

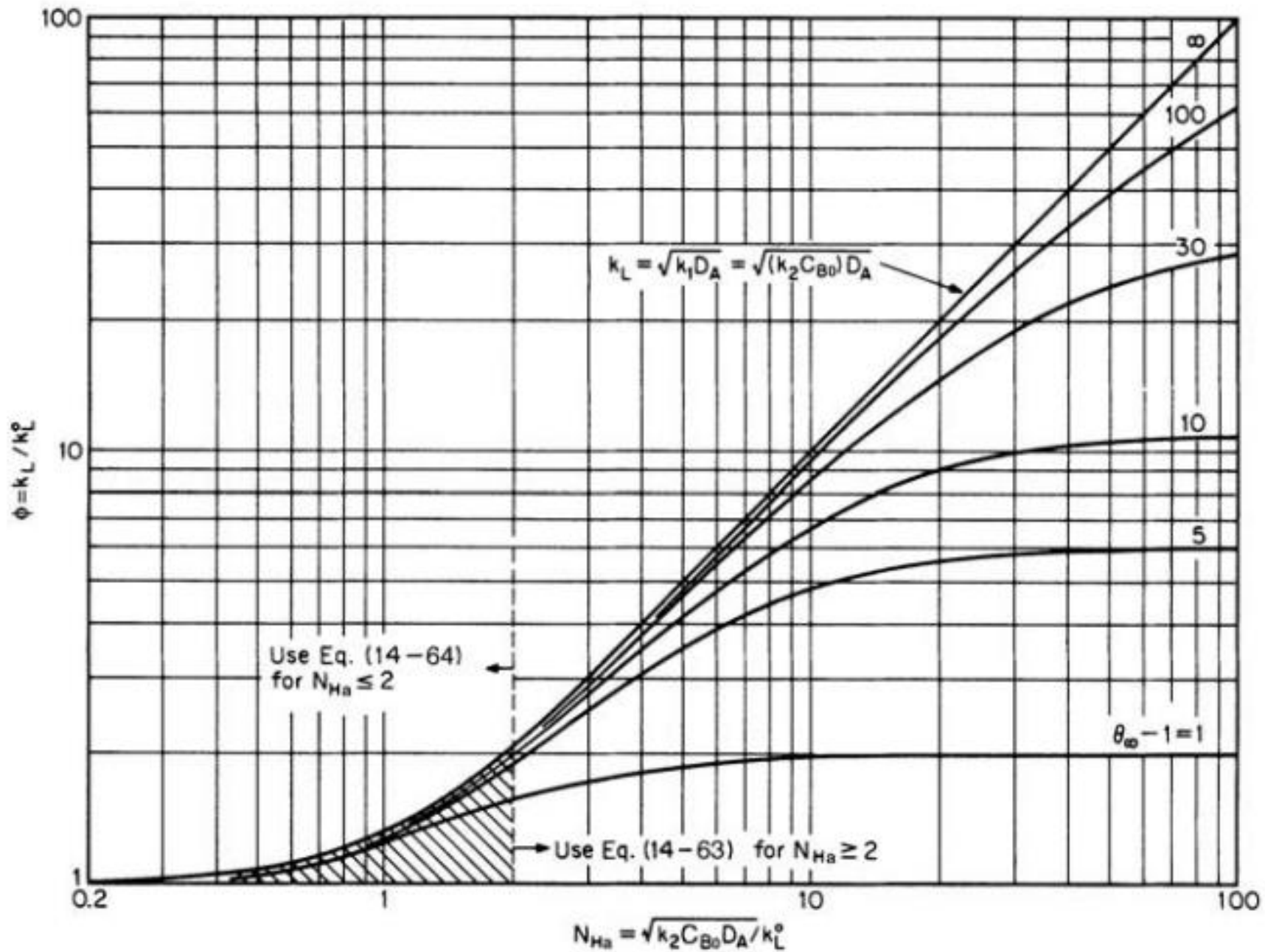
# ENCUENTRO II



# SELECCIÓN DE EQUIPOS

**Table 6.1** Representative, Commercial Applications of Absorption

Solute	Absorbent	Type of Absorption
Acetone	Water	Physical
Acrylonitrile	Water	Physical
Ammonia	Water	Physical
Ethanol	Water	Physical
Formaldehyde	Water	Physical
Hydrochloric acid	Water	Physical
Hydrofluoric acid	Water	Physical
Sulfur dioxide	Water	Physical
Sulfur trioxide	Water	Physical
Benzene and toluene	Hydrocarbon oil	Physical
Butadiene	Hydrocarbon oil	Physical
Butanes and propane	Hydrocarbon oil	Physical
Naphthalene	Hydrocarbon oil	Physical
Carbon dioxide	Aq. NaOH	Irreversible chemical
Hydrochloric acid	Aq. NaOH	Irreversible chemical
Hydrocyanic acid	Aq. NaOH	Irreversible chemical
Hydrofluoric acid	Aq. NaOH	Irreversible chemical
Hydrogen sulfide	Aq. NaOH	Irreversible chemical
Chlorine	Water	Reversible chemical
Carbon monoxide	Aq. cuprous ammonium salts	Reversible chemical
CO <sub>2</sub> and H <sub>2</sub> S	Aq. monoethanolamine (MEA) or diethanolamine (DEA)	Reversible chemical
CO <sub>2</sub> and H <sub>2</sub> S	Diethyleneglycol (DEG) or triethyleneglycol (TEG)	Reversible chemical
Nitrogen oxides	Water	Reversible chemical



**FIG. 14-13** Influence of irreversible chemical reactions on the liquid-phase mass-transfer coefficient  $k_L$ . [Adapted from Van Krevelen and Hoftyzer, *Rec. Trav. Chim.*, **67**, 563 (1948).]

