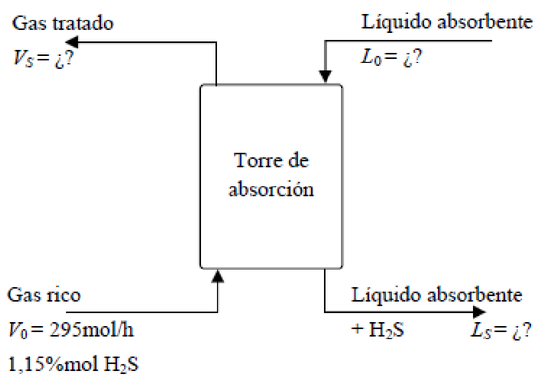
OPERACIONES UNITARIAS 2023

TP ° 8 ABSORCION

Problema 1. Una corriente de vapores procedente de un proceso de tratamiento de hidrocarburos contiene 1,150 % mol de H_2S. El sulfuro de hidrógeno es un gas muy contaminante e irritante. Para cumplir con las normas ambientales es necesario retirar al menos el 99.0% de dicho compuesto utilizando una torre de absorción. El líquido absorbente es capaz de retirar 0,100 mol de H_2S por cada litro de líquido utilizado. El flujo de gases ricos en contaminantes es de 295,0 mol /b. Determinar la cantidad de líquido absorbente necesaria para retirar la cantidad requerida de H_2S y la concentración de H_2S en los vapores tratados.



Balance de materia (tomando como base de tiempo 1 hora)

- ✓ H_2S contenido en Vo: 295,0 mol x 0,01150 $\frac{mol}{mol}$= 3,393 mol H_2S.
- ✓ H_2S a ser retirado: 3,393 mol H_2S x 0,990 = 3,359 mol.

El líquido absorbente es capaz de retirar 0,100 mol H_2S por cada litro utilizado de líquido. Entonces, el flujo de absorbente requerido es:

- ✓ $L_o = \frac{3{,}359 \text{ mol } H_2S}{0{,}100 \frac{\text{mol } H_2S}{L}} \longrightarrow$ **Lo= 33,59 L**

La corriente Ls está compuesta de la misma cantidad de líquido absorbente que entra más la porción de H_2S que fue transferida desde los vapores contaminados

- ✓ Ls= 33,59 $\frac{L}{h}$ de líquido absorbente + 3,359 mol H_2S retirado

La corriente de vapores tratados resulta ser la cantidad que entra menos la cantidad de materia transferida desde la misma hacia el líquido absorbente

- ✓ Vs= 295,0 mol – 3,359 mol= 291,64 mol.

La concentración de H_2S en el flujo de vapores tratados Vs es:

- ✓ $\%H_2S = \left[\frac{(3{,}393 - 3{,}359) \text{ mol } H_2S}{291{,}6 \text{ mol}}\right] \times 100\% \longrightarrow$ **$\%H_2S$= 0,01166%**

Problema 2: Se lavan con agua 1000 m3 /h de una mezcla gaseosa amoniaco – aire de composición 25% en volumen de amoniaco en una torre de absorción de relleno de 0,5 m de diámetro para recuperar el 95% del amoniaco contenido en la mezcla gaseosa. El proceso se efectúa a 30°C y 760 mm Hg. Determine:

a.- La cantidad mínima de agua a emplear.

b.- La cantidad de agua que se ha de emplearse para que la concentración de la disolución líquida de salida sea 0,11 en fracción molar de amoniaco.

c.- La altura de la columna considerando un valor de KY·a = 10 kmol/h-m3- ΔY. ¿Qué piensa de la altura determinada para la torre? ¿Es técnicamente viable? ¿Qué haría para solucionar el problema?

