

- 
- A background image of an industrial refinery or chemical plant. It features several tall, cylindrical distillation columns with ladders and walkways. A complex network of pipes, valves, and smaller tanks is visible in the foreground and middle ground. The sky is a clear, pale blue.
- **Grado: Ingeniero en Recursos Eneergéticos, Combustibles y Explosivos.**
 - **Asignatura: Ingeniería de Proceso**
 - **Parte:**

■ **Absorción**

- **Profesor: Marcelo F. Orrtega Romero**
 - **mf.ortega@upm.es**

FUNDAMENTOS DE LA ABSORCION

INDICE:

1. Introducción
2. Equilibrio Líquido / Vapor
3. Equipos de Absorción/Desorción
4. Balance de materia en absorción
5. Balance de materia en desorción o "stripping"
6. Cálculo del número de etapas
7. Teoría de la doble película
8. Coeficientes de transferencia
9. Unidades de transferencia y altura de la columna

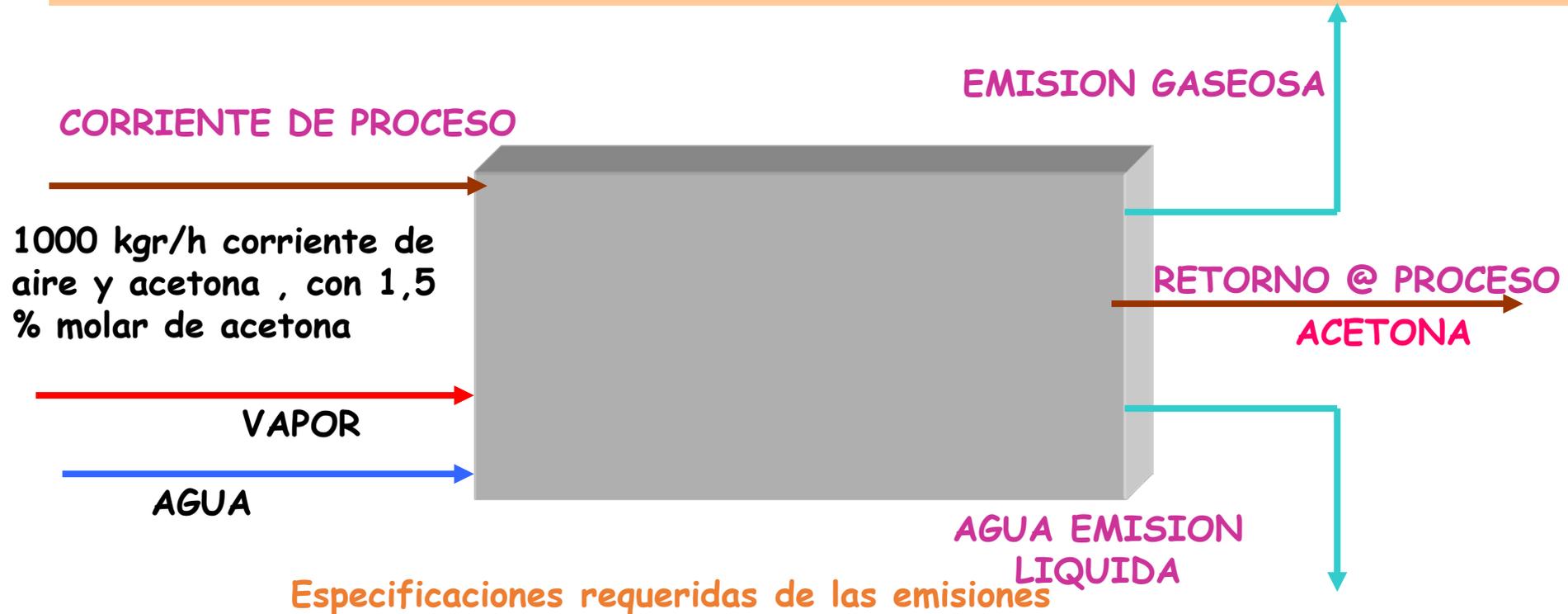
FUNDAMENTOS DE LA ABSORCION

INDICE:

1. **Introducción**
2. Equilibrio Líquido / Vapor
3. Equipos de Absorción/Desorción
4. Balance de materia en absorción
5. Balance de materia en desorción o "stripping"
6. Cálculo del número de etapas
7. Teoría de la doble película
8. Coeficientes de transferencia
9. Unidades de transferencia y altura de la columna

FUNDAMENTOS DE LA ABSORCION

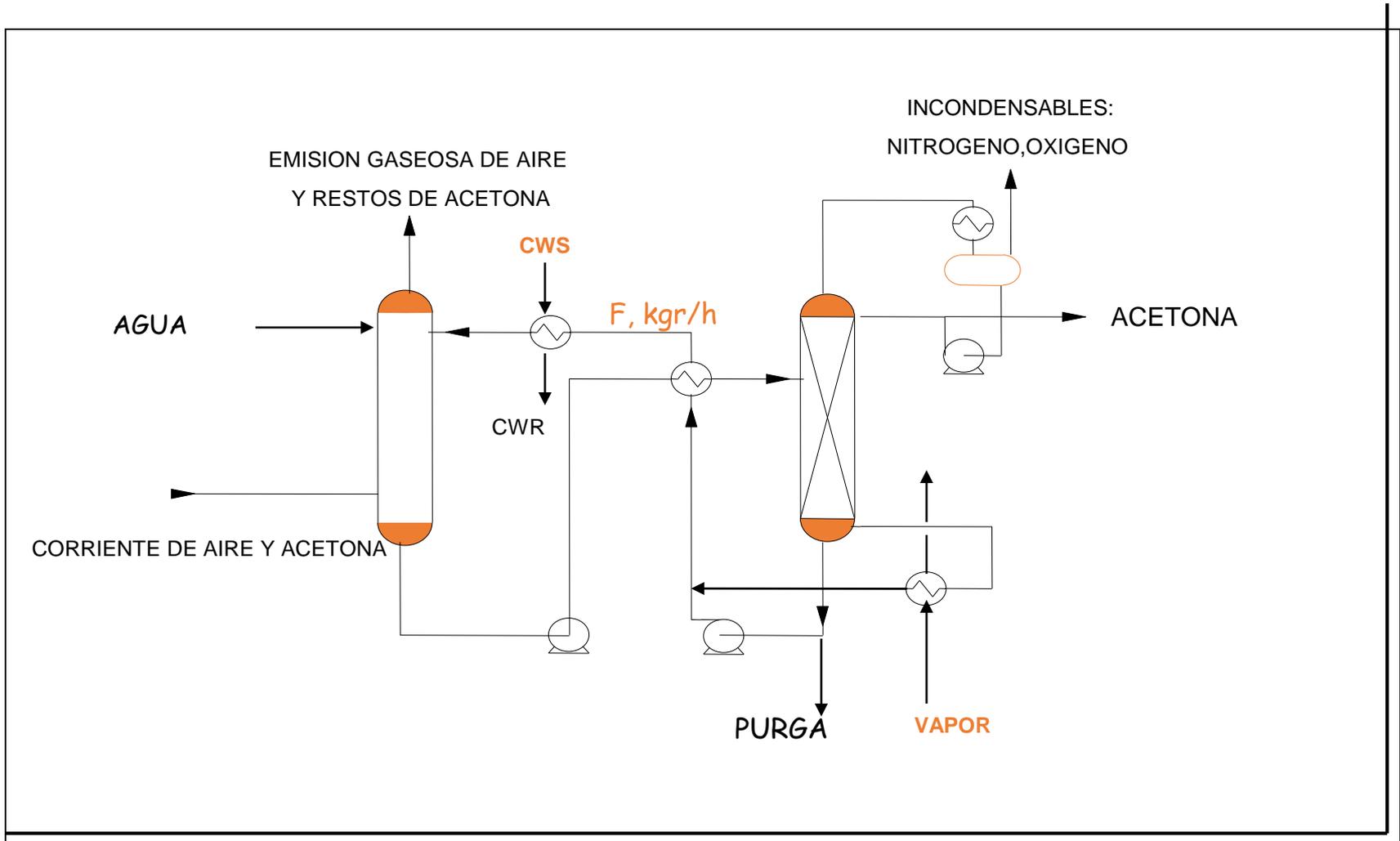
Proyecto: Diseño de una unidad de tratamiento de emisiones gaseosas, mediante un sistema de absorción con agua.



Emisión Gaseosa : 0,0015 % molar de acetona.

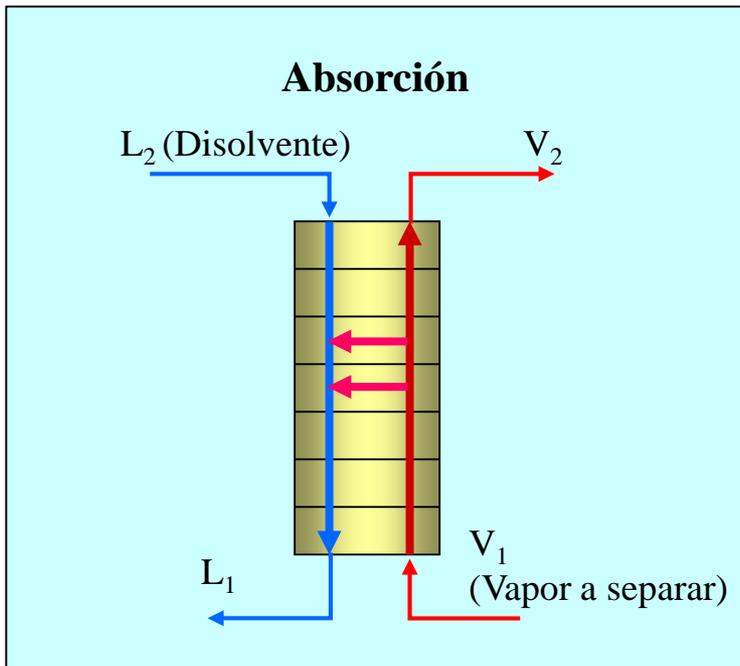
Emisión Líquida: 0,000001% molar de acetona

DIAGRAMA DEL PROCESO DE ABSORCIÓN

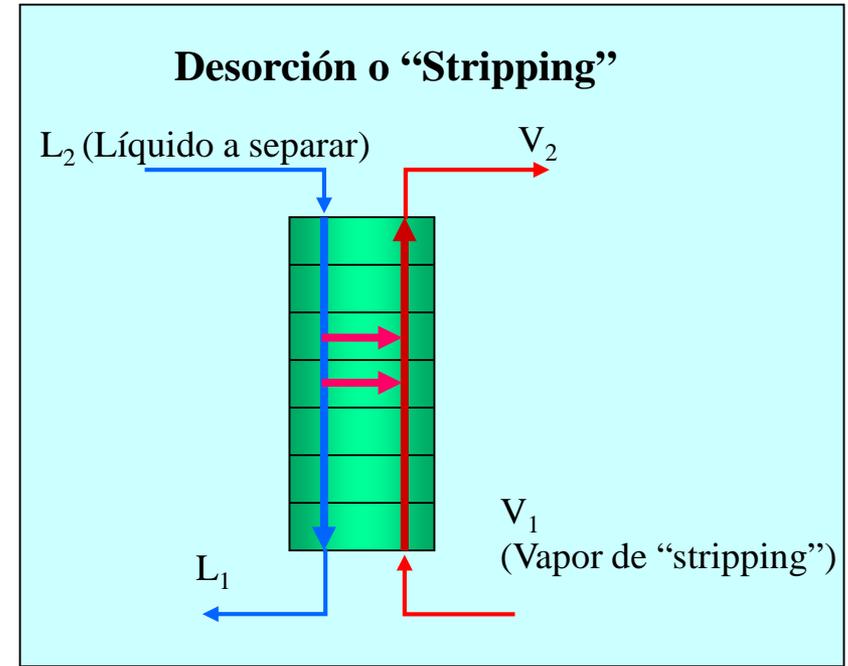


ABSORCIÓN Y DESORCIÓN DE MEZCLAS DILUIDA

La absorción y el “stripping” o desorción son dos operaciones básicas para: a) eliminación de impurezas presentes en un gas (absorción) b) eliminación de impurezas presentes en un líquido (desorción o “stripping”). Estas operaciones suelen llevarse a cabo alimentando ambas corrientes, gas y líquido en **contracorriente**



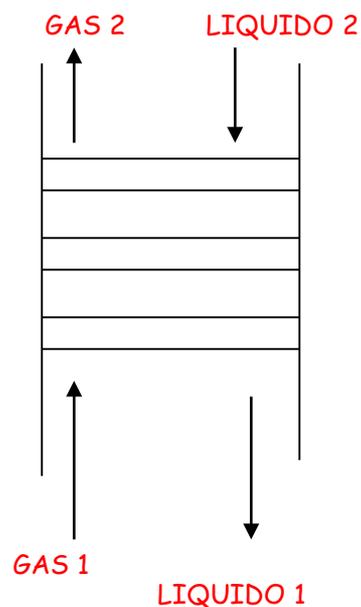
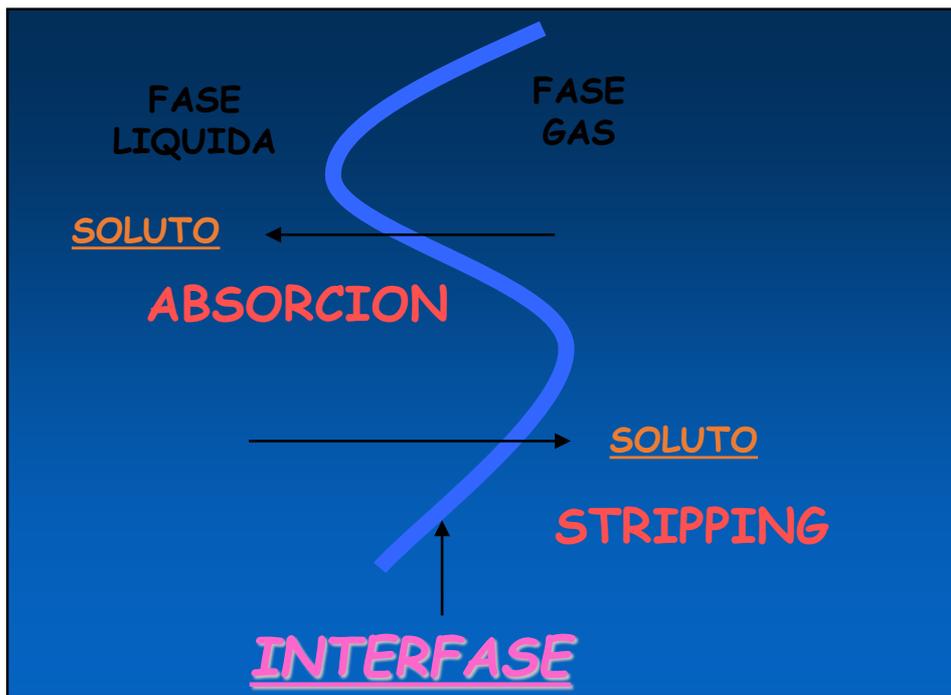
El **Disolvente** absorbe preferentemente ciertos componentes presentes en la corriente **Vapor**.



El **Vapor de “stripping”** vaporiza preferentemente ciertos componentes presentes en la corriente de **Líquido** alimentada

FENOMENO DE ABSORCION Y "STRIPPING"

La **absorción** es una operación en la que una mezcla de gases se pone en contacto con un líquido para lograr la disolución de uno o más componentes del gas en el líquido. La operación opuesta se denomina **desorción** o "stripping"



Después de la destilación, es la Operación Básica que tiene más importancia, entre las que están basadas en la Trans. de materia

TIPOS DE ABSORCION

Absorción física.

Recuperación de acetona, de una mezcla de acetona-aire a través de una absorción en agua.

Recuperación de amoniaco de una mezcla de amoniaco-aire.

Recuperación de ACN de una mezcla de ACN-N₂, mediante agua.

Recuperación de vapores de hc mediante aceites.

Absorción química

El compuesto absorbido , procedente de la fase gas, desaparece mediante reacción química con otro compuesto presente en la fase liquida.

TIPOS DE ABSORCION

La metodología de calculo para columnas de **absorción con reacción** son diferentes.

- ✓ Absorción de óxidos de nitrógeno en agua para producir ácido nítrico.
- ✓ Absorción de SO_3 en agua para producir ácido sulfúrico.
- ✓ Absorción de óxido de propileno en agua para producir glicoles.

Atendiendo a la forma de poner en contacto las dos fases, la absorción se clasifica en **contracorriente**, **paralelo**; contacto **continuo** e **intermitente**

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

Datos de equilibrio liquido vapor (vle) del sistema considerado. Para:

Cantidad de liquido necesario para absorber la cantidad especificada de soluto desde la fase gas.

Cantidad de gas necesario para la desorción del soluto requerido desde el liquido.

Datos sobre las capacidades de caudales de vapor y liquido máximas de los equipos considerados. Para:

Área de las secciones requeridas de la columna (diámetro)

Balance de materia junto con los datos de equilibrio para:

Calculo del numero de etapas de equilibrio requeridas (platos teoricos o unidades de transferencia) para la separacion.

Eficacias de los platos teoricos o numero de unidades de transferencia (coeficientes de transferencias), para

Altura de la unidades de transferencia o numero de platos reales: altura real de la columna

DATOS DE ENTRADA AL CALCULO DE COLUMNAS DE ABSORCION

Datos de equilibrio:

- Solubilidades de los gases.
- Presiones de vapor.
- Constantes de equilibrio.

Datos termicos

- Calores de disolución
- Calores específicos.
- Calores latentes.

Datos de transporte:

- Coeficientes de difusión de líquidos y gases.
- Viscosidades de líquidos y gases.
- Densidades de líquidos y gases.

DATOS DE ENTRADA AL CALCULO DE COLUMNAS DE ABSORCION

Datos relleno de la torre:

- Pérdida de carga e inundación.
- Coeficientes de transferencia de materia.
- Hut, con y sin reaccion.
- Coste del relleno y de la torre

Datos torre de platos

- Pérdida de carga e inundación
- Eficacia de platos.
- Coste de los platos y la torre.

SELECCIÓN DEL DISOLVENTE

La selección del disolvente se realiza atendiendo a las especificaciones requeridas por el proceso (**datos de equilibrio**) y a los costes variables de la operación (**precio del disolvente**).

Para un disolvente determinado, existe un óptimo entre pérdidas de disolvente e inversión requerida (**altura de la columna**)

Alta solubilidad al soluto. Esta característica reduce los caudales requeridos a través de la columna y los ruties en los cambiadores y reboilers

Baja volatilidad, barato, estable, baja viscosidad, no forme espumas, no corrosivo y no inflamable.

Generalmente se utiliza agua para gases solubles en H.C. Pesados para absorber H.C. Ligeros.

FUNDAMENTOS DE LA ABSORCION

INDICE:

1. Introducción
2. Equilibrio Líquido / Vapor
3. Equipos de Absorción/Desorción
4. Balance de materia en absorción
5. Balance de materia en desorción o "stripping"
6. Cálculo del número de etapas
7. Teoría de la doble película
8. Coeficientes de transferencia
9. Unidades de transferencia y altura de la columna

EQUILIBRIO LIQUIDO / VAPOR

Los valores de solubilidad del soluto en el disolvente se pueden determinar de **3 formas diferentes**:

CONSTANTE DE HENRY $P_i = HC_i$ $P_i = H'x_i$

PRESION DE VAPOR . LEY DE RAOULT $P_i = P_i^o x_i$

CONSTANTES DE DISTRIBUCION $K_i = y_i/x_i$

Cuando dos fases entran en contacto , **tienden a alcanzar el equilibrio**.
V.G. El agua en contacto con el aire se evapora hasta que el aire esta saturado con vapor de agua

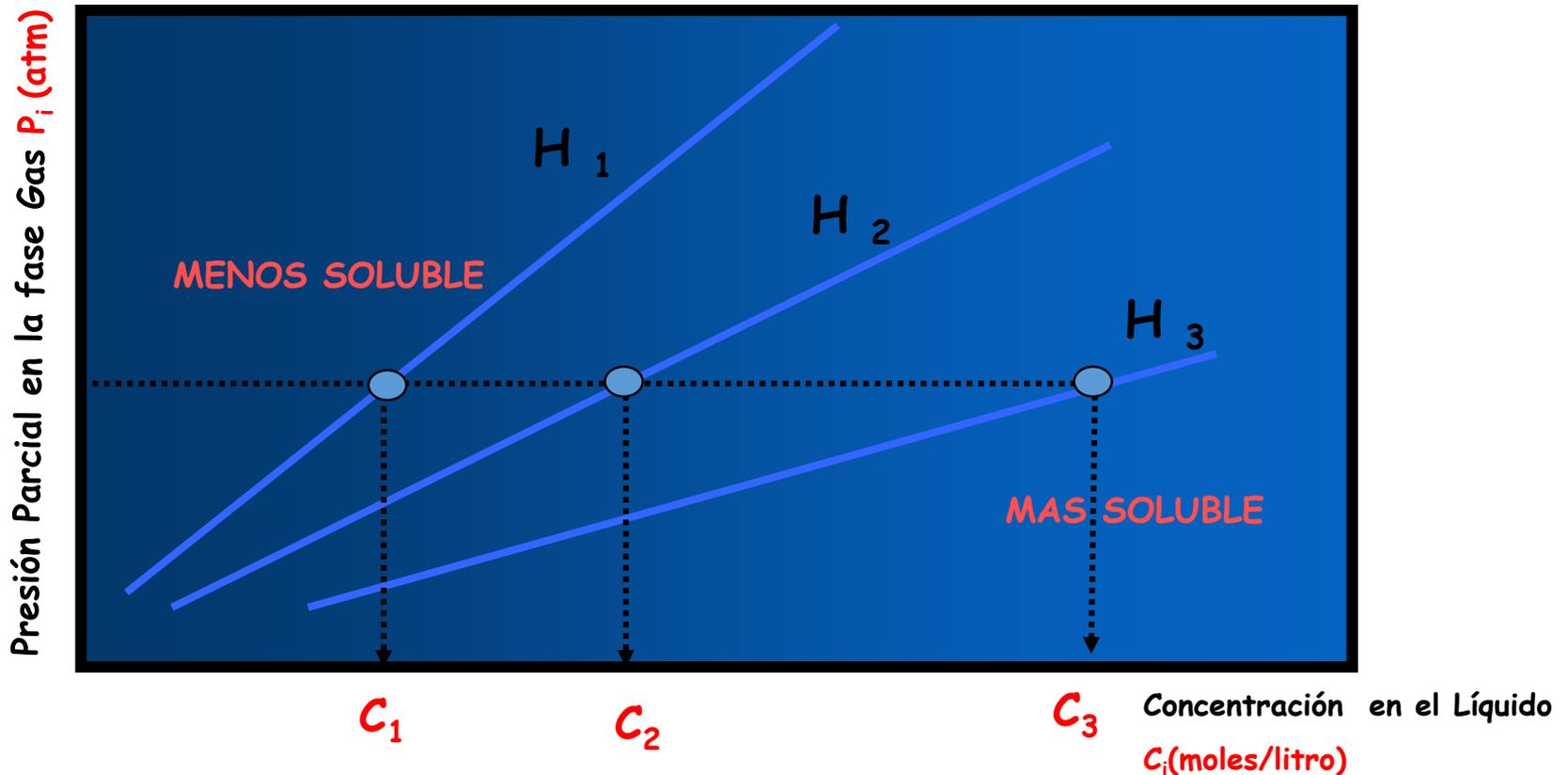
EQUILIBRIO LIQUIDO / VAPOR

- ✓ Las concentración de equilibrio de los solutos en los disolventes dependerá de: **tipo de disolvente, presión parcial** del soluto en la fase gas **y temperatura**
- ✓ La solubilidad de un gas en un liquido no depende de la presión total del sistema
- ✓ La solubilidad aumenta al disminuir la temperatura y al aumentar la presión parcial del componente en la fase vapor
- ✓ En muchos casos la absorción produce incremento de temperatura en el liquido, lo que obliga a la instalación de intercambiadores de calor para mantener la temperatura baja

EQUILIBRIO LIQUIDO / VAPOR.

