

# Fraccionamiento de mezclas multicomponentes

## Limitaciones de las especificaciones

Igual que en mezclas binarias:

- Se supone que las etapas son ideales y después se corrige con la eficacia.
- Se estudian las condiciones límite de reflujo máximo y mínimo para la aproximación del número de etapas.
- En diseños preliminares se suponen flujos molares ctes y volatilidades relativas  $\alpha_{ij}$  independientes de la  $T^a$  (medios para toda la columna).

## Diferencias con las mezclas binarias:

- Si se considera que los  $K_i$  (y por tanto las  $\alpha_i$ ) varían con la  $T^a$  (diferente para cada plato) es necesario hacer un tanteo para calcular la  $T^a$  y las composiciones de cada uno de los componentes en cada etapa → Métodos rigurosos

## Especificaciones en mezclas binarias:

Conocido:  $F, x_F, T_F, \alpha, \eta$

Impuesto:  $P, L/V, x_D, x_W$

Calculado:  $D, W, NPT, NPR, \text{Plato de alimentación}$

Necesidades de calefacción y refrigeración.

## Tipos de componentes

### *Clave pesado (PK)*

Es el componente de menor volatilidad relativa entre los compuestos que salen por el destilado y que se halla en una cantidad significativa (mayor al 2%)

### *Clave ligero (LK)*

Es el componente de mayor volatilidad relativa entre los compuestos que salen por el fondo y que se encuentra en una cantidad significativa (mayor al 2%)

### *Componente de referencia*

El componente clave pesado es el componente de referencia



**CLAVE LIGERO (LK):**

Especificación de destilado

**CLAVE PESADO (PK):**

Especificación de colas

**NO CLAVE LIGERO (NLK):**

Componentes más volátiles que LK

**NO CLAVE PESADO (NPK):**

Componentes más pesados que PK

**COMPONENTES “SANDWICH”:**

Volatilidad intermedia LK y PK

**COMPONENTES DISTRIBUÍDOS:**

Se encuentra en cabezas y colas  
(LK, PK y Sandwich)

**COMPONENTES NO DISTRIBUÍDOS:**

Se encuentran sólo en un producto  
(NLK y NPK)

# Limitación de las especificaciones en columnas para mezclas multicomponentes

## ***Información que siempre se debe tener:***

- Datos de equilibrio
- Eficiencia de los platos
- Condiciones del alimento
- Presión en la columna

## ***De los siguientes parámetros el diseñador especificará tres:***

- $N$
- $L/V$
- $L'/V'$
- Concentración de componentes (máximo 2) en un producto
  - Separación de componentes ( $D_i/w_i$ ) (máximo 2)
  - $D/W$ .

# MÉTODOS DE CÁLCULO PARA FRACCIONAMIENTO DE MEZCLAS MULTICOMPONENTES

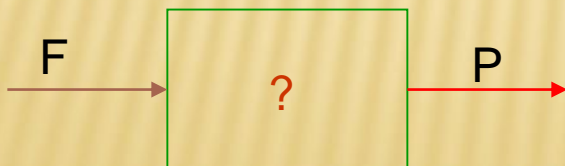
## + Métodos rigurosos

- × Lewis y Matheson
- × Thiele y Geddes

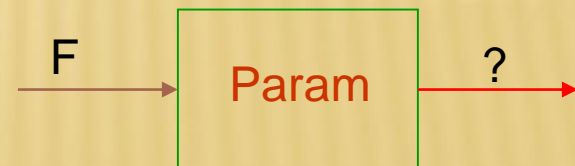
## + Métodos abreviados (cortos)

- × Geddes-Fenske-Underwood-Gilliland-Kirkbride(diseño)
- × Edminster (simulación)
- × Método de grupo de Smith - Brinkley (SB)

Problemas de diseño



Problemas de simulación





## Forma de operar en métodos rigurosos

- Se supone un  $x_{wi}$
- Se realizan balances de materia y energía plato a plato hacia arriba
- Se hace lo mismo partiendo de  $x_{Di}$ , recorriendo la torre hacia abajo
  - Se va avanzando en cada caso, hasta que las composiciones coincidan en un punto con la de la alimentación con un error inferior a un límite fijado.
    - Si no se consigue, se supone otra  $x_{wi}$ .
- Finalmente se calcula el diámetro para la parte superior e inferior de la torre.
  - Se comprueba si los valores dados a  $P_S$  y  $P_I$  son adecuados (pérdidas de carga debida a los platos obtenidos) y si no, se corrigen y se tantea de nuevo.