# Tanque Agitado Mecánicamente

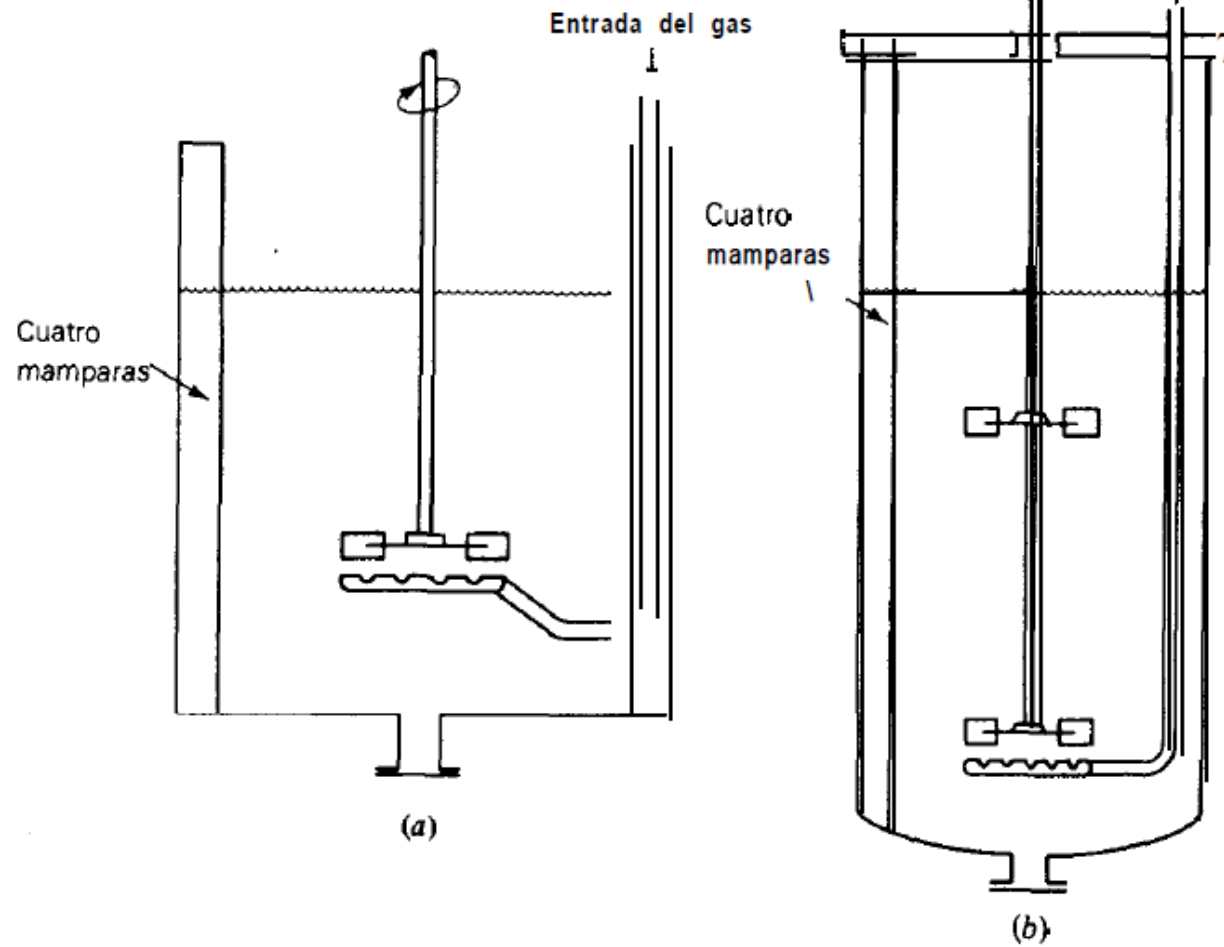
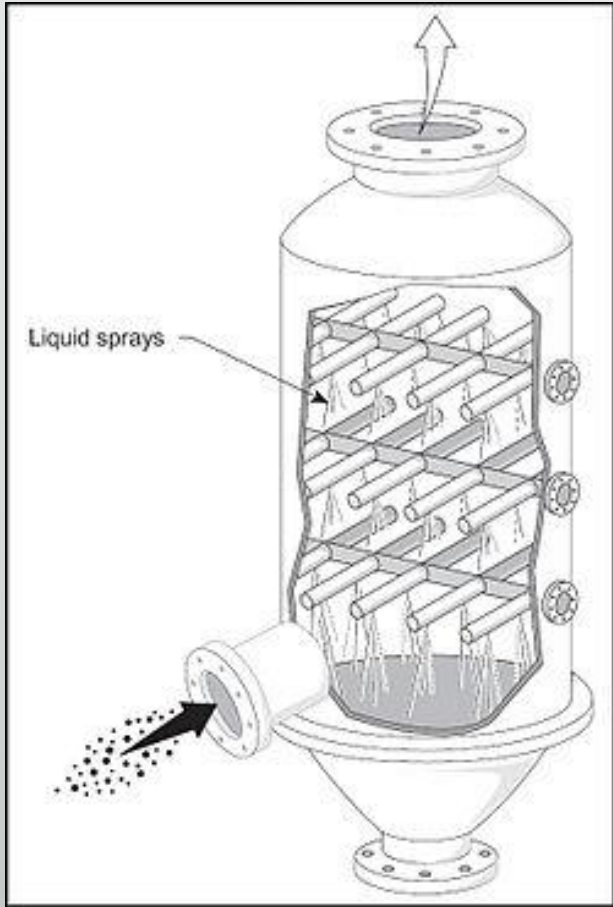


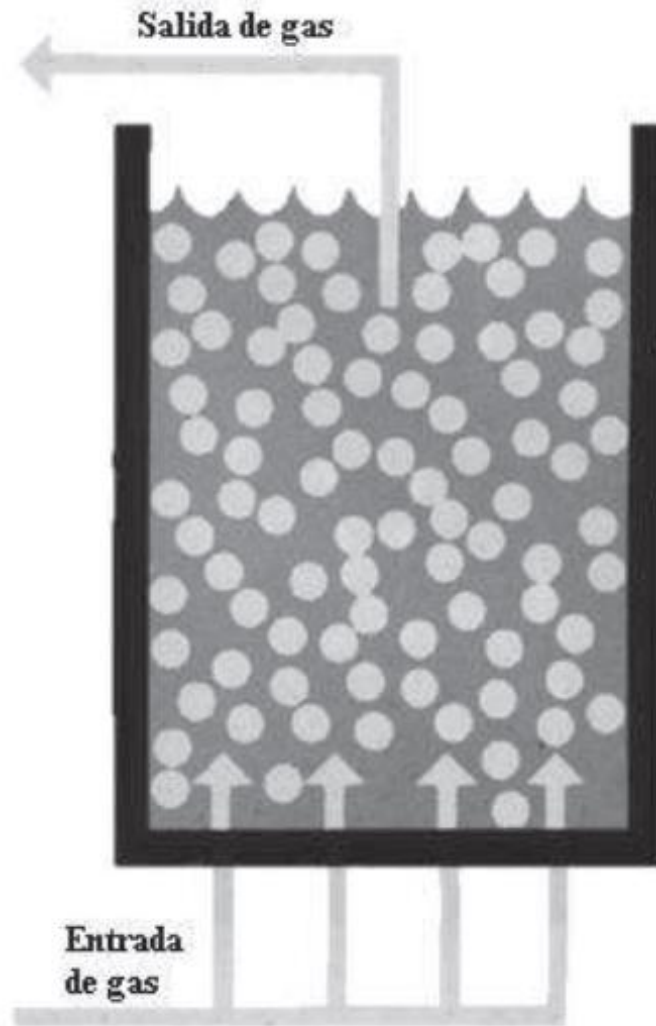
Figura 6.6 Tanques agitados mecánicamente para el contacto gas/líquido: (a) estándar (b) impulsores múltiples para tanques profundos.

TREYBALD

# Torre de lavado

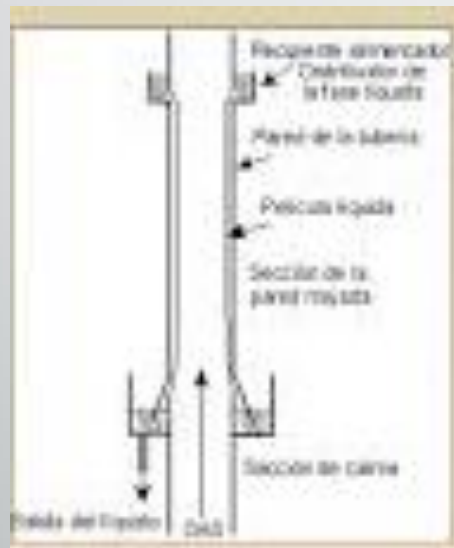


# Torre de Burbujeo (Borboteo)



**Figura 2.9** Representación de reactor por tandas con semiflujo: gas en flujo pistón-líquido perfectamente mezclado (modificada de Schaflein *et al.*, 1968)

