} dA(p_i - p_{ie})$$

K_{G_i} = coeficiente global y local de i referido a la fase I.

ABSORCIÓN

TRANSFERENCIA DE MATERIA ENTRE FASES

COEFICIENTES INDIVIDUALES Y GLOBALES

análogamente:

$$(N_i dA) \propto dA(c_{ie} - c_i)$$

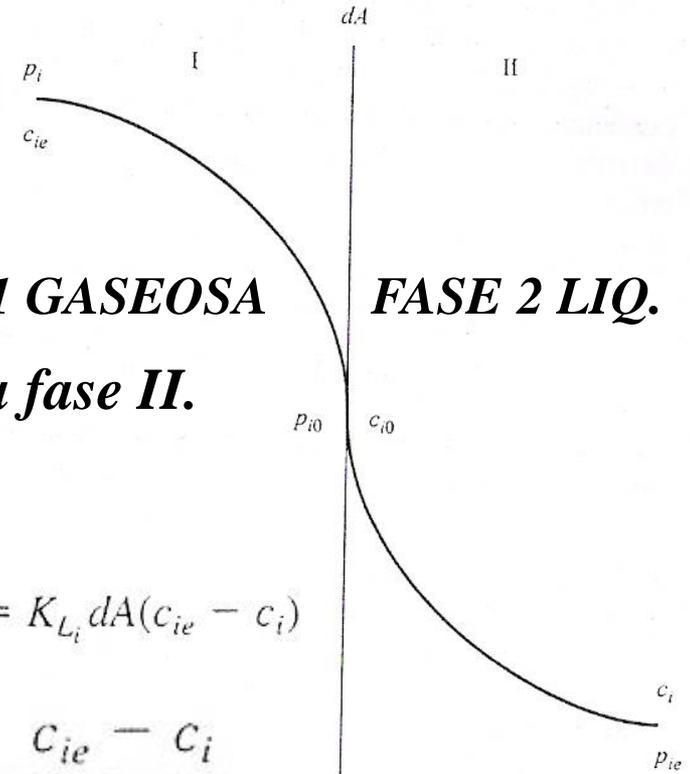
$$(N_i dA) = K_{L_i} dA(c_{ie} - c_i)$$

K_{L_i} = *coeficiente global y local de i referido a la fase II.*

Teniendo en cuenta lo anterior:

$$(N_i dA) = k_{G_i} dA(p_i - p_{i0}) = k_{L_i} dA(c_{i0} - c_i) = K_{G_i} dA(p_i - p_{ie}) = K_{L_i} dA(c_{ie} - c_i)$$

$$(N_i dA) = \frac{p_i - p_{i0}}{\left(\frac{1}{k_{G_i} dA}\right)} = \frac{c_{i0} - c_i}{\left(\frac{1}{k_{L_i} dA}\right)} = \frac{p_i - p_{ie}}{\left(\frac{1}{K_{G_i} dA}\right)} = \frac{c_{ie} - c_i}{\left(\frac{1}{K_{L_i} dA}\right)}$$



ABSORCIÓN

TRANSFERENCIA DE MATERIA ENTRE FASES COEFICIENTES INDIVIDUALES Y GLOBALES

**RELACION ENTRE FUERZAS IMPULSORAS
Y RESISTENCIAS:**

FUERZAS IMPULSORAS:

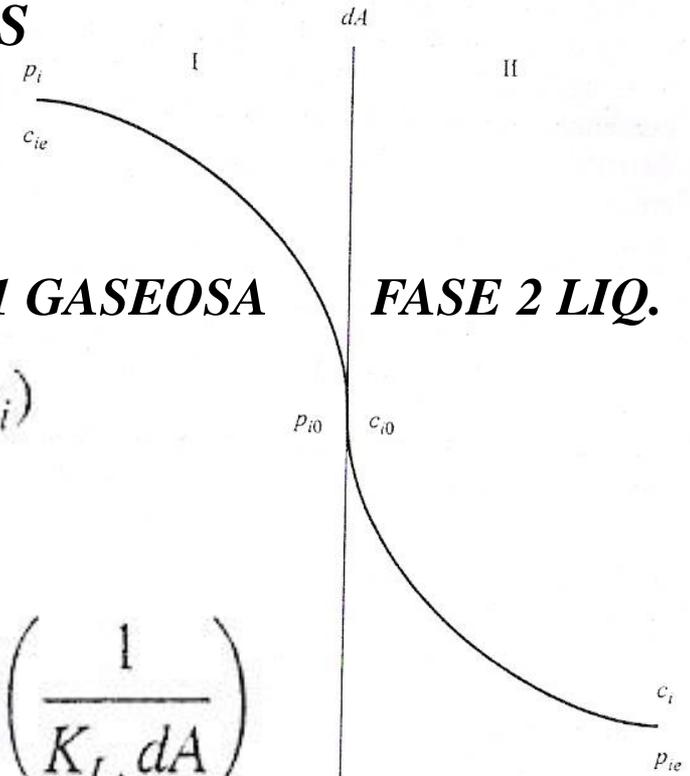
$$(p_i - p_{i0}), (c_{i0} - c_i), (p_i - p_{ie}) \text{ o } (c_{ie} - c_i)$$

RESISTENCIAS:

$$\left(\frac{1}{k_{G_i} dA} \right) ; \left(\frac{1}{k_{L_i} dA} \right) ; \left(\frac{1}{K_{G_i} dA} \right) ; \left(\frac{1}{K_{L_i} dA} \right)$$

FASE 1 GASEOSA

FASE 2 LIQ.

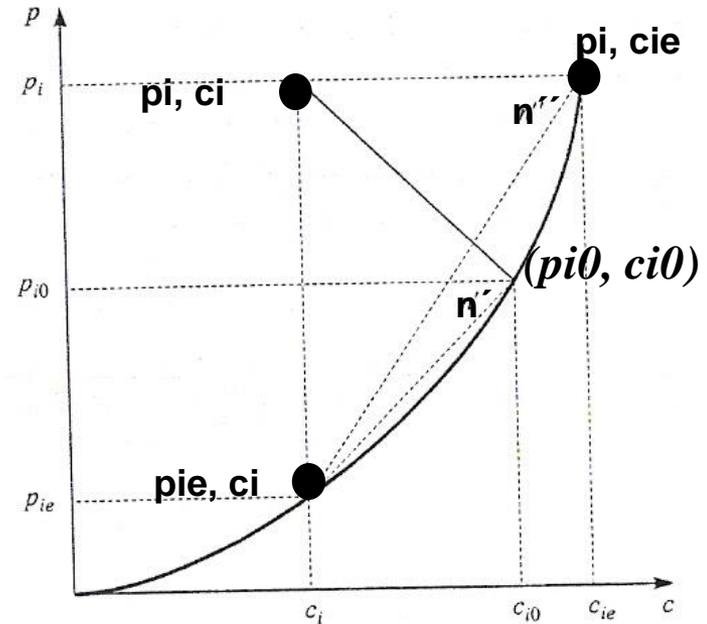


ABSORCIÓN

TRANSFERENCIA DE MATERIA ENTRE FASES

COEFICIENTES INDIVIDUALES Y GLOBALES

- Curva de equilibrio para el componente i.
- En un diagrama presión-concentración.
- Condición de operación representada por el punto (p_i, c_i)



(p_{i0}, c_{i0}) = condiciones de interface, que son de equilibrio.

p_{ie} = presión de equilibrio para la concentración de operación, c_i .

c_{ie} = la concentración de equilibrio para la presión de operación, p_i .

n' = pendiente de la secante que une los puntos (p_{i0}, c_{i0}) y (p_{ie}, c_i) .

n'' = pendiente de la secante que une los puntos (p_i, c_{ie}) , (p_{ie}, c_i) .

ABSORCIÓN

TRANSFERENCIA DE MATERIA ENTRE FASES

COEFICIENTES INDIVIDUALES Y GLOBALES

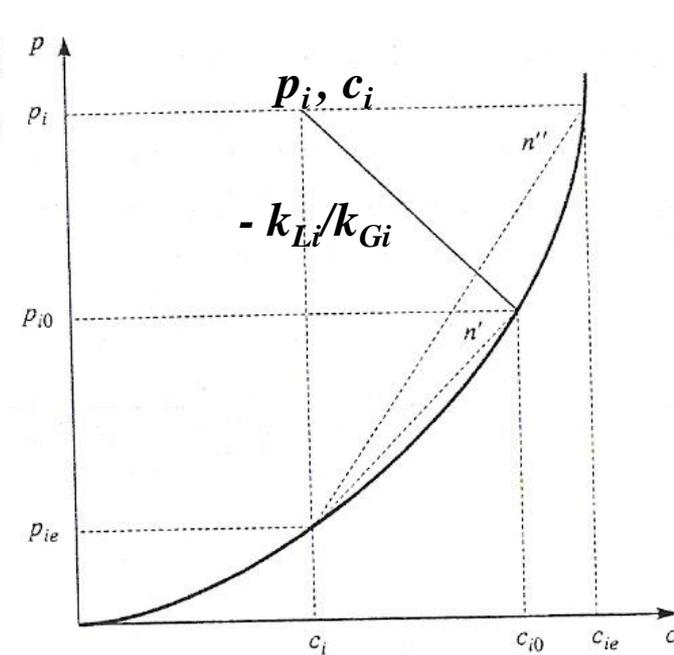
$$k_{L_i} dA(c_{i0} - c_i) = k_{G_i} dA(p_i - p_{i0}) \quad \therefore \quad \frac{p_i - p_{i0}}{c_i - c_{i0}} = - \frac{k_{L_i}}{k_{G_i}}$$

línea recta que pasa por (p_i, c_i) pto de operación y (p_{i0}, c_{i0}) pto de equilibrio, con pendiente $(-k_{L_i}/k_{G_i})$

LINEA DE UNIÓN (une condición de operación con condición de equilibrio).

$$n' = \frac{p_{i0} - p_{ie}}{c_{i0} - c_i} \quad \therefore \quad c_{i0} - c_i = \frac{p_{i0} - p_{ie}}{n'}$$

$$n'' = \frac{p_i - p_{ie}}{c_{ie} - c_i} \quad \therefore \quad c_{ie} - c_i = \frac{p_i - p_{ie}}{n''}$$



Por consiguiente:

ABSORCIÓN

TRANSFERENCIA DE MATERIA ENTRE FASES

COEFICIENTES INDIVIDUALES Y GLOBALES

de la expresión anterior:

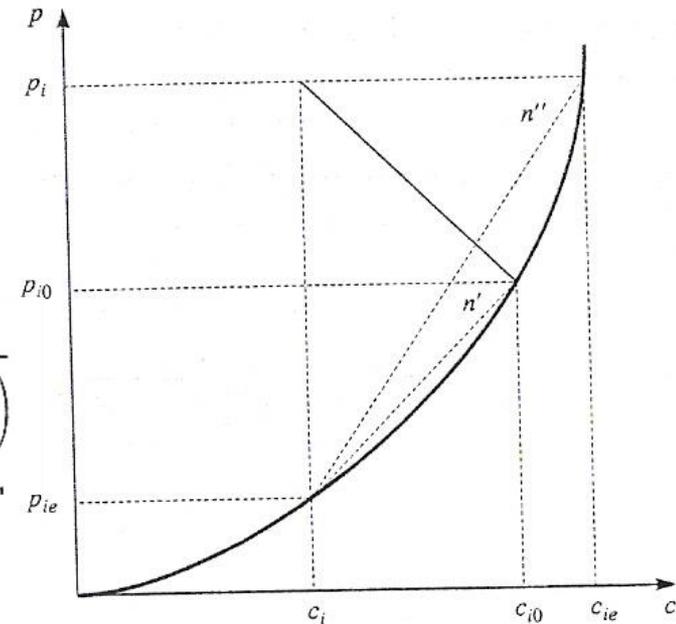
$$(N_i dA) = \frac{p_i - p_{i0}}{\left(\frac{1}{k_{G_i} dA}\right)} = \frac{c_{i0} - c_i}{\left(\frac{1}{k_{L_i} dA}\right)} = \frac{p_i - p_{ie}}{\left(\frac{1}{K_{G_i} dA}\right)} = \frac{c_{ie} - c_i}{\left(\frac{1}{K_{L_i} dA}\right)}$$

por lo tanto:

$$(N_i dA) = \frac{p_i - p_{i0}}{\left(\frac{1}{k_{G_i} dA}\right)} = \frac{p_{i0} - p_{ie}}{\left(\frac{1}{k_{L_i} dA}\right)} = \frac{p_i - p_{ie}}{\left(\frac{1}{k_{G_i} dA}\right) + \left(\frac{n'}{k_{L_i} dA}\right)} = \frac{p_i - p_{ie}}{\left(\frac{1}{K_{G_i} dA}\right)} = \frac{p_i - p_{ie}}{\left(\frac{n''}{K_{L_i} dA}\right)}$$

al ser iguales los numeradores, también los denominadores:

$$\frac{1}{K_{G_i} dA} = \frac{1}{k_{G_i} dA} + \frac{n'}{k_{L_i} dA} = \frac{n''}{K_{L_i} dA}$$



RELACION ENTRE COEFICIENTES LOCALES Y GLOBALES

ABSORCIÓN

TRANSFERENCIA DE MATERIA ENTRE FASES

COEFICIENTES INDIVIDUALES Y GLOBALES

por lo tanto el valor de las distinta resistencias:

$\frac{1}{K_{G_i} dA}$ = Resistencia global a la transferencia de materia del componente i , referida a la fase gaseosa como un todo.