# Especificaciones en mezclas multicomponentes (métodos rigurosos):

Conocido:  $F$ ,  $x_{Fi}$ ,  $T_F$ ,  $\alpha_{ij}$ ,  $\eta$

Impuesto:  $P_{Sup}$ ,  $P_{Inf}$ ,  $L/V$  en cabeza,  $x_{Di}$

Calculado:  $D$ ,  $W$ , NPT Sup. e Inf., NPR, Plato de alimentación

En cada etapa:  $x_i$ ,  $y_i$ ,  $T$ ,  $V$ ,  $L$

Necesidades de calefacción y refrigeración.



# MÉTODOS APROXIMADOS

Para el diseño de columnas de destilación  
multicomponente:

1. Método de grupo de Smith - Brinkley (SB)
2. Método de Fenske - Underwood - Gilliland (FUG)
3. Método de grupo de Kremser

# Método de Fenske - Underwood - Gilliland (FUG)

## *Características*

- Útil fundamentalmente para el diseño de columnas, aunque también sirve para evaluar el comportamiento de columnas ya existentes
- Parte del conocimiento de la localización óptima del plato de alimentación
- Supone flujos molares constantes (el  $R_{min}$  calculado es mucho menor que el  $R_{min}$  real)
- Sirve para calcular los flujos y las composiciones de los productos cuando se han especificado los requerimientos de recuperación de uno o máximo dos componentes
- Se pueden determinar las temperaturas del tope y del fondo de la columna

## Ecuación de Fenske

Determina el valor de  $N_m$  (a reflujo total).  $N_m$  incluye el rehervidor parcial, si la columna tiene un condensador parcial se le suma 1.

$$(x_i / x_{hk}) = \alpha_i^{N_m} (x_{Wi} / x_{Whk})$$

ó

$$N_m = \log((Dy_{Dik} / Wx_{WIk}) (Wx_{Whk} / Dy_{Dhk})) / \log \alpha_{Ik} \quad \alpha_{Ik} \text{ es un valor eficaz}$$

$$\alpha_{Ik} = (\alpha_{N1k} \alpha_{N-1Ik} \dots \alpha_{2Ik} \alpha_{1Ik})^{1/N}$$

$$\text{ó} \quad \alpha_{Ik} = (\alpha_{Dik} \alpha_{pIk} \alpha_{WIk})^{1/3}$$

$$\text{ó} \quad \alpha_{Ik} = (\alpha_{Dik} \alpha_{WIk})^{1/2}$$

*Como una aproximación se puede tomar  $N_m$  como el 40 o 60% de  $N$  y suponiendo separaciones de los componentes iterativamente se puede llegar a estimar los valores iniciales de las temperaturas en los extremos*



## Ecuaciones de Underwood

Es útil para determinar  $R_{\min}$ , suponiendo  $\alpha_i$  eficaz y  $L/V$  constantes.

Se deben resolver las siguientes ecuaciones:

$$\sum ((\alpha_i z_{Fi})/(\alpha_i - \phi)) = 1 - q \quad (1) \quad i \text{ son todos los componentes}$$

$$\sum ((\alpha_j y_{Dj})/(\alpha_j - \phi)) = R_m + 1 \quad (2) \quad j \text{ son el } h_k \text{ y los componentes más ligeros que el pesado}$$

De (1) con  $\alpha_{hk} < \phi < \alpha_{lk}$  se resuelve (2). Si existen  $B$  componentes entre las claves el número de valores para  $\phi$  es  $B+1$ .

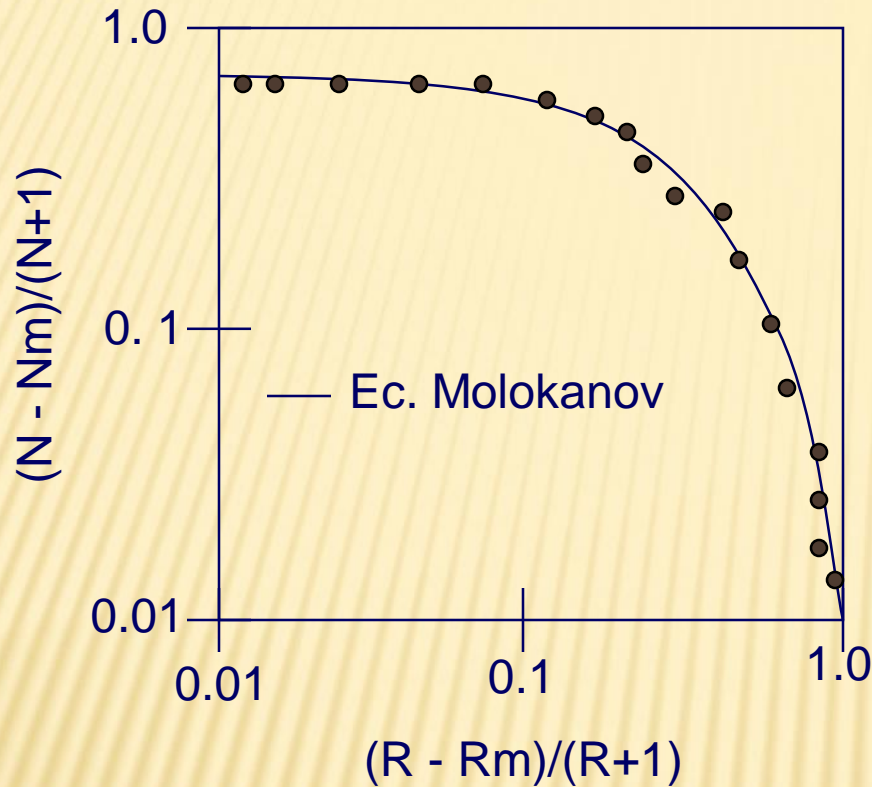
*(2) va a permitir construir un sistema de  $B+1$  ecuaciones con  $B+1$  incógnitas, (siempre y cuando se hayan especificado las composiciones de los componentes clave en el destilado)*

Si  $y_{Dj} < 0$  ó  $y_{Dj} > 1$ , los componentes clave elegidos son incorrectos.

Con las ecuaciones anteriores también se pueden estimar las temperaturas iniciales para el destilado y los fondos, así:

1.  $\alpha_i$  eficaz se puede asumir una temperatura promedio de la columna o tomar la temperatura del alimento para iniciar el procedimiento
2. Con las ecuaciones de Underwood se calculan los  $y_{Di}$ 's con  $\alpha_i$
3. Se encuentra la temperatura de rocío,  $T_0$ , para el destilado con los valores de  $y_{Di}$ 's
4. Con balances de materia se hallan los valores de  $x_{wi}$ 's (La relación D/F debe tenerse como dato de entrada)
5. Se calcula la temperatura de burbuja,  $T_{N+1}$ , para los fondos con los valores de  $x_{wi}$ 's
6. Se compara el valor promedio de temperatura asumido en 1 con  $(T_{N+1} + T_0)/2$ , sí son diferentes se vuelve al punto 1 con este nuevo valor promedio

## Correlación empírica de Gilliland



Conocidos  $N_m$  y  $R_m$ , con la correlación de Gilliland, para un valor de  $R$  especificado se puede calcular  $N$  (o lo contrario)

Ec. Molokanov (*Int. Chem. Eng.*, 12(2), 209 (1972))

$$G = 1 - \exp\left(\frac{(1+54.4H)(H-1)}{(11+117.2H)H^{0.5}}\right)$$

Donde:  $G = (N - N_m)/(N + 1)$  y  $H = (R - R_m)/(R + 1)$



## Localización del plato de alimentación

Se considera solamente el sistema binario formado por los componentes clave.

Partiendo del Balance del componente más liviano - zona de enriquecimiento (presentación de McCabe-Thiele)

$$y_{n+1} V = x_n L + y_D D$$

Re-escribiendo (2) para lk y hk y despejando x se tiene (sin considerar plato):

$$x_{lk} = y_{lk} V/L - y_{Dlk} D/L$$

$$x_{hk} = y_{hk} V/L - y_{Dhk} D/L$$

Eliminando L de las ecuaciones anteriores y despejando  $y_{lk}$  se tiene:

$$y_{lk} = (x_{lk}/x_{hk})(y_{hk} - y_{Dhk}D/V) + y_{Dlk}D/V \quad (1)$$

Partiendo del Balance del componente más liviano - zona de despojamiento  
(presentación de McCabe-Thiele)

$$x_{N-3} L' = y_{N-2} V' + x_W W$$

y aplicando el mismo procedimiento anterior se tiene:

$$y_{lk} = (x_{lk}/x_{hk})(y_{hk} + x_{Whk} W/V') - x_{Wlk} W/V' \quad (2)$$

En el punto de alimentación las ecuaciones (1) y (2) son iguales, entonces:

$$(x_{lk}/x_{hk})_{int.} = (y_{Dlk} D/V + x_{Whk} W/V') / (y_{Dhk} D/V + x_{Wlk} W/V')$$

Considerando R y q, la ecuación anterior se puede re-escribir como:

$$(x_{lk}/x_{hk})_{int.} = (z_{Flk} - y_{Dlk}(1-q)/(R+1)) / (z_{Fhk} - y_{Dhk}(1-q)/(R+1))$$

La razón  $(x_{lk}/x_{hk})$  se debe calcular plato a plato y la localización del plato de alimentación se obtiene cuando:

$$(x_{lk}/x_{hk})_{f-1} > (x_{lk}/x_{hk})_{int.} > (x_{lk}/x_{hk})_f$$