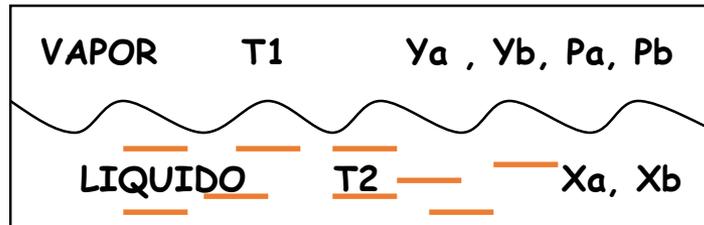
$$P_i = H C_i$$

$$H_1 > H_2 > H_3$$



EQUILIBRIO LIQUIDO / VAPOR.

EN UN SISTEMA CERRADO VAPOR & LIQUIDO ESTAN EN EQUILIBRIO A PRESION Y TEMPERATURA CONSTANTE



$$T1 = T2$$

1. LEY DE DALTON

$$P_{total} = P_a + P_b$$

2. LEY DE RAOULT

$$P_a = P_a^o x_a \quad P_b = P_b^o x_b$$

3. LEY DE HENRY

$$P_a = H_a x_a \quad P_b = H_b x_b \quad (x_a \downarrow)$$

EQUILIBRIO LIQUIDO / VAPOR.

APLICANDO LAS LEYES DE RAOULT Y DALTON

$$P_{total} = x_A \cdot P_A^{\circ} + x_B \cdot P_B^{\circ}$$
$$P_{total} = x_A \cdot P_A^{\circ} + (1 - x_A) \cdot P_B^{\circ}$$

APLICANDO LA LEY DE LOS GASES IDEALES

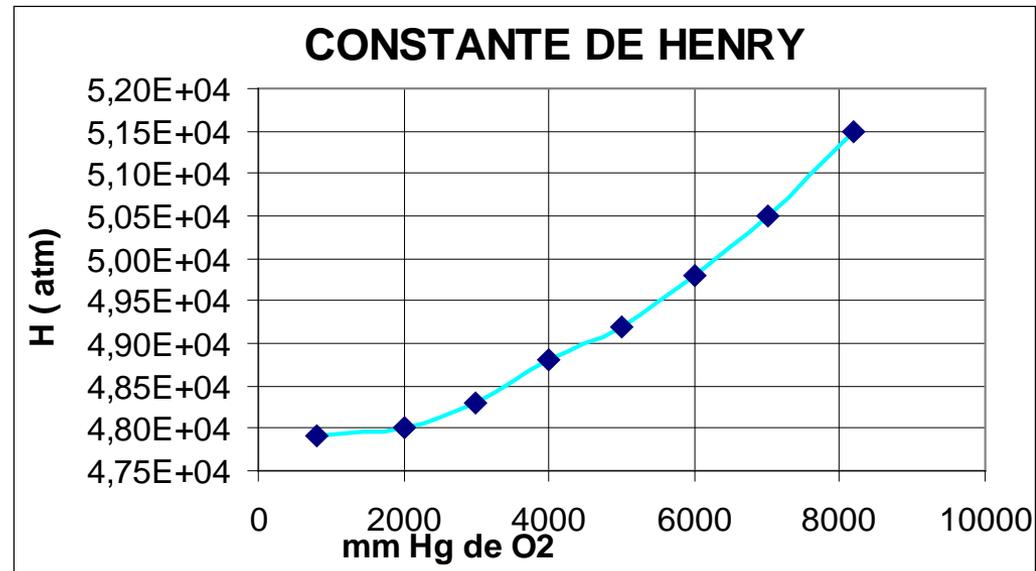
$$y_A = P_A / P_{total}; \quad y_B = P_B / P_{total}$$
$$y_A = x_A \cdot P_A^{\circ} / P_{total}; \quad y_B = x_B \cdot P_B^{\circ} / P_{total}$$

PROBLEMA 1. CONSTANTE DE HENRY

El oxígeno disuelto en el fondo de una columna de absorción es de **0,03 P.Peso de O_2 en 100 P. Peso de agua**. Siendo la temperatura de salida del agua igual a la de entrada de la corriente gaseosa e igual a **25,9 °c**.

Se solicita la determinación de la presión parcial de oxígeno en la corriente gaseosa alimentada al absorbedor.

P_p de O_2 mm Hg	$H * 10^{-4}$ atm
800	4,79
2000	4,8
3000	4,83
4000	4,88
5000	4,92
6000	4,98
7000	5,05
8200	5,16



PROBLEMA 2. CONSTANTE DE HENRY

ESTIMAR LA CANTIDAD EN PESO DE HIDROGENO QUE SE PUEDE DISOLVER EN 100 PARTES EN PESO DE AGUA DE UNA CORRIENTE DE PRESION TOTAL DE 1 ATM Y P_p DE H_2 DE 200 mm H_G , A LA TEMPERATURA DE 20°C.

Dato: la H' del hidrogeno en estas condiciones es aproximadamente de $6,83 \cdot 10^4$ atm

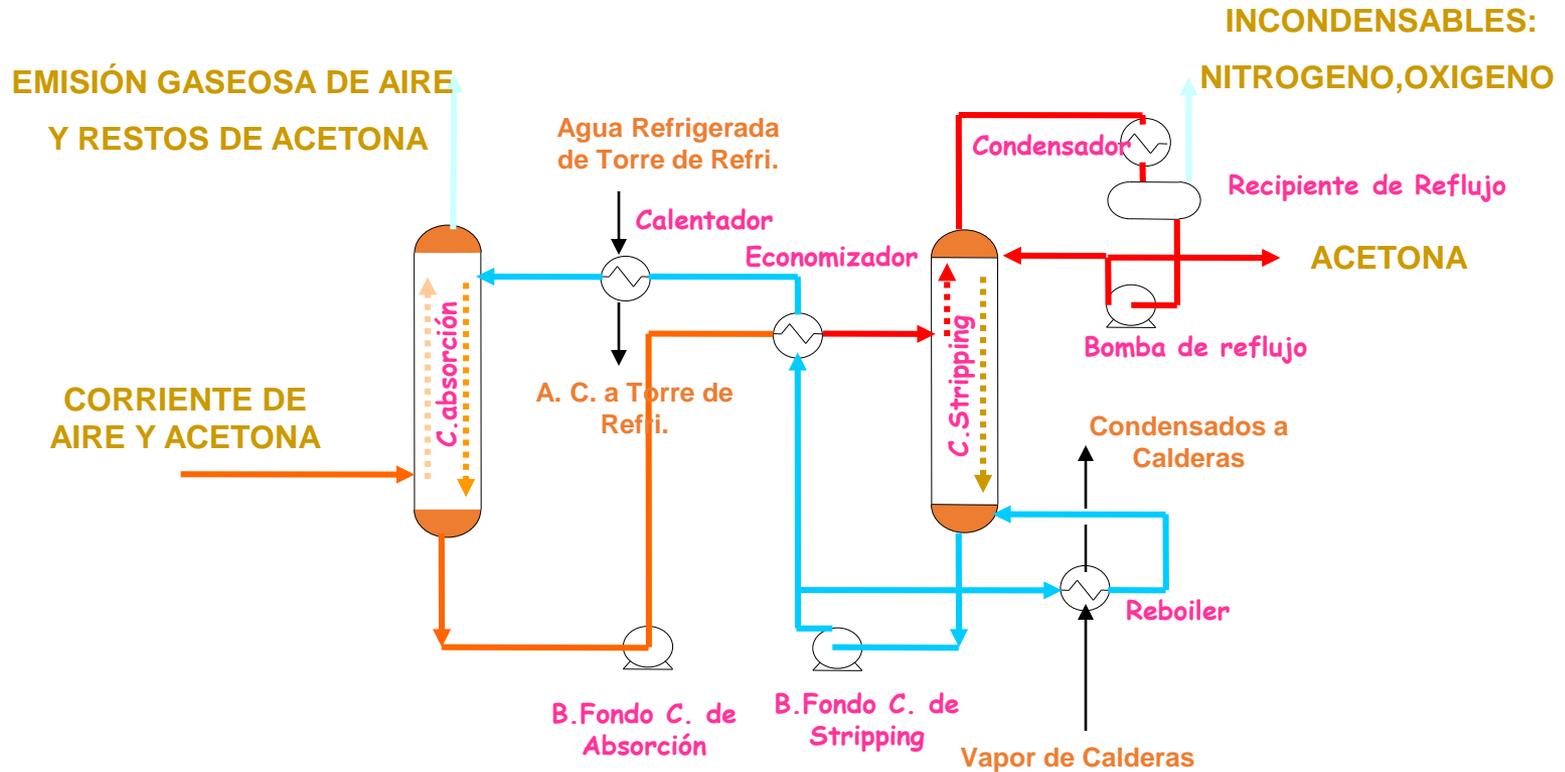
FUNDAMENTOS DE LA ABSORCION

INDICE:

1. Introducción
2. Equilibrio Líquido / Vapor
3. Equipos de Absorción/Desorción
4. Balance de materia en absorción
5. Balance de materia en desorción o "stripping"
6. Cálculo del número de etapas
7. Teoría de la doble película
8. Coeficientes de transferencia
9. Unidades de transferencia y altura de la columna

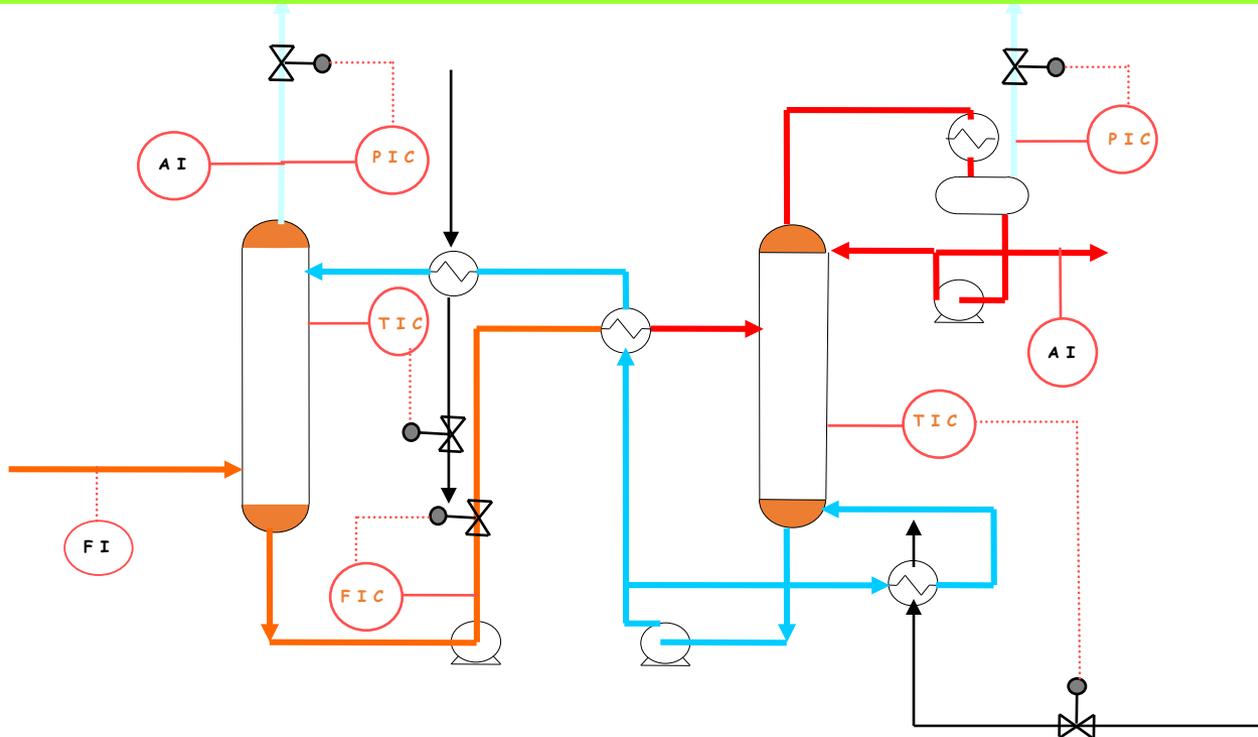
PFD ABSORCION & STRIPPING

EQUIPOS DE LA UNIDAD



CONTROL DEL PROCESO DE ABSORCION & STRIPPING

VARIABLES SIGNIFICATIVAS DEL PROCESO



TEMPERATURA , PRESION y RELACION TRAFICOS DE VAPOR / LIQUIDO

BASES DE DISEÑO DE LA PLANTA.

1. **Gas a tratar: composición, caudal, temperatura y presión**
2. **Perdida de carga permitida e/s línea de gas**
3. **Recuperación** requerida del **soluto** presente en el gas
4. **Concentración** máxima del soluto en el gas tratado (off-gas)
5. **Disolvente** que debe ser empleado (algunas veces lo decide la ingeniería)
6. **Recuperación** requerida de **disolvente**

ESPECIFICACIONES DEL PROCESO

- 1. Selección del disolvente**
- 2. Selección velocidades optimas de gas a través de la columna. Se calcula el diámetro**
- 3. Altura de la columna y diseño de las partes internas**
- 4. Caudal optimo de circulación del disolvente**
- 5. Temperatura de E/S de la columna**
- 6. Presión de operación y ΔP de las columna.**
- 7. Duties de los cambiadores y condensadores**
- 8. Diseño mecánico de las columnas: distribuidores, rellenos, espesores, etc**

EQUIPOS DE ABSORCION

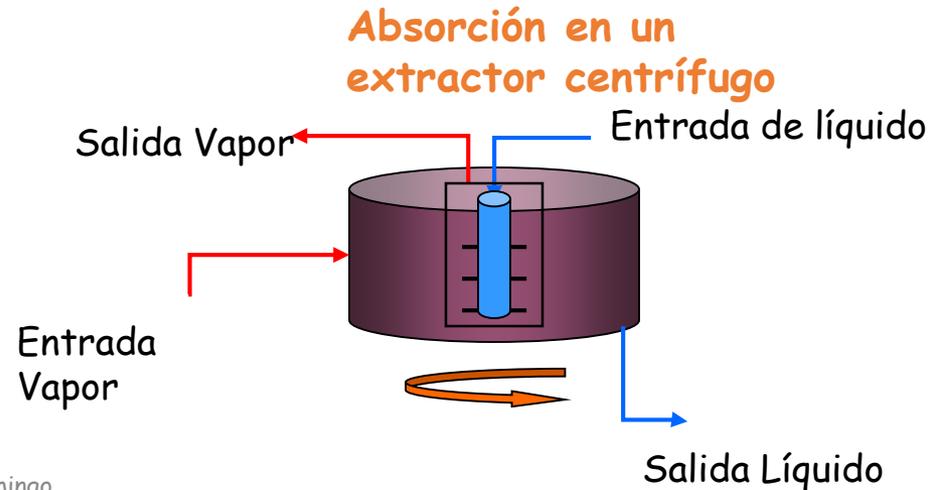
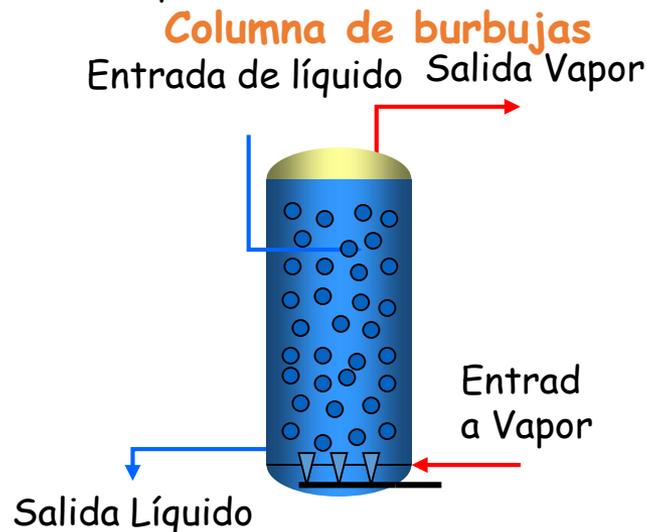
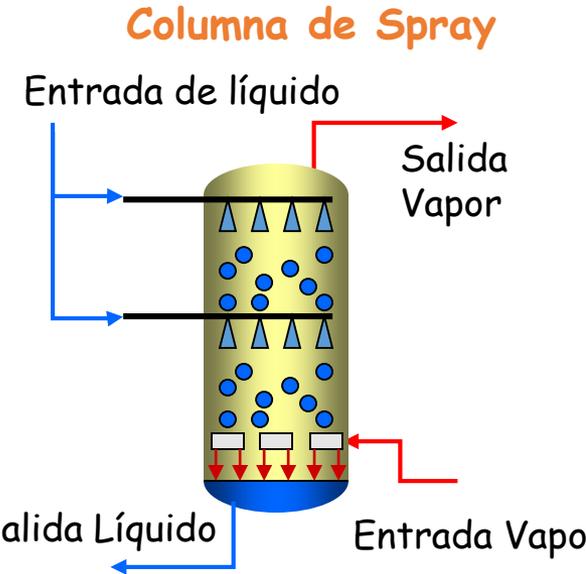
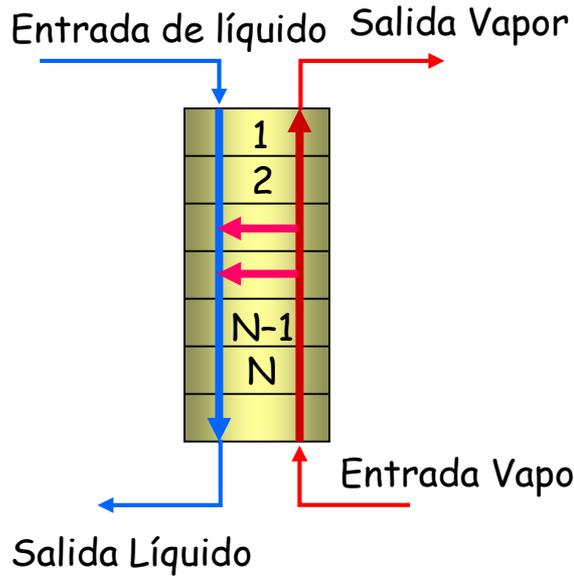
LA EFICACIA DEL CONTACTO ENTRE LAS DOS FASES, ES UNO DE LOS FACTORES MAS IMPORTANTES A LA HORA DE LOGRAR UN DISEÑO OPTIMO DEL EQUIPO

TIPOS DE COLUMNAS DE ABSORCION

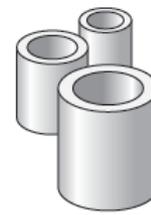
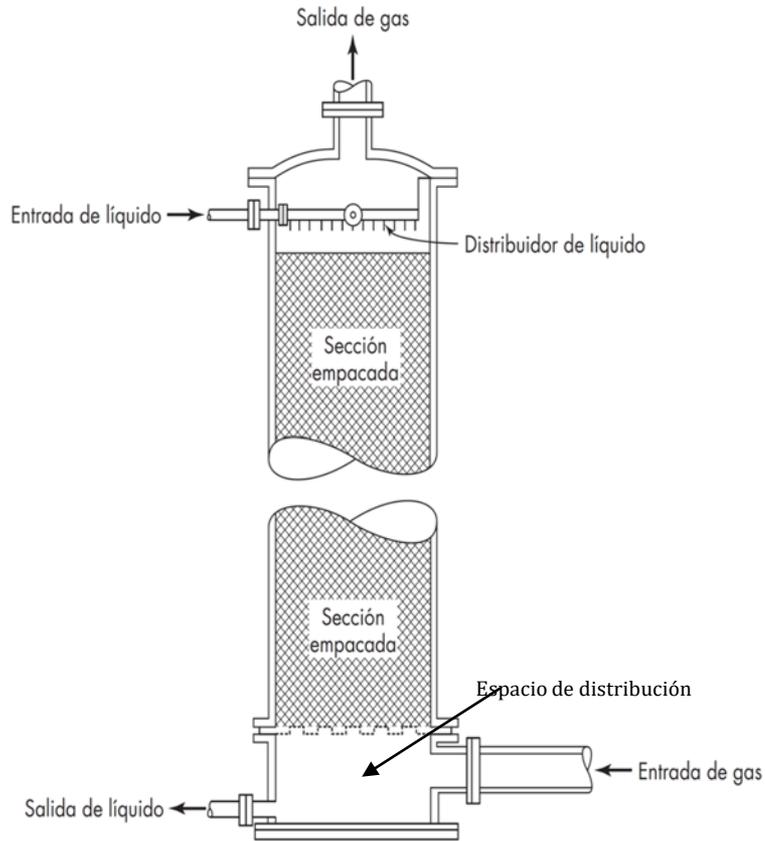
1. TORRES DE RELLENO. ESTRUCTURADO O NO.
2. TORRES DE PLATOS: VALVULAS, ORIFICIOS.
3. TORRES VACIAS (SIN RELLENO) , SPRAY O DE PELICULA DESCENDENTE
4. EXTRACTORES O ABSORBEDORES CENTRIFUGOS