$\frac{n''}{K_{L_i} dA}$ = Ídem referida a la fase líquida como un todo.

$\frac{1}{k_{G_i} dA}$ = Resistencia a la transferencia de materia del componente i ofrecida por la fase I.

$\frac{1}{k_{L_i} dA}$ = Ídem ofrecida por la fase II.

ABSORCIÓN

TRANSFERENCIA DE MATERIA ENTRE FASES COEFICIENTES INDIVIDUALES Y GLOBALES

dependiendo de los valores relativos de:

$$\frac{1}{k_{G_i} dA} \text{ y } \frac{1}{k_{L_i} dA},$$

la transferencia de materia esta controlada por:

Está controlada por la fase I si $\frac{1}{k_{G_i} dA} \gg \frac{1}{k_{L_i} dA}$

Está controlada por la fase II si $\frac{1}{k_{G_i} dA} \ll \frac{1}{k_{L_i} dA}$

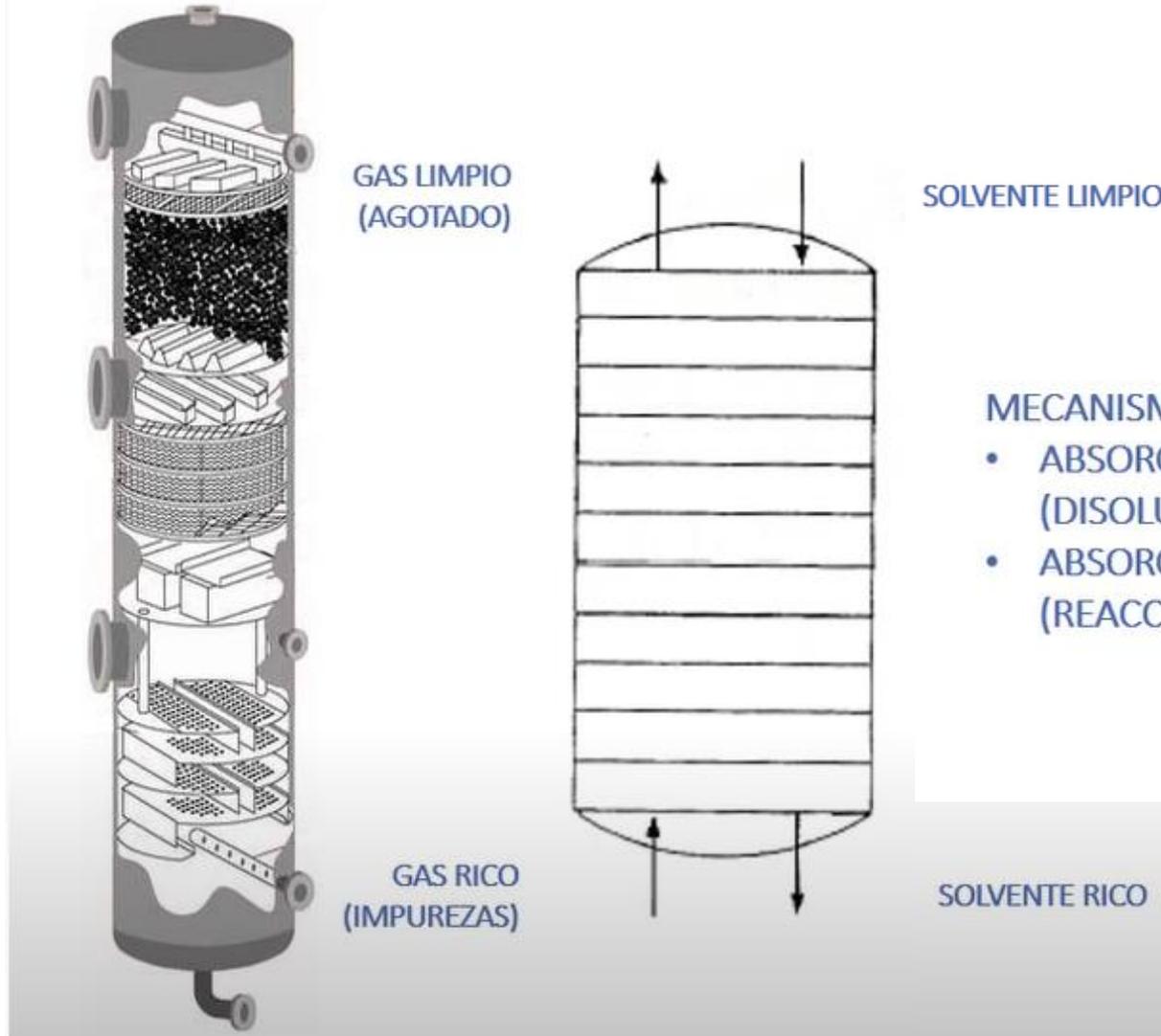
Experimentalmente se ha llegado a la relación:

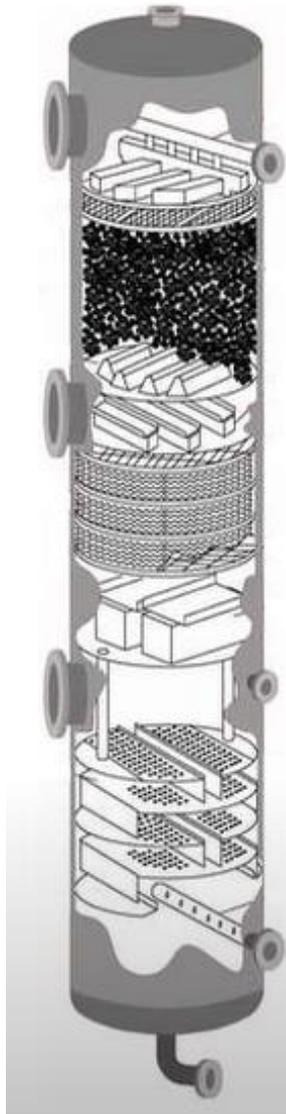
$$\frac{(\text{Concentración de soluto}) \cdot n' \quad c_s \cdot n'}{\text{-----} = \text{-----}} \\ (\text{Presión total}) P \quad P$$

$< 5 \cdot 10^{-4}$ Probablemente controle la fase gaseosa

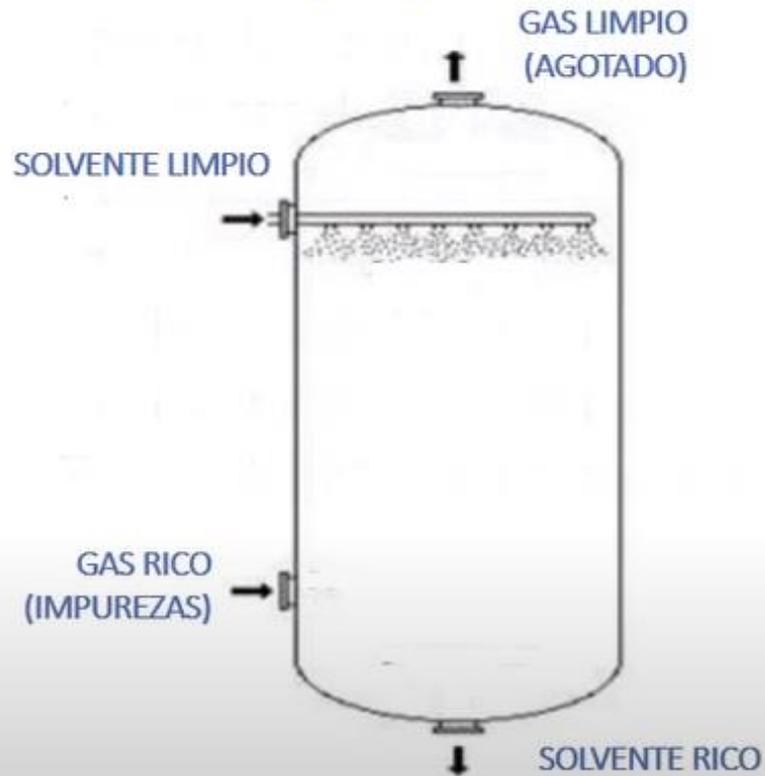
$> 0,2$ Probablemente controle la fase líquida

EQUIPOS



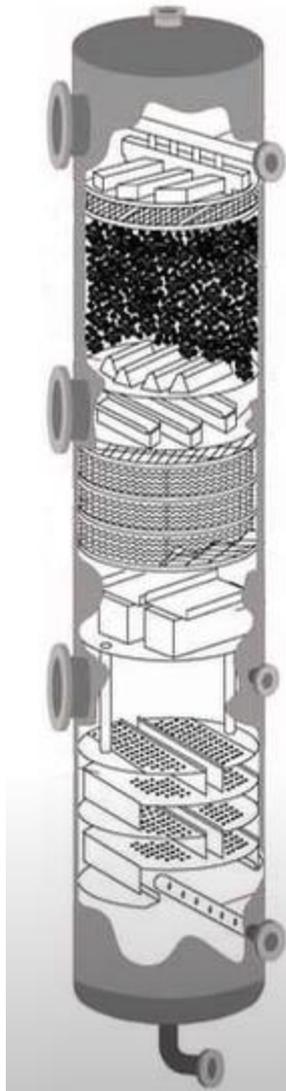


Torres de Spray o de Rocío

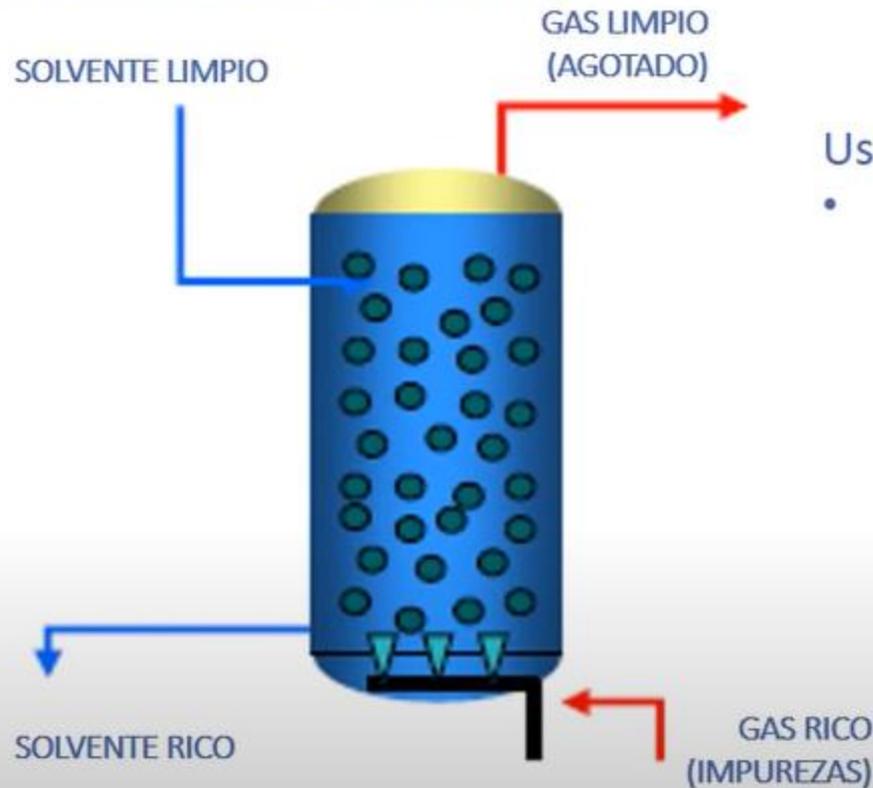


Usos:

- Partículas en la corriente de gas rico.