# Columna de pared húmeda



*Torres de absorción de múltiples etapas  
en contracorriente*

# Selección del equipo

- Para seleccionar el tipo de columna a utilizar se debe considerar:
- **1) Caída de presión del gas:** Generalmente las torres de relleno requieren una menor caída de presión
- **2) Retención del líquido:** Las torres de relleno proporcionan una retención del líquido sustancialmente menor
- **3) Retención líquido-gas:** En las torres de platos se trabaja con valores muy bajos de esta relación.
- **4) Enfriamiento del líquido:** En las torres de platos se pueden implementar de forma sencilla espirales de IC.
- **5) Corrientes laterales:** En las torres de platos son eliminadas con mayor facilidad.
- **6) Sistemas espumantes.** Las torres de relleno trabajan con menor burbujeo, por lo que son más recomendables.
- **7) Corrosión:** Las torres de relleno son más adecuadas para problemas severos de corrosión.
- **8) Presencia de sólidos:** Ninguno de los dos sistemas es adecuado y se debe pre-tratar el líquido o el gas o ambos antes de ingresar al equipo.
- **9) Limpieza:** La limpieza frecuentemente es más fácil implementarla en las torres de platos.
- **10) Fluctuaciones de temperatura:** Las columnas de platos son más resistentes a los cambios de temperatura.
- **11) Carga sobre la base:** Depende del tipo de relleno, pero en general las columnas de platos son más livianas.
- **12) Costo:** Depende de los materiales a utilizar, en cada caso debe ser evaluado.

## FACTORES QUE DEPENDEN DEL MODO DE OPERACIÓN

	EMPACADAS	PLATOS
Operación intermitente	X	
Operación continua		X
Resistencia a la transferencia de masa controlada por la fase gaseosa	X	
Resistencia a la transferencia de masa controlada por la fase líquida		X
Amplia variaciones de caudal de gas y líquido		X
Diseño con valores ajustados		X
Se requiere baja retención de líquido	X	
Se requiere baja caída de presión	X	

## FACTORES QUE DEPENDEN DEL SISTEMA

	EMPACADAS	PLATOS
Tendencia espumante	X	
Sólidos en suspensión		X
Fluidos corrosivos	X	
Se debe liberar calor		X
Pequeña capacidad	X	
Sensible a la temperatura	X	
Fluidos viscosos	X	

## FACTORES QUE DEPENDEN DE LA NATURALEZA FÍSICA DE LA COLUMNA

	EMPACADAS	PLATOS
Se requiere limpieza frecuente		X
El peso de la columna es crítico	X	
Se requiere de salidas laterales		X
Diámetro de columna inferior a 3 ft	X	
Diámetro de columna superior a 4 ft		X

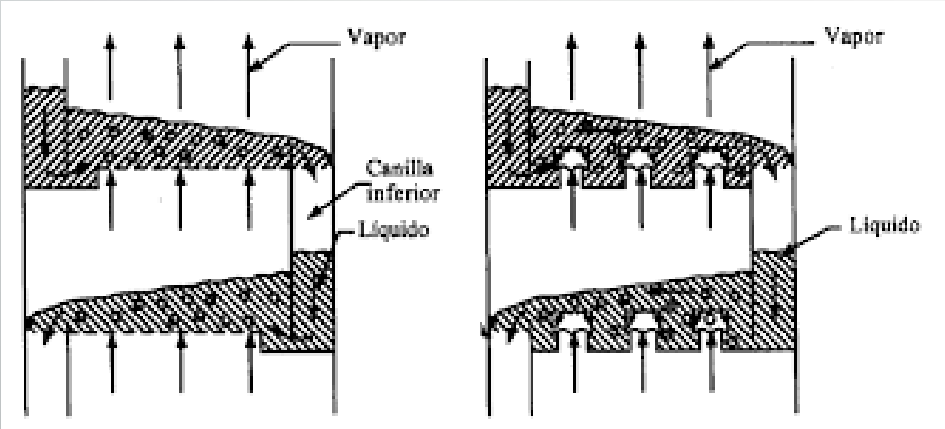
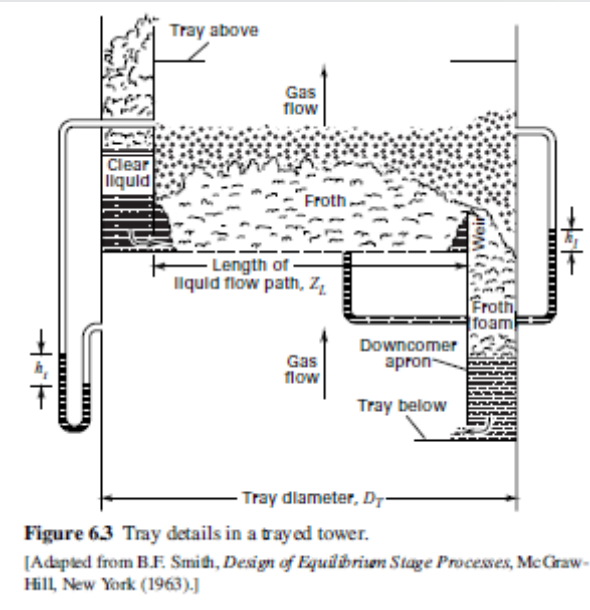
Tabla de recomendaciones según condiciones para el uso de un tipo de columna:  
 0 : No usar.  
 1: Evaluar.  
 2: Aplicable.  
 3: Mejor elección.

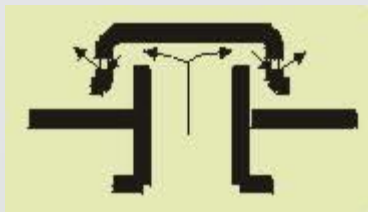
Condition of Application	Platos perforados o válvulas	Bubble cap or Tunner Trays	Randomly Packed	Systematically Packed
Low pressure	2	1	2	3
Moderate pressure	3	2	2	1
High pressure	3	2	2	0
High turndown ratio	2	3	1	2
Low liquid rates	1	3	1	2
Foaming systems	2	1	3	0
Internal tower cooling	2	3	1	0
Solids present	2	1	1	0
Dirty or polymerized solution	2	1	1	0
Multiple feeds and sidestreams	3	3	1	0
High liquid rates (scrubbing)	2	1	3	0
Small diameter columns	1	1	3	2
Columns with diameter 3-10 ft	3	2	2	2
Large diameter columns	3	1	2	1
Corrosive fluids	2	1	3	1
Viscous fluids	2	1	3	0
Low $\Delta P$	1	0	2	2
Expanded column capacity	2	0	2	3
Low cost	2	1	2	1
Available design procedures	3	2	2	1