EQUIPOS DE ABSORCIÓN

Diagrama de proceso:
Columna de absorción.
Etapas de equilibrio



Absorción. Torre empacada



a)



b)



c)



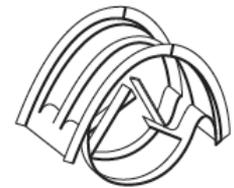
d)



e)



f)



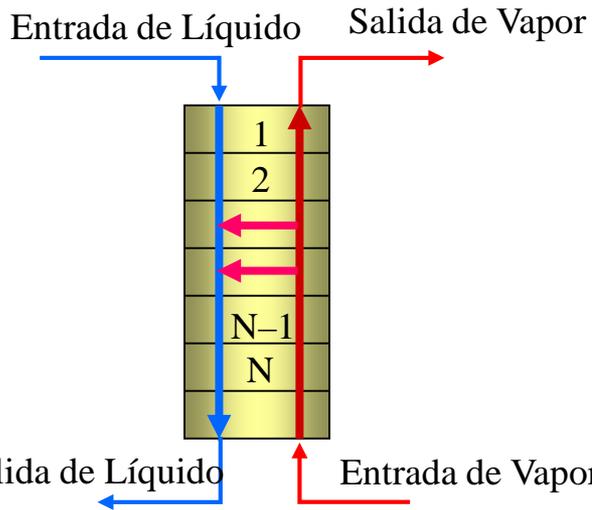
g)

Torre empacada

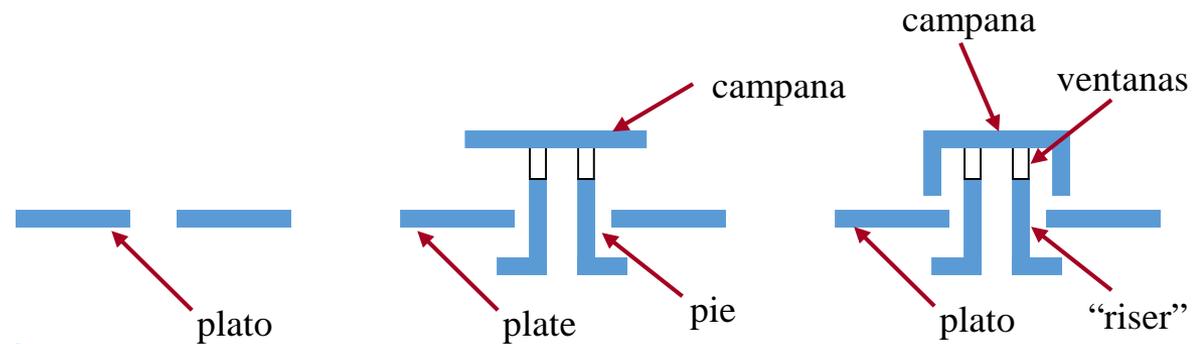
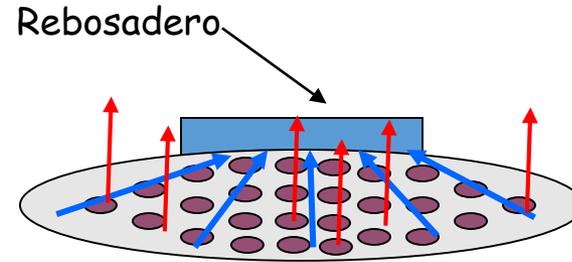
Tipo	Material	Tamaño, nominal, in.	Densidad global, † lb/ft ³	Área total, † ft ² /ft ³	Porosidad ε	Factores de empaquet [‡]	
						F_n	f_n
Anillos Raschig	Cerámica	$\frac{1}{2}$	55	112	0.64	580	1.52§
		$1\frac{1}{2}$	42	58	0.74	155	1.36§
		$1\frac{1}{2}$	43	37	0.73	95	1.0
		2	41	28	0.74	65	0.92§
Anillos Pall	Metal	1	30	63	0.94	56	1.54
		$1\frac{1}{2}$	24	39	0.95	40	1.36
		2	22	31	0.96	27	1.09
	Plástico	1	5.5	63	0.90	55	1.36
		$1\frac{1}{2}$	4.8	39	0.91	40	1.18
		2	—	—	—	—	—
Monturas Berl	Cerámica	$\frac{1}{2}$	54	142	0.62	240	1.58§
		1	45	76	0.68	110	1.36§
		$1\frac{1}{2}$	40	46	0.71	65	1.07§
Monturas Intalox	Cerámica	$\frac{1}{2}$	46	190	0.71	200	2.27
		1	42	78	0.73	92	1.54
		$1\frac{1}{2}$	39	59	0.76	52	1.18
		2	38	36	0.76	40	1.0
		3	36	28	0.79	22	0.64
Monturas Super Intalox	Cerámica	1	—	—	—	60	1.54
		2	—	—	—	30	1.0
IMTP	Metal	1	—	—	0.97	41	1.74
		$1\frac{1}{2}$	—	—	0.98	24	1.37
		2	—	—	0.98	18	1.19
Hy-Pak	Metal	1	19	54	0.96	45	1.54
		$1\frac{1}{2}$	—	—	—	29	1.36
		2	14	29	0.97	26	1.09

EQUIPOS DE ABSORCIÓN

COLUMNA DE PLATOS

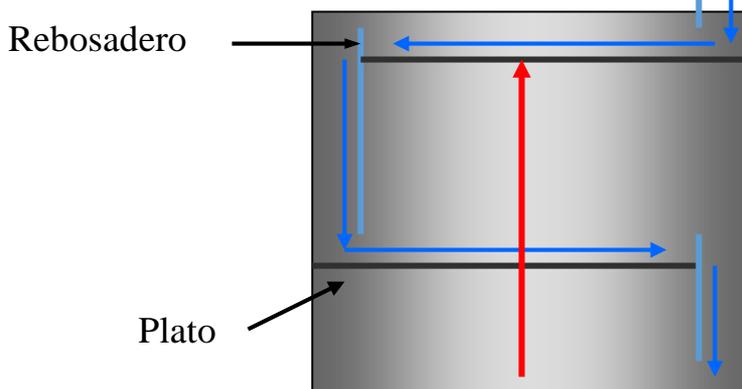


CONFIGURACIÓN DE UN PLATO

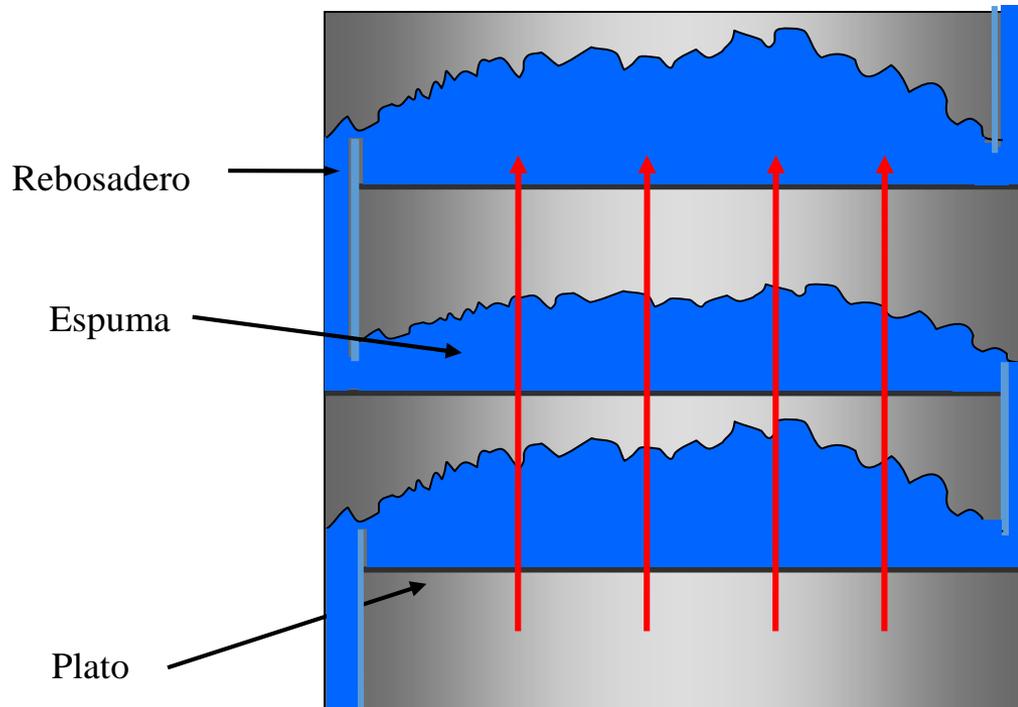


Tres tipos de platos: platos perforados, válvula de campana y campana de burbujeo

El recorrido del líquido sigue las flechas azules y el vapor las rojas



EQUIPOS DE ABSORCIÓN



Las burbujas de la corriente de vapor (en rojo) suben a través de la espuma. La corriente de líquido pasa a través de las espumas y por encima del rebosadero.

Las condiciones de espumación dependen del régimen de vapor-líquido y de las propiedades físicas del sistema

EQUIPOS DE ABSORCION.

DIAMETRO DE LA COLUMNA

El diámetro de la columna debe ser suficiente para permitir el contacto entre el gas y el líquido sin producir **inundaciones** o **arrastres**

Por otro lado este diámetro ha de cumplir con las especificaciones de pérdida de carga.

Para cada tipo de relleno, la velocidad de arrastre (flooding) esta calculada mediante

$$V_f = C_f \cdot \left(\frac{\rho_L - \rho_G}{\rho_G} \right)^{0,5}$$

EQUIPOS DE ABSORCION

DIAMETRO DE LA COLUMNA

$$V_f = C_f \cdot \left(\frac{\rho_L - \rho_G}{\rho_G} \right)^{0,5}$$

V_f : Velocidad superficial del gas en la columna, referida a la sección libre disponible de paso. Se calcula a lo largo de toda la columna, detectando el diámetro crítico para el diseño.

C_f : Es una constante empírica típica de cada relleno y debe ser proporcionada por el fabricante del relleno. Es el "system factor"

V_D : Velocidad de diseño, superficial del gas. Ha de ser:

$$0,8 - 0,7 \times V_f$$

Sistemas sin espumas

$$0,7 - 0,6 \times V_f$$

En sistemas que forman espumas

EQUIPOS DE ABSORCION

DIAMETRO DE LA COLUMNA

$$V_f = C_f \cdot \left(\frac{\rho_L - \rho_G}{\rho_G} \right)^{0,5}$$

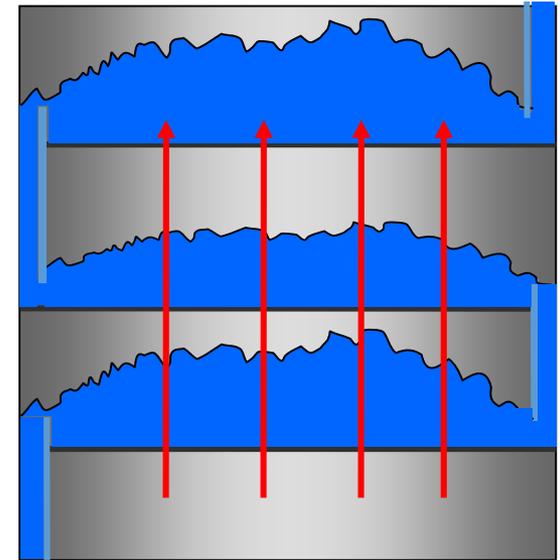
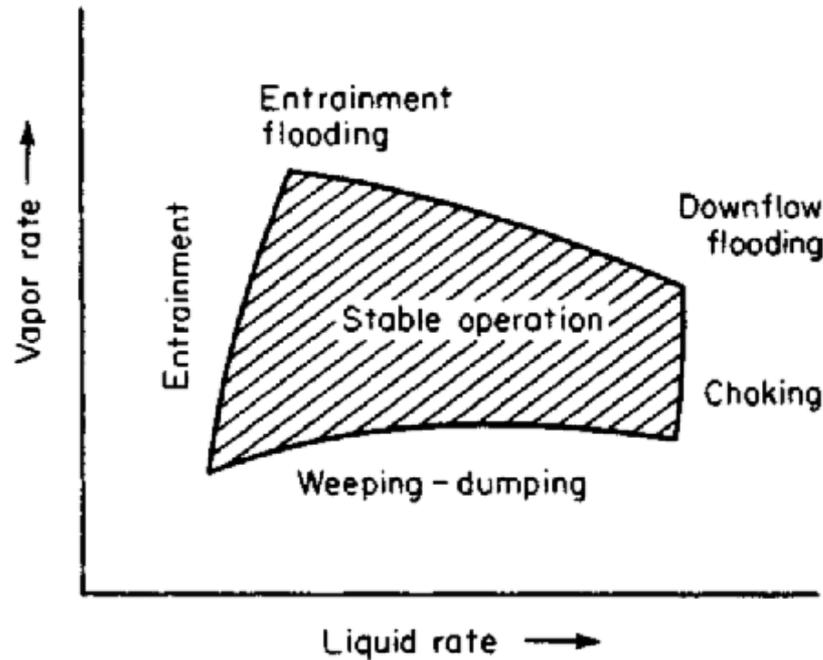


FIG. 14-23 Stable operating region, plates. (Smith, Design of Equilibrium Stage Processes, McGraw-Hill, New York, 1963.)

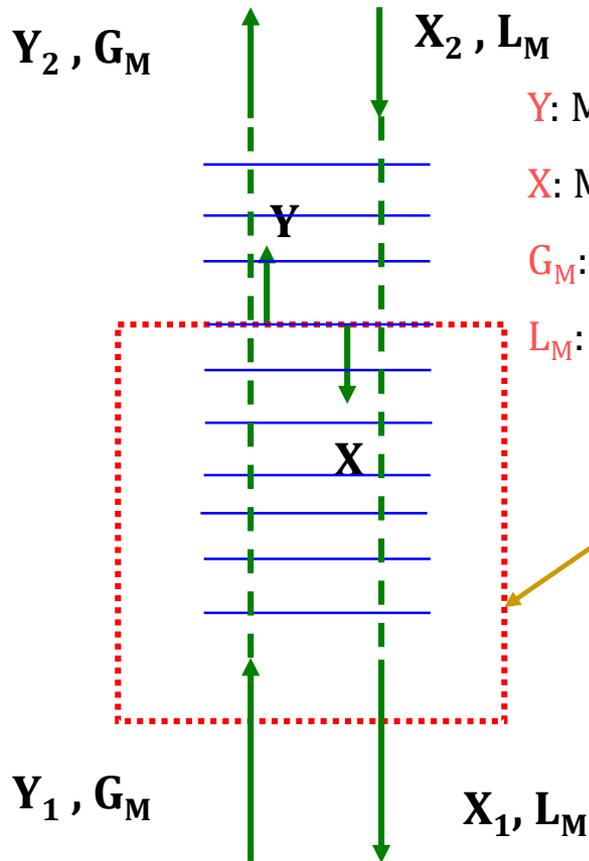
FUNDAMENTOS DE LA ABSORCION

INDICE:

1. Introducción
2. Equilibrio Líquido / Vapor
3. Equipos de Absorción/Desorción
4. Balance de materia en absorción
5. Balance de materia en desorción o "stripping"
6. Cálculo del número de etapas
7. Teoría de la doble película
8. Coeficientes de transferencia
9. Unidades de transferencia y altura de la columna

BALANCE DE MATERIA. OPERACIÓN EN CONTRACORRIENTE

LINEA DE OPERACIÓN ABSORCIÓN



Y : MOLES DE SOLUTO A GAS/MOLES DE INERTE B EN F.GASEOSA

X : MOLES DE SOLUTO A DISUELTO/MOLES DE DISOLVENTE

G_M : FLUJO MOLAR DE GAS INERTE MOLES/HR*M²

L_M : FLUJO MOLAR DISOLVENTE MOLES/HR*M²

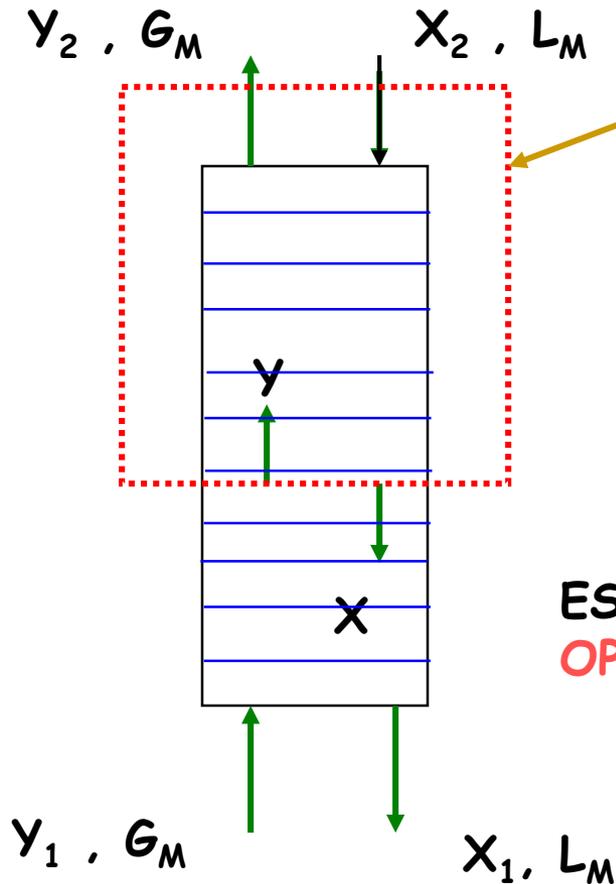
BALANCE DE MATERIA

$$G_M (Y_1 - Y) = L_M (X_1 - X)$$

$$Y = Y_1 - \frac{G_M}{L_M} (X_1 - X)$$

BALANCE DE MATERIA. OPERACIÓN EN CONTRACORRIENTE

LINEA DE OPERACIÓN ABSORCIÓN



BALANCE DE MATERIA

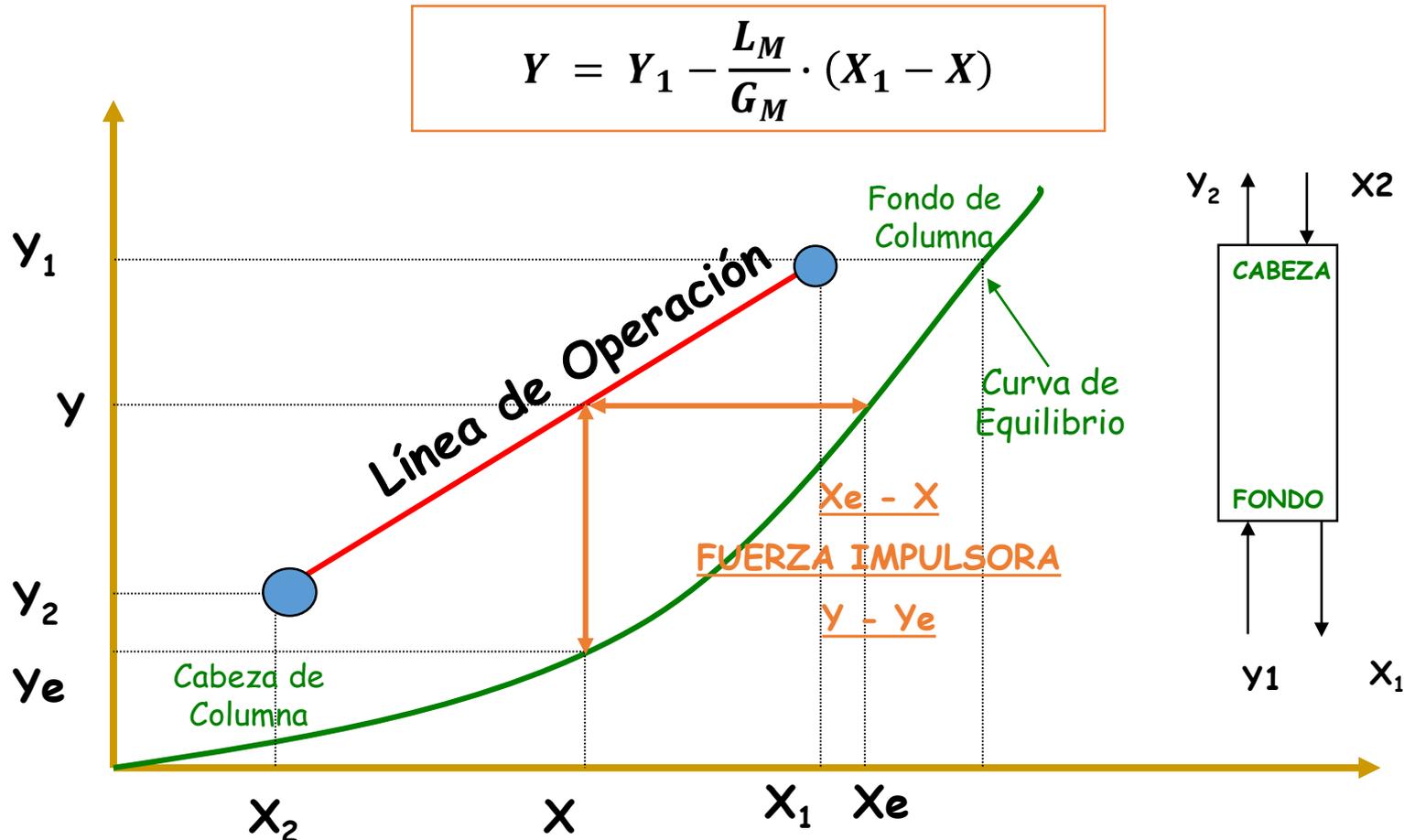
$$G_M (Y - Y_2) = L_M (X - X_2)$$

$$Y = Y_2 + \frac{L_M}{G_M} \cdot (X - X_2)$$

ES LA ECUACION DE LA **LINEA DE OPERACIÓN** DE LA COLUMNA DE ABSORCIÓN

BALANCE DE MATERIA DE ABSORCIÓN OPERACIÓN EN CONTRACORRIENTE

La línea de operación está por encima de la línea de equilibrio porque en cada una de las etapas, la concentración de soluto en la fase vapor es mayor que la correspondiente de equilibrio a la concentración del líquido presente en dicha etapa.



