

OPERACIONES DE TRANSFERENCIA DE MASA

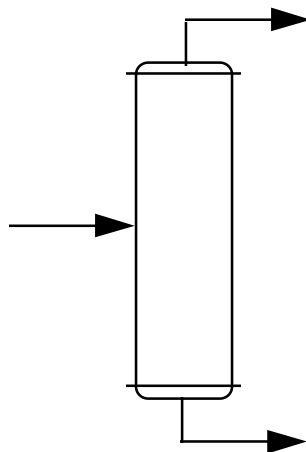
Ejemplo de destilación multicomponente

Se desea fraccionar en un splitter de butano-pentano la siguiente mezcla :

iC4 6% mol
nC4 17% mol
iC5 32% mol
nC5 45% mol

El destilado deberá recuperar el 95% del n-butano alimentado y el producto del residuo contendrá el 95% del i-pentano alimentado. La presión de la columna se estima de 100 psia en la parte superior, 101 psia en la etapa de alimentación y 102 psia en el fondo. El reflujo y la alimentación se encuentran en su punto de burbuja. Determinar el número de etapas requeridas.

BASE DE CALCULO $F = 100$ moles.



Efectuando un balance de materia preliminar para determinar aproximaciones iniciales para las composiciones del destilado y del residuo, se puede obtener la tabla siguiente:

Especie	FZ _i	DX _{Di}	BX _{Bi}	X _{Di}	X _{Bi}
iC4	6	6.00	0.00	0.2526	0.0000
nC4	17	16.15	0.85	0.6800	0.0111
iC5	32	1.60	30.40	0.0674	0.3987
nC5	45	0.00	45.00	0.0000	0.5902
Totales	100	23.75	76.25	1.0000	1.0000

Ahora, para determinar la temperatura de alimentación, como sabemos que entra como líquido saturado, se utiliza la ecuación del punto de burbuja:

$$\sum k_i(P, T_F) Z_i = 1.0$$

Suponiendo temperaturas e iterando, se obtiene finalmente:

Especie	Z _i	k _i (101 psia, 194°F)	k _i Z _i	α _{Fi}
iC4	0.06	2.15	0.1290	2.5595
nC4	0.17	1.67	0.2839	1.9881
iC5	0.32	0.84	0.2688	1.0000
nC5	0.45	0.70	0.3150	0.8333
Total			0.9967	

Para determinar la temperatura del destilado, como el condensador es total, se utiliza nuevamente la ecuación del punto de burbuja:

$$\sum k_i(P, T_D) X_{Di} = 1.0$$

Suponiendo temperaturas e iterando, se obtiene finalmente:

Especie	X _{Di}	k _i (101 psia, 140°F)	k _i X _{Di}	α _{Di}
iC4	0.2526	1.30	0.3284	3.0445
nC4	0.6800	0.96	0.6528	2.2482
iC5	0.0674	0.43	0.0288	1.0000
nC5	0.0000	0.37	0.0000	0.8665
Total			1.0000	

Para el residuo, también aplicamos la temperatura de burbuja:

$$\sum k_i(P, T_B) X_{Bi} = 1.0$$

Suponiendo temperaturas e iterando, se obtiene finalmente:

Especie	X_{Bi}	k_i (101 psia, 222°F)	$k_i X_{Bi}$	α_{Bi}
iC4	0.0000	2.65	0.0000	2.4537
nC4	0.0111	2.15	0.0239	1.9907
iC5	0.3987	1.08	0.4306	1.0000
nC5	0.5902	0.94	0.5548	0.8704
Total			1.0092	

Una vez determinadas las volatilidades relativas a las condiciones de alimentación, destilado y residuo, se calculan las *volatilidades relativas promedio* en base a la media geométrica propuesta por Hengstebeck:

$$\bar{\alpha}_i = \sqrt[3]{\alpha_{Di} \cdot \alpha_{Fi} \cdot \alpha_{Bi}}$$

Especie	$\bar{\alpha}_i$
iC4	2.6740
nC4	2.0722
iC5	1.0000
nC5	0.8566

Hengstebeck propuso en 1941 una relación lineal en coordenadas log-log para la distribución de los componentes con respecto a la volatilidad relativa promedio.