*Cálculo de torres de absorción de múltiples etapas en contracorriente*

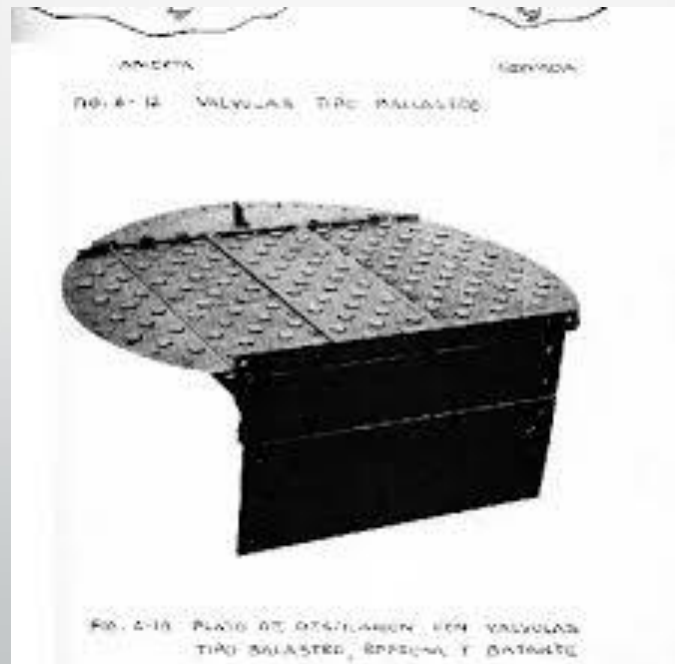
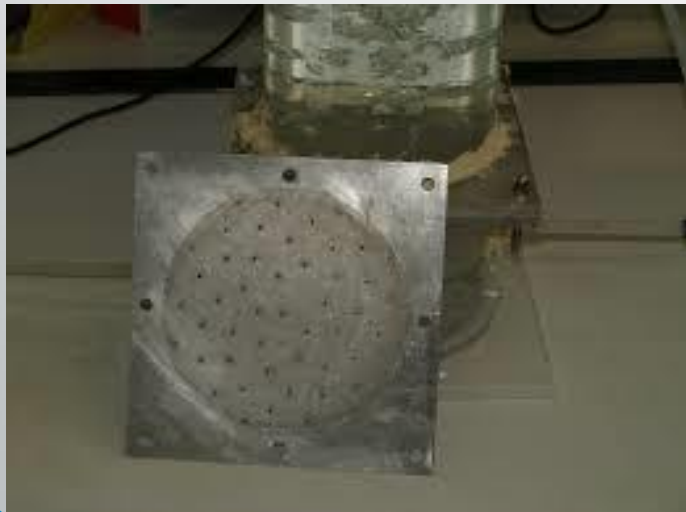
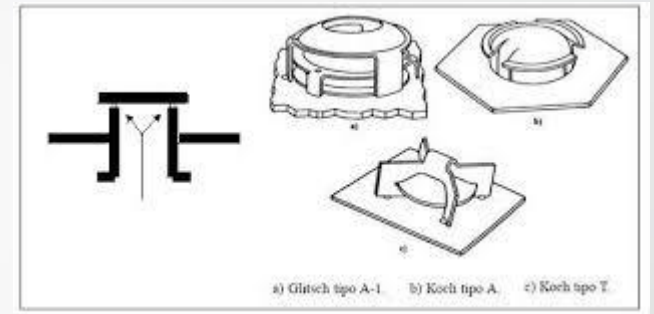
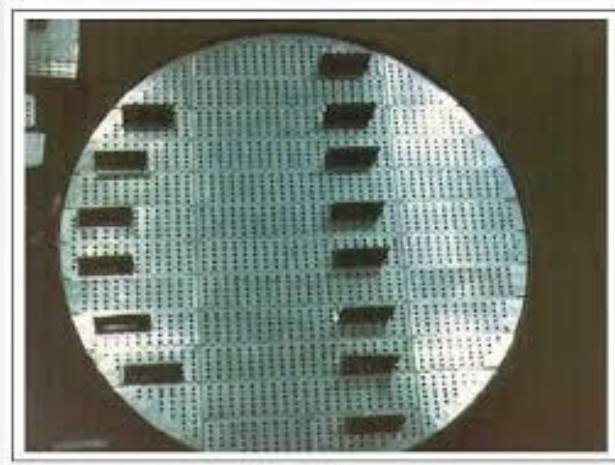
# Contacto discontinuo