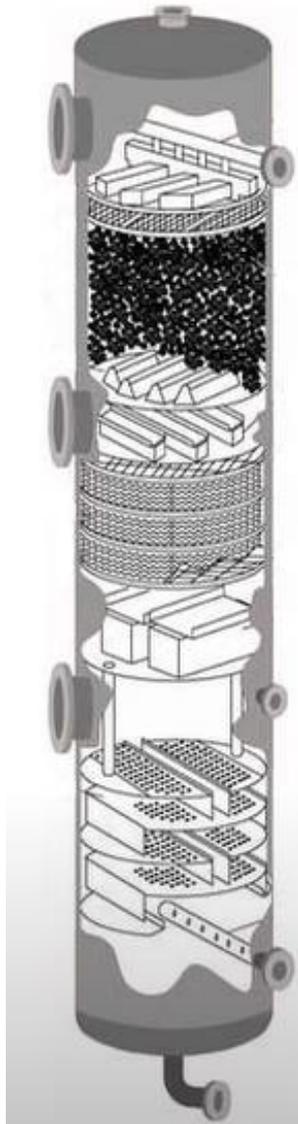


Columnas de Burbujeo

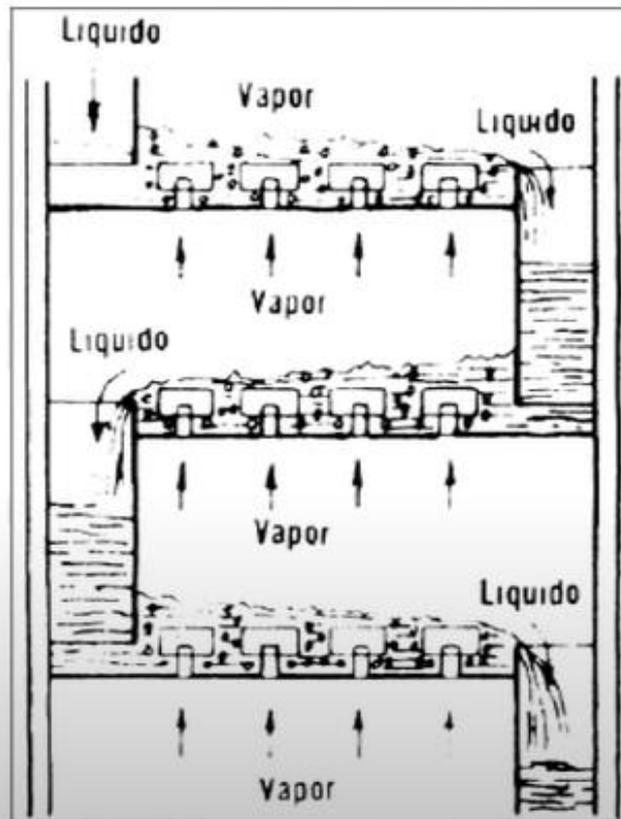


Usos:

- Solutos con solubilidad particularmente baja o altos tiempo de residencia.



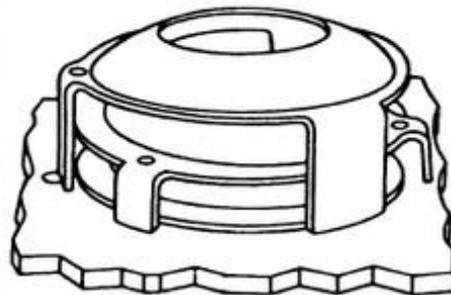
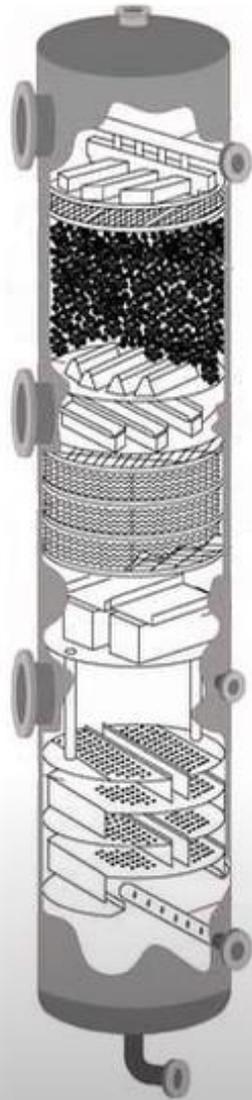
Columnas de Platos



Variaciones:

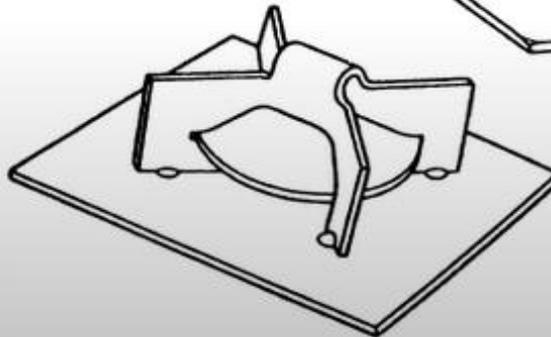
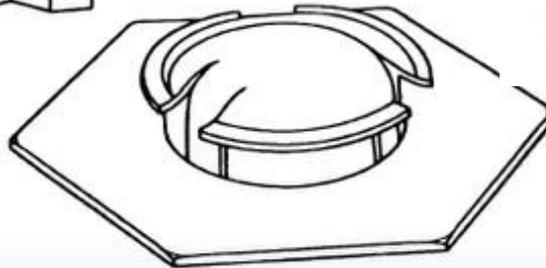
- Platos Perforados.
- Platos de Válvulas.
- Platos de Campanas

Columnas de Platos



Glitsch tipo A-1

Koch tipo A

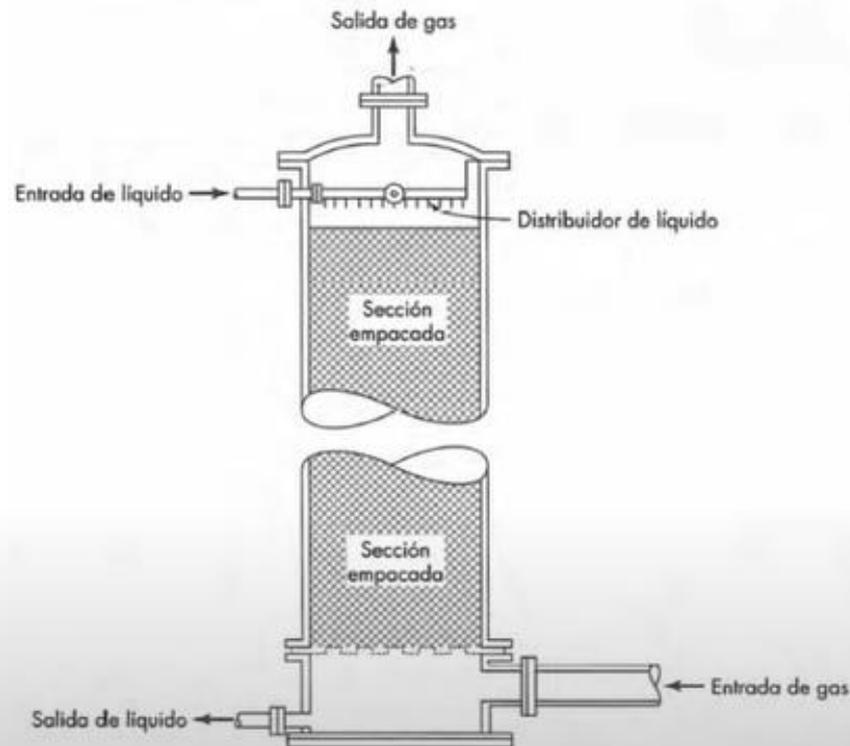
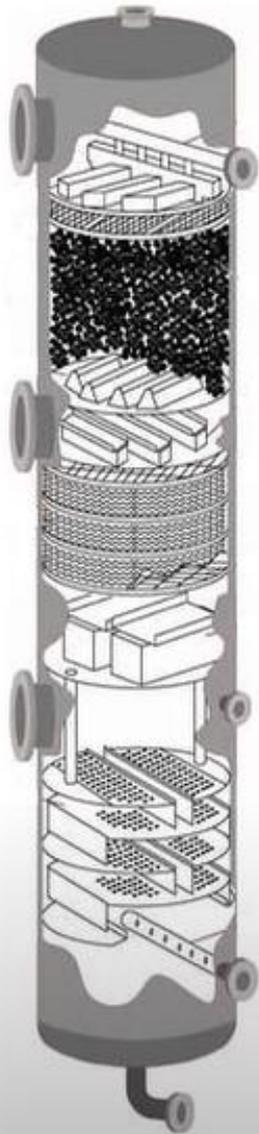


Koch tipo T

Variaciones:

- Platos Perforados.
- Platos de Válvulas.
- Platos de **Campanas**

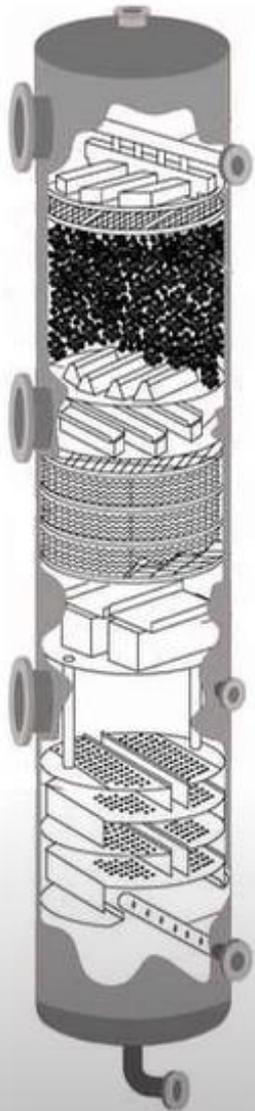
Torres Rellenas o Empacadas



Características del empaque:

- Químicamente inerte.
- Bajo peso.
- Bajo costo.
- Facilitar el flujo.

