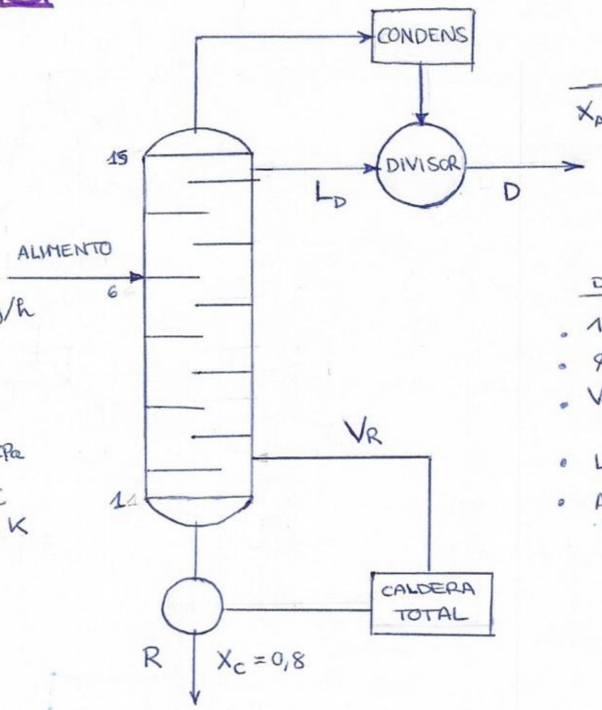
EJERCICIOS : Tema 4: Cascada de etapas ...

2009 / 2010 [4]

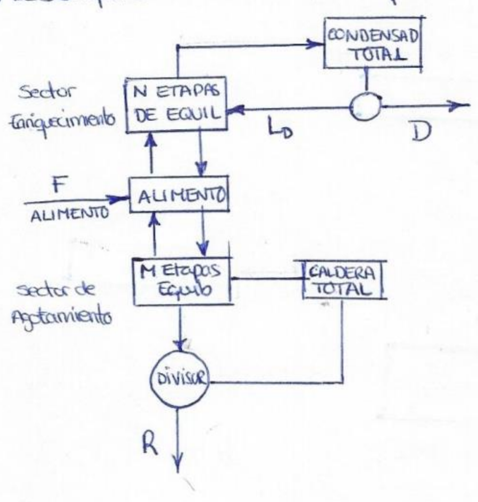


$F = 100$ kg/h
$Z_A = 0,3$
$Z_B = 0,2$
$Z_C = 0,5$
$P_{Alim} = 689$ KPa
$T^a = 37,8°C$
$T^a = 310,8$ K

DIVISOR
$X_A = 0,7$

DATOS
- 15 Platos
- $\phi = 3m$
- $Veloc_{vapor} = 0,3$ m/s
- $L/V = 1,2$
- $Agua_{Refrigerac} = 15°C$

1. Descomponer la columna en partes



$$(\Sigma V_D)_{SISTEMA} = (\Sigma V_D)_{ELEMENTO} - C_C\,(C+2) + V_C$$

- Suponemos que todos los elementos de la columna son adiabáticas excepto el condensador y la caldera.
- También se supone una "P controlante" (la presión del condensador). De esta forma conocemos la "P" del resto de la columna.

CONDENSADOR TOTAL No eq

Nº DE VARIABLES

$$N_V = 2\,(\underset{\downarrow}{C}+\underset{\downarrow}{2}) + 1 \rightarrow Q$$

Composiciones P y T

$$\boxed{N_V = 2C+5}$$

Nº DE ELEMENTOS

$$N_E = \underbrace{C-1}_{\text{BM por componentes}} + \underbrace{1}_{\text{BM global}} + 1 \rightarrow BE = \boxed{C+1}$$

$$(V_D)_{condensador} = (2C+5)-(C+1) = \boxed{C+4}$$

DIVISOR No eq.