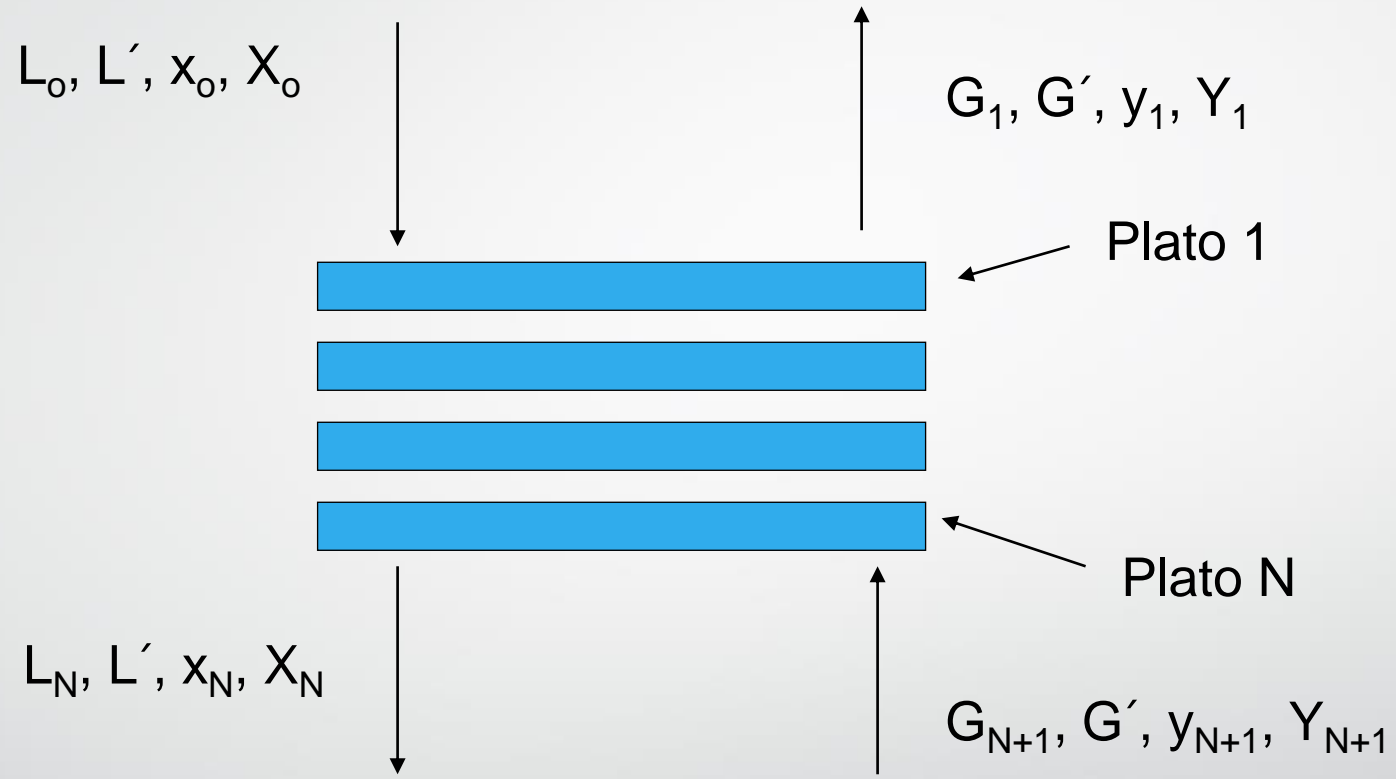
# Contacto discontinuo


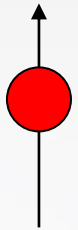




# Contacto discontinuo

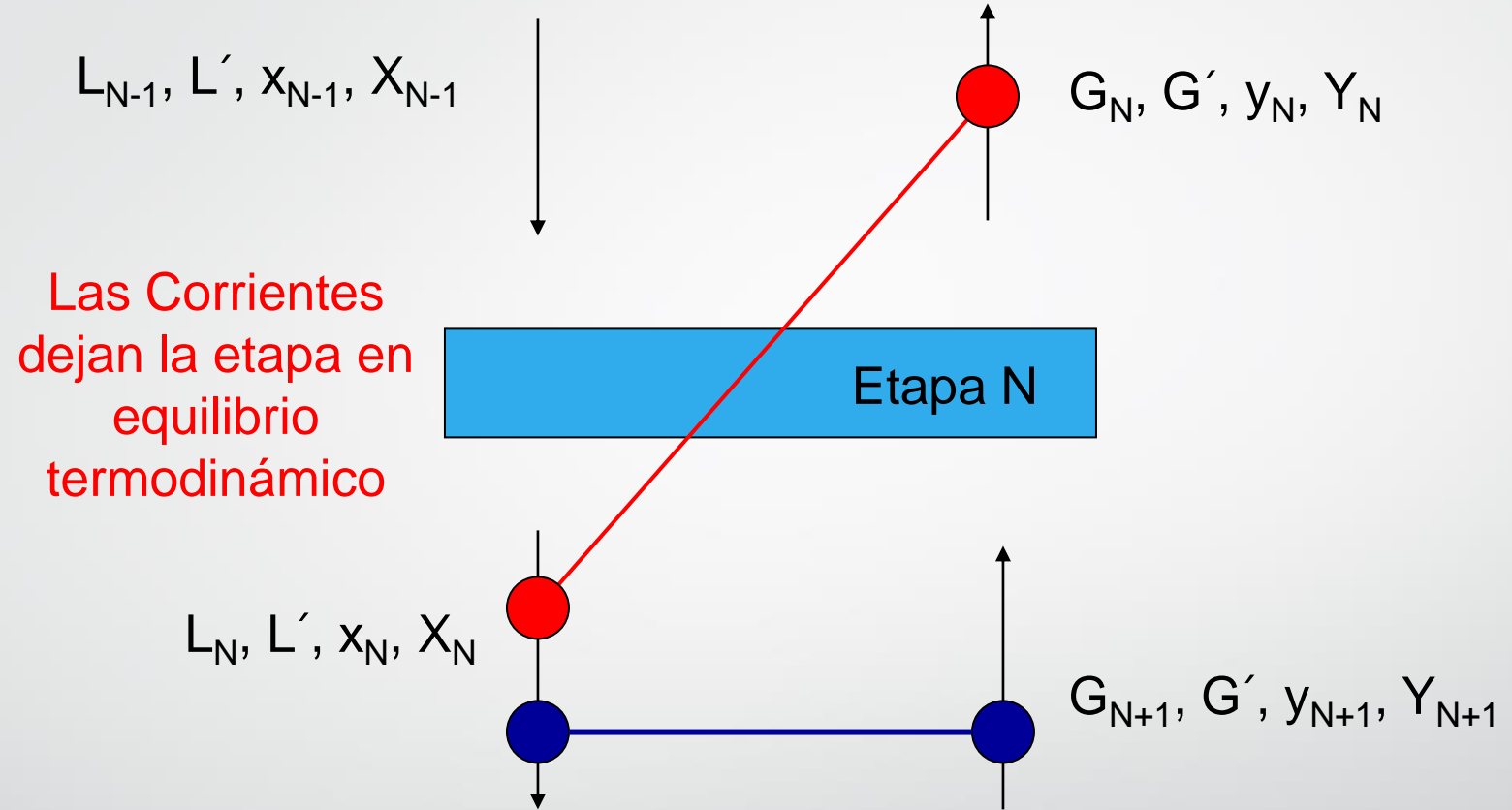




$L_{N-1}, L', x_{N-1}, X_{N-1}$     $G_N, G', y_N, Y_N$

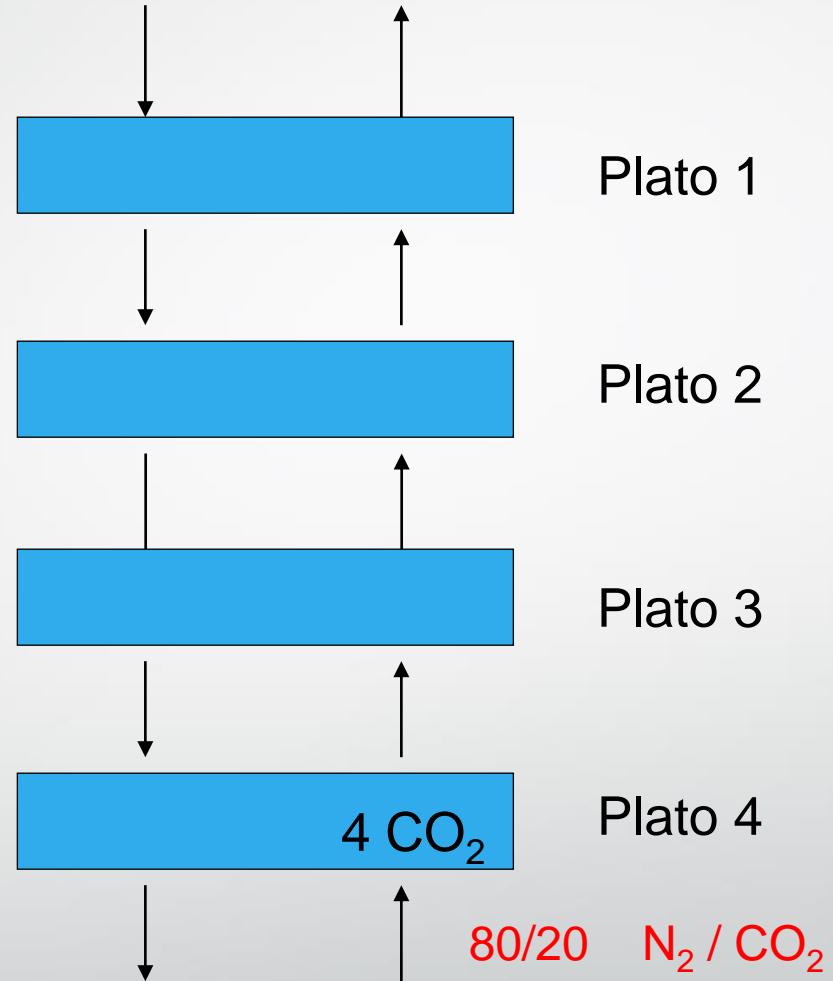
Etapa N

$L_N, L', x_N, X_N$     $G_{N+1}, G', y_{N+1}, Y_{N+1}$



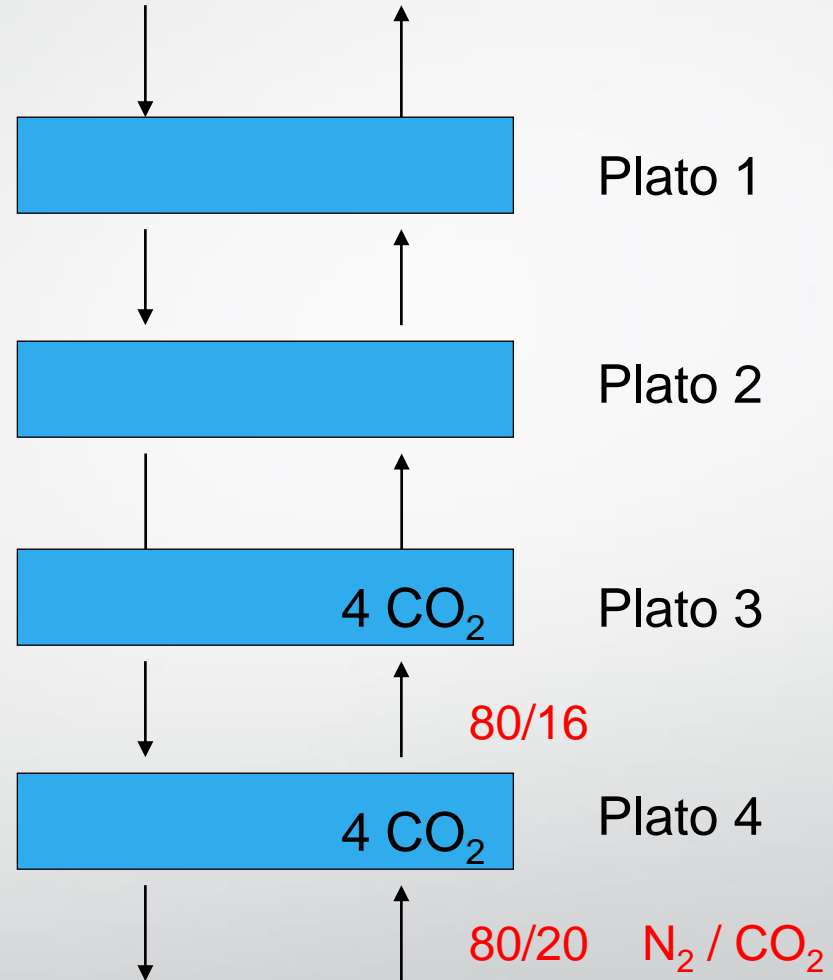