Los datos de equilibrio para este sistema (amoniaco – agua) a 30°C, expresados en mol de amoniaco/mol de gas inerte, frente a mol de amoniaco/mol de agua, son los siguientes:

X	Y
0	0
0,01	0,013
0,02	0,025
0,03	0,038
0,04	0,053
0,05	0,068
0,06	0,085
0,08	0,121
0,10	0,160
0,12	0,204
0,14	0,254
0,16	0,317
0,18	0,394
0,20	0,482
0,22	0,582
0,24	0,704
0,26	0,855
0,28	1,043

Donde R=0,082 l-atm/mol K

1 Atm =760 mmHg

Para calcular la altura Z de la torre analíticamente use

$$Z = \frac{Gs}{Ky\ a} * \int_{Y2}^{Y1} \frac{dY}{(Y - Y')}$$

Donde Y= razón molar referida a la fase gaseosa

Y´= razón molar de equilibrio referida a la fase gaseosa.

Incisio A:

Si se considera gases ideales (G. I), la cantidad de moles es proporcional al volumen.

Según los datos, la fracción de molar de amoniaco alimentada enfrentando a los moles inertes es:

$$Y_1 = \frac{250\,\frac{m^3}{h}}{750\,\frac{m^3}{h}} = 0{,}333$$

Se desea recuperar el 95% del amoniaco contenido en la mezcla de alimentación:

$$Y_2 = \frac{12{,}50\,\frac{m^3}{h}}{750\,\frac{m^3}{h}} = 0{,}0167$$

Flujo total en moles considerando G.I:

$$G = \frac{1000\frac{m^3}{h}\times 1atm\times 1000l}{0{,}082\times\frac{l*atm}{mol*°K}\times 303°K\times 1m^3} = 40247{,}93mol$$

- ✓ Gs= $30185{,}9\,\frac{mol}{h}$

Se puede estimar la cantidad mínima de agua necesaria:

$$\left(\frac{L_S}{G_S}\right)_{min} = \frac{(Y_1 - Y_2)}{(X_1 - X_2)} = \frac{(0{,}333 - 0{,}0167)}{(0{,}164 - 0)} = 1{,}9287$$

L_S= 1,9287x $30185{,}9\frac{mol}{h}$ ⟶ **Ls= $58218{,}4\frac{mol}{h}$**

Inciso B:

En este caso se tienen todos los datos conocidos para realizar el cálculo

$$\left(\frac{L_S}{G_S}\right)_{min} = \frac{(Y_1 - Y_2)}{(X_1{}^* - X_2)} = \frac{(0{,}333 - 0{,}0167)}{(0{,}11 - 0)} = 2{,}8755$$

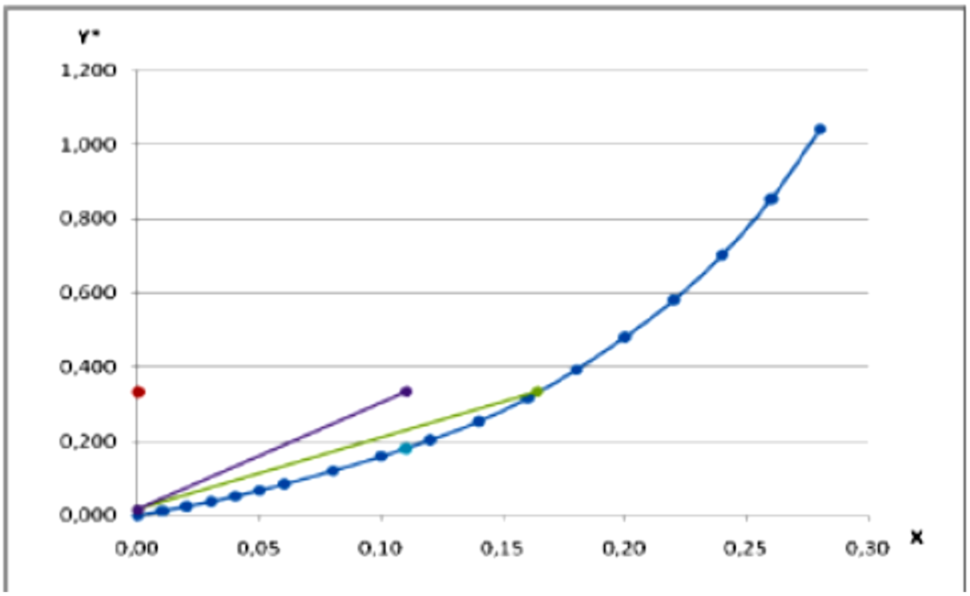
Ls=2,8755x $30185{,}9\frac{mol}{h}$ ⟶ **Ls= $86798{,}18\,\frac{mol}{h}$**