Torres Rellenas o Empacadas



Anillo Raschig



Silla Intalox



Anillos Pall



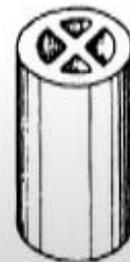
Silla Berl



Anillo con helicoidal



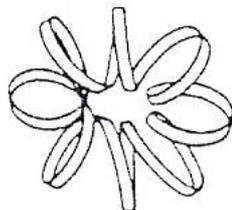
Anillo Lessing



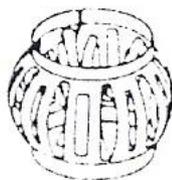
Anillo de partición

Características del empaque:

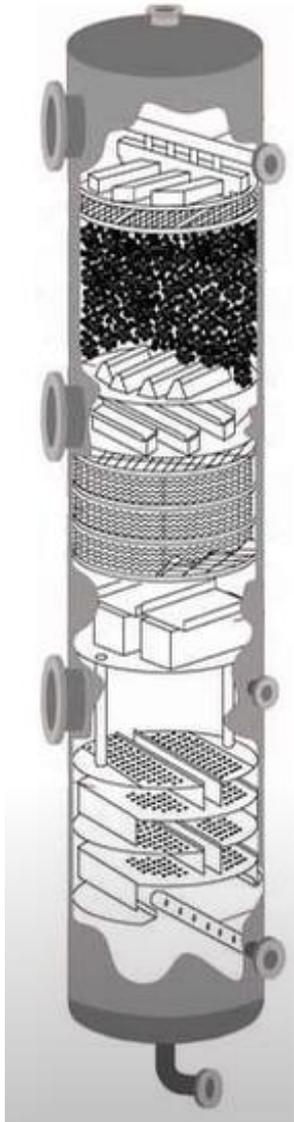
- Característica adecuadas de flujo.
- Químicamente inerte.
- Bajo peso.
- Bajo costo.



h)



i)

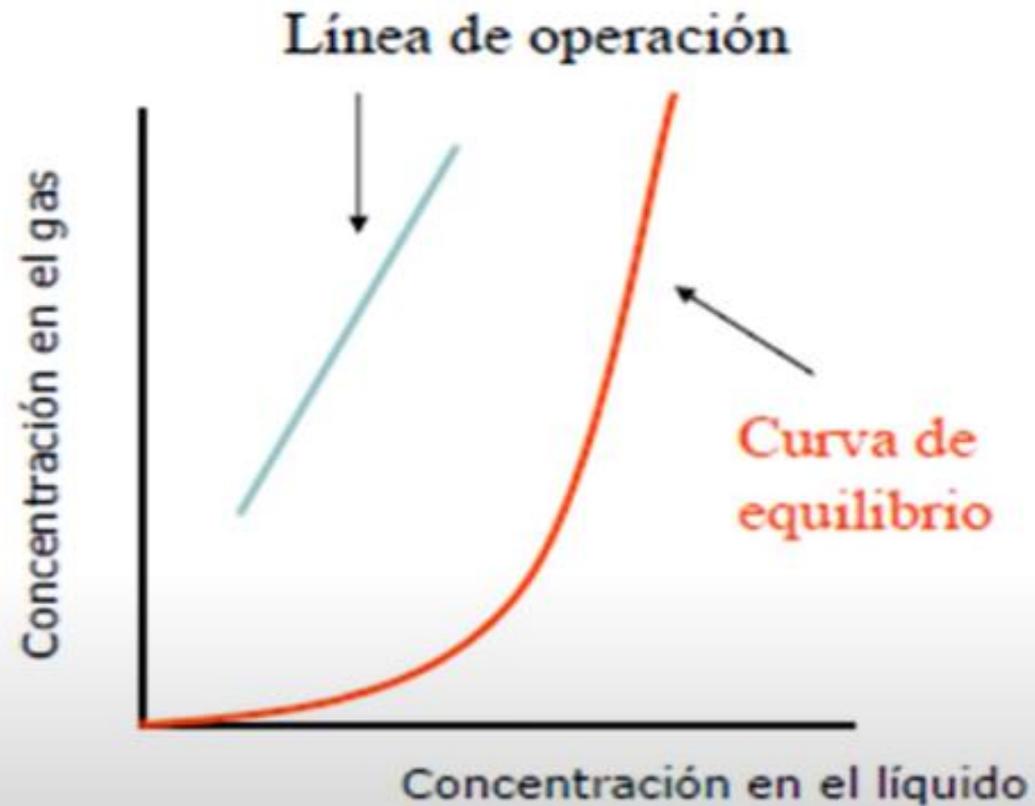
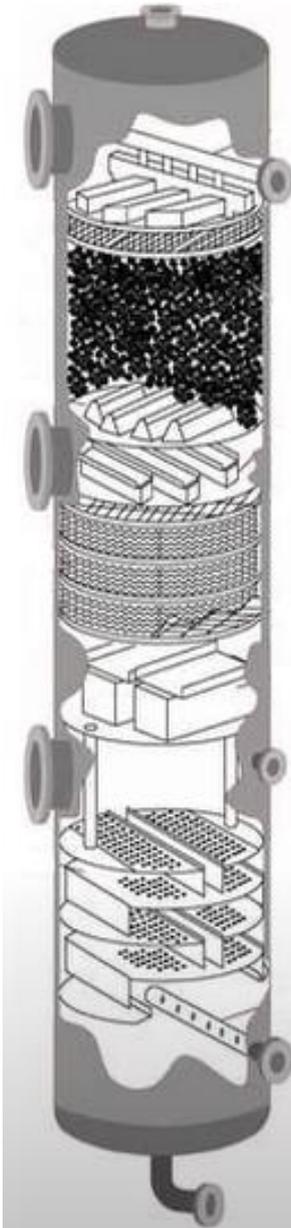


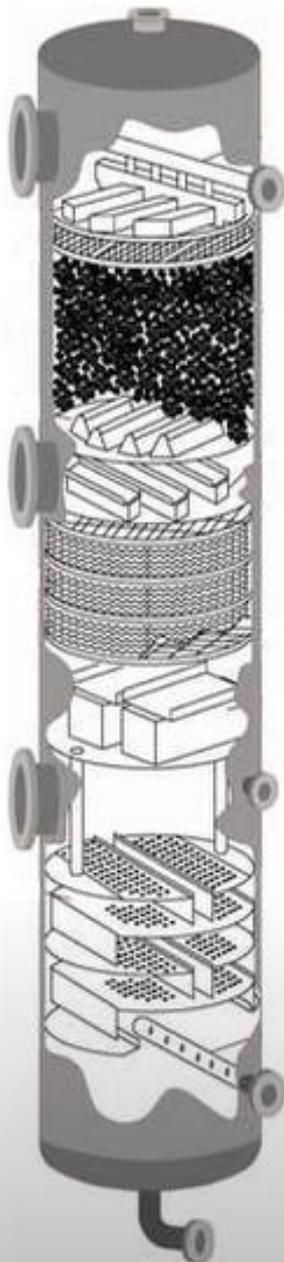
Comparación entre Torres de Platos y Torres Empacadas

Torres de Platos	Torres de Empaque
Baja caída de presión.	Mayor eficiencia.
Menor obstrucción.	Manejo de mayores caudales.
Menor costo de instalación y operación.	Mayor costo de mantenimiento (empaque).
Menor consumo de energía.	Uso con sustancias corrosivas.
Mejor comportamiento térmico.	Dimensiones reducidas.

ABSORCIÓN

Dimensionamiento de la Torre





ABSORCIÓN

Dimensionamiento de la Torre

Caudales de fluido:

L (moles de líquido / $h\ m^2$)

G (moles de gas / $h\ m^2$)

Corrientes exentas :

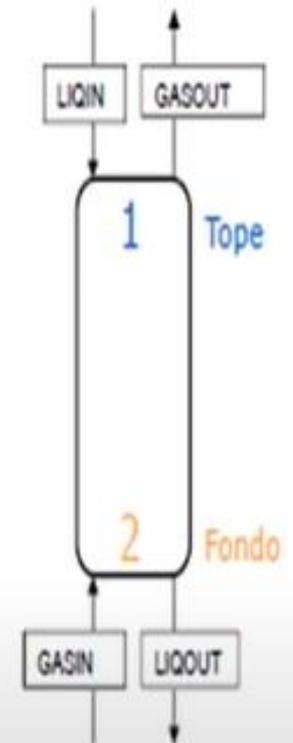
L' (moles de disolvente / $h\ m^2$)

G' (moles de inerte / $h\ m^2$)

Composiciones exentas:

$X = x / 1 - x$ (moles de soluto / moles de disolvente)

$Y = y / 1 - y$ (moles de soluto / moles de inerte)



ABSORCIÓN

L' = Caudal molar de componente portador en fase liq. [mol/seg]

V' = Ídem en la fase gaseosa. [mol/seg]

c = Concent. molar de componente transf. en fase liq. [mol/l]

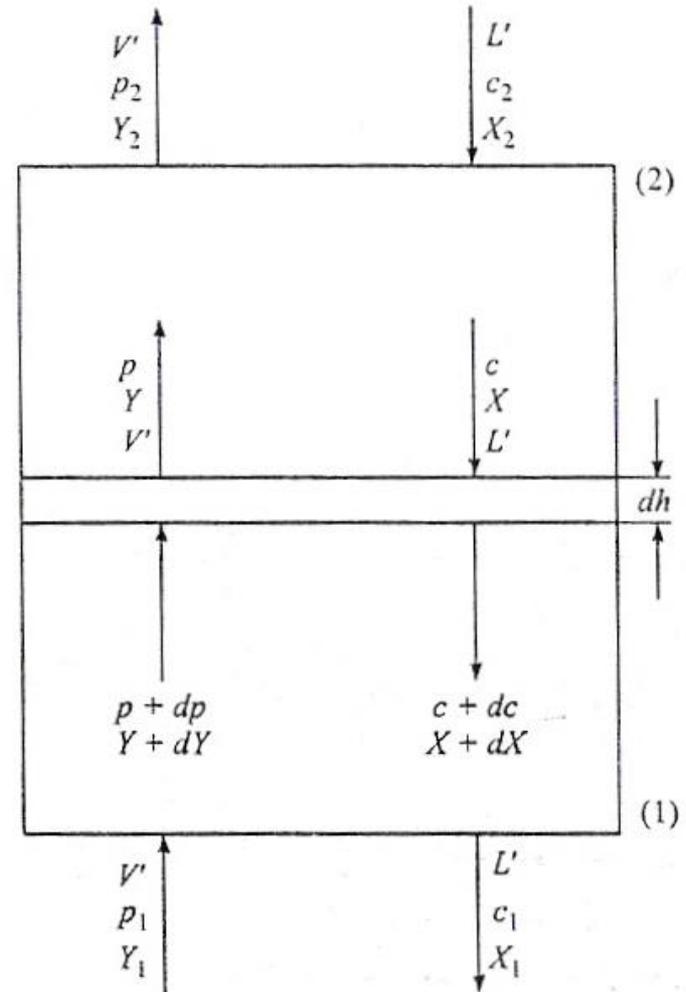
X = Razón molar de componente transf. a componente portador en fase liq.:

p = Presión parcial del comp. Transf. en la fase gaseosa [atm]

Y = Razón molar de comp. Transf. a comp. Portador en la fase gaseosa :

Subíndices 1 y 2 se refieren a la base y al tope de la columna.

$$\left[\frac{\text{mol de transferible}}{\text{mol de portador}} \right] \circ \left[\frac{\text{Kmol de transferible}}{\text{Kmol de portador}} \right]$$



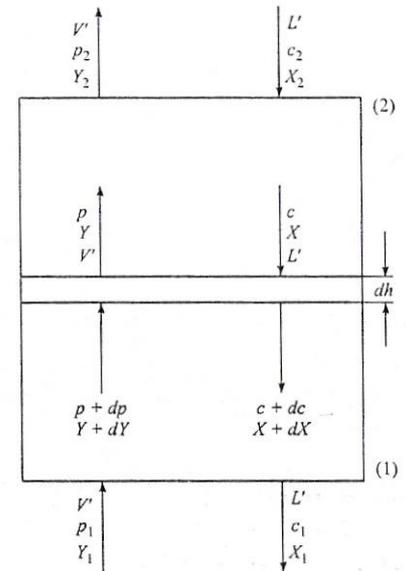
ABSORCIÓN

ECUACIONES DE DISEÑO PARA COLUMNAS DE RELLENO

PODEMOS ESTABLECER LAS SIGUIENTES RELACIONES:

$$Y = \frac{p}{P - p}$$

$$X = \frac{c}{c_t - c}$$



BALANCE DE MATERIA RESPECTO AL ELEMENTO dh DE LA TORRE:

$$-V' dY = -L' dX$$

ABSORCIÓN

ECUACIONES DE DISEÑO PARA COLUMNAS DE RELLENO

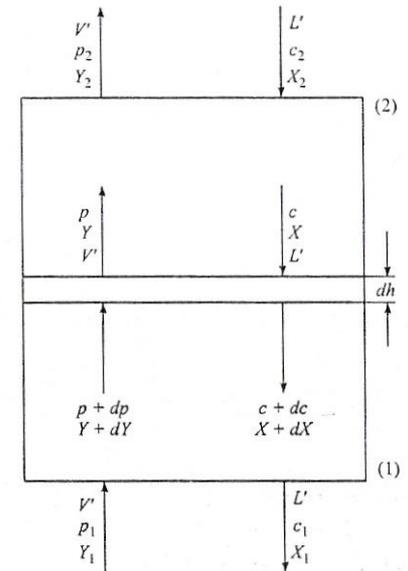
INTEGRANDO DESDE LA CABEZA A CUALQUIER ALTURA:

LINEA RECTA EN UN DIAGRAMA Y vs X

$$V'(Y - Y_2) = L'(X - X_2) \quad \therefore \quad Y = \frac{L'}{V'} X + \left[Y_2 - \frac{L'}{V'} X_2 \right]$$

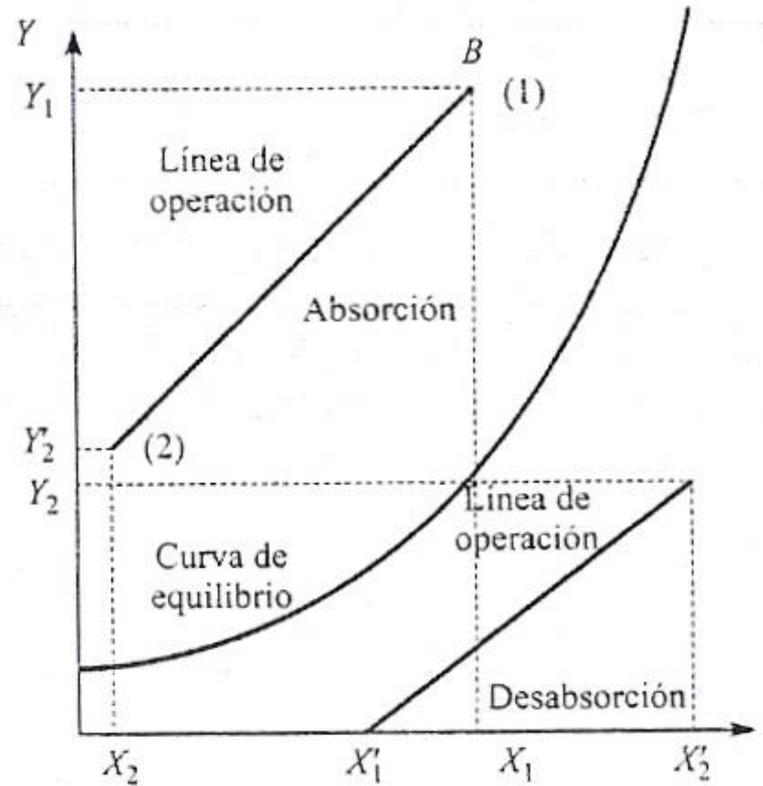
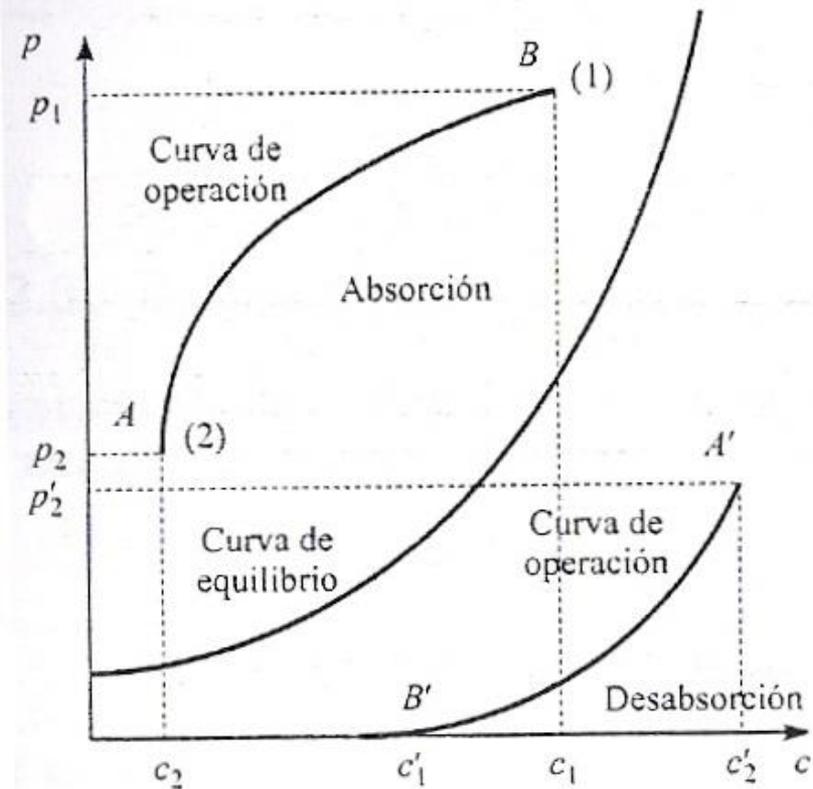
LINEA CURVA EN UN DIAGRAMA p vs c

$$V' \left(\frac{P}{P - p} - \frac{P_2}{P - p_2} \right) = L' \left(\frac{c}{c_t - c} - \frac{c_2}{c_t - c_2} \right)$$



ABSORCIÓN

ECUACIONES DE DISEÑO PARA COLUMNAS DE RELLENO



LINEA CURVA EN UN DIAGRAMA p vs c

LINEA RECTA EN UN DIAGRAMA Y vs X

OPERACIÓN DE ABSORCIÓN LINEA DE OPERACIÓN POR ENCIMA DE LA DE EQUILIBRIO.

OPERACIÓN DE DESABSORCIÓN LINEA DE OPERACIÓN POR DEBAJO DE LA DE EQUILIBRIO

ABSORCIÓN

ECUACIONES DE DISEÑO PARA COLUMNAS DE RELLENO

REPRESENTEMOS POR:

S = Sección transversal de la columna de relleno [m^2].

a = Superficie mojada por la fase líquida por unidad de volumen de lecho [m^2/m^3].

N = Caudal por unidad de superficie de componente transferible desde la fase gaseosa a la líquida, $\left[\frac{\text{mol}}{m^2 \cdot s} \right]$ o $\left[\frac{\text{Kmol}}{m^2 \cdot s} \right]$.

IGUALANDO LOS TERMINOS DE BALANCE DE MASA EN dh PARA ABSORCIÓN EN ESTADO ESTACIONARIO

$$(N_i dA) = k_{G_i} dA(p_i - p_{i0}) = k_{L_i} dA(c_{i0} - c_i) = K_{G_i} dA(p_i - p_{ie}) = K_{L_i} dA(c_{ie} - c_i)$$

$$N(a S dh) = k_G \cdot a(p - p_0) S dh = k_L a(c_0 - c) S dh = K_G a(p - p_e) S dh =$$

$$= K_L a(c_e - c) S dh = -V' \frac{P}{(P - p)^2} dp = -L' \frac{c_i}{(c_r - c)} dc$$

IGUALANDO CADA TERMINO DE BALANCE DE MATERIA CON EL CORRESPONDIENTE DE TRANSFERENCIA, YA SEA REFERIDO A LA FASE GASEOSA INDIVIDUAL O GLOBAL, O A LA FASE LIQUIDA INDIVIDUAL O GLOBAL:

ABSORCIÓN

ECUACIONES DE DISEÑO PARA COLUMNAS DE RELLENO

$$-V' \frac{P}{(P-p)^2} dp = k_G a (p - p_0) S dh$$

$$-V' \frac{P}{(P-p)^2} dp = K_G a (p - p_e) S dh$$

$$-L' \frac{c_t}{(c_t - c)^2} dc = k_L a (c_0 - c) S dh$$

$$-L' \frac{c_t}{(c_t - c)^2} dc = K_L a (c_e - c) S dh$$

INTEGRANDO LAS ECUACIONES:

ABSORCIÓN

ECUACIONES DE DISEÑO PARA COLUMNAS DE RELLENO

$$h = \frac{V'}{S} \int_{p_2}^{p_1} \frac{P dp}{k_G a (P - p)^2 (p - p_0)}$$

$$h = \frac{V'}{S} \int_{p_2}^{p_1} \frac{P dp}{K_G a (P - p)^2 (p - p_e)}$$

$$h = \frac{L'}{S} \int_{c_2}^{c_1} \frac{dc}{k_L a c_t \left(1 - \frac{c}{c_t}\right)^2 (c_0 - c)}$$

$$h = \frac{L'}{S} \int_{c_2}^{c_1} \frac{dc}{K_L a c_t \left(1 - \frac{c}{c_t}\right)^2 (c_e - c)}$$

ABSORCIÓN

RESISTENCIA DE LA FASE GASEOSA CONTROLANTE

RECORDEMOS LA RELACION ENTRE COEFICIENTES DE TRASNFERENCIA INDIVIDUALES Y GLOBALES, NORMALES O VOLUMENTRICOS:

$$\frac{1}{K_G \cdot dA} = \frac{1}{k_G \cdot dA} + \frac{n'}{k_L \cdot dA} = \frac{n''}{K_L \cdot dA} \quad \therefore$$

$$\frac{1}{K_G \cdot a \, dA} = \frac{1}{k_G \cdot a \, dA} + \frac{n'}{k_L \cdot a \, dA} = \frac{n''}{K_L \cdot a \, dA}$$