AMS 200

Flujo Molar



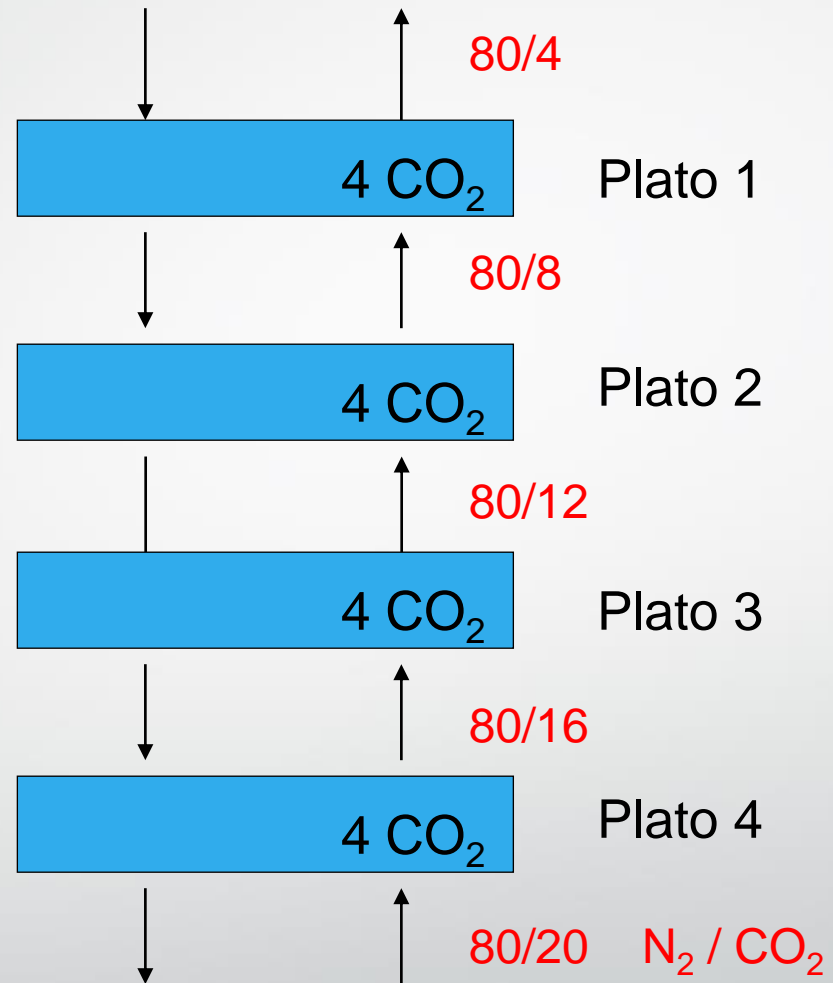
AMS 200

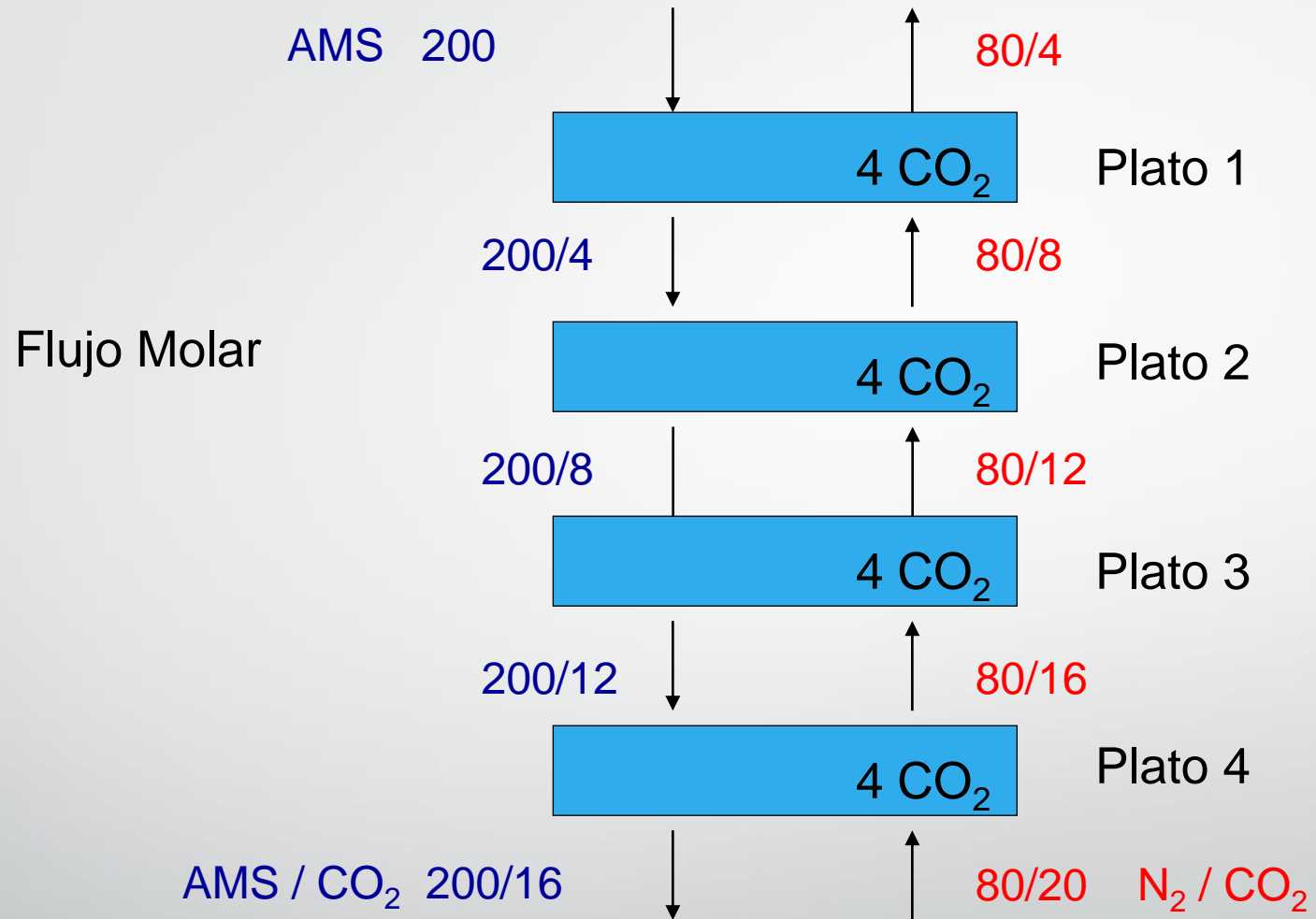
Flujo Molar

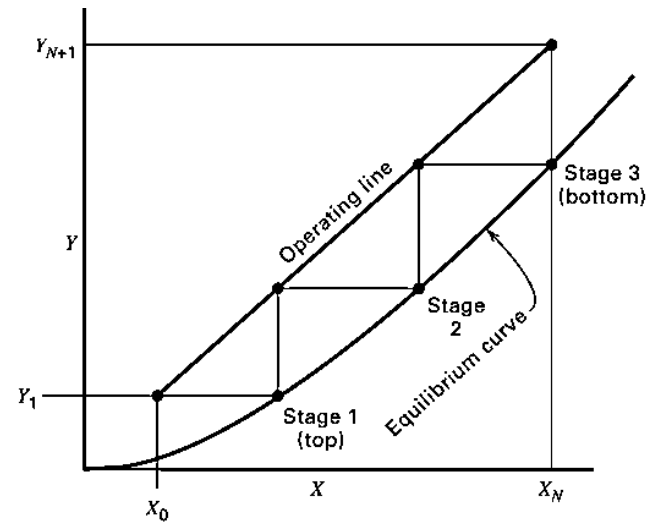


AMS 200

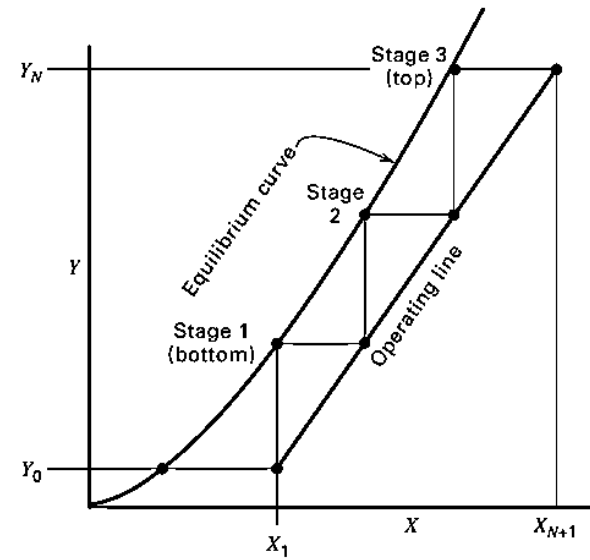
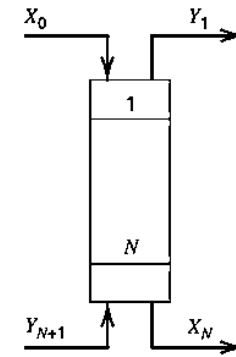
Flujo Molar



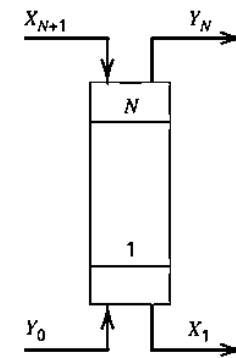




(a)

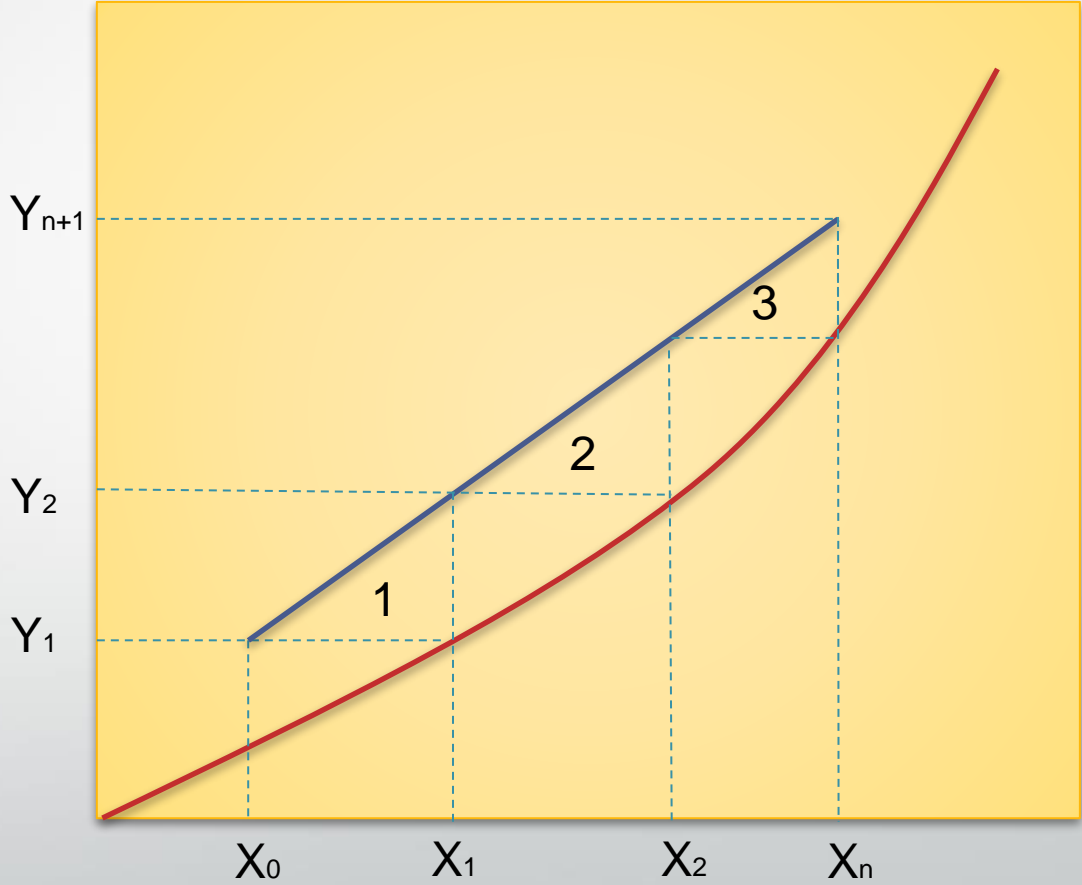
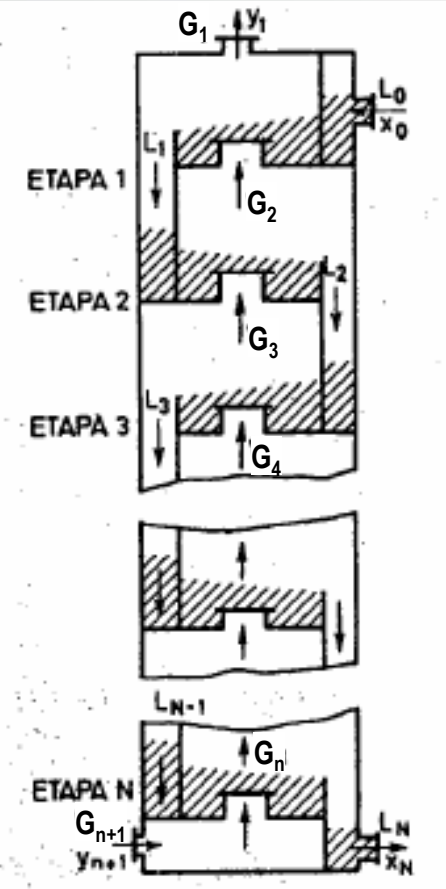


(b)



# Contacto discontinuo

## Cálculo de etapas teóricas



# Cálculo analítico del número de etapas

- Cuando se pueden considerar **rectas** tanto la curva de equilibrio como la línea de operación, el número de etapas teóricas puede calcularse analíticamente.
- Este caso se presenta en **mezclas diluidas** de gases y líquidos que cumplen con la ley de Henry.