Inciso B:

En este caso se tienen todos los datos conocidos para realizar el cálculo

$$\left(\frac{L_S}{G_S}\right)_{min} = \frac{(Y_1 - Y_2)}{(X_1{}^* - X_2)} = \frac{(0{,}333 - 0{,}0167)}{(0{,}11 - 0)} = 2{,}8755$$

Ls=2,8755x 30185,9$\frac{mol}{h}$ $\longrightarrow$ **Ls= 86798,18** $\frac{mol}{h}$



Inciso C:

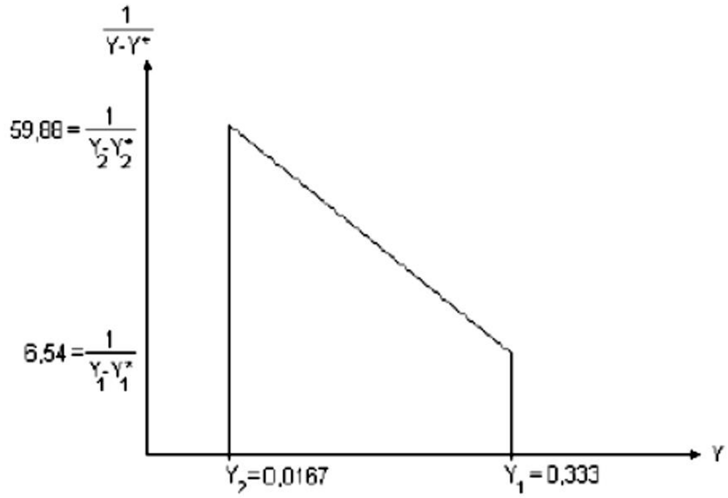
La altura de la torre se estima según:

$$Z = \frac{G_s}{K_Y \cdot a} \int_{Y2}^{Y1} \frac{dY}{(Y - Y^*)}$$

Y	Y*	(Y-Y*)	1/(Y-Y*)
0,0167	0	0,0167	59,88
0,333	0,18	0,153	6,54

Se aproxima la integral como el área bajo los puntos iniciales y finales considerados:

- ✓ Área=10,50.
- ✓ Esta Área se aproxima de mejor manera si se consideran más puntos intermedios.



Por otro lado, el área transversal del equipo es:

$$a = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 0,5^2\, m^2}{4} = 0,19635 \quad m^2$$

Finalmente, la altura del equipo es:

$$Z = \frac{G_S}{K_Y \cdot a} \int_{Y2}^{Y1} \frac{dY}{(Y - Y^*)}$$

$$Z = \frac{30185,9\, \frac{mol}{h}}{10000\, \frac{mol}{h\, m^3 \Delta Y} \times 0,19635\, m^2} \times 10,5 \longrightarrow \mathbf{Z = 161,4\ m^2}$$

La altura de la torre no es viable, por lo que alternativas para realizar la tarea pedida es utilizar varias torres de absorción en serie.
Otras alternativas (menos correctas) serían ensanchar columna, utilizar un mayor flujo de agua, y utilizar un menor flujo de gases, sin embargo, estas alternativas no cumplen con las condiciones del proceso solicitadas.