BALANCE DE MATERIA OPERACIÓN EN CONTRACORRIENTE

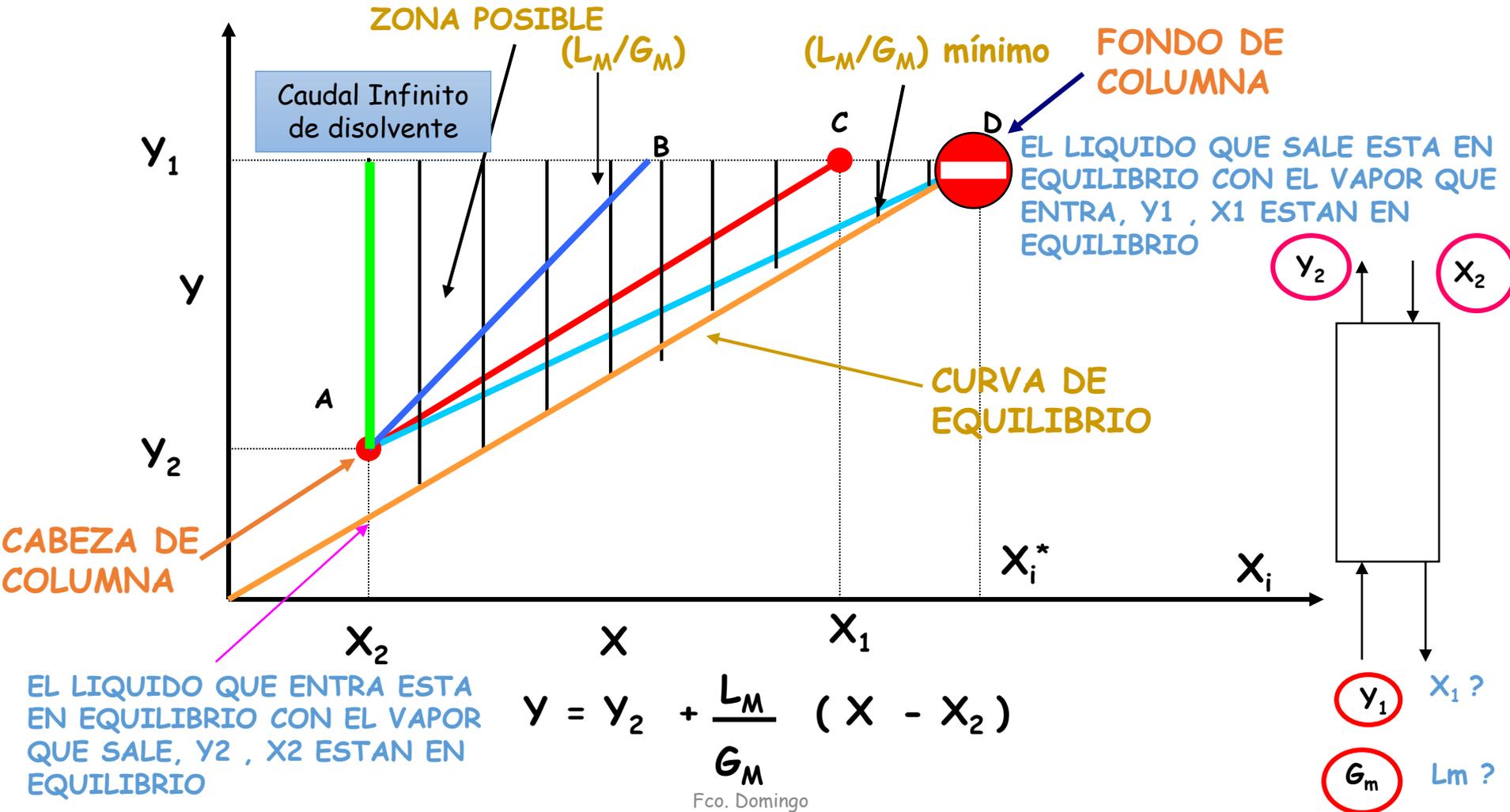
La línea de operación es una recta que representa los valores x , y a lo largo de toda la columna, y su pendiente es L_M / G_M y pasa por los puntos X_1, X_2, Y_1, Y_2

Si se representa la L.O. Junto con la curva de equilibrio: en la **absorción** (transferencia de materia del gas al líquido), la L.O. Debe estar **siempre** por encima de la curva de equilibrio

En la operación de **stripping** la transferencia de materia va desde el líquido al gas.

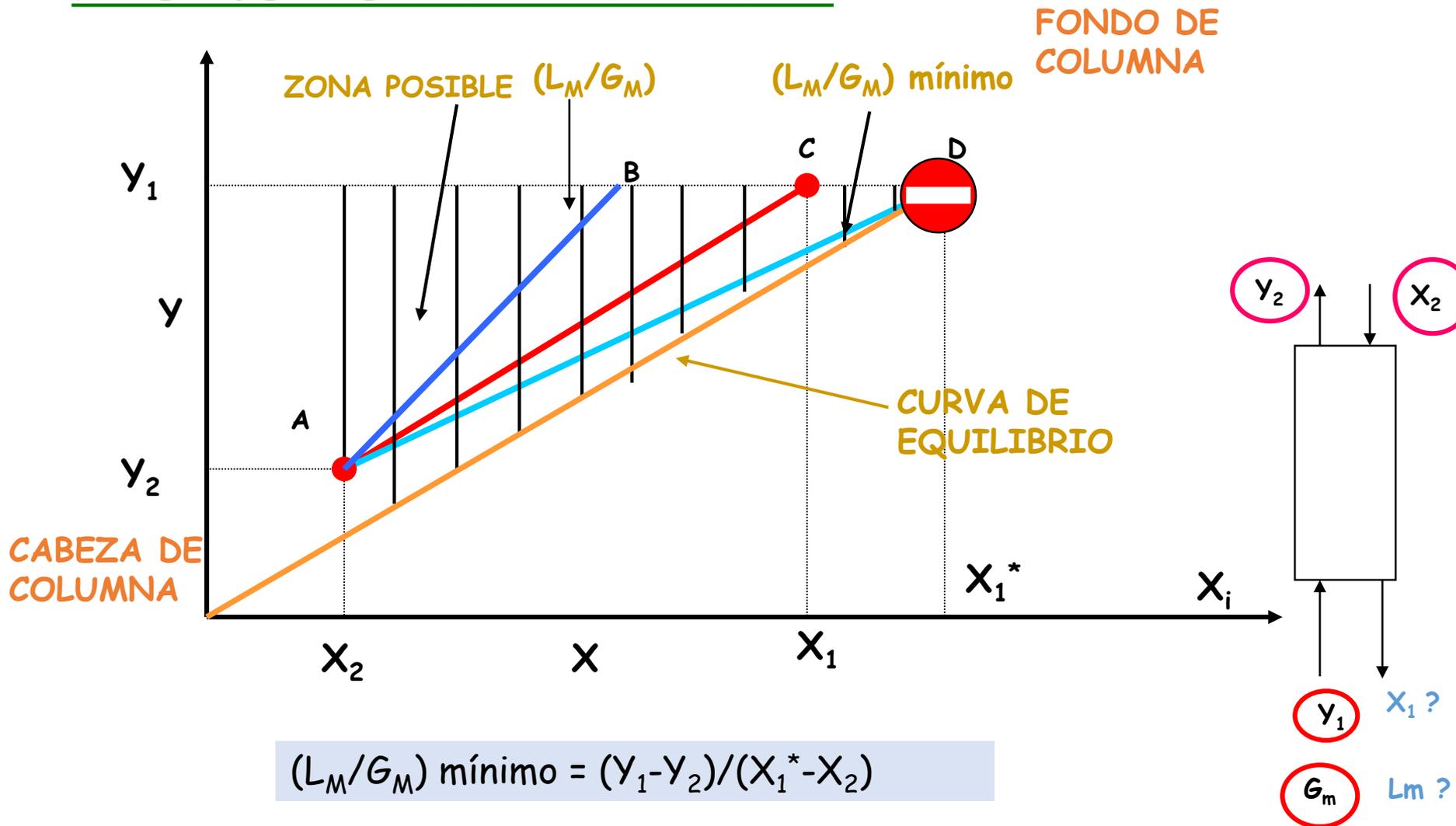
BALANCE DE MATERIA OPERACIÓN EN CONTRACORRIENTE

LINEA DE OPERACIÓN ABSORCIÓN



BALANCE DE MATERIA OPERACIÓN EN CONTRACORRIENTE

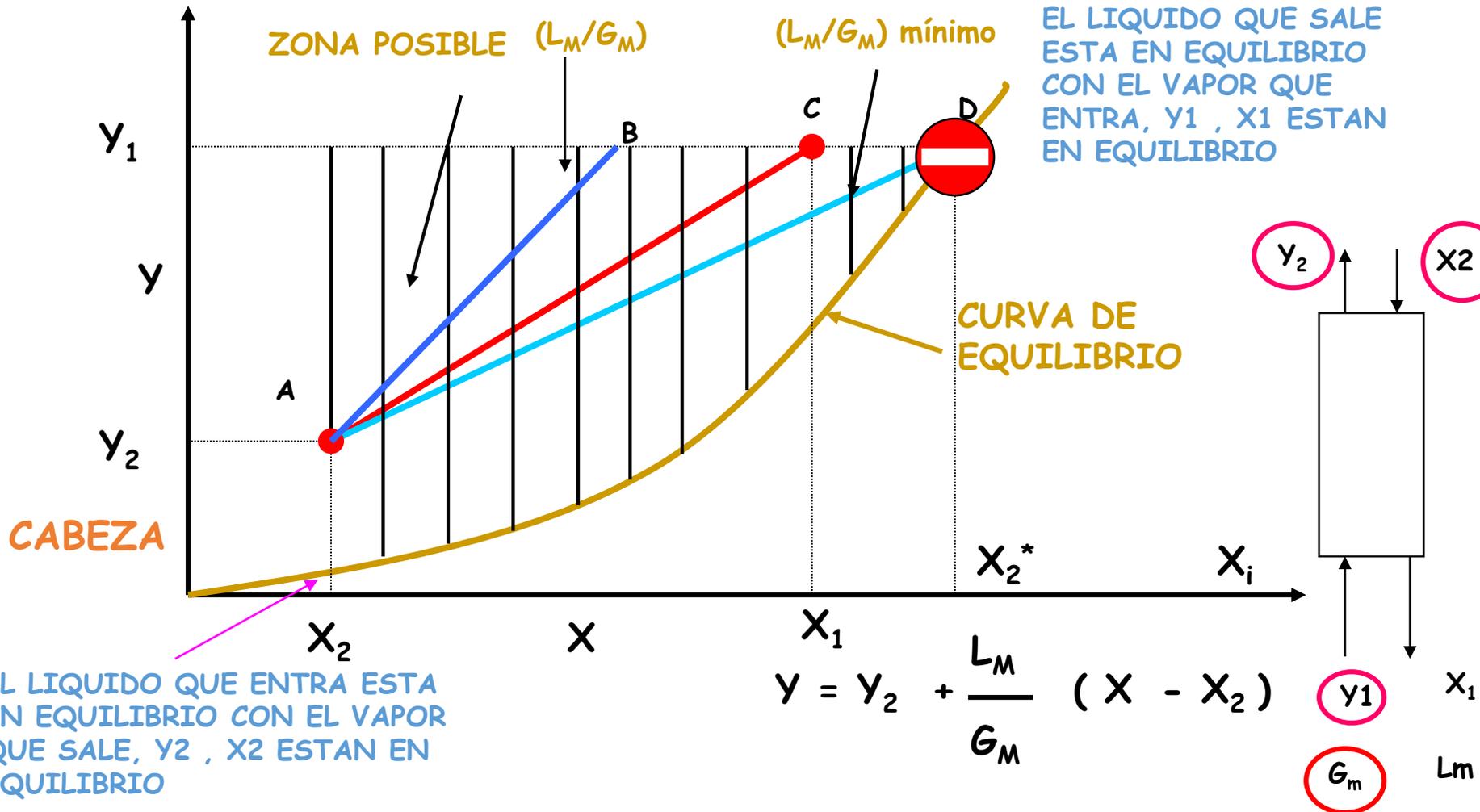
LINEA DE OPERACIÓN ABSORCIÓN



BALANCE DE MATERIA OPERACIÓN EN CONTRACORRIENTE

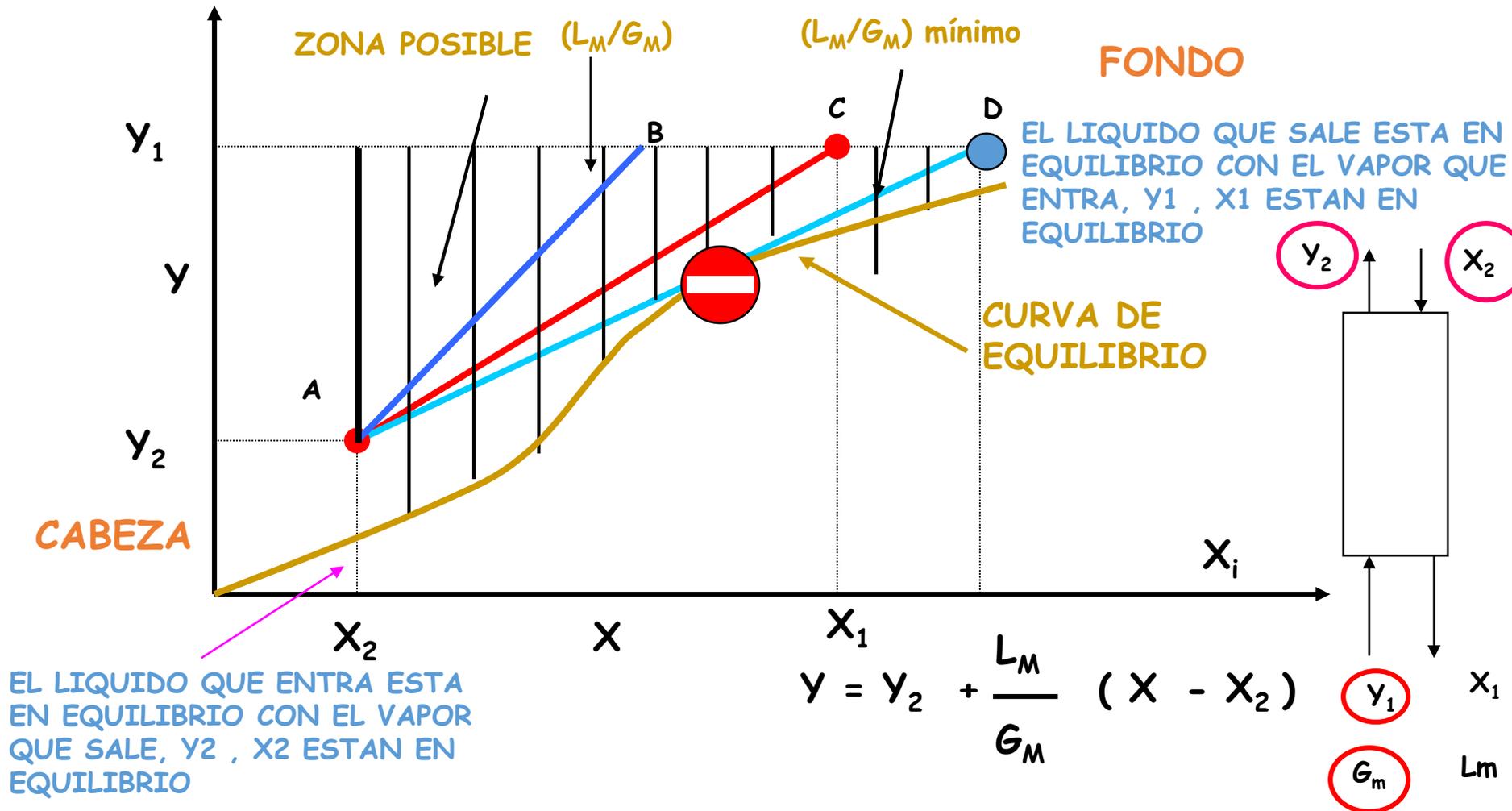
LINEA DE OPERACIÓN ABSORCIÓN

FONDO



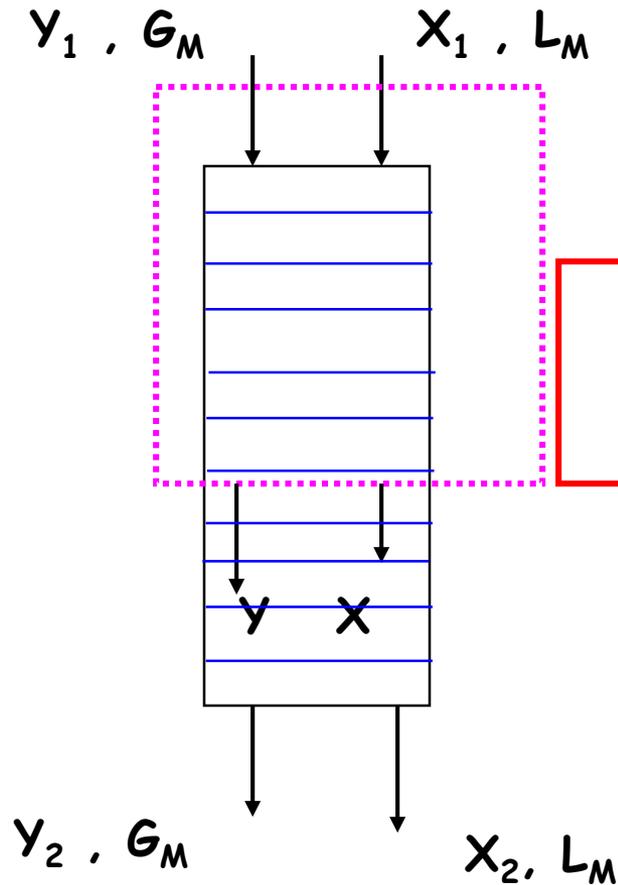
BALANCE DE MATERIA OPERACIÓN EN CONTRACORRIENTE

LINEA DE OPERACIÓN ABSORCIÓN



BALANCE DE MATERIA CO-CORRIENTE

LINEA DE OPERACIÓN ABSORCIÓN



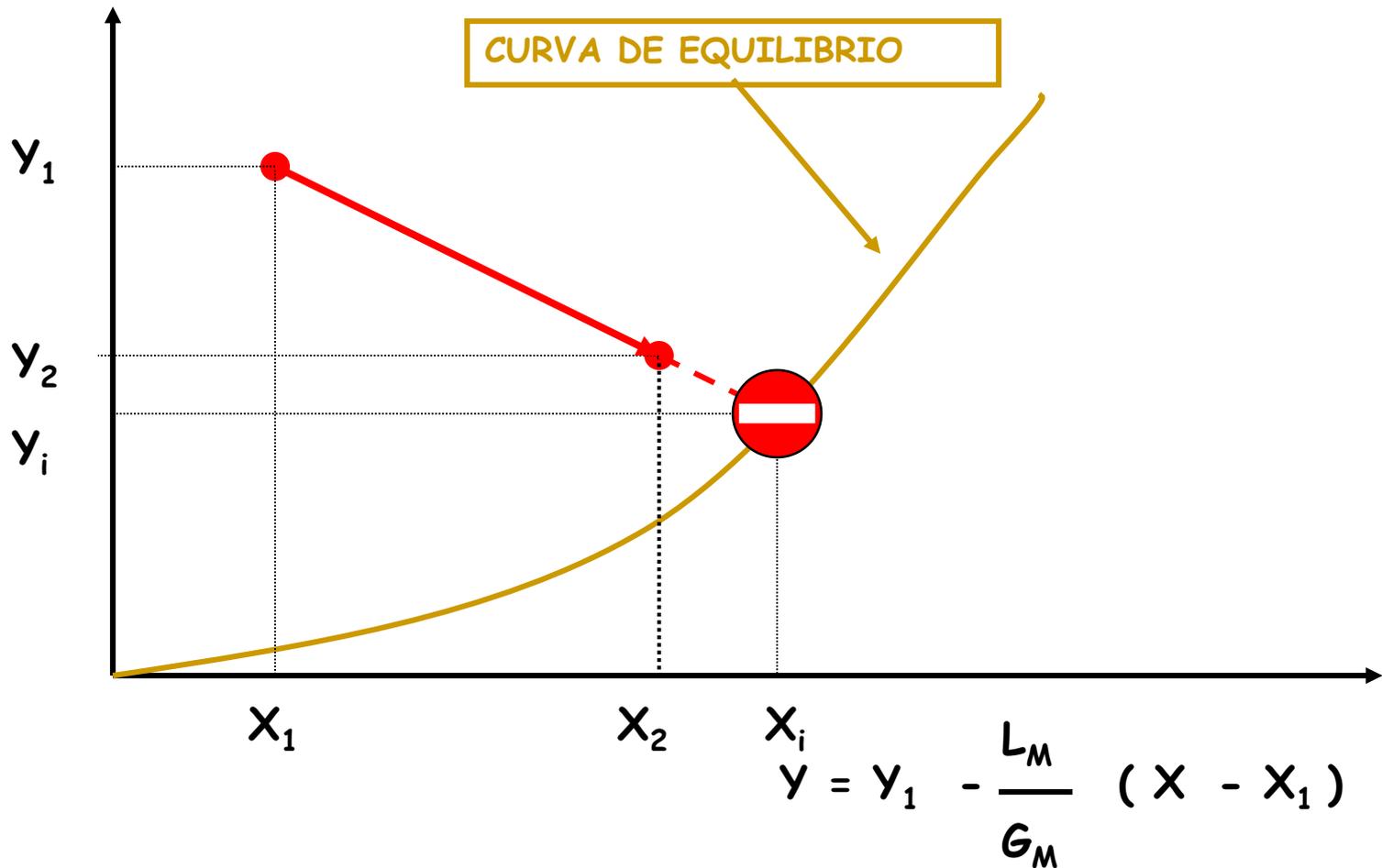
BALANCE DE MATERIA

$$G_M (Y_1 - Y) = L_M (X - X_1)$$

$$Y = Y_1 - \frac{L_M}{G_M} (X - X_1)$$

BALANCE DE MATERIA CO-CORRIENTE

LINEA DE OPERACIÓN ABSORCIÓN



FUNDAMENTOS DE LA ABSORCION

INDICE:

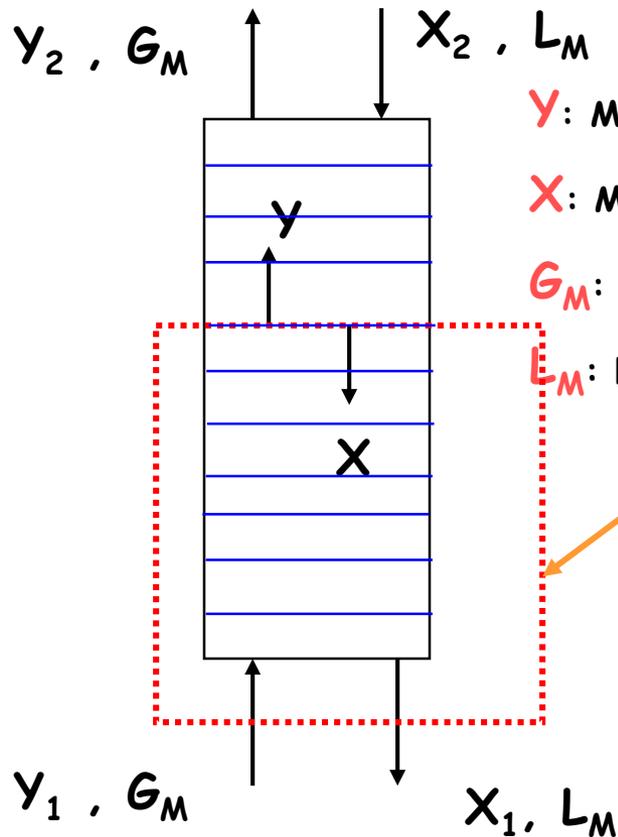
1. Introducción
2. Equilibrio Líquido / Vapor
3. Equipos de Absorción/Desorción
4. Balance de materia en absorción
5. Balance de materia en desorción o "stripping"
6. Cálculo del número de etapas
7. Teoría de la doble película
8. Coeficientes de transferencia
9. Unidades de transferencia y altura de la columna

BALANCE DE MATERIA CONTRACORRIENTE

LINEA DE OPERACIÓN STRIPPING

GAS: MEZCLA BINARIA DE UN COMPONENTE **A** Y UN **INERTE** QUE LE ACOMPAÑA

$Y_2 > Y_1, X_2 > X_1$, 1 LADO ENTRADA DEL GAS



Y: MOLES DE SOLUTO A GAS/MOLES DE INERTE B EN F.GASEOSA

X: MOLES DE SOLUTO A DISUELTO/MOLES DE DISOLVENTE

GM: FLUJO MOLAR DE GAS INERTE MOLES/HR*M²

LM: FLUJO MOLAR DISOLVENTE MOLES/HR*M²

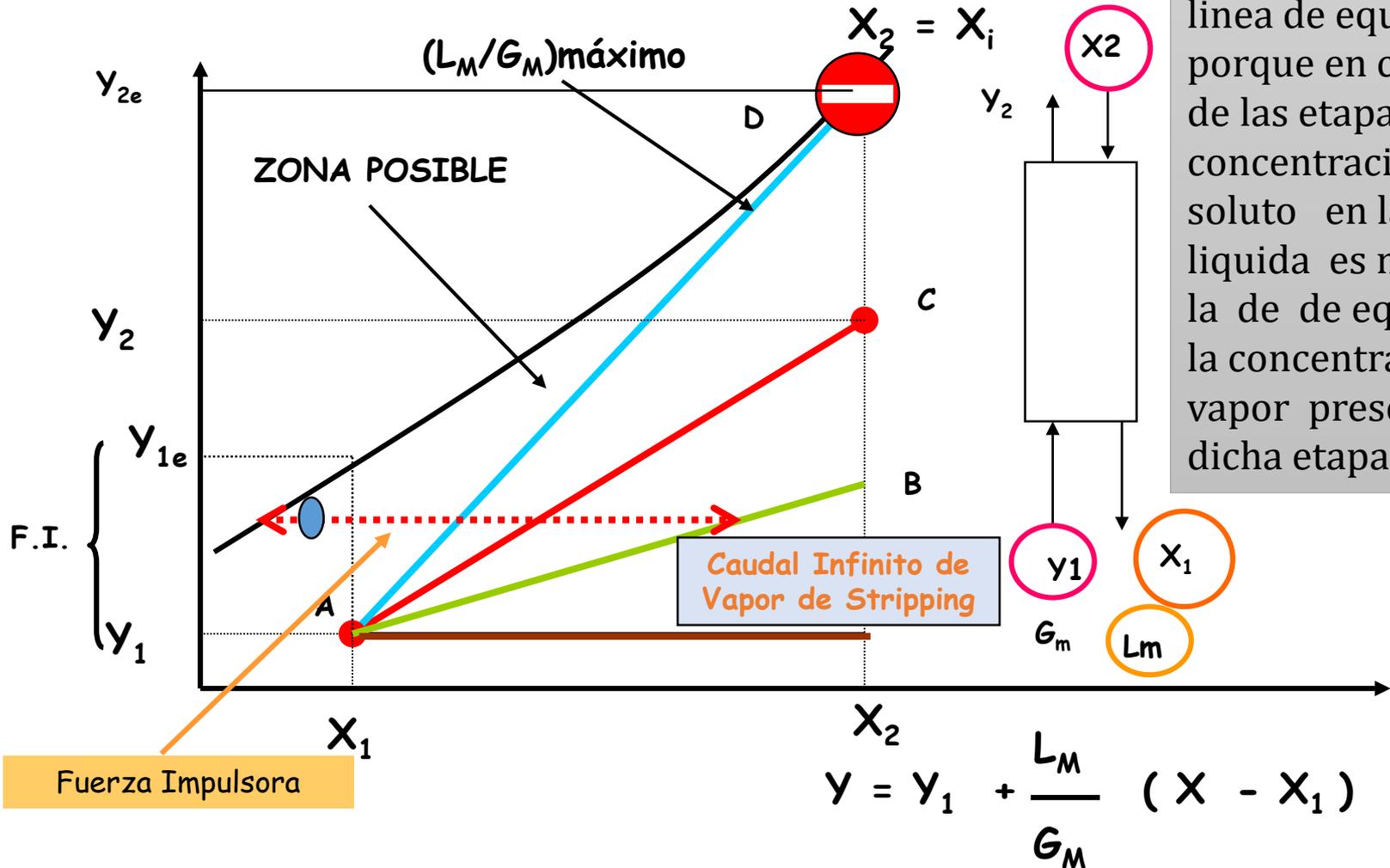
BALANCE DE MATERIA

$$G_M (Y - Y_1) = L_M (X - X_1)$$

$$Y = Y_1 + \frac{L_M}{G_M} (X - X_1)$$

BALANCE DE MATERIA CONTRACORRIENTE

LINEA DE OPERACIÓN STRIPPING



La línea de operación está por debajo de la línea de equilibrio porque en cada una de las etapas, la concentración de soluto en la fase líquida es mayor que la de equilibrio a la concentración del vapor presente en dicha etapa.

BALANCE DE MATERIA CO-CORRIENTE

LINEA DE OPERACIÓN STRIPPING

GAS: MEZCLA BINARIA DE UN COMPONENTE **A** Y UN **INERTE** QUE LE ACOMPAÑA

$Y_1 < Y_2, X_1 > X_2$, 1 LADO ENTRADA DEL GAS

Y: MOLES DE SOLUTO A GAS/MOLES DE INERTE B EN F.GASEOSA

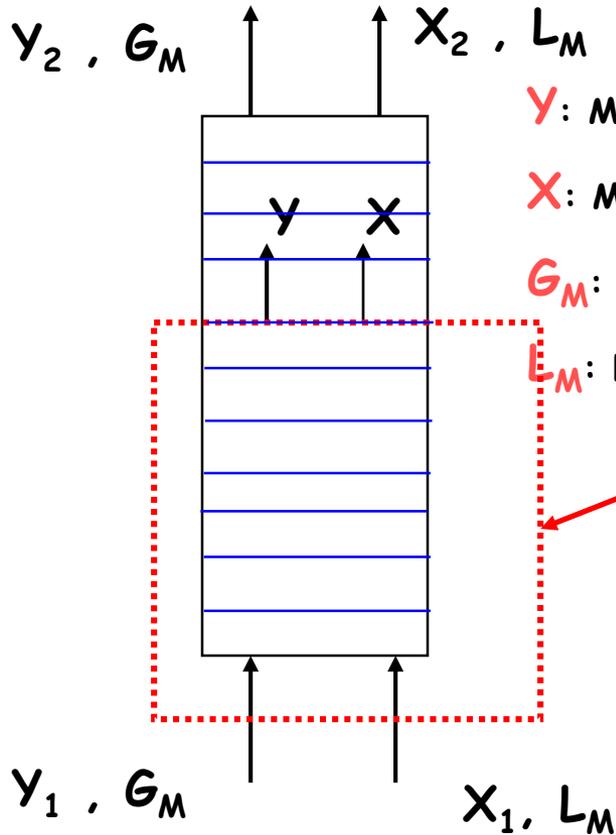
X: MOLES DE SOLUTO A DISUELTO/MOLES DE DISOLVENTE

G_M : FLUJO MOLAR DE GAS INERTE MOLES/HR*M²

L_M : FLUJO MOLAR DISOLVENTE MOLES/HR*M²

BALANCE DE MATERIA

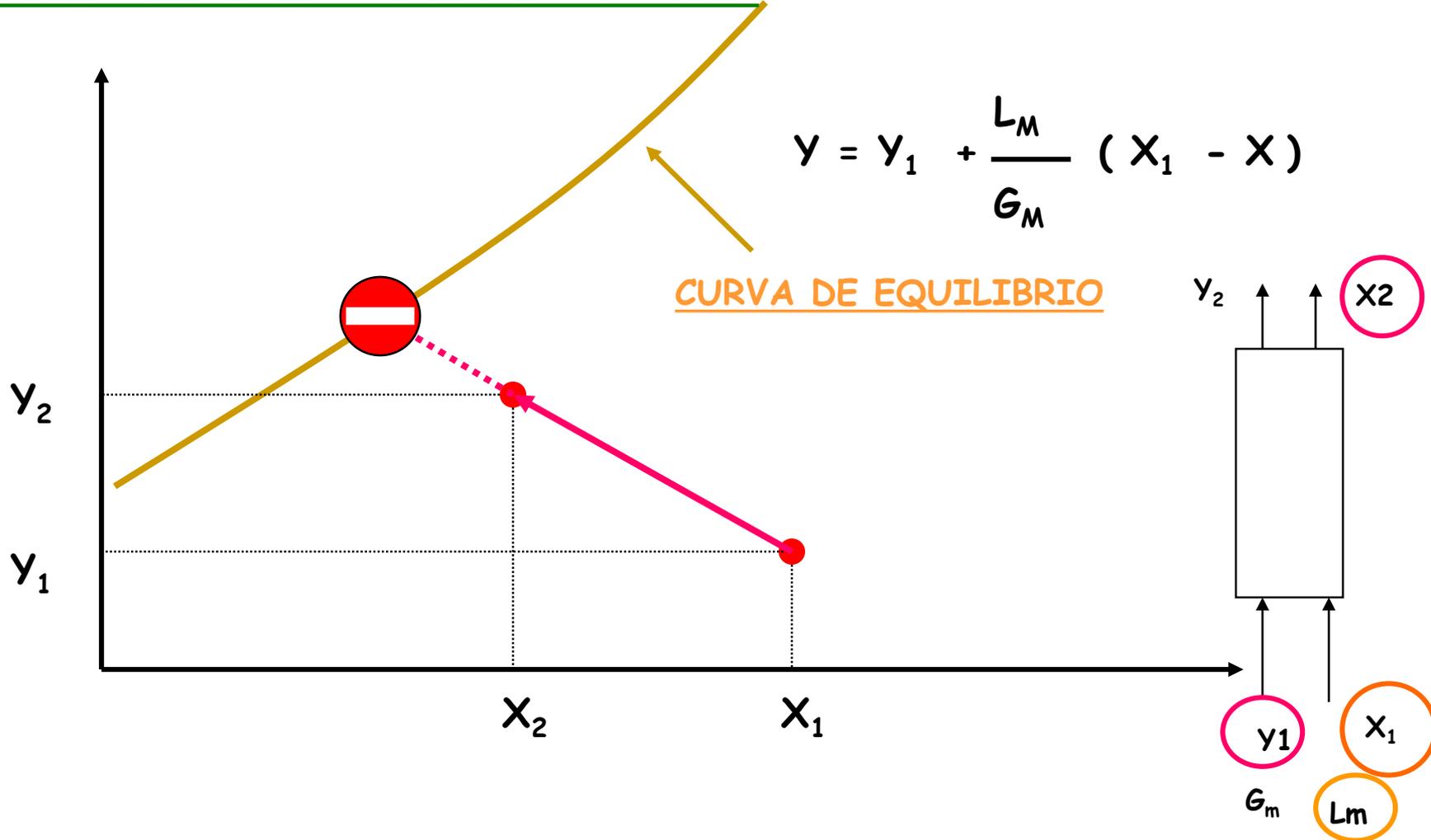
$$G_M (Y - Y_1) = L_M (X_1 - X)$$



$$Y = Y_1 + \frac{L_M}{G_M} (X_1 - X)$$

BALANCE DE MATERIA CO-CORRIENTE

LINEA DE OPERACIÓN STRIPPING



PROBLEMA 3. BALANCE DE MATERIA

COLUMNA DE ABSORCION

Una corriente de gas procedente de un coker, debe ser tratada en una torre de absorción para reducir su contenido en benceno de salida. Estimar el caudal de disolvente requerido , que debe ser 1,5 veces superior al mínimo; y la concentración de benceno en el disolvente. Se supondrá que el sistema benceno-aceite de lavado, tiene comportamiento ideal , y que toda la torre esta a 26,7°C.

DATOS:

Caudal del gas 850m³/h, P_T=800 mmHg, 26,7°C Contenido en benceno 2% volumen, recuperación de benceno 95 %.

Benceno presente en el aceite de lavado (disolvente) 0,005 FRACC. Molar.

P_v de bz @ 26,7°C = 100 mmhg

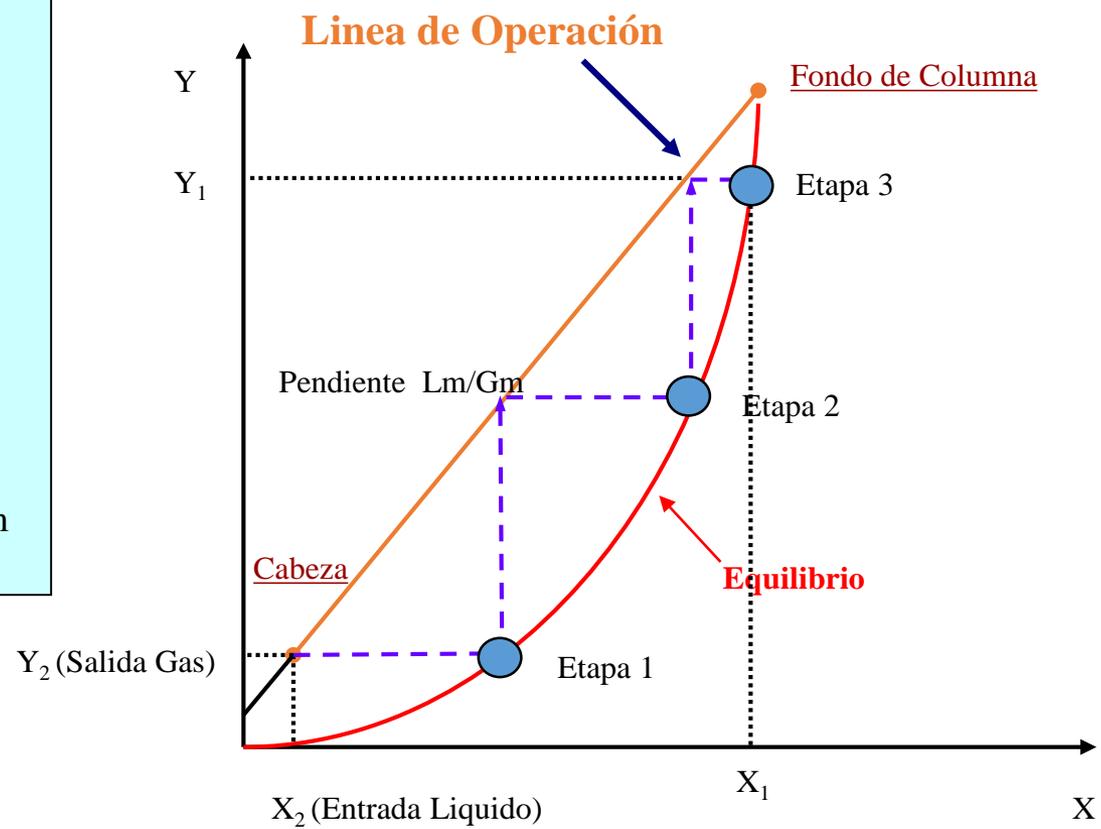
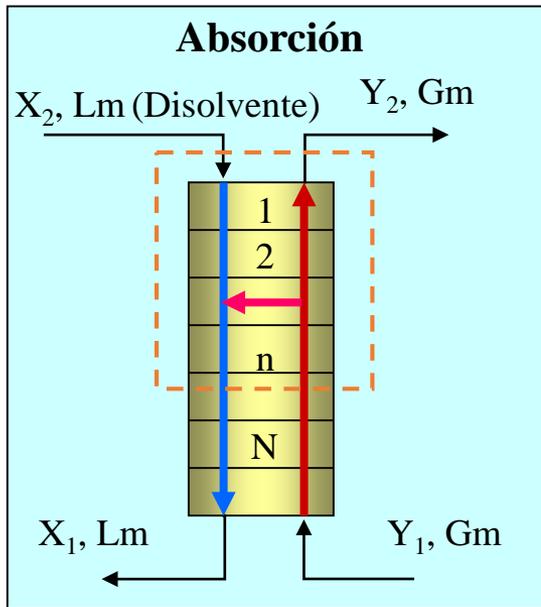
FUNDAMENTOS DE LA ABSORCION

INDICE:

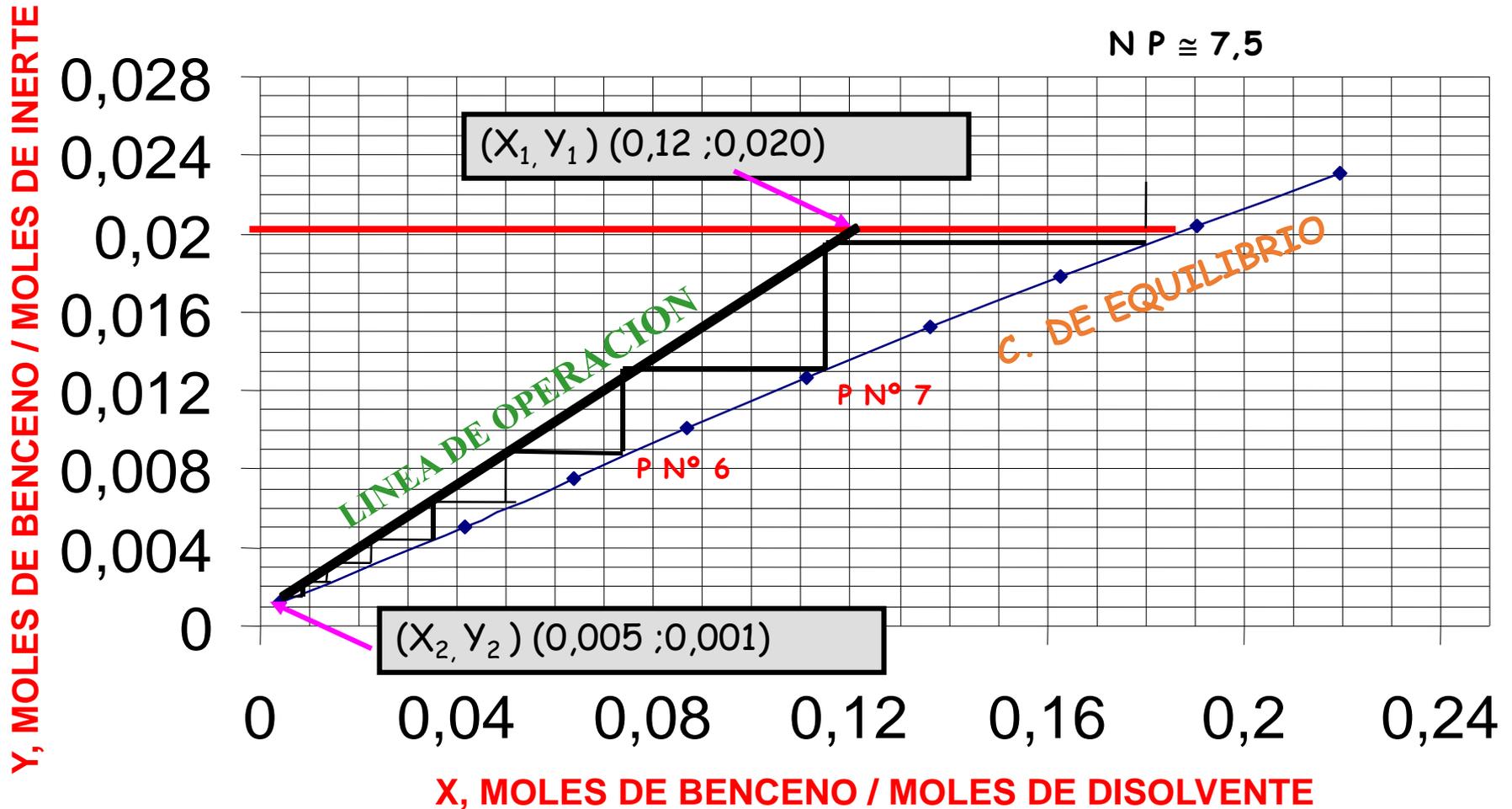
1. Introducción
2. Equilibrio Líquido / Vapor
3. Equipos de Absorción/Desorción
4. Balance de materia en absorción
5. Balance de materia en desorción o "stripping"
6. Cálculo del número de etapas
7. Teoría de la doble película
8. Coeficientes de transferencia
9. Unidades de transferencia y altura de la columna

Nº DE ETAPAS DE EQUILIBRIO SISTEMAS EN CONTRACORRIENTE

METODO GRAFICO



PROBLEMA 3 SOLUCION . DE BALANCE DE MATERIA COLUMNA DE ABSORCION.