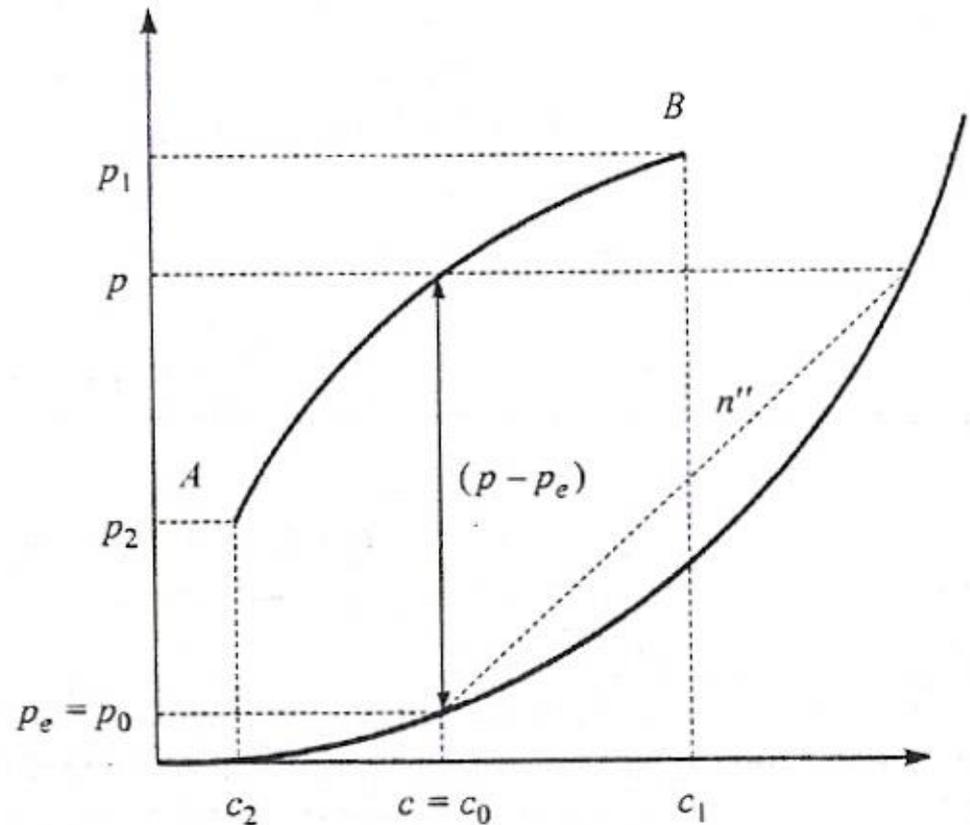
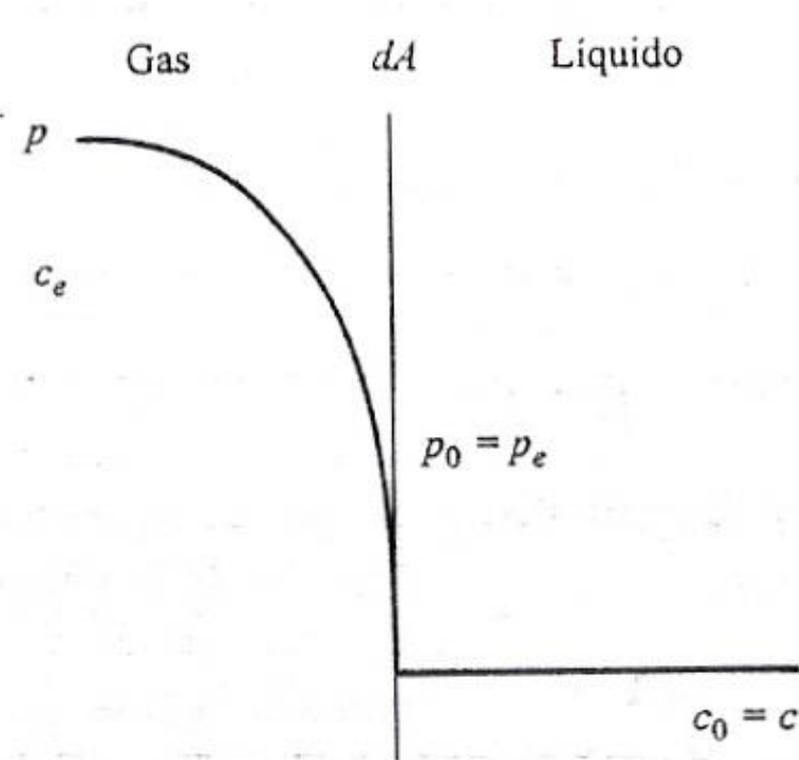
SI LA GASEOSA ES LA FASE CONTROLANTE:

$$r_L = \frac{1}{k_L a S dh} \cong 0 \quad \therefore \quad k_L \cong \infty$$

ABSORCIÓN

RESISTENCIA DE LA FASE GASEOSA CONTROLANTE

RECORDEMOS LA RELACION ENTRE COEFICIENTES DE TRANSFERENCIA INDIVIDUALES Y GLOBALES, NORMALES O VOLUMENTRICOS:

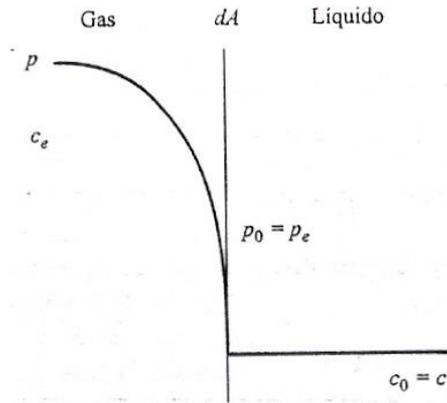


REPRESENTACION ESQUEMATICA SI LA GASEOSA ES LA FASE CONTROLANTE

REPRESENTACION GRAFICA (p , c) DE LAS LINEAS DE OPERACIÓN, EQUILIBRIO Y UNION, SI LA GASEOSA ES LA FASE CONTROLANTE

ABSORCIÓN

RESISTENCIA DE LA FASE GASEOSA CONTROLANTE



$$h = \frac{V'}{S} \int_{p_2}^{p_1} \frac{P dp}{k_G a (P - p)^2 (p - p_0)}$$

$$h = \frac{V'}{S} \int_{p_2}^{p_1} \frac{P dp}{K_G a (P - p)^2 (p - p_e)}$$

PODEMOS ESTABLECER LAS ECUACIONES SIGUIENTES:

$$c = c_0 \quad ; \quad -\frac{k_L}{k_G} = -\infty \quad \therefore \text{recta de unión vertical} \quad ; \quad p_e = p_0$$

$$\frac{n'}{k_L} = \frac{n'}{\infty} = 0 \rightarrow \frac{1}{K_G} = \frac{1}{k_G} + \frac{n'}{k_L} = \frac{n''}{K_L} \quad \therefore$$

$$\therefore \frac{1}{K_G a} = \frac{1}{k_G a} + \frac{n'}{k_L a} = \frac{n''}{K_L a}$$

$$\therefore K_G a = k_G a$$

ES INDISTINTO USAR EL COEFICIENTE DE MATERIA GLOBAL O INDIVIDUAL, REFERIDO FASE GASEOSA

ABSORCIÓN

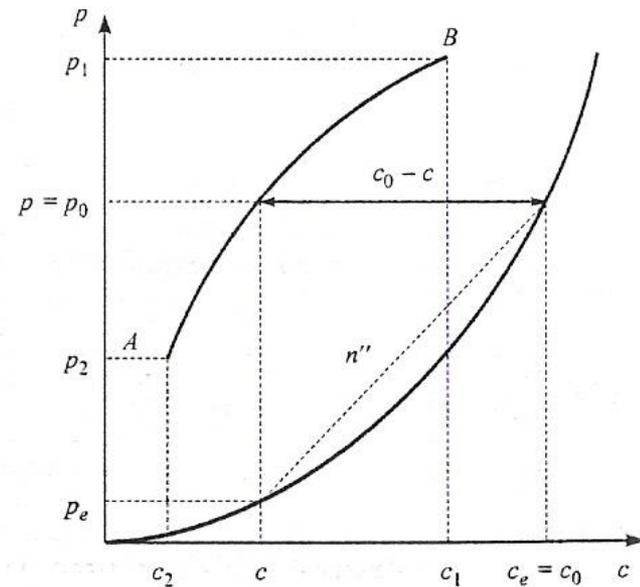
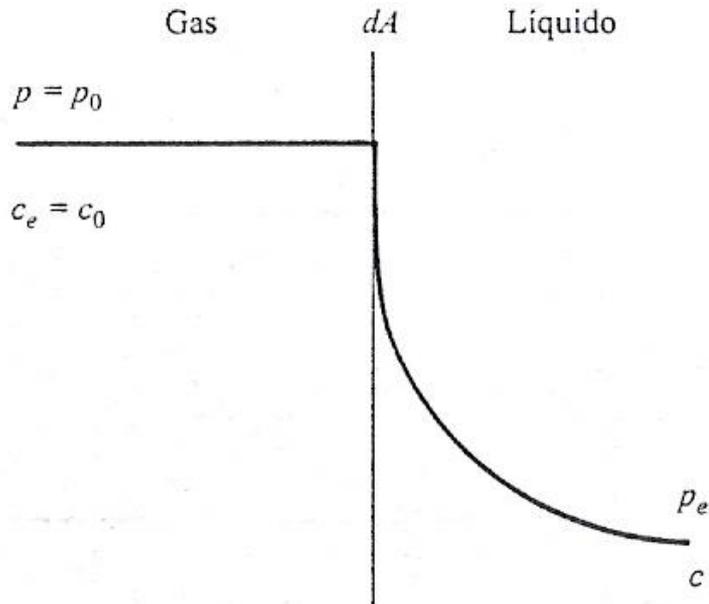
RESISTENCIA DE LA FASE LIQUIDA CONTROLANTE

SE DEBE CUMPLIR QUE LA RESISTENCIA A LA TRASFERENCIA EN LA FASE GASEOSA ES NULA::

$$r_G = \frac{1}{k_G a S dh} \cong 0 \quad \therefore \quad k_G \cong \infty$$

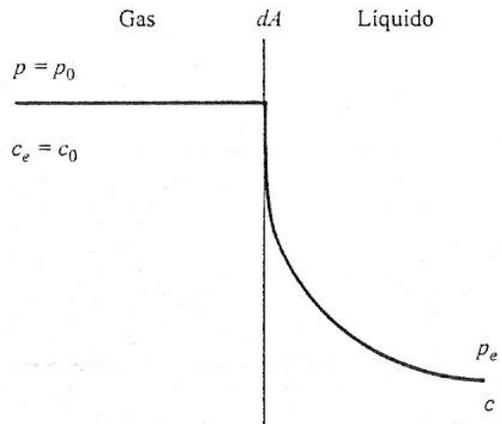
EN LA REPRESENTACION EQUEMATICA SE OBSERVA LA RESISTENCIA NULA DE LA FASE GASEOSA A LA TRASFERENCIA POR EL PERFIL NULO.

EN EL DIAGRAMA (p, c) , LAS LINEAS DE OPERACIÓN, EQUILIBRIO Y DE UNION QUE ES HORIZONTAL



ABSORCIÓN

RESISTENCIA DE LA FASE LIQUIDA CONTROLANTE



$$h = \frac{L'}{S} \int_{c_2}^{c_1} \frac{dc}{k_L a c_t \left(1 - \frac{c}{c_t}\right)^2 (c_0 - c)}$$

$$h = \frac{L'}{S} \int_{c_2}^{c_1} \frac{dc}{K_L a c_t \left(1 - \frac{c}{c_t}\right)^2 (c_e - c)}$$

PODEMOS ESTABLECER LAS ECUACIONES SIGUIENTES:

$$-\frac{k_L}{k_G} = -\frac{k_L}{\infty} = 0 \quad \therefore$$

Recta de unión horizontal ; $p = p_0$; $c_e = c_0$

$$n' = n''$$

$$K_L a = k_L a$$

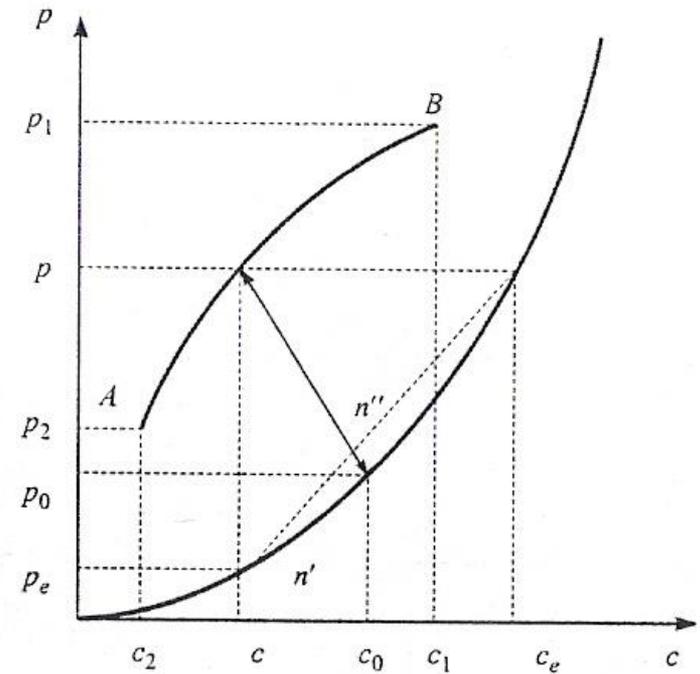
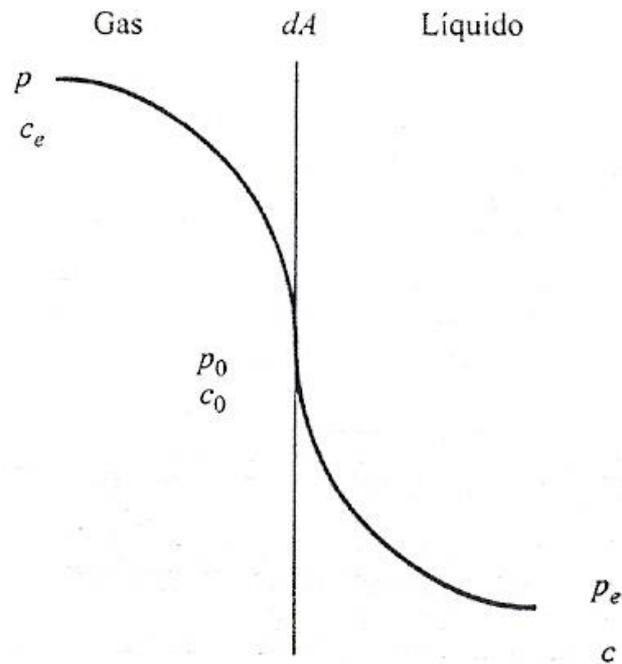
ES INDISTINTO USAR EL COEFICIENTE DE MATERIA GLOBAL O INDIVIDUAL, REFERIDO FASE LIQUIDA

