

GUÍA 4 - Absorción/Desorción

Problema 4

1° Cuatrimestre - 2025

Enunciado

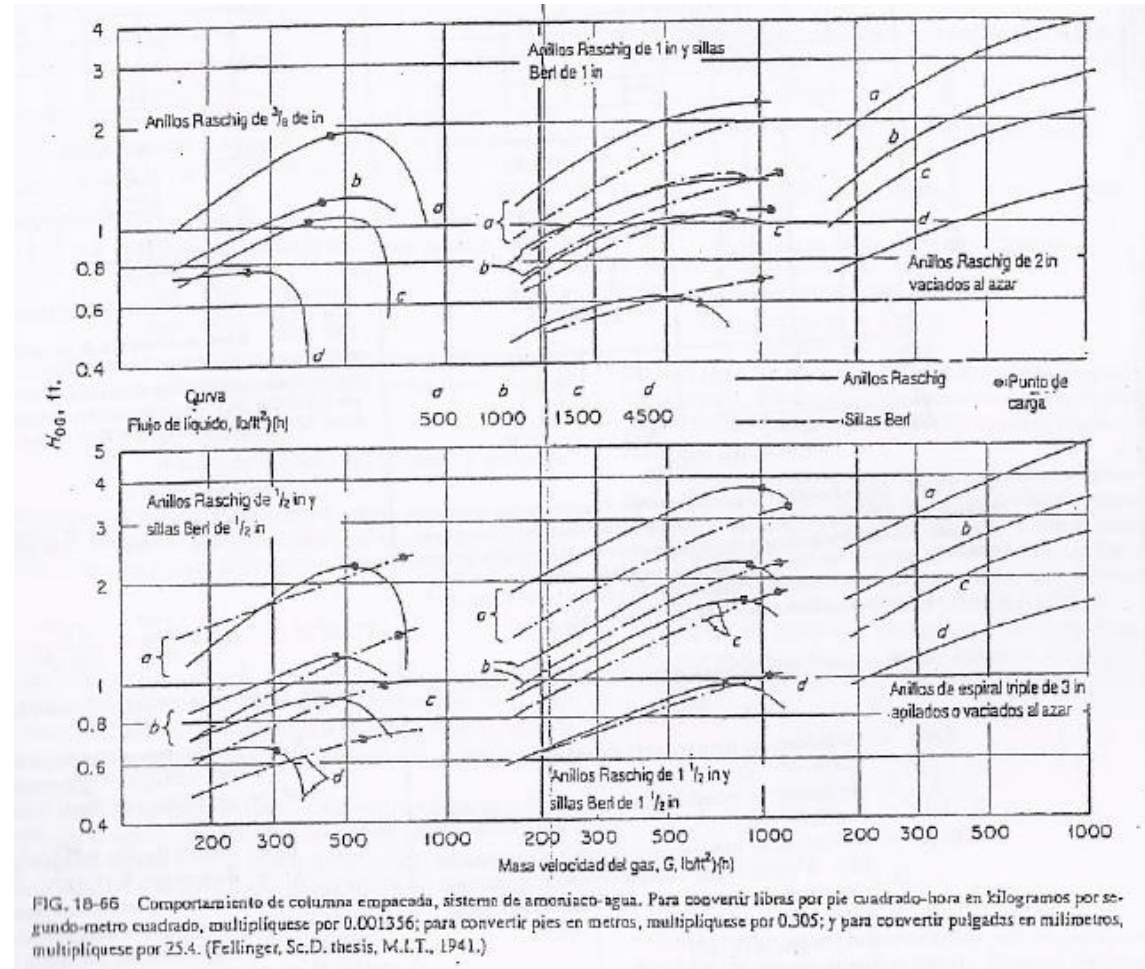
Una torre empacada con anillos Raschig de 1" se usará para absorber NH_3 de aire, poniéndolo en contacto con agua. El caudal de gas de entrada es de 40 lbmol/h y contiene 5% de NH_3 . Se removerá el 90% del amoníaco del aire.

La cantidad de agua de entrada es de 3200 lb/h.

La absorción se realizará a una presión absoluta de 1 atm y 20°C.

Calcule diámetro y altura para cumplir con la separación especificada.

Datos: Para la temperatura y presión de operación el equilibrio puede considerarse: $y^* = 2.x$



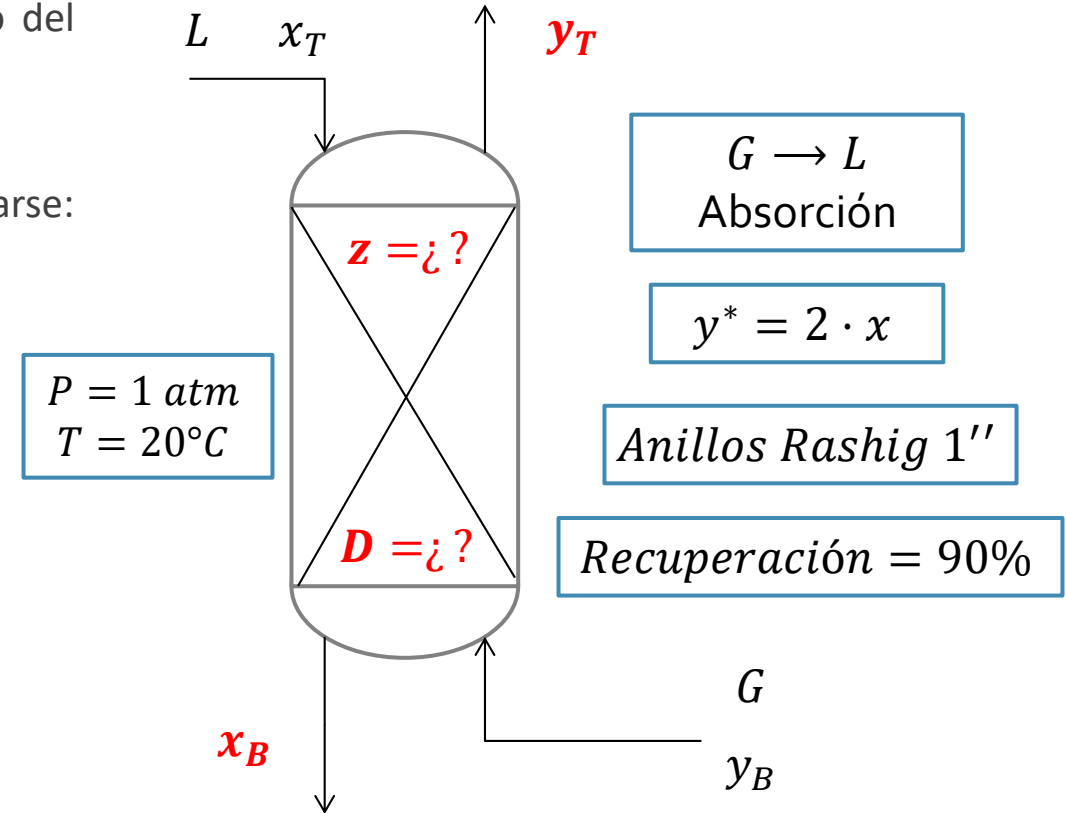
Planteo