Nº DE ETAPAS DE EQUILIBRIO SISTEMAS EN CONTRACORRIENTE

METODO ANALITICO DE KREMSER. FACTOR DE ABSORCION

ESTE METODO SIRVE PARA CALCULAR NP, CUANDO LAS MEZCLAS SON DILUIDAS Y SE PUEDA APLICAR LA LEY DE HENRY

SI LA CANTIDAD DE GAS ABSORBIDA ES PEQUEÑA RESPECTO DE LA CANTIDAD TOTAL DE LIQUIDO:

$$L_o = L_m = L \text{ (LIQUIDO)}$$

$$G_o = G_m = G \text{ (GAS)}$$

SE DENOMINA FACTOR A DE ABSORCION , A LA RELACION $A = \frac{(L/G)}{m}$

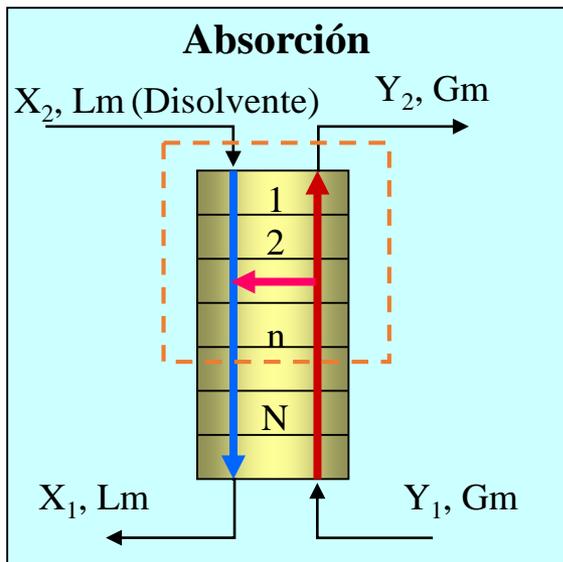
A, ES LA RELACION ENTRE LAS PENDIENTES DE LA L.O. Y LA DE EQUILIBRIO

$$m = y_i / x_i$$

Nº DE ETAPAS DE EQUILIBRIO SISTEMAS EN CONTRACORRIENTE

METODO ANALITICO DE KREMSER. FACTOR DE ABSORCION

ABSORCION



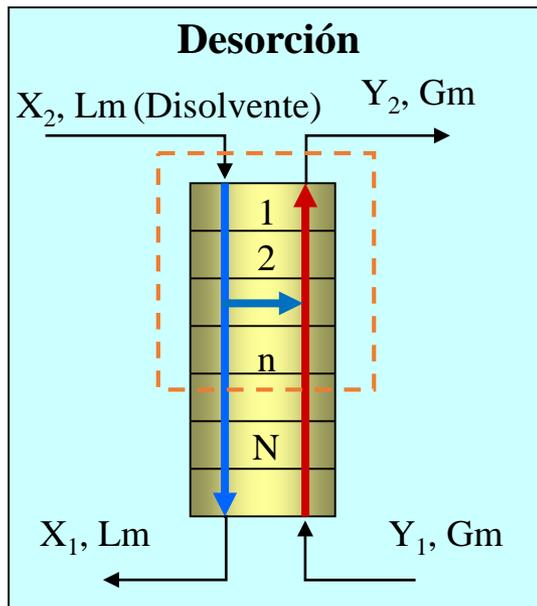
$$N_p = \frac{\log \left\{ \frac{y_1 - m x_2}{y_2 - m x_2} \left(1 - \frac{1}{A} \right) + \frac{1}{A} \right\}}{\log A}$$

$$A = L / m G \quad m = y_i / x_i$$

Nº DE ETAPAS DE EQUILIBRIO SISTEMAS EN CONTRACORRIENTE

METODO ANALITICO DE KREMSER. FACTOR DE DESORCION

DESORCION



$$N_p = \frac{\log \left\{ \frac{x_2 - y_1 / m}{x_1 - y_1 / m} \left(1 - \frac{1}{S} \right) + \frac{1}{S} \right\}}{\log S}$$

$$S = m G / L \quad m = y_i / x_i$$

Nº DE ETAPAS DE EQUILIBRIO SISTEMAS EN CONTRACORRIENTE

METODO ANALITICO DE KREMSER. FACTOR DE ABSORCION

Se deduce que un alto grado de absorcion se puede conseguir con un gran numero de etapas de equilibrio o diseñando la columna con un **elevado factor de absorcion** ($L_M / m G_M$). Como m esta fijado por termodinamica, L_M / G_M , **DEBE SER ALTO** si se desea un alto grado de absorción; pero esto implicara un valor bajo de X para el líquido que sale por el fondo de la columna; esto se soluciona, parcialmente, **recirculando el liquido del fondo de la columna**, perdiéndose de esta forma ventaja del contracorriente puro.

UN VALOR ADECUADO DE A ES ALREDEDOR DE $1,3 = (L_M / G_M) / m$

Nº de Etapas de Equilibrio

Una corriente de gas procedente de un coker, debe ser tratada en una torre de absorción para reducir su contenido en benceno de salida. **Estimar el caudal de disolvente requerido , que debe ser 1,5 veces superior al mínimo; y la concentración de benceno en el disolvente.** Se supondrá que el sistema benceno-aceite de lavado, tiene comportamiento ideal , y que toda la torre esta a 26,7°C.

DATOS:

Caudal del gas 850m³/h, P_T=800 mmHg, 26,7°C Contenido en benceno **2%** volumen, recuperación de benceno **95 %**.

Benceno presente en el aceite de lavado (disolvente) **0,005 FRACC. Molar.**

Pv de bz @ 26,7°C = 100 mmhg

PROBLEMA 3 SOLUCION . DE BALANCE DE MATERIA COLUMNA DE ABSORCION.

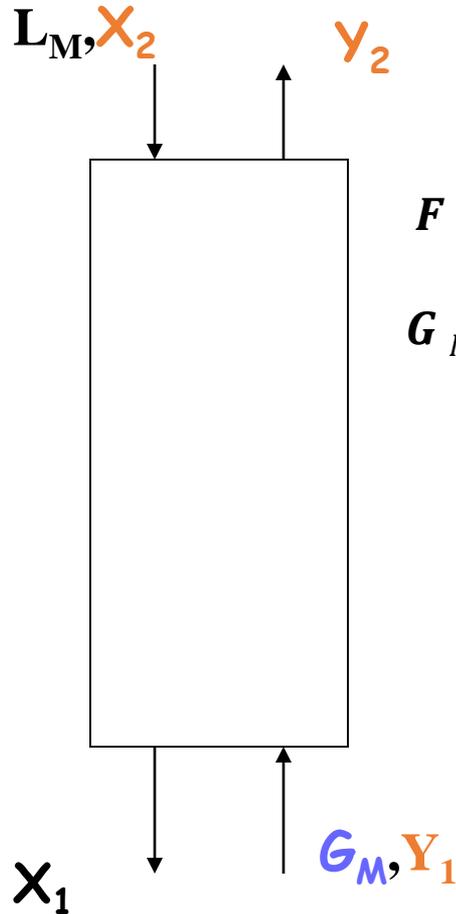
CALCULO DE LOS DATOS DE EQUILIBRIO

$$X = x/(1-x); \quad Y = y/(1-y);$$

$$y = P_P/P_T = p_{BZ}^o x_{BZ} / P_T = 100 / 800 * x_{BZ} = 0,125 x_{BZ}$$

x	X	y	Y
0	0	0	0
0,04	0,04166667	0,005	0,00502513
0,06	0,06382979	0,0075	0,00755668
0,08	0,08695652	0,01	0,01010101
0,1	0,11111111	0,0125	0,01265823
0,12	0,13636364	0,015	0,01522843
0,14	0,1627907	0,0175	0,0178117
0,16	0,19047619	0,02	0,02040816
0,18	0,2195122	0,0225	0,0230179

Nº de Etapas de Equilibrio



$$Y_1 = (0,02)/(1 - 0,02) = 0,0204$$

$$F_{GAS} = 850.000 * (800/760) * 273/(273 + 26,7) * (1/22,4) \\ = 36385 \text{ MOLES DE GAS /HR}$$

$$G_M = 36385 * (1 - 0,02) = 35657 \text{ MOLES GAS INERT/HR}$$

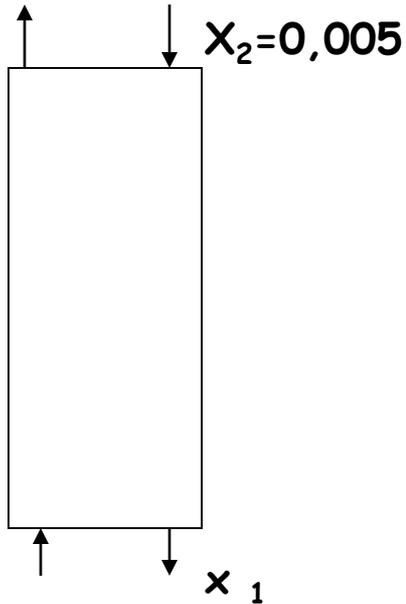
$$Y_2 = 0,0204 * 0,05 = 0,00102$$

$$X_2 = (0,005) / (1 - 0,005) = 0,00502$$

Nº DE ETAPAS DE EQUILIBRIO SISTEMAS EN CONTRACORRIENTE

PROBLEMA 4. DE RECUPERACION DEL BENCENO

$$G, Y_2 = 0,00102$$



$$Y_1 = 0,02$$

$$y_2 = Y_2 / (1 + Y_2) = 0,00102 / (1 + 0,00102) = 0,00102$$

$$m_i = y_i / x_i = 0,125$$

$$A = (L/G)/m = (6070/35657)/0,125 = 1,36$$

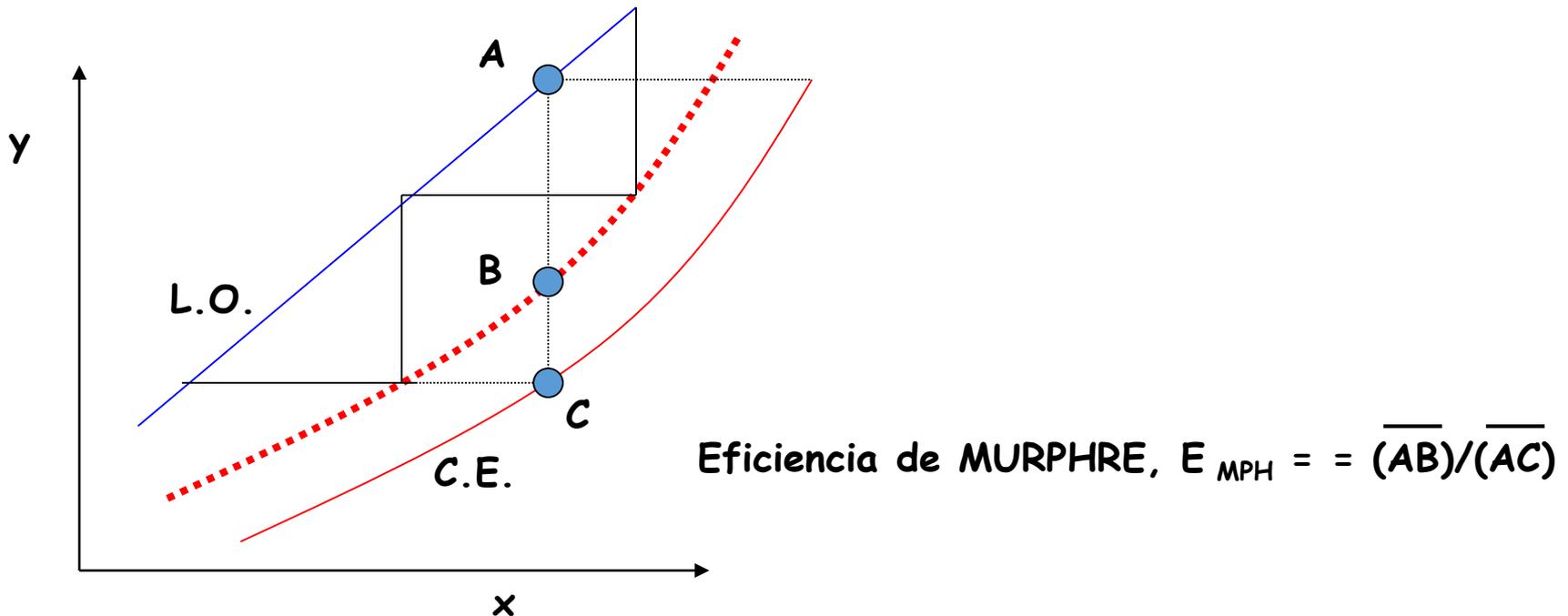
$$y = P p / P_T = P^{\circ}_{BZ} \times BZ / P_T = 100/800 \times BZ = 0,125 \times BZ$$

$$N_p = \frac{\log \left\{ \frac{y_1 - m x_2}{Y_2 - m x_2} \left[1 - \frac{1}{A} \right] + \frac{1}{A} \right\}}{\log A}$$

$$N_p = 8,54$$

COLUMNAS DE PLATOS

PLATOS REALES Y PLATOS IDEALES



LA CURVA DE LA COMPOSICION REAL DEL VAPOR Y LIQUIDO QUE SALE DE CADA PLATO SE SITUA ENTRE LA L.O. Y LA C.E.

LA **EFICIENCIA DE MURPHREE** MIDE LA APROXIMACION AL EQUILIBRIO DE LA COMPOSICION DEL GAS Y LIQUIDO QUE SALEN DE CADA PLATO

COLUMNAS DE PLATOS

PLATOS REALES Y PLATOS IDEALES

E_{MPH} , debe evaluarse a lo largo de la columna porque **no es constante**. se determina experimentalmente para cada tipo de plato y sistema termodinámico

EFICIENCIA MEDIA DE LA COLUMNA (E_0), se utiliza para el diseño real de la columna y se puede estimar conociendo E_{mph} y el factor de absorción A

$$E_0 = \frac{\text{Nº ETAPAS DE EQUILIBRIO}}{\text{Nº DE ETAPAS REALES}}$$

$$E_0 = \frac{\text{LOG} (1 + E_{MPH} (1/A - 1))}{\text{LOG} (1/A)}$$

$$A > 1 \dots E_{MPH} > E_0$$

COLUMNAS DE RELLENO

ALTURA REAL DE LA COLUMNA , HETP

EN LAS COLUMNAS DE RELLENO, EL CONTACTO ENTRE LAS FASES ES CONTINUO Y LA COMPOSICION DEL LIQUIDO Y VAPOR, CAMBIAN CONTINUAMENTE A LO LARGO DE LOS LECHOS DE ABSORCION

ALTURA EQUIVALENTE DE PLATO (HETP)

EXISTE UN METODO SENCILLO PARA CALCULAR LA ALTURA NECESARIA DE RELLENO, QUE NO TIENE EN CUENTA LA DIFERENCIA TEORICA ENTRE DISEÑO DE PLATOS O DE RELLENO. PARTIENDO DEL N° DE ETAPAS TEORICAS NECESARIAS (V.G. METODOS GRAFICOS), Y MULTIPLICANDO POR HETP, SE ESTIMA LA ALTURA REAL DEL RELLENO NECESARIO PARA LA SEPARACION

$$H_{\text{RELLENO}} = N^{\circ} \text{ ETAPAS TEORICAS} * \text{HETP}$$

ESTE ES EL PROCEDIMIENTO NORMAL DE DISEÑO DE LAS COLUMNAS DE RELLENO. EL FABRICANTE PROPORCIONA LOS VALORES DE HETP, TABULADOS FRENTE A LAS PROPIEDADES FISICAS DEL SISTEMA, CAUDALES DE G Y L QUE ATRAVIESAN EL RELLENO

FUNDAMENTOS DE LA ABSORCION

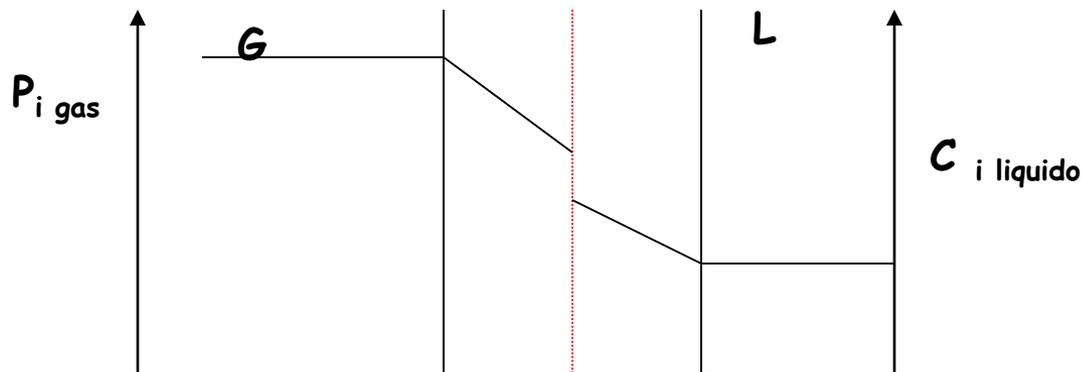
INDICE:

1. Introducción
2. Equilibrio Líquido / Vapor
3. Equipos de Absorción/Desorción
4. Balance de materia en absorción
5. Balance de materia en desorción o "stripping"
6. Cálculo del número de etapas
7. Teoría de la doble película
8. Coeficientes de transferencia
9. Unidades de transferencia y altura de la columna

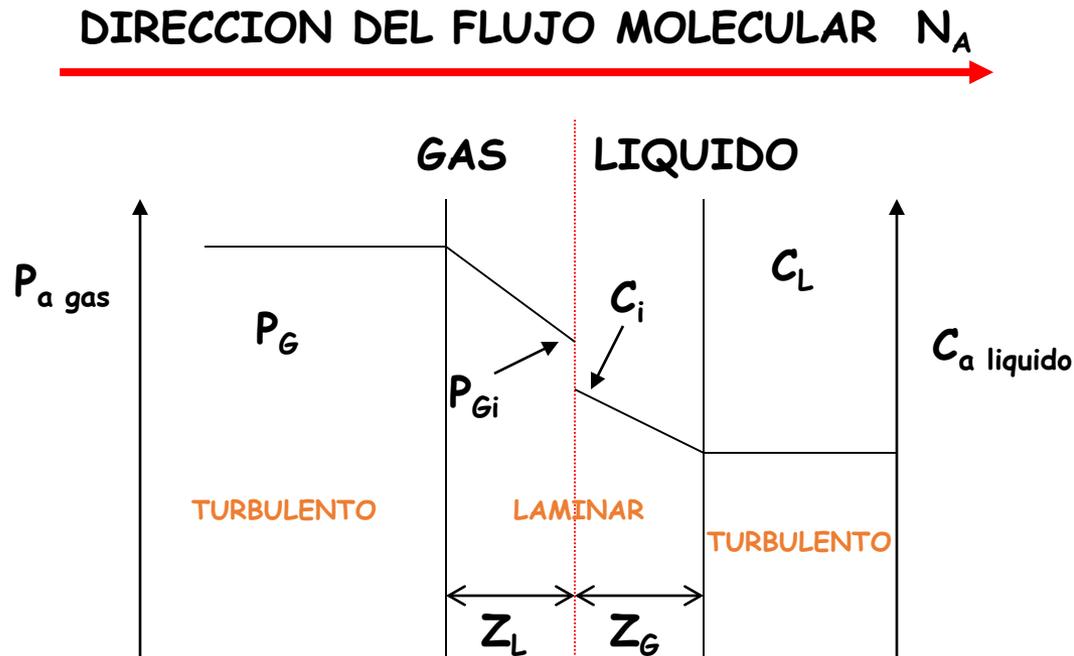
TRANSFERENCIA DE MATERIA: DOBLE PELICULA

LA TEORIA DE LA DOBLE PELICULA DE WHITMAN, MODELIZA DE MANERA APROXIMADA LAS CONDICIONES DE TRANSFERENCIA DE MATERIA ENTRE FASES. EL MODELO SUPONE REGIMEN TURBULENTO FUERA DE LA INTERFASE (NO EXISTEN GRADIENTES DE CONCENTRACIONES), Y QUE EXISTEN CAPAS LAMINARES DE CADA FLUIDO A AMBOS LADOS DE LA INTERFASE.

