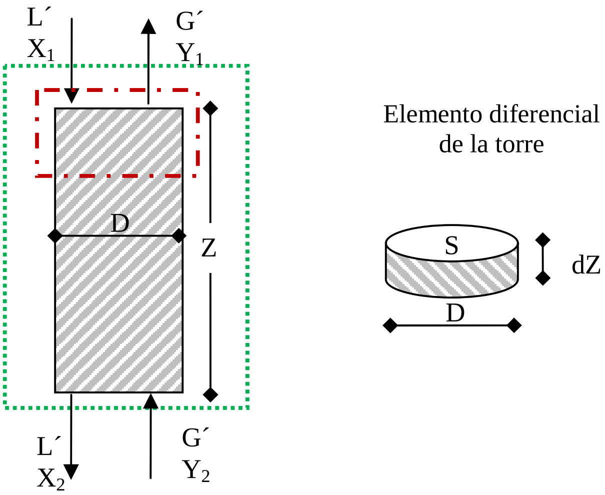
Obtención de la ecuación general de diseño de torres empacadas.

El diagrama y nomenclatura para una torre empacada para absorción se muestra en la siguiente figura:



- L´ flujo de absorbente
- L flujo total de líquido
- G´ flujo de gas inerte
- G flujo de gas total
- X Relación molar de soluto/absorbente
- x Fracción molar de soluto/líquido
- Y Relación molar de soluto/gas inerte
- y Fracción molar de soluto/ gas total
- Z Altura de la torre
- D Diámetro de la torre
- S Sección transversal de la torre
- a Área específica del empaque
- ky Coeficiente de transferencia de masa individual lado del gas.
- V Volumen

Subíndices:

- 1 Tope
- 2 Fondo
- i Interfase

- Balance en soluto global usando relaciones molares (envolvente verde)

$$G'(Y_2 - Y_1) = L'(X_2 - X_1) \qquad (1)$$

- Balance sobre envolvente con tope (envolvente roja)

$$G'(Y - Y_1) = L'(X - X_1) \qquad (2)$$

Planteando la ecuación (2) en fracciones molares:

$$G'\left(\frac{y}{1-y} - \frac{y_1}{1-y_1}\right) = L'\left(\frac{x}{1-x} - \frac{x_1}{1-x_1}\right) \qquad (3)$$

- Balance en un elemento diferencial dZ de la torre:

$$\mathrm{d}(G.y) = \mathrm{d}(L.x) \qquad (4)$$

$$\mathrm{d}(G'.Y) = \mathrm{d}(L'.X) \qquad (5)$$

Como G´ y L´ no varía a lo largo de la torre salen del diferencial en (5):

$$G'.\mathrm{d}(Y) = L'.\mathrm{d}(X) \qquad (6)$$

Para buscar los diferenciales es necesario conocer la relación entre Y e y, X y x, se sabe:

$$Y = \frac{y}{1-y} \qquad (7)$$

$$X = \frac{x}{1-x} \qquad (8)$$

Derivando 7 y 8

$$dY = \frac{(1-y) - y.(-1)}{(1-y)^2}\,\mathrm{dy} = \frac{\mathrm{dy}}{(1-y)^2} \qquad (9)$$

$$dX = \frac{\mathrm{dx}}{(1-x)^2} \qquad (10)$$

Sustituyendo 9 y 10 en 6

$$G'.\frac{\mathrm{dy}}{(1-y)^2} = L'.\frac{\mathrm{dx}}{(1-x)^2} \qquad (11)$$

La transferencia de masa del soluto puede escribirse en función del coeficiente de transferencia y el área interfacial de la siguiente manera:

$$G'.d(Y) = ky.a.(y - y_i).dV \qquad (12)$$

$$a = \left(\frac{area}{volumen}\right)_{empaque} \qquad (13)$$

El diferencial de volumen se puede calcular mediante:

$$dV = S.dZ \qquad (14)$$

Sustituyendo en 12:

$$G'.\frac{dy}{(1-y)^2} = ky.a.(y - y_i).S.dZ \qquad (15)$$

Recordando que: $G' = G(1-y)$ (16)

Introduciendo 16 en 15:

$$G(1-y).\frac{dy}{(1-y)^2} = ky.a.(y - y_i).S.dZ \qquad (17)$$

$$dZ = \frac{G}{S.ky.a}\frac{dy}{(1-y)(y-y_i)} \qquad (18)$$

Integrando a lo largo de Z y tomando G como el flujo promedio entre tope y fondo. El término kya es una constante al igual que S, por lo tanto salen de la integral:

$$\int_0^Z dZ = \frac{G}{S.ky.a}\int_{y2}^{y1}\frac{dy}{(1-y)(y-y_i)} \qquad (19)$$

$$\boxed{Z = \underbrace{\frac{G}{S.ky.a}}_{H_G}\ .\ \underbrace{\int_{y2}^{y1}\frac{dy}{(1-y)(y-y_i)}}_{N_G}} \qquad (20)$$

ECUACION GENERAL DE DISEÑO PARA CALCULAR ALTURA DE UNA TORRE DE ABSORCION EMPACADA

Z = H_G . N_G

H_G= Altura individual de la unidad de transmisión referido a la fase gaseosa. Tiene unidades de longitud.
N_G= Número de unidades de transmisión individual referido a la fase gaseosa. Adimensional.

Si se define

$$(1-y)_{\log} = (1-y)_{LM} = \frac{(1-y_i)\text{-}(1-y)}{\ln\left(\frac{1-y_i}{1-y}\right)} \qquad (21)$$

La ecuación general queda como:

$$\boxed{Z = \underbrace{\frac{G}{S.ky.a(1-y)_{\log\ prom}}}_{H_G}\ .\ \underbrace{\int_{y2}^{y1}\frac{dy.(1-y)_{\log}}{(1-y)(y-y_i)}}_{N_G}} \qquad (22)$$

Z = H_G . N_G