ABSORCIÓN

RESISTENCIA EN LAS DOS FASES EN FORMA SIGNIFICATIVA

PODEMOS ESTABLECER LAS ECUACIONES DE TRASFERENCIA EN FASE LIQUIDA Y GASEOSA:

$$k_G a (p - p_0) S dh = k_L a (c_0 - c) S dh \quad \therefore \quad \frac{p - p_0}{c - c_0} = - \frac{k_L}{k_G} = - \frac{k_L a}{k_G a}$$



ABSORCIÓN

ECUACION DE DISEÑO PARA MEZCLAS DILUIDAS

PARA UNA MEZCLA CON UN COMPONENTE A ABSORBER c_i INFERIOR A 12% PODEMOS ESTABLECER LA RELACION ENTRE LA RAZON MOLAR Y - LA FRACCION MOLAR y PARA LA FASE GASEOSA:

$$Y = \frac{p}{P - p} \cong \frac{p}{P} = y$$

ANALOGAMENTE ENTRE LA RAZON MOLAR X - FRACCION MOLAR x PARA LA FASE LIQUIDA:

$$X = \frac{c}{c_t - c} \cong \frac{c}{c_t} = x$$

LA RELACION ENTRE EL CAUDAL TOTAL DE GAS Y EL DE GAS PORTADOR:

$$V = V'(1 + Y) \cong V'$$

ANALOGAMENTE PARA LA FASE LIQUIDA:

$$L = L'(1 + X) \cong L'$$

IGUALANDO LOS TERMINOS DE BALANCE DE MATERIA SOBRE dh Y LOS CORRESPONDIENTES DE TRASFERENCIA QUE CONSIDERAN LOS COEFICIENTES PARTICULARES Y GLOBALES PARA LAS FASES GASEOSA Y LIQUIDA, TENIENDO EN CUENTA LO ANTERIOR:

$$\begin{aligned} N(aS dh) &= k_G a P (Y - Y_0) S dh = K_G a P (Y - Y_e) S dh = -V' dY = \\ &= k_L a c_t (X_0 - X) S dh = K_L a c_t (X_e - X) S dh = -L' dX \end{aligned}$$

ABSORCIÓN

ECUACION DE DISEÑO PARA MEZCLAS DILUIDAS

$$h = \underbrace{\frac{L'/S}{k_L a c_i}}_{H_L} \int_{x_2}^{x_1} \underbrace{\frac{dX}{X_0 - X}}_{N_L}$$

$$\therefore h = H_L \cdot N_L$$

H_L = Es la altura de la unidad de transferencia para la fase líquida.

N_L = El número de unidades de transferencia referido a dicha fase.

$$h = \underbrace{\frac{V'/S}{K_G a P}}_{H_{GL}} \int_{Y_2}^{Y_1} \underbrace{\frac{dY}{Y - Y_e}}_{N_{GT}}$$

$$\therefore h = H_{GT} \cdot N_{GT}$$

H_{GT} = Es la altura de la unidad de transferencia referida a la fase gaseosa global.

N_{GT} = El número de unidades de transferencia referido a dicha fase global.

ABSORCIÓN

ECUACION DE DISEÑO PARA MEZCLAS DILUIDAS

$$h = \underbrace{\frac{L'/S}{K_L a c_i}}_{H_{LT}} \underbrace{\int_{x_2}^{x_1} \frac{dX}{X_e - X}}_{N_{LT}}$$

$$\therefore h = H_{LT} \cdot N_{LT}$$

H_{LT} = Es la altura de la unidad de transferencia referida a la fase líquida global.

N_{LT} = El número de unidades de transferencia referido a dicha fase líquida global.

DE ACUERDO A LAS ECUACIONES ANTERIORES PARA DETERMINAR LA ALTURA DE LA TORRE SE NECESITA CONOCER:

H_{LT} = Es la altura de la unidad de transferencia referida a la fase líquida global.

N_{LT} = El número de unidades de transferencia referido a dicha fase líquida global.

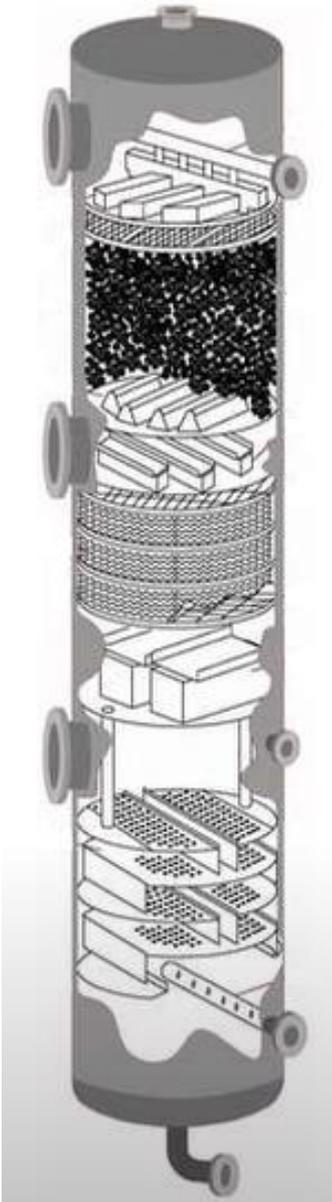
EL VALOR DE H_{LT} SE OBTIENE SUSTITUYENDO COEFICIENTES, CAUDALES...

EL VALOR DE N_{LT} RESOLVIENDO LA INTEGRAL, EN FORMA GRAFICA O ANALITICA RELACIONANDO CONDICIONES DE OPERACIÓN CON LAS DE EQUILIBRIO MEDIANTE LA LINEA DE UNION:

ABSORCIÓN

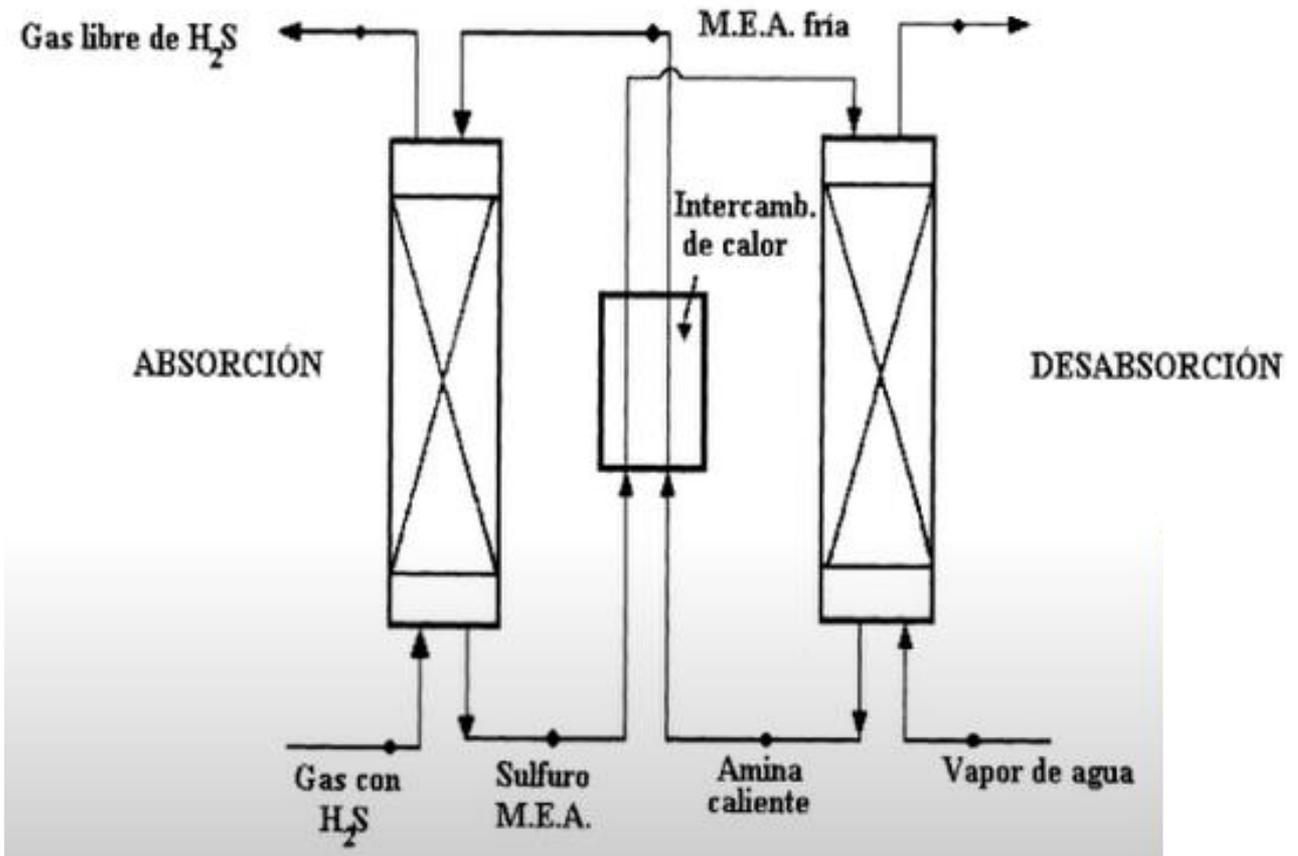
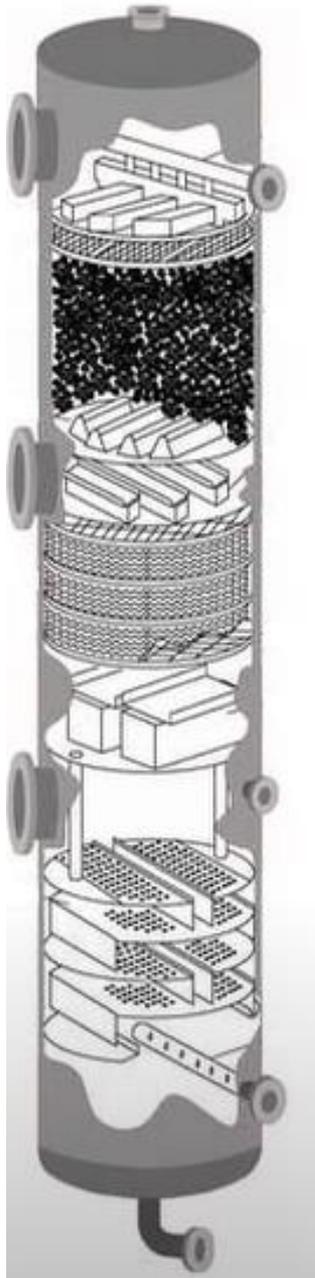
Aplicaciones

1. Eliminación de óxidos de nitrógeno con disoluciones de agentes oxidantes.
2. Recuperación de gases ácido como H₂S, mercaptanos y CO₂ como disoluciones de aminas.
3. Obtención de un Líquido.

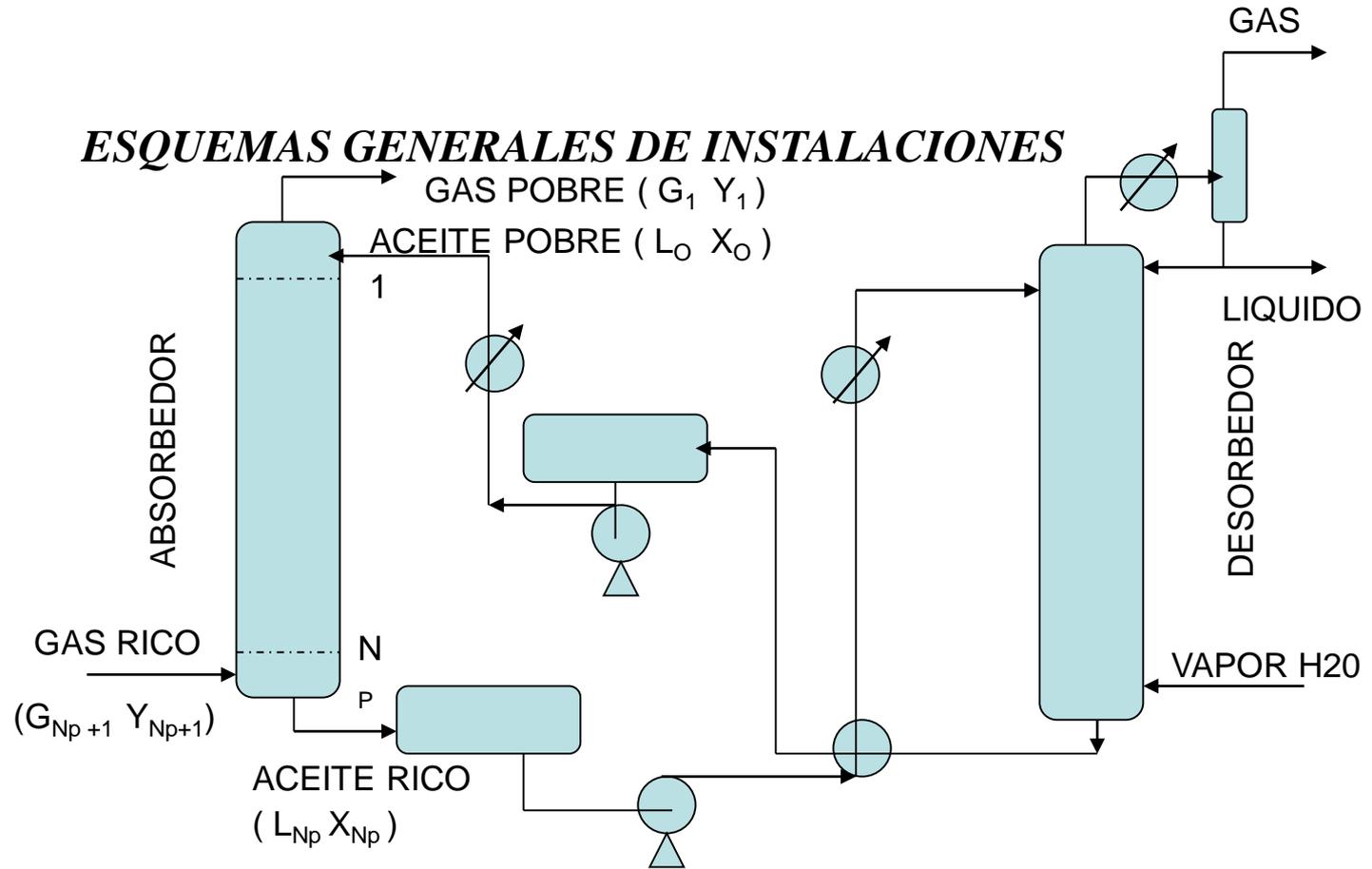


ABSORCIÓN

Aplicaciones

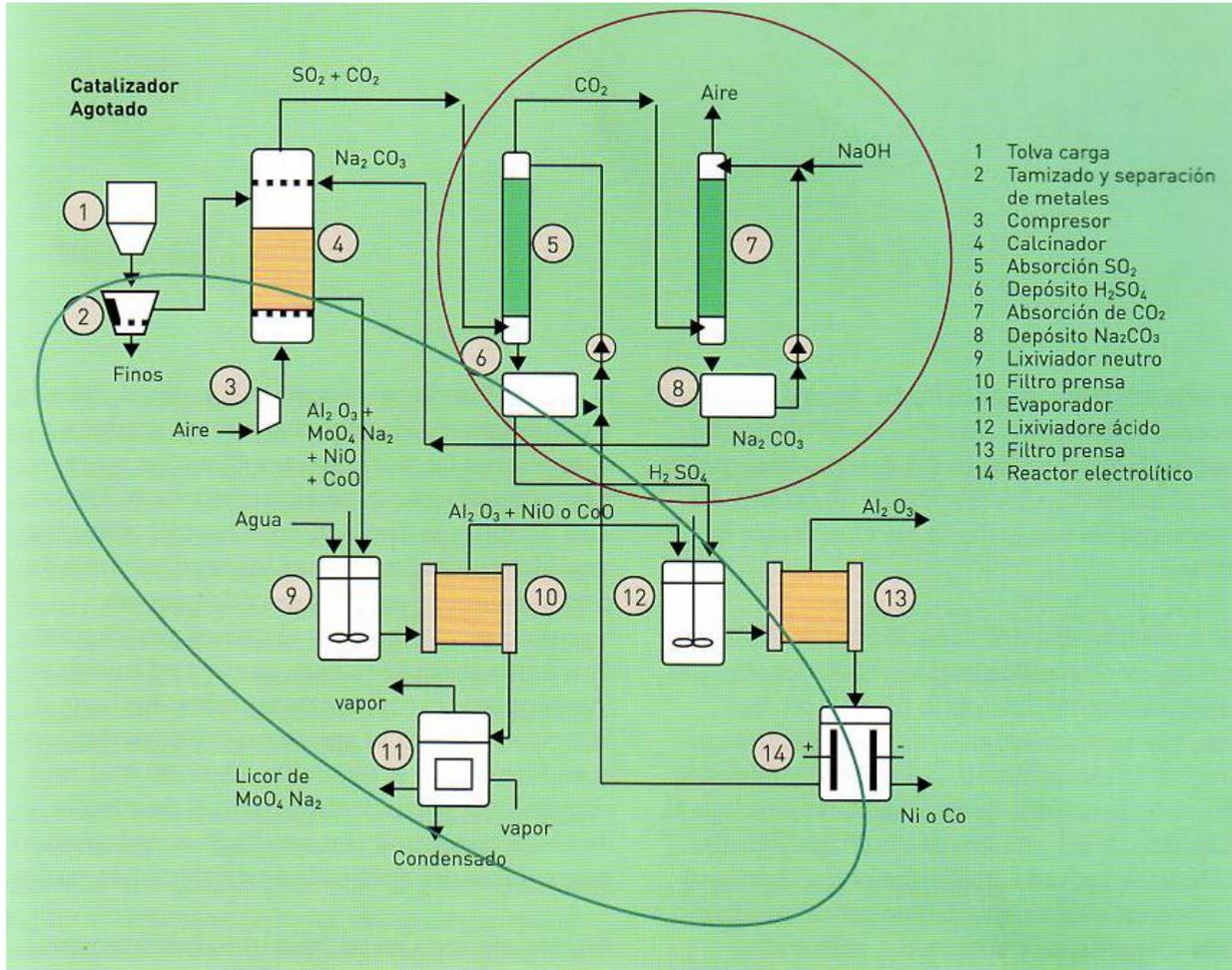


ABSORCIÓN



Recuperación de Metales de Catalizadores de Hidrotratamientos desactivados

ABSORCIÓN



ABSORCIÓN

Eficacia de los platos y de los platos reales necesarios

Para poder determinar la eficacia se debe tener en cuenta las siguientes funciones:

- Diseño de los platos.
- Propiedades del fluido.
- Modelo de flujo.

$$E_0 = \frac{N_t}{N_a} \cdot 100$$

Donde:

N_t : es el número de platos teóricos.

N_a : es el número de platos reales.

ABSORCIÓN

Eficacia de los platos y de los platos reales necesarios

eficacia de Murphree

$$E_{MV} = \frac{y_n - y_{n+1}}{y_n^* - y_{n+1}}$$

eficacia de Murphree es constante en todos los platos

$$E_0 = \frac{\log \left[1 + E_{MV} \left(\frac{1}{A-1} \right) \right]}{\log \left(\frac{1}{A} \right)} \cdot 100$$

Donde: A: el factor de absorción

$$A = 3,156 \frac{\rho \cdot L \cdot \pi}{p \cdot M}$$

ABSORCIÓN

CARACTERISTICAS DEL FACTOR DE ABSORCION

$$A = 3,156 \frac{\rho \cdot L \cdot \pi}{p \cdot M}$$

- 1- Densidad alta, pero aumenta M.
- 2- Si aumenta L/G, también aumentan los costos
- 3- Si aumento presión, mejor absorción, pero instalaciones mas robustas.
- 4- Tensión de vapor baja, por lo que se debe trabajar a T^o baja

ABSORCIÓN

CARACTERISTICAS DEL SOLVENTE

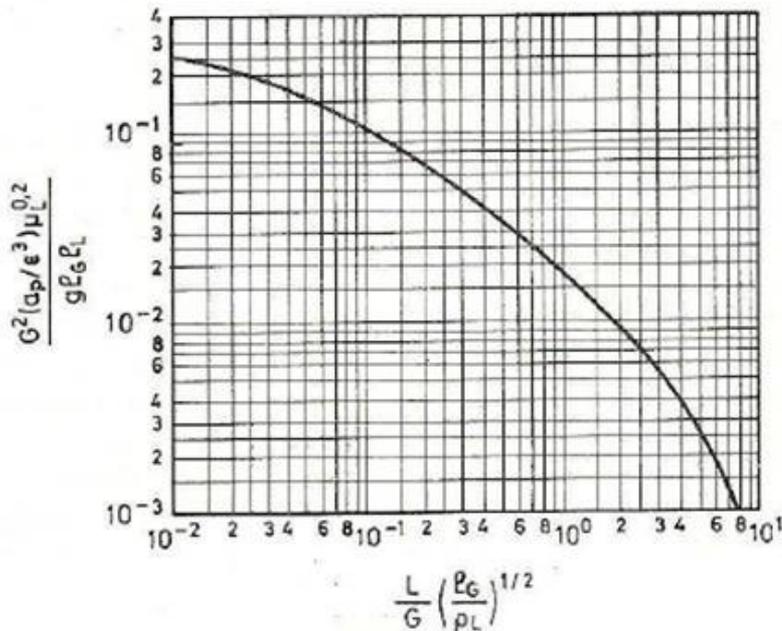
CRITERIO TECNICO-ECONOMICO

- ***ALTA SOLUBILIDAD***
- ***BAJA VOLATILIDAD***
- ***NO CORROSIVO***
- ***BAJO COSTO***
- ***DISPONIBILIDAD***
- ***POCO VISCOSO***
- ***NO TOXICO***
- ***NO INFLAMABLE***
- ***BAJO PUNTO DE CONGELACION***

ABSORCIÓN

Velocidad de inundación de una columna

- La velocidad del flujo límite, es la carga de inundación.
- La fase gaseosa no puede tener una velocidad cualquiera, tiene un máximo que es la velocidad de inundación.



G: velocidad másica del gas (kg/m²h).

ρ_G y ρ_L : densidad del gas y del líquido (Kg/m³).

μ_L : viscosidad del líquido (centipoises).

g: aceleración de la gravedad (1,27·10⁸ m/h²).

V: velocidad lineal del gas (m/s).

A_p/ϵ^3 : superficie específica de relleno (m²/m³), sus valores son conocidos

según los diferentes tipos de relleno.



Muchas gracias por su atención