Balance de materia para el soluto

$$(I) \quad Lx_0 + Gy_2 = Lx_1 + Gy_1$$

Ley de Henry

$$(II) \quad y_1 = Hx_1$$

Reemplazando II en I

$$(III) \quad G(y_1 - y_2) = Lx_0 - \frac{y_1}{H}$$

Despejando  $y_1$

$$(IV) \quad y_1 = \frac{y_2 + \frac{L}{G}x_0}{\frac{L}{GH} + 1} \longrightarrow \frac{L}{GH} = A \text{ (factor de absorción)}$$

## Cálculo analítico del número de etapas

Queda finalmente:

$$(VI) \quad y_1 = \frac{y_2 + AHx_0}{A + 1}$$

Por un razonamiento análogo para la etapa N° 2 queda:

$$(VII) \quad y_2 = \frac{y_3 + AHx_1}{A + 1} = \frac{y_3 + Ay_1}{A + 1}$$

Reemplazando  $y_1$  de (VI) y multiplicando y dividiendo por  $(A-1)$  se tiene:

$$(VIII) \quad y_2 = \frac{(A^2 - 1)y_3 + A^2(A - 1)Hx_0}{A^3 - 1}$$

Del mismo modo para  $n$  etapas queda:

$$(IX) \quad y_n = \frac{(A^n - 1)y_{n+1} + A^n(A - 1)Hx_0}{A^{n+1} - 1}$$

# Cálculo analítico de del número de etapas

Aplicando un balance de materia a toda la columna, resulta:

$$(X) \quad G(y_1 - y_{n+1}) = L(x_0 - x_n)$$

Teniendo en cuenta que:  $y_n = Hx_n$

$$(XI) \quad G(y_1 - y_{n+1}) = L \left( x_0 - \frac{y_n}{H} \right)$$

Sustituyendo el valor de  $y_n$  de (IX) y realizando las operaciones pertinentes queda:

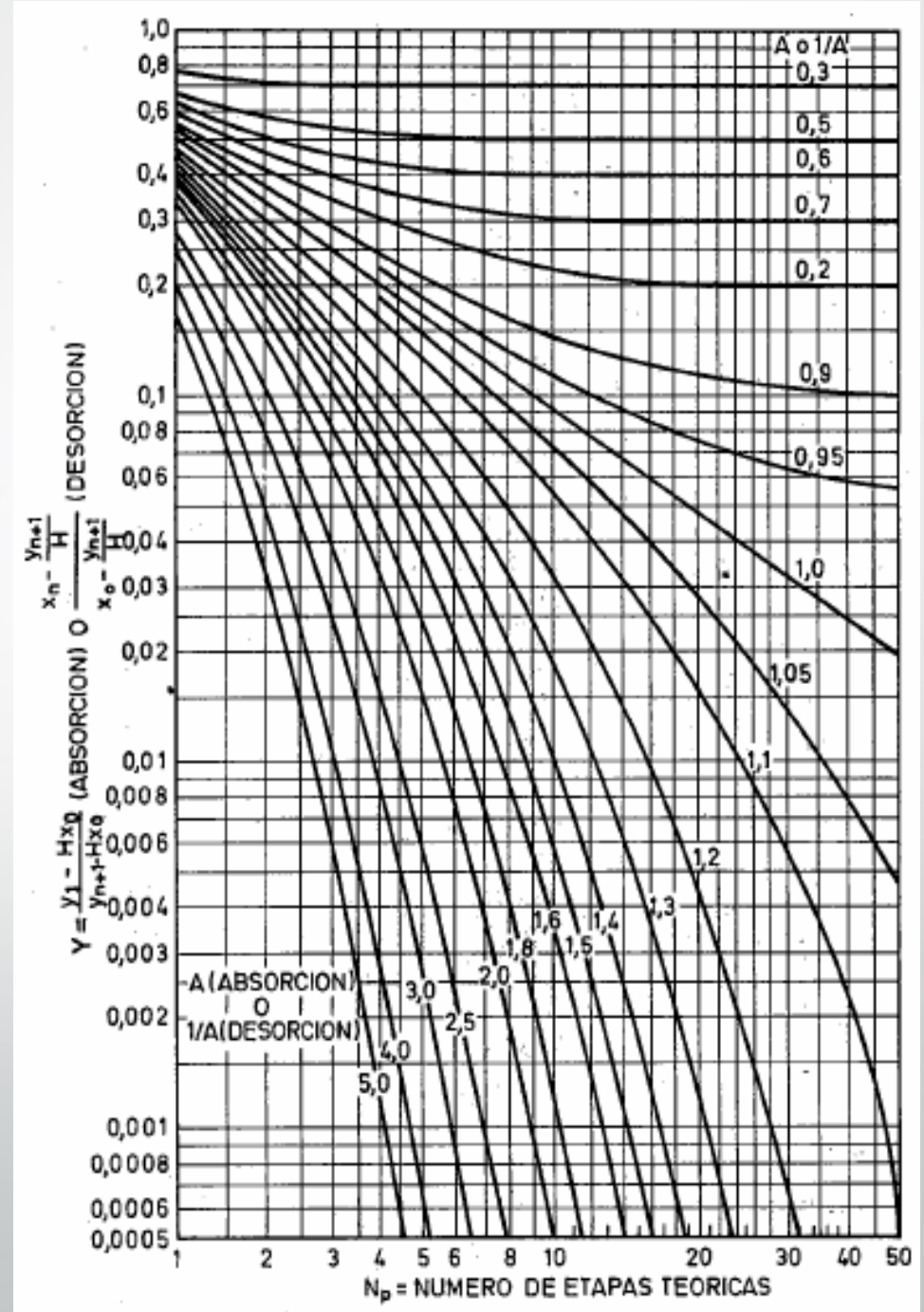
$$(XII) \quad \frac{y_{n+1} - y_1}{y_{n+1} - Hx_0} = \frac{A^{n+1} - A}{A^{n+1} - 1}$$

ECUACIÓN DE *KREMSER-BROWN-SOUDERS*

Despejando n resulta:

$$(XIII) \quad n = \frac{\log \left[ \left( \frac{y_{n+1} - Hx_0}{y_1 - Hx_0} \right) \left( \frac{A - 1}{A} \right) + \frac{1}{A} \right]}{\log A}$$

# Cálculo analítico del número de etapas





FIN ENCUENTRO II