$$N_V = 3(C+2) + Q = \boxed{3C+7}$$

$$N_E = C-1+1+1+\underbrace{C-1}_{\substack{\text{Relación de igualdad entre composiciones:}\\ x_1=x_2=x_3}} + \underbrace{1}_{\substack{\text{Igualdad de las temperaturas}\\ T_1=T_2=T_3}} + \underbrace{1}_{\substack{\text{Igualdad de P}\\ P_1=P_2=P_3}} = \boxed{2C+2}$$

$$(V_D)_{DIVISOR} = 3C+7-(2C+2) = \boxed{C+5}$$

De aquí quitamos al ser adiabático $Q=0 \rightarrow C+4$

De aquí quitamos al saber la Presión que se conoce $\rightarrow C+3$

$$\boxed{(V_D)_{DIVISOR} = C+3}$$

SECTOR ENRIQUECIMIENTO Eq

$$N_V = 4(C+2)+Q = 4C+9$$

$$N_E = (C-1)+1+1+C+\underset{T\,y\,P}{2} = 2C+3$$

$$4C+9-(2C+3) = \boxed{2C+6}$$

Las corrientes están relacionadas entre sí mediante las etapas de equil.

$$\boxed{K_i = \frac{y_i}{x_i}}$$

Para N etapas de eq:

$$\Sigma N_V = N(4C+9) = 4NC+9N$$

$$\Sigma N_E = N(2C+3) = \frac{2NC+3N}{2NC+6N}$$

V_D

$$(V_D)_{N\ etapas} = \sum V_D - \underbrace{2}_{\text{2 corrientes comunes}}\underbrace{(N-1)}_{\text{etapas}}\underbrace{(C+2)}_{\text{componentes que tenemos que descontar}} + \underset{\text{Variable de construcción}}{1} =$$

$$= 2NC + 6N - [2(NC + 2N - C - 2)] + 1$$

$$= \cancel{2NC} + 6N - \cancel{2NC} - 4N + 2C + 4 + 1$$

$$= 2N + 2C + 4 + 1 = \boxed{2N + 2C + 5}$$

- Ahora restamos la variable del $Q=0 \rightarrow N + 2C + 5$ (como no sabemos el nº de etapas será "N")
- N variables quito porque la "P" en cada piso la conozco, entonces:

$\rightarrow 2C + 5.$ $\quad (V_D)_{N\ etapas} = 2C+5$

$\boxed{\text{ALIMENTO}}$ Eq

$N_V = 5(C+2) + \overset{Q}{1} = 5C + 11$

$N_E = \underbrace{C-1}_{\text{composic}} + \underset{\text{BGlobal}}{1} + \underset{\text{BE}}{1} + C + \underset{\text{Equilibrio (P y T}^{a}\text{)}}{2} = 2C + 3$

$5C + 11 - (2C+3) = \boxed{3C+8}$

- Quitamos una variable porque es adiabático $(Q=0) \rightarrow 3C+7$
- Quitamos tb otra, la P controlante $\rightarrow 3C+6$

$$\boxed{(V_D)_{ALIMENTO} = 3C+6}$$

$\boxed{\text{SECTOR AGOTAMIENTO}}$ → QUE EL DE ENRIQUECIMIENTO, ES IGUAL.

Eq

$$\boxed{(V_D)_{AGOTAMIENTO} = 2C+5}$$

$\boxed{\text{DIVISOR}}$ No-eq

$(V_D)_{DIVISOR} = C+3$ (Igual que el otro)

$\boxed{\text{CALDERA TOTAL}}$ No-eq

$N_V = 2(C+2) + 1 = 2C+5$

$N_E = C - 1 + 1 + 1 = C+1$

$\boxed{C+4}$ V_D

Restamos la P controlante $\rightarrow C+3$

Restamos la P controlante → C+3
Restamos la P controlante $\rightarrow$ C+3. La caldera NO es adiabática por eso no restamos la Q.

$$(V_D)_{caldera} = (2C+5) + (C+1) - 1 = C+3$$

Ahora hacemos el global. $\rightarrow$ ¿Xq SON 10?

$$= (\sum V_D)_{ELEMENTO} - C_c(C+2) + V_c =$$

$$= (C+3) + (2C+5) + (3C+6) + (2C+5) + (C+3) + (C+3) + (C+4) =$$

$$= 11C + 29$$

Se cuentan manualmente las corrientes que hay entre cada bloque.

$$C_c(C+2) = 10(C+2) = 10C + 20$$

$V_c = 0 \rightarrow$ ¿Xq es 0?

$$V_{D_{TOTAL}} = 11C + 29 - 10C - 20 = C+9$$

$$V_{D_{TOTAL}} = C+9 = 3+9 = 12.$$

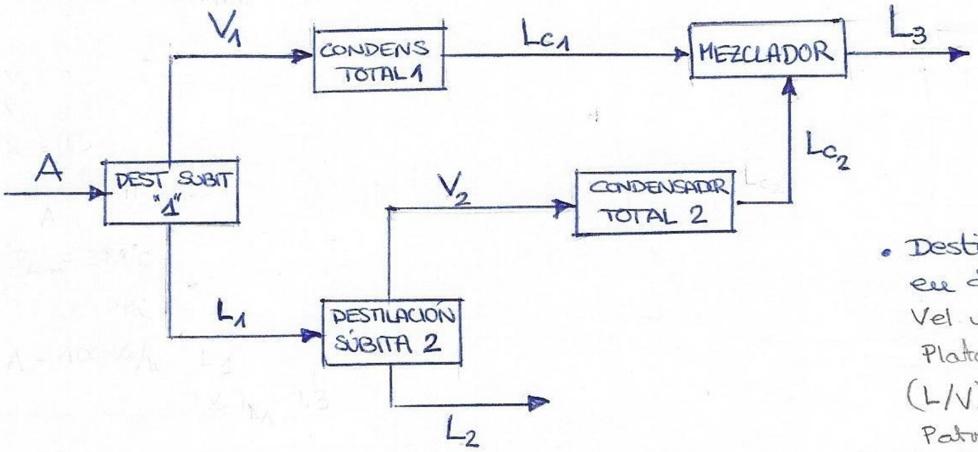
Vemos cuantas variables están fijados

$F, Z_1, Z_2, Z_3, T_F, P_F, P, Q, X_C^R, X_A^D, D, V, L/V, T_{H2O}, N+M$

Hay 15 variables

Podemos eliminar 3 platos porque con 12 variables el problema está bien especificado.

5 2009/2010

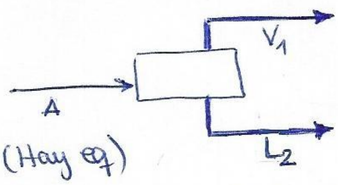


- Destilación súbita en dos etapas.
  Vel vapor = 3m
  Platos = 15
  $(L/V) = 1,2$
  Patmosferica.
  Refrigerador → Agua a 15°C.

La ecuación general:

$$V_D = \sum_{i=1}^{\text{Alimento}} (V_D) - C_c\,(C+2) + V_C$$

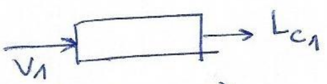
Destilación Súbita (1):



(Hay eq)

$$V = 3\,(C+2) + \overset{\to Q}{1} = 3C+7$$
$$E = (C-1)+1+1+C+1+1 = 2C+3$$
$$C+4$$
$$-1 \quad \text{dest. adiab}$$
$$\boxed{C+3}$$ ✓

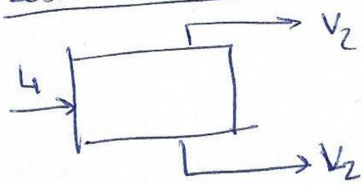
Condensador TOTAL 1



(No hay eq)

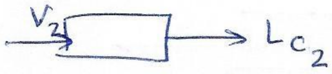
$$V = 2\,(C+2) + 1 = 2C+5$$
$$E = \underset{\substack{BM\\C}}{(C-1)} + \underset{\substack{BM\\Global}}{1} + \underset{BE}{1} = C+1 =$$
$$\boxed{C+4}$$ ✓

Destilación Súbita 2



$$V = 3\,(C+2) + 1 = 3C+7$$
$$E = (C-1) + \underset{\substack{BM\\Glob}}{1} + \underset{BE}{1} + C+1+1 = 2C+3$$
$$C+4$$
$$-1$$
$$C+3$$ ✓

4) Condensador Total.