EXISTE UN GRADIENTE LINEAL DE CONCENTRACIONES JUNTO A LA SUPERFICIE. EL MODELO SUPONE QUE LAS RESISTENCIAS A LA T. DE M., PUEDEN SUSTITUIRSE POR DOS CAPAS "LIMITES" EN LAS QUE LA TRANSFERENCIA TIENE LUGAR POR DIFUSION MOLECULAR. FUERA DE LAS CAPAS EL GRADIENTE DE CONCENTRACIONES NO EXISTE



TRANSFERENCIA DE MATERIA: DOBLE PELICULA



TRES ETAPAS :

1. DESDE EL SENO DEL GAS A LA INTERFASE (LAMINAR)
2. ATRAVIESA LA INTERFASE (EQUILIBRIO, CTE, HENRY)
3. DESDE LA INTERFASE AL SENO DEL LIQUIDO (LAMINAR)

TRANSFERENCIA DE MATERIA: DOBLE PELICULA

TRES ETAPAS :

1. DESDE EL SENO DEL GAS A LA INTERFASE (LAMINAR)
2. ATRAVIESA LA INTERFASE (EQUILIBRIO, CTE, HENRY)

P_{Gi} ESTA EN EQUILIBRIO CON C_i

$$P_{Gi} = H C_i$$

3. DESDE LA INTERFASE AL SENO DEL LIQUIDO (LAMINAR)
1. MEZCLA PERFECTA EN EL SENO DE LAS FASES
 2. EN LAS PELICULAS DE GAS Y LIQUIDO SOLAMENTE DIFUSION MOLECULAR
 3. EN LA INTERFASE EXISTE EQUILIBRIO TERMODINAMICO
 4. NO HAY EVIDENCIAS REALES DE LA EXISTENCIA DE LAS PELICULAS
 5. IMPOSIBILIDAD DE ESTIMAR EL ESPESOR DE LAS PELICULAS
 6. EL MODELO ES UNA SIMPLIFICACION DE LA "CRUDA" REALIDAD

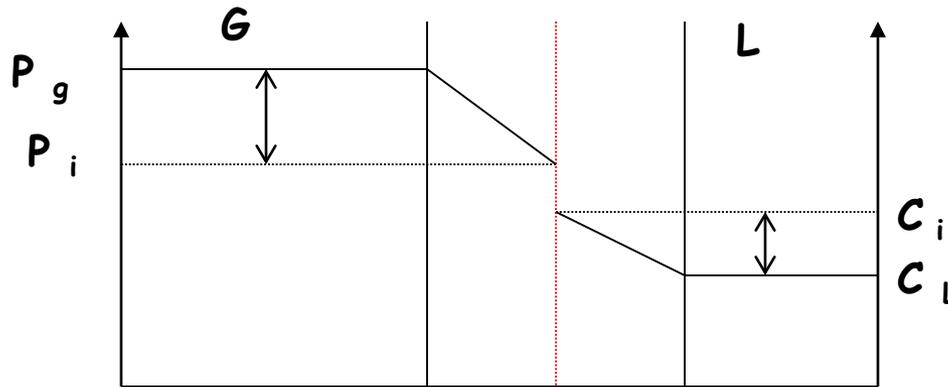
FUNDAMENTOS DE LA ABSORCION

INDICE:

1. Introducción
2. Equilibrio Líquido / Vapor
3. Equipos de Absorción/Desorción
4. Balance de materia en absorción
5. Balance de materia en desorción o "stripping"
6. Cálculo del número de etapas
7. Teoría de la doble película
8. Coeficientes de transferencia
9. Unidades de transferencia y altura de la columna

TRANSFERENCIA DE MATERIA: DOBLE PELICULA

VELOCIDAD DE ABSORCION: REGIMEN ESTACIONARIO Y CONCENTRACIONES DILUIDAS (LEY HENRY)



$$N'_A = k_g (P_g - P_i) = k_L (C_i - C_L)$$

FUERZA IMPULSORA FASE GAS = $P_g - P_i$

FUERZA IMPULSORA FASE LIQUIDA = $C_i - C_L$

TRANSFERENCIA DE MATERIA: DOBLE PELICULA

$$N'_A = k_g (P_g - P_i) = k_L (C_i - C_L)$$

$$N'_A = - \frac{D v}{R T x} \frac{P}{P_{b ml}} (P_g - P_i)$$

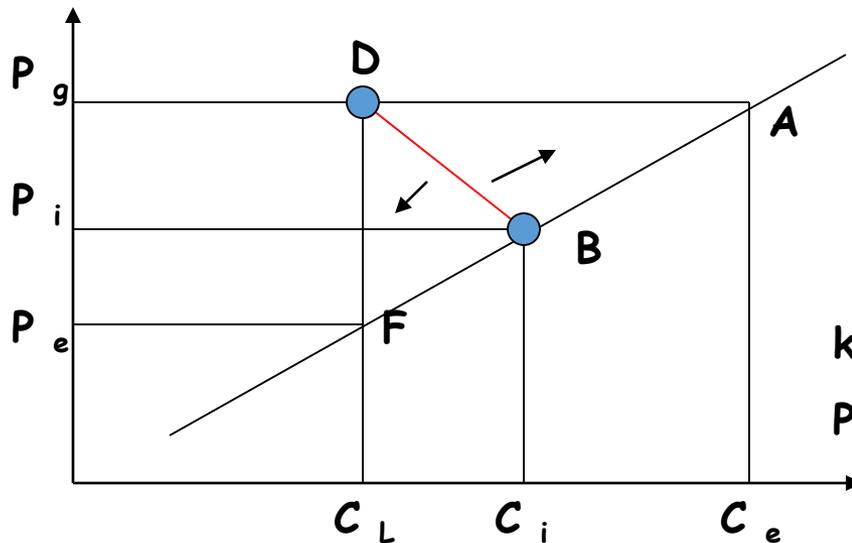
$$K_g = \frac{D v P}{R T x P_{b ml}}$$

$$N'_A = D_L (C_i - C_L) / z$$

$$K_L = D_L / z$$

TRANSFERENCIA DE MATERIA: DOBLE PELICULA

VELOCIDAD DE ABSORCION, CONC. DILUIDAS (LEY HENRY)



$k_g \gg k_L \dots C. \text{ FASE L.}$
 $P_i = P_g; C_i = C_e$
 $k_L \gg k_g \dots C. \text{ FASE GAS}$
 $C_i = C_L; P_e = P_i$

$$k_g (P_g - P_i) = k_L (C_i - C_L)$$

$$P_i = P_g - k_L / k_g (C_i - C_L)$$

P_g : PRESION PARCIAL DE A EN EL GAS

C_L : CONC. MEDIA DE A EN EL LIQUIDO

D: CONDICIONES DEL GAS Y LIQUIDO

A: CONC. C_e EN EQUILIBRIO CON P_g

B: CONDICIONES EN LA INTERFASE

F: PRESION P_e EN EQUILIBRIO CON C_L

TRANSFERENCIA DE MATERIA: DOBLE PELICULA

VELOCIDAD DE ABSORCION, CONC. DILUIDAS (LEY HENRY)

COEFICIENTES INDIVIDUALES $N'_A = k_g (P_g - P_i) = k_l (C_i - C_L)$

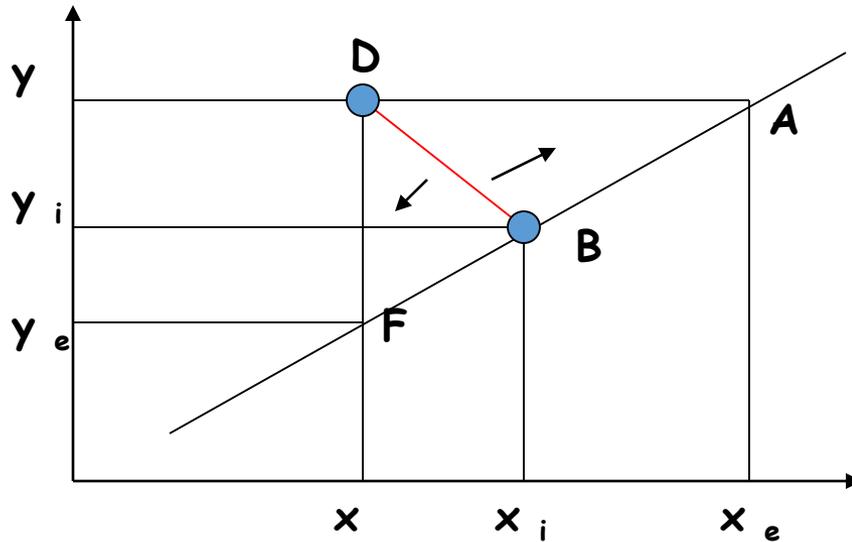
COEFICIENTES GLOBALES $N'_A = K_g (P_g - P_e) = K_l (C_e - C_L)$

LOS COEFICIENTES GLOBALES DE TRANSFERENCIA DE MATERIA, SE INTRODUCEN PARA EVITAR LA MEDIDA O CALCULO DE LAS CONDICIONES EN LA INTERFASE

$$\frac{1}{K_g} = \frac{1}{k_g} + \frac{H}{k_L} = \frac{H}{K_L} \qquad H = \frac{K_L}{K_g} = \frac{(P_g - P_e)}{(C_e - C_L)}$$

TRANSFERENCIA DE MATERIA: DOBLE PELICULA

VELOCIDAD DE ABSORCION EN FUNCION DE LAS F. MOLARES)



F.IMPULSORA F. GAS

$$N'_A = k''_g (y - y_i) = K''_g (y - y_e)$$

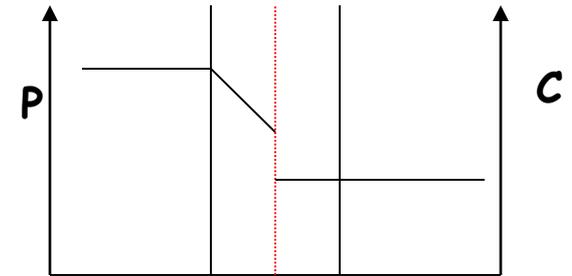
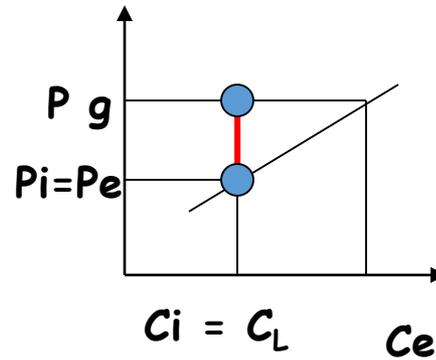
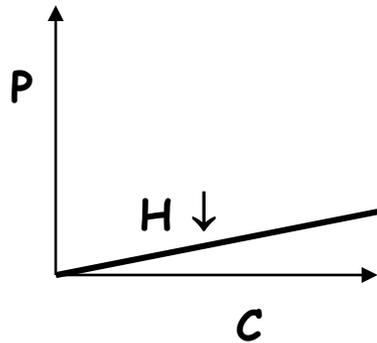
F. IMPULSORA F. LIQUIDA

$$N'_A = k''_L (x_i - x) = K''_L (x_e - x)$$

INFLUENCIA DE LA SOLUBILIDAD SOBRE K_g y K_L

GAS MUY SOLUBLE (H MUY BAJA) :

CONTROLA LA RESISTENCIA DE LA FASE GAS



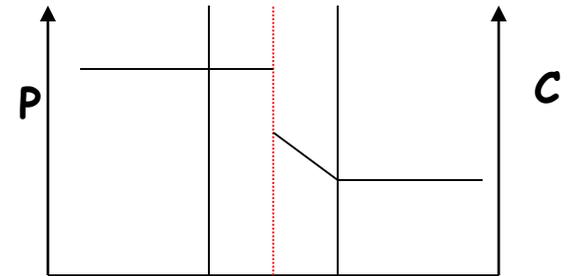
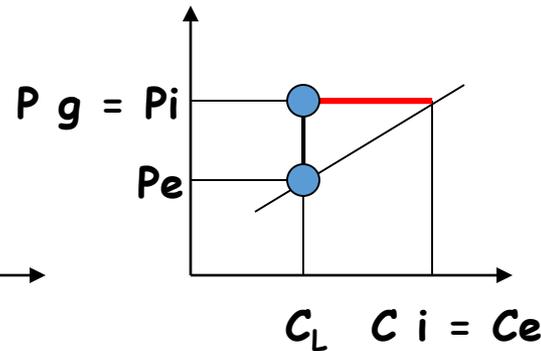
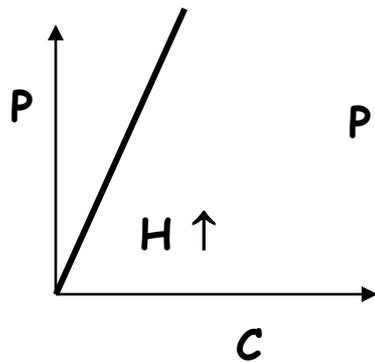
$$K_g = k_g$$

ABSORCION DE NH_3 , ClH EN AGUA

INFLUENCIA DE LA SOLUBILIDAD SOBRE K_g y K_L

GAS CASI INSOLUBLE (H MUY ALTA) :

CONTROLA LA RESISTENCIA DE LA FASE LIQUIDA



$$K_L = k_L$$

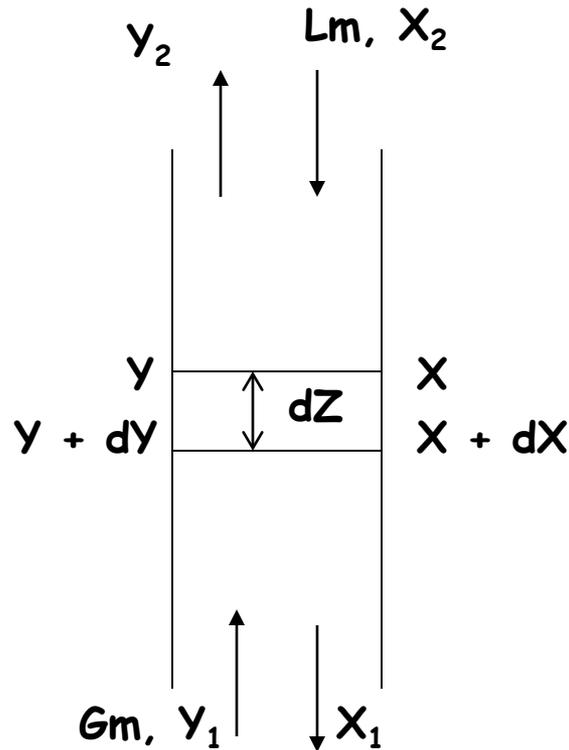
ABSORCION DE SO_2 , CO_2 , O_2 EN AGUA

FUNDAMENTOS DE LA ABSORCION

INDICE:

1. Introducción
2. Equilibrio Líquido / Vapor
3. Equipos de Absorción/Desorción
4. Balance de materia en absorción
5. Balance de materia en desorción o "stripping"
6. Cálculo del número de etapas
7. Teoría de la doble película
8. Coeficientes de transferencia
9. Unidades de transferencia y altura de la columna

ALTURA DE LA COLUMNA BASADA EN LAS CONDICIONES DE LA PELICULA GASEOSA



N'_A = MOLES ABSORBIDOS DE A EN LA UNIDAD DE TIEMPO Y UNIDAD DE AREA DE INTERFASE

a = AREA DE INTERFASE / VOLUMEN DE LA COLUMNA

A = SECCION TRANSVERSAL DE LA COLUMNA

Z = ALTURA DEL RELLENO

G_m = MOLES DE GAS INERTE/TIEMPO Y AREA TRANSVERSAL

L_m = MOLES DE DISOLVENTE /TIEMPO Y AREA TRANSVERSAL

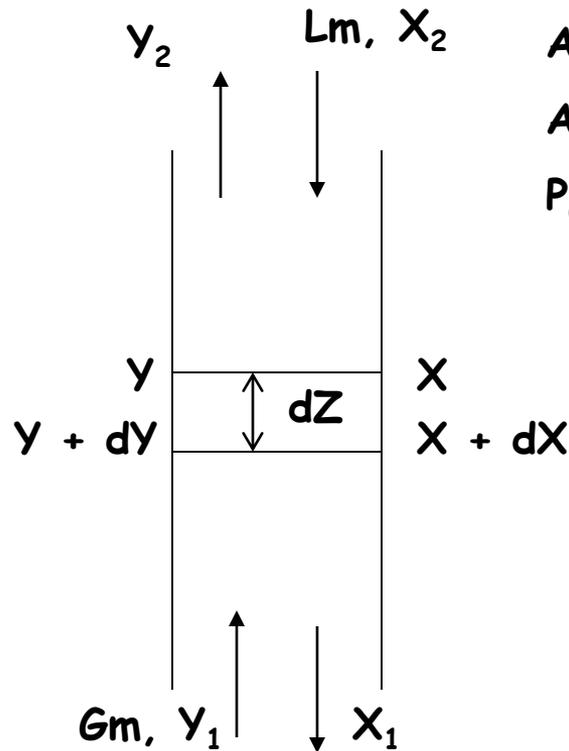
y = MOLES DE GAS A SOLUTO / MOLES DE B INERTE F. GASEOSA

X = MOLES SOLUTO A / MOLES DISOLVENTE INERTE.

$$A G_m dY = A L_m dX \quad \text{BALANCE DE MATERIA}$$

$$A G_m dY = N'_A (a dV) = k_g a (P_g - P_i) A dZ$$

ALTURA DE LA COLUMNA BASADA EN LAS CONDICIONES DE LA PELICULA GASEOSA



$$A Gm dY = A Lm dX \quad \text{BALANCE DE MATERIA}$$

$$A Gm dY = N'_A (a dV) = k_g a (P_g - P_i) A dZ$$

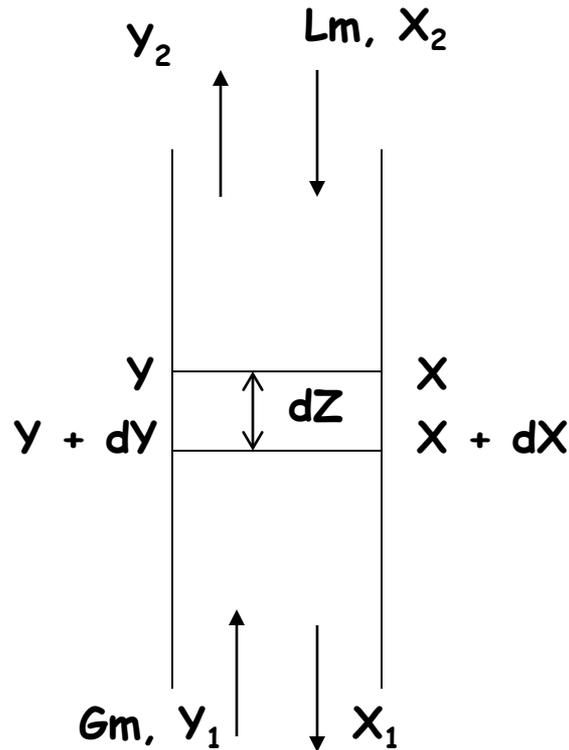
$$P_G = \frac{Y}{1+Y} P$$

$$Gm dY = k_g a P \left(\frac{Y}{1+Y} - \frac{Y_i}{1+Y_i} \right) dZ$$

$$Gm dY = k_g a P \left(\frac{Y - Y_i}{(1+Y)(1+Y_i)} \right) dZ$$

$$Z = \frac{Gm}{K_g a P} \int_{Y_2}^{Y_1} \frac{(1+Y)(1+Y_i)}{Y - Y_i} dY$$

ALTURA DE LA COLUMNA BASADA EN LAS CONDICIONES DE LA PELICULA GASEOSA



$$Z = \frac{Gm}{K_g a P} \int_{y_2}^{y_1} \frac{(1+Y)(1+Y_i)}{Y - Y_i} dY$$

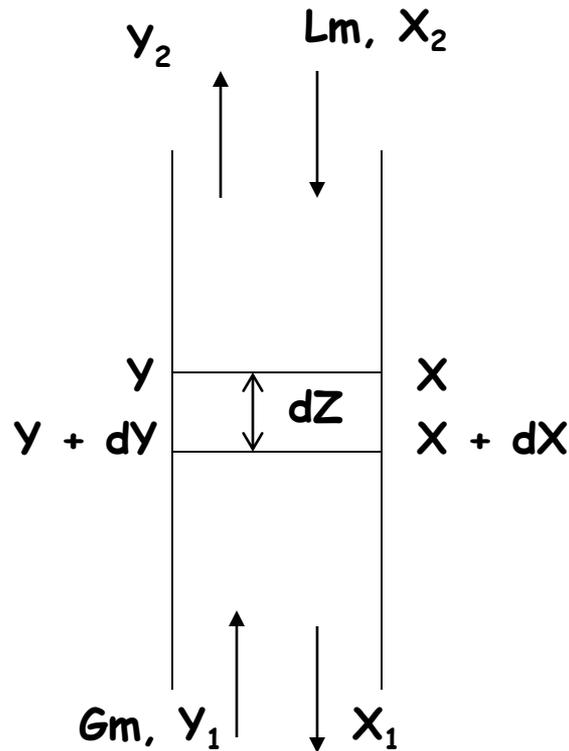
PARA MEZCLAS DILUIDA :

$$Z = \frac{Gm}{K_g a P} \int_{y_2}^{y_1} \frac{dY}{Y - Y_i}$$

FUERZA IMPULSORA

SE HA SUPUESTO k_g CONSTANTE A LO LARGO DE TODA LA COLUMNA

ALTURA DE LA COLUMNA BASADA EN LAS CONDICIONES DE LA PELICULA LIQUIDA



$C_T = (\text{MOLS DE SOLUTO} + \text{DISOLVENTE}) / \text{VOLU. LIQUIDO}$
 $X = \text{MOLES SOLUTO} / \text{MOLES DISOLVENTE}$

$$C = X / (1 + X) C_T$$

PARA MEZCLAS DILUIDA :

$$Z = \frac{Lm}{k_L a C_T} \int_{X_2}^{X_1} \frac{dX}{X_i - X}$$

FUERZA IMPULSORA

SE HA SUPUESTO k_i y C_T CONSTANTE A LO LARGO DE TODA LA COLUMNA

ALTURA DE LA COLUMNA BASADA EN LOS COEFICIENTES GLOBALES

CEF.GLOBAL F. GAS

$$Z = \frac{Gm}{K_G a P} \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y - y_e} = \frac{Gm}{K_G a P} \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y - y_e}$$