Problema N° 3. El diseño de una planta requiere un absorbedor para recuperar 95% de acetona desde una corriente de aire utilizando agua como líquido absorbente. El aire que entra contiene 14% mol de acetona. El absorbedor está provisto de enfriamiento y opera a 80 °F y 1 atm para dar lugar a un producto que contiene 5.0% mol de acetona. La alimentación de agua a la torre contiene 0.02% mol de acetona. La torre ha de diseñarse para operar al 50% de la velocidad de inundación.

a) ¿Cuántas libras de agua por hora deben introducirse como alimentación de la torre, si el flujo de gas, medido a 1 atm y 32 °F, es de 500 ft3/min?

b) ¿Cuántas unidades de transferencia se necesitan con base en la fuerza impulsora global de la fase gaseosa?

c) Si la torre se empaca con anillos Raschig de 1 in., ¿cuál será la altura del empaque?

Para el equilibrio. Suponga que $pA = P'A\gamma Ax$, donde $\ln \gamma A = 1.95(1 - x)^2$. La presión de vapor de acetona a 80 °F es 0.33 atm.

Problema N° 4. Una corriente gaseosa que contiene 3.0% de *A* se pasa a través de una columna empacada para remover 99% de *A* por absorción en agua. El absorbedor operará a 25 °C y 1 atm, y las velocidades de gas y líquido están a 20 mol/h · ft^2 y 100 mol/h · ft^2, respectivamente.
Los coeficientes de transferencia de masa y los datos de equilibrio se dan a continuación:
$y^* = 3.1x$ a 25 °C
k_{xa} = 60 mol/h · ft^3 · unidad de fracción molar
k_{ya} = 15 mol/h · ft^3 · unidad de fracción molar

a) Encuentre NO_y, HO_y y Z_T, asumiendo que se trata de una operación isotérmica y despreciando los cambios en las velocidades de flujo de gas y líquido. ¿Qué porcentaje de la resistencia total está en la fase gaseosa?
b) Calcule Z_T, utilizando NO_x y HO_x.

Solución

a) Suponga que $x_a = 0$. Puesto que $G_M \Delta y = L_M \Delta x$,

$$x_b = \frac{20 \times 0.03 \times 0.99}{100} = 0.00594$$

$$y_b^* = 3.1 \times 0.0054 = 0.01841$$

En el fondo de la columna,

$$y_b - y_b^* = 0.03 - 0.01841 = 0.01159$$

En la parte superior, $\quad y_a - y_a^* = y_a = 0.0003$

Entonces

$$\overline{\Delta y_L} = \frac{0.01159 - 0.0003}{\ln(0.01159 / 0.0003)} = 0.00309$$

$$N_{Oy} = \frac{\Delta y}{\overline{\Delta y_L}} = \frac{0.03 \times 0.99}{0.00309} = 9.61$$

$$\frac{1}{K_y a} = \frac{1}{15} + \frac{3.1}{60} = 0.11833 \qquad K_y a = 8.45$$

$$H_{Oy} = \frac{20}{8.45} = 2.37 \text{ ft}$$

$$Z_T = 2.37 \times 9.61 = 22.7 \text{ ft}$$

La resistencia relativa de la película gaseosa es $\frac{1}{15}/(1/8.45) = 0.56$, o 56%.

b) En el fondo de la columna,

$$x^* = \frac{0.03}{3.1} = 0.009677$$

$$\Delta x = 0.009677 - 0.00594 = 0.003737$$

En la parte superior, $x^* = \dfrac{0.0003}{3.1} = 9.677\times 10^{-5} \qquad x = 0$

$$\overline{\Delta x_L} = \frac{0.00374 - 0.000097}{\ln\left[0.00374/\left(9.677\times 10^{-5}\right)\right]} = 9.96\times 10^{-4}$$

$$N_{Ox} = \frac{0.00594}{9.96\times 10^{-4}} = 5.96$$

$$\frac{1}{K_x a} = \frac{1}{60} + \frac{1}{3.1\times 15} = 0.03817 \qquad K_x a = 26.2$$

$$H_{Ox} = \frac{100}{26.2} = 3.817 \text{ ft}$$

$$Z_T = 5.96\times 3.817 = 22.7 \text{ ft}$$

Obsérvese que aunque N_{Oy} y N_{Ox} son bastante diferentes, los valores *de* H_{Oy} y H_{Ox} son también distintos, de modo que los valores de Z_T son los mismos para los dos métodos de cálculo.