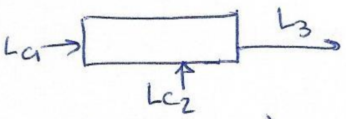
(No hay eq)

$V = 2(C+2) + 1 = 2C+5$

$E = (C-1) + 1 + 1 = C+1$

$\boxed{C+4}$ ✓

5.) <u>MEZCLADOR</u>



(No hay eq)

$V = 3(C+2)+1 = 3C+7$

$E = (C-1)+1+1 = C+1.$

$2C+6$

-1 (mezclador adiabático)

$2C+5$ ✓

$$(V_D)_{sistema} = (C+3)+(C+4)+(C+3)+(C+4)+(2C+5) = 6C+19$$

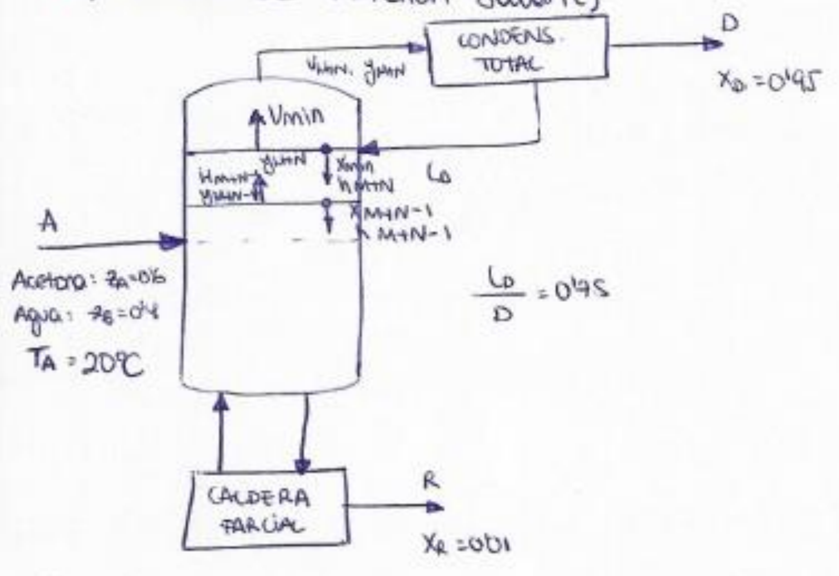
$$E_C = C_C(C+2) = 5(C+2) = 5C+10.$$

$$V_{D_{TOTAL}} = (6C+19)-(5C+10) = C+9 \checkmark$$

$$\boxed{V_{D\,TOTAL} = C+9}$$

os

7. (Problema de Ponchon-Savarit)



Presión columna
$P_C = 1$ atm.
$M+N = 15$
Nº pisos reales
(de campanas de borboteo (no incluye la caldera), por lo q. habría 16 etapas de equilibrio (ya no pisos))

a) D, R? Sabiendo que A = 100 Kmol

Aplicamos el B.M. Global:

$A = D + R$

B. M. Componente volátil (acetona):

$A \cdot x_A = D x_D + R x_R$

Caudales obtenidos despejando:

$D = 62'77$ Kmol

$R = 37'23$ Kmol

b) Los platos teóricos siempre son menores que los reales xq. suponen q. se alcanza el equilibrio...

$$\text{Eficacia} = \frac{(M+N)_{teóricos}}{(M+N)_{reales}} \leq 1$$

Vamos a tener 2 sectores, por lo tanto, tenemos 2 polos (se tienen tantos polos como sectores).

- Eje de coordenadas: En su valor
- " " absisas: Vertical de la composición del destilado.

El polo del sector de enriquecimiento está relacionado con el polo del sector de agotamiento a través del alimento. Lo podemos representar directamente en el gráfico.

Analíticamente sería:

$A \cdot h_A = D \cdot M_D + R\, M_R \longrightarrow$ B.E. en toda la columna

Despejando M_R (pto. del sector de agotamiento)

$M_R = -2300'85$ kcal/kmol

Tiene signo negativo xq. uno es aporte y otro eliminación de calor

$\left(\begin{array}{l} \text{Liberación de calor} \rightarrow M_R \\ \text{Aporte} \quad " \quad " \rightarrow M_D \end{array} \right)$

Gráficamente lo obtendríamos uniendo M_D con A y donde corte con la vertical de x_R sería el punto M_R.

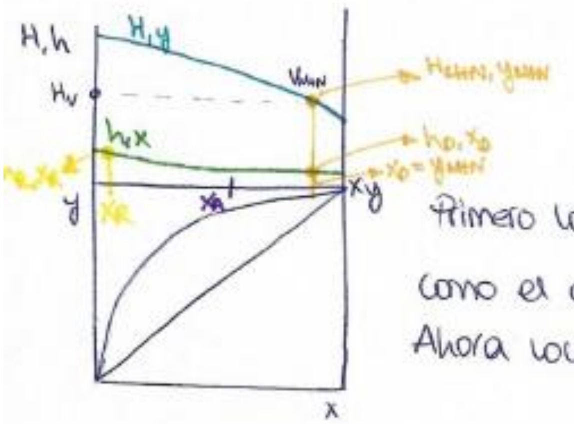
Se pueden trazar pisos por abajo o por arriba, lo normal es que sea por arriba.

Desde la composición de vapor bajo hasta cortar con la diagonal de eq. y realizamos el piso (corte con la curva de eq.). Subimos en la vertical y la llevamos hasta la curva de eq. del liq. saturado. Unimos los 2 puntos (composición de vapor con la composición del liq. que abandona el piso). Unimos el último punto con el polo M_D. donde corte con la curva del vapor saturado tenemos otro punto (punto de vapor del piso 2). Trazamos una vertical hasta la ~~curva de eq~~ diagonal de equilibrio y realizamos el piso (horizontal hasta la curva de eq.). Hacemos esto sucesivamente hasta que ~~~~ una de las etapas ~~~~ cruza a la recta que une los 2 polos. Eso significa que hemos cambiado de sector. Buscamos el nuevo punto uniendo el último punto con M_R. Prolongamos la línea hasta que corte a la curva del vapor saturado. Continuamos así hasta q. corte la vertical que trazas con la composición de residuo.

Resultado:

$M+N+1 = 8$ No contamos la caldera

H → Entalpía vapor saturado
h → " Líquido



Primero localizamos todos los puntos que conozcamos.

Como el condensador es total, $x_D = y_{N+N}$

Ahora localizamos el alimento (x_A)

$H_{N+N} = 9035$ Kcal/Kmol

$h_D = 1760$ Kcal/Kmol

$h_R = 1756$ Kcal/Kmol

dato tabla

$z_A = 0'6 \longrightarrow T_A(20°C) < T_{ebull}$ (se trata de un líq. subenfriado)

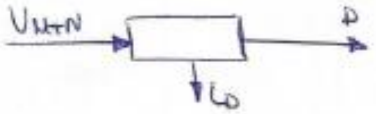
Tenemos que calcular su entalpía:

$h_A = C_p(T - T_{ref}) = 26'5$ Kcal/kmol·K $(20 - 0) = 530$ Kcal/Kmol

Ahora podemos localizar el punto de la alimentación en el diagrama.

Las polos se obtienen a partir del B.E. en la columna teniendo en cuenta el calor aportado o eliminado del condensador y de la caldera:

$$\frac{L_D}{D} = \frac{M_D - H_{N+N}}{H_{N+N} - h_D}$$ → se obtiene haciendo un B.E. en el condensador.



Despejamos el polo real (polo del sector de enriquecimiento):

$M_D = 14491'25$ Kcal/Kmol

Lo representamos en el gráfico

7