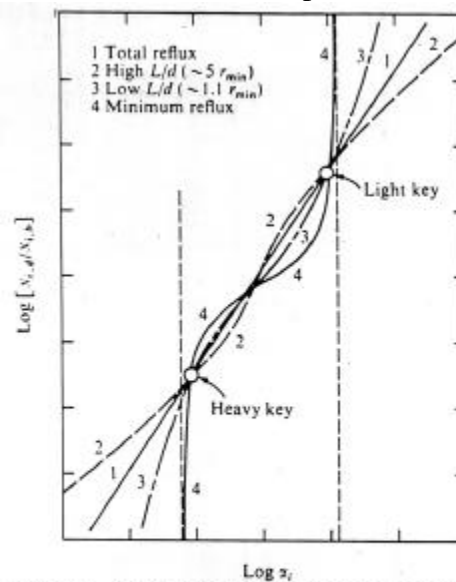


Figure 2.21 Distribution of components at various reflux ratios. (Reproduced from W. J. Stupin and F. J. Lockhart, paper presented at the annual meeting of the AIChE, Los Angeles, 1968. Reprinted courtesy of Dr. W. J. Stupin.)

La ecuación propuesta es:

$$\log_{10} \left(\frac{DX_{Di}}{BX_{Bi}} \right) = a_1 + a_2 \log_{10}(\bar{\alpha}_i)$$

Con los valores de las volatilidades relativas promedio, se procede a utilizar la ecuación de Hengstebeck para calcular mejores estimados del balance de materia y las composiciones del destilado y residuo.

Aplicando para la clave ligera (LK):

$$\begin{aligned} \log_{10} \left(\frac{DX_{DLK}}{BX_{BLK}} \right) &= \log_{10} \left(\frac{0.95 \times 17}{0.05 \times 17} \right) = \log_{10} \left(\frac{0.95}{0.05} \right) = 1.2788 \\ &= a_1 + a_2 \log_{10}(\bar{\alpha}_{LK}) = a_1 + a_2 \log_{10}(2.0722) \end{aligned}$$

Aplicando para la clave pesada (HK):

$$\begin{aligned} \log_{10} \left(\frac{DX_{DHK}}{BX_{BHK}} \right) &= \log_{10} \left(\frac{0.05 \times 32}{0.95 \times 32} \right) = \log_{10} \left(\frac{0.05}{0.95} \right) = -1.2788 \\ &= a_1 + a_2 \log_{10}(\bar{\alpha}_{HK}) = a_1 + a_2 \log_{10}(1.0000) \end{aligned}$$

De estas dos ecuaciones $a_1 = -1.2788$, $a_2 = 8.0826$.

Aplicando ahora la ecuación de Hengstebeck para el nC5:

$$\begin{aligned} \log_{10} \left(\frac{DX_{DnC5}}{BX_{BnC5}} \right) &= -1.2788 + 8.0826 \times \log_{10}(0.8566) \\ \left(\frac{DX_{DnC5}}{BX_{BnC5}} \right) &= 1.5063 \times 10^{-2} \end{aligned}$$

Por un balance de materia global sobre el mismo componente,

$$45 = DX_{DnC5} + BX_{BnC5}$$

Resolviendo simultáneamente, se obtienen DX_{DnC5} y BX_{BnC5} . De la misma forma se obtienen DX_{DiC4} y BX_{BiC4} . Resumiendo estos resultados, tenemos el balance de materia aproximado:

Especie	FZ_i	DX_{Di}	BX_{Bi}	X_{Di}	X_{Bi}
iC4	6	5.9600	0.0400	0.2445	0.0005
nC4	17	16.150	0.8500	0.6625	0.0112
iC5	32	1.6000	30.400	0.0656	0.4020
nC5	45	0.6678	44.3322	0.0274	0.5862
Totales	100	23.75	76.25	1.0000	1.0000