CONC. DILUIDAS

COEF. GLOBAL F. LIQUIDA

$$Z = \frac{Lm}{K_L a C_T} \int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{x_e - x} = \frac{Lm}{K_L a C_T} \int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{x_e - x}$$

CONC. DILUIDAS

UNIDADES DE TRANSFERENCIAS

FASE GAS

EL GRUPO $\int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y - y_e}$

HA SIDO DEFINIDO POR CHILTON Y COLBURN, COMO EL **NUMERO DE UNIDADES GLOBALES DE TRANSFERENCIA DEL GAS** N_{OG}

$$N_{OG} = \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y - y_e} = \frac{K_G a P}{G_m} Z = \frac{Z}{H_{OG}}$$

ESTE NUMERO NOG, REPRESENTA LA DIFICULTAD DE LA SEPARACION, ES EL VALOR INTEGRADO DE LA VARIACION DE LA COMPOSICION

H_{OG} ES LA ALTURA DE LA UNIDAD GLOBAL DE TRANSFERENCIA

$$Z = \text{ALTURA DE LA COLUMNA} = N_{OG} * H_{OG}$$

$$H_{OG} = \frac{G_m}{K_G a P}$$

$$H_G = \frac{G_m}{k_G a P}$$

UNIDADES DE TRANSFERENCIAS

FASE LIQUIDO

$$N_{OL} = \int_{x_2}^{x_1} \frac{dX}{X_e - X} = \frac{K_L a C_T}{Lm} Z = \frac{Z}{H_{OL}}$$

$$Z = \text{ALTURA DE LA COLUMNA} = N_{OL} * H_{OL}$$

$$H_{OL} = \frac{Lm}{K_L a C_T}$$

$$H_L = \frac{Lm}{k_L a C_T}$$

RELACION ENTRE LAS UNIDADES DE TRANSFERENCIAS INDIVIDUALES Y GLOBALES

ANALOGAMENTE A DESTILACION

$$H_{OG} = H_G + \frac{m G'}{L'} H_L \qquad H_{OL} = H_L + \frac{L'}{m G'} H_G$$

m = PENDIENTE DE LA LINEA DE EQUILIBRIO

G' = VELOCIDAD DE FLUJO MASICO DE GAS POR UNIDAD DE SECCION TRANSVERSAL $\text{Kg/m}^2 \cdot \text{s}$

L' = VELOCIDAD DE FLUJO MASICO DE LIQUIDO POR UNIDAD DE SECCION TRANSVERSAL $\text{Kg/m}^2 \cdot \text{s}$

UNIDADES DE TRANSFERENCIAS INDIVIDUALES

H_L Y H_G SE CALCULAN MEDIANTE CORRELACIONES PARA CADA TIPO DE RELLENO Y EN FUNCION DE PROPIEDADES FISICAS Y DE TRANSPORTE

$$H_G = \beta \left[\frac{G'^{0.41} \mu_G^{0.26} \mu_L^{0.46} \sigma^{0.5}}{L'^{0.46} \rho_G^{0.67} \rho_L^{0.5} D_G^{0.67} d_p^{0.05}} \right]$$

$$H_L = \beta \left[\frac{\mu_L^{0.88} \sigma^{0.5}}{L'^{0.05} \rho_L^{1.33} D_L^{0.5} d_p^{0.05}} \right]$$

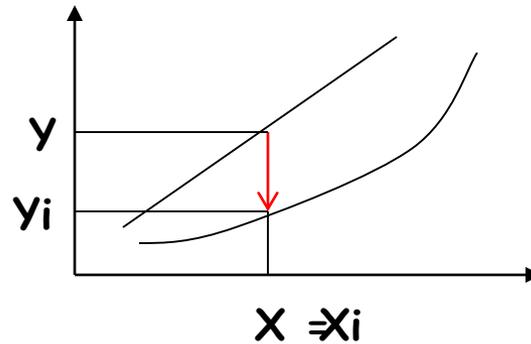
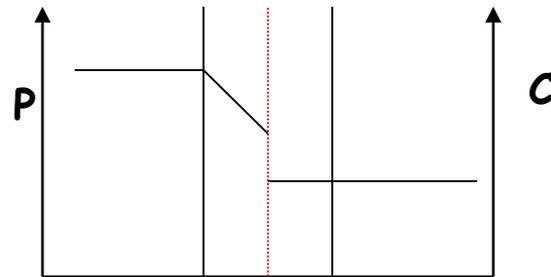
$\beta = 30$ Y 21 PARA ANILLOS Raschig y sillas Berl, respectivamente

CALCULO UNIDADES DE TRANSFERENCIA

CALCULO DE LAS INTEGRALES GRAFICAMENTE

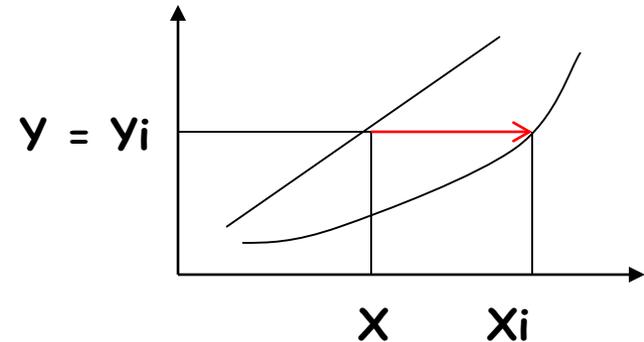
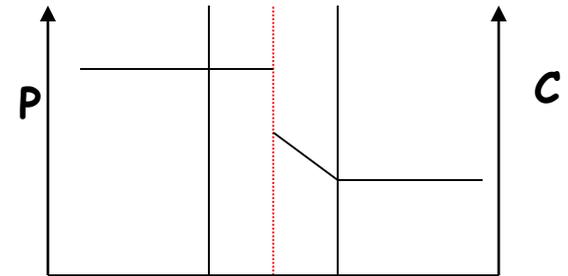
$$\int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y - y_i}$$

CONTROLA F. GASEOSA



$$\int_{x_2}^{x_1} \frac{dx}{x_i - x}$$

CONTROLA F. LIQUIDA



CURVA DE EQUILIBRIO RECTA

SI EN TODO EL INTERVALO DE CONCENTRACIONES LA C.E. ES UNA RECTA, SE PUEDE UTILIZAR UN VALOR MEDIO PARA LA FUERZA IMPULSORA EN TODA LA COLUMNA, EXPRESADO COMO MEDIA LOGARITMICA ENTRE CABEZA Y FONDO DE LA COLUMNA

$$a_A Z N'_A = Gm_A (Y_1 - Y_2) = K_G a_A P (Y - Y_e)_{ml} Z$$

$$a_A Z N'_A = Gm_A (y_1 - y_2) = K_G a_A P (y - y_e)_{ml} Z$$

Y RELACIONES MOLARES , **y** FRACCIONES MOLARES

$$(Y - Y_e)_{ml} = \frac{(Y - Y_e)_1 - (Y - Y_e)_2}{Lm \frac{(Y - Y_e)_1}{(Y - Y_e)_2}}$$

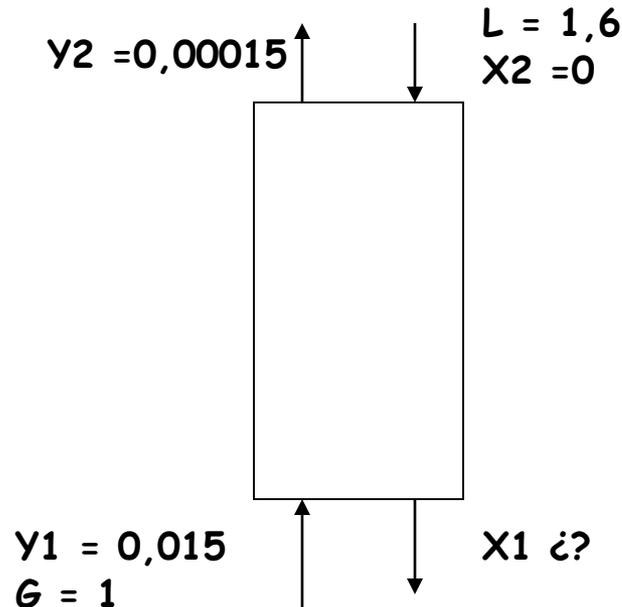
CURVA DE EQUILIBRIO RECTA

$$(y - y_e)_{ml} = \frac{(y - y_e)_1 - (y - y_e)_2}{Lm \frac{(y - y_e)_1}{(y - y_e)_2}}$$

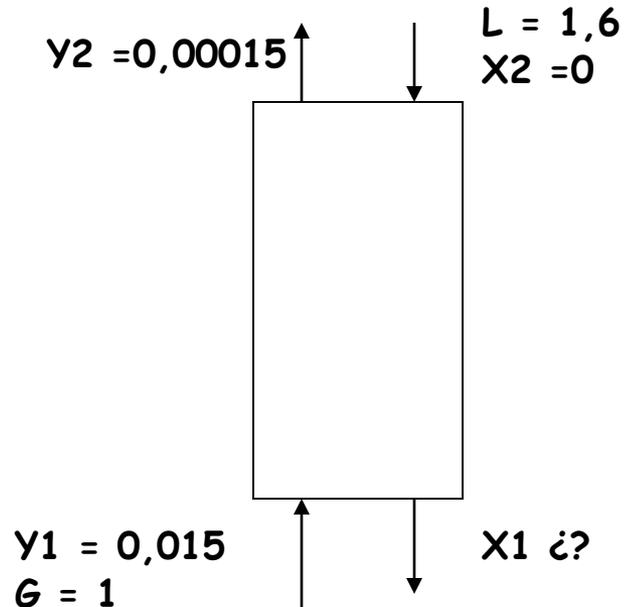
$$N_{OG} = \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y - y_e} = \frac{y_1 - y_2}{(y - y_e)_{ml}}$$

PROBLEMA : CURVA DE EQUILIBRIO RECTA

A UNA MEZCLA DE ACETONA-AIRE QUE CONTIENE **0,015** EN FRACCION MOLAR DE ACETONA, SE LE REDUCE EL CONTENIDO DE ESTE COMPONENTE HASTA **1 %** DE DICHO VALOR MEDIANTE ABSORCION EN CONTRACORRIENTE CON AGUA EN UNA TORRE DE RELLENO. LA VELOCIDAD DE FLUJO DEL **GAS G ES DE 1 KG/M² S** DE AIRE Y EL **AGUA ENTRA A 1,6 KG/M² S**. PARA ESTE SISTEMA SE PUEDE APLICAR **$y_e = 1,75 x$** , SIENDO y_e LA FRACCION MOLAR DE ACETONA EN EL VAPOR EN EQUILIBRIO CON UNA FRACCION MOLAR x EN EL LIQUIDO. ¿ CUANTAS UNIDADES GLOBALES DE TRANSFERENCIA SE REQUIEREN ?



PROBLEMA : CURVA DE EQUILIBRIO RECTA



$$N_{OG} = \frac{Y_1 - Y_2}{(Y - Y_e)_{ml}}$$

$$Y_e = 1,75 x$$

$$x_2 \dots \rightarrow Y_{e1} \quad x_1 \dots \rightarrow Y_{e1}$$

BALANCE DE MATERIA... $\rightarrow x_1$

PROBLEMA : CURVA DE EQUILIBRIO RECTA

$$L_m = 1,6/18 = 0,0889 \text{ kmol/m}^2 \text{ s} \quad \text{AGUA}$$

$$G_m = 1/29 = 0,0345 \text{ kmol/m}^2 \text{ s} \quad \text{AIRE}$$

$$G_m (y_1 - y_2) = L_m (x_1 - x_2)$$

$$0,0345 (0,015 - 0,00015) = 0,0889 (x_1 - 0)$$

$$x_1 = 0,00576$$

$$y_{e1} = 1,75 * 0,00576 = 0,0101$$

$$y_2 - y_{e2} = 0,00015 - 0 = 0,00015$$

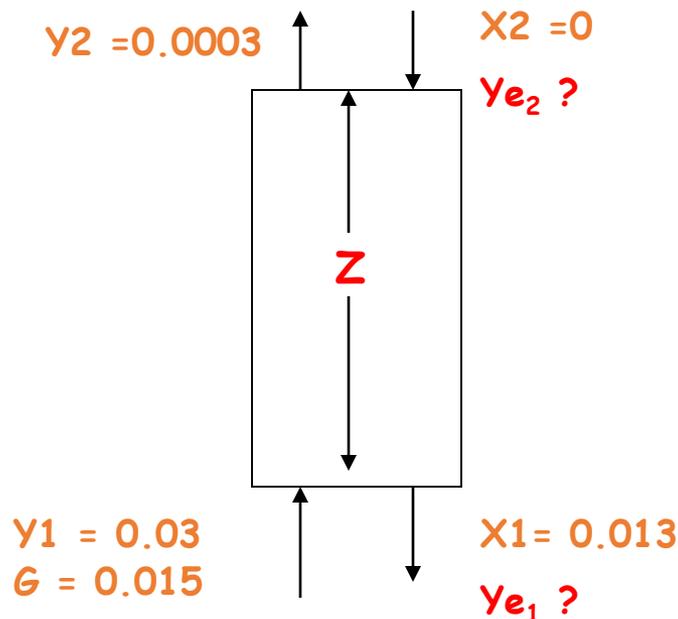
$$y_1 - y_{e1} = 0,015 - 0,0101 = 0,0049$$

$$(y - y_e)_{ml} = (0,0049 - 0,00015) / \ln (0,0049 / 0,00015) = 0,00136$$

$$N_{OG} = (0,015 - 0,00015) / 0,00136 = \mathbf{10,92}$$

PROBLEMA : CURVA DE EQUILIBRIO RECTA

UN GAS REDUCE , EN UNA COLUMNA DE ABSORCION, SU CONTENIDO EN SH₂ DESDE 0,03 KMOL DE SH₂/KMOL DE GAS INERTE HASTA EL 1 % DE SU VALOR INICIAL. LA COLUMNAS TRABAJA EN CONTRACORRIENTE A 300 K Y PRESIÓN ATMOSFERICA. LA RELACIÓN DE EQUILIBRIO PARA LA DISOLUCIÓN ES $y_e = 2 X$.EL DISOLVENTE SE ALIMENTA A LA TORRE LIBRE DE SH₂ Y SALE CON 0,013 KMOL DE SH₂/KMOL DISOLVENTE. EL FLUJO DE GAS INERTE ES DE 0,015 KMOL/S M² .EL COEFICIENTE GLOBAL K_G a P ES 0,04 KMOL/S M³ (UNIDAD DE F. IMPULSORA EN FRACCION MOLAR) CALCULESE LA ALTURA REQUERIDA DE LA TORRE Y EL NUMERO DE UNIDADES DE TRANSFERENCIA Nog



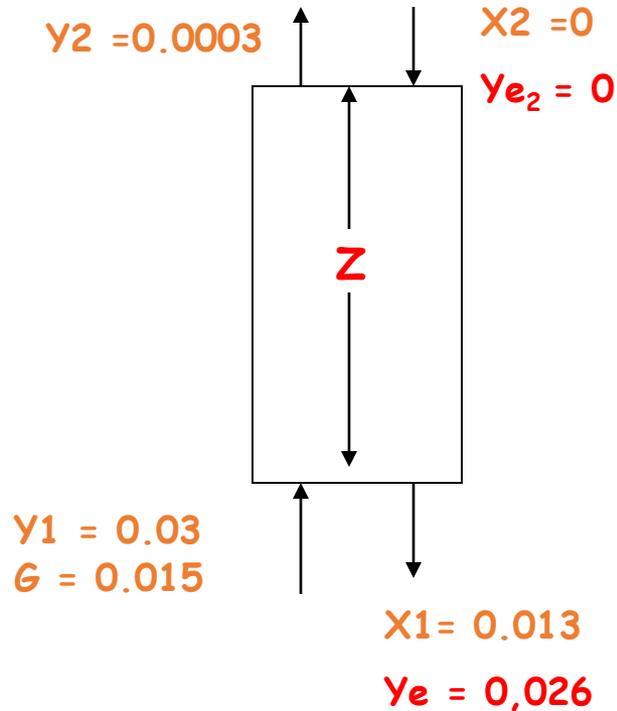
$$Z = N_{og} \cdot H_{og}$$

$$H_{og} = G_m / K_g \text{ a } P$$

$$N_{og} = (Y_1 - Y_2) / (Y - Y_e)_{ml}$$

$$Y_e = 2 X$$

PROBLEMA : CURVA DE EQUILIBRIO RECTA



$$Z = \text{Nog} \cdot \text{Hog}$$

$$\text{Hog} = G_m / K_g \text{ a } P$$

$$\text{Nog} = (Y_1 - Y_2) / (Y - Y_e) \text{ ml}$$

$$Y_e = 2 X$$

$$Y_2 - Y_{2e} = 0,0003$$

$$Y_1 - Y_{1e} = 0,03 - 0,026 = 0,004$$

$$(Y - Y_e) \text{ ml} = (0,004 - 0,0003) / \text{LN } 13.3 = 0,00143$$

$$\text{Nog} = (0,03 - 0,0003) / 0,00143 = 20,7 \approx 21$$

$$\text{Hog} = 0,015 / 0,04 = 0,375 \text{ m}$$

$$Z = (21) (0,375) = 7,8 \text{ m}$$

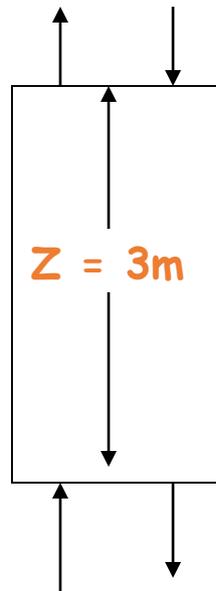
HETP = 37 cm

PROBLEMA : CURVA DE EQUILIBRIO RECTA

EN UNA COLUMNA DE ABSORCION DE LABORATORIO SE ABSORBE CO₂ PROCEDENTE DE UNA MEZCLA DE CO₂-AIRE, EN SOSA CAUSTICA 2,5 NORMAL. SE UTILIZA UNA COLUMNA DE 250 mm DE DIAMETRO RELLENA DE ANILLOS RASCHIG DE 19 mm HASTA UNA ALTURA DE 3 M. EL EXPERIMENTO SE REALIZA A PRESION ATMOSFERICA CON LOS SIGUIENTES RESULTADOS: VELOCIDAD DEL GAS 0,34 KG/M² S, VELOCIDAD DEL LIQUIDO 3,94 KG/M² S; CO₂ EN EL GAS DE ENTRADA 315 ppm Y A LA SALIDA 31 ppm.

¿ CUAL ES EL VALOR DEL COEFICIENTE GLOBAL DE TRANSFERENCIA DE MATERIA PARA EL GAS K_G a ?

$$Y_2 = 31 \text{ E-6}$$



$$X_2 = 0$$

$$Y_{e2} ?$$

$$L_m ?$$

$$Y_1 = 315 \text{ E-6}$$
$$G_m ?$$

$$X_1 ?$$

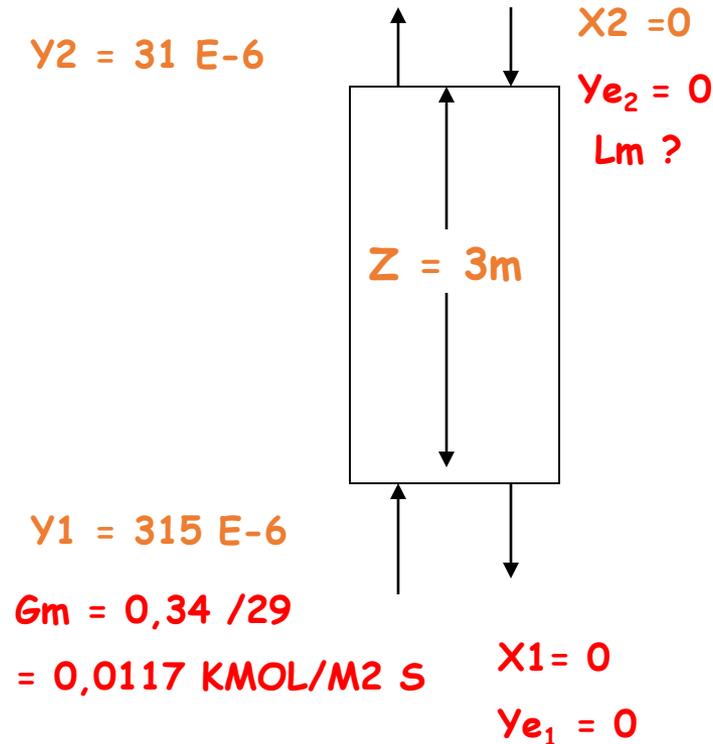
$$Y_{e1} ?$$

$$Z = \text{Nog.Hog} = 3 \text{ metros}$$

$$\text{Hog} = G_m / K_G \text{ a P}$$

$$\text{Nog} = (Y_1 - Y_2) / (Y - Y_e)_{ml}$$

PROBLEMA : CURVA DE EQUILIBRIO RECTA



$$Z = N_{og} \cdot H_{og} = 3 \text{ metros}$$

$$H_{og} = G_m / K_g \text{ a } P$$

$$N_{og} = (Y_1 - Y_2) / (Y - Y_e)_{ml}$$

$$(Y - Y_e)_{ml} = (315 - 31) \cdot 1 \text{ E-6} / \ln(315/31) = 122,5 \text{ E-6}$$

$$N_{og} = (315 - 31) / 122,5 = 2,31$$

$$K_g \text{ a} = (N_{og} \cdot G_m) / (Z \cdot P) =$$

$$= (2,31 \cdot 0,0117) / (3 \cdot 101,3) =$$

$$= 8,9 \text{ E-5} \quad (\text{KMOL} / \text{M}^3 \text{ S}) \quad (1 / \text{KN} / \text{M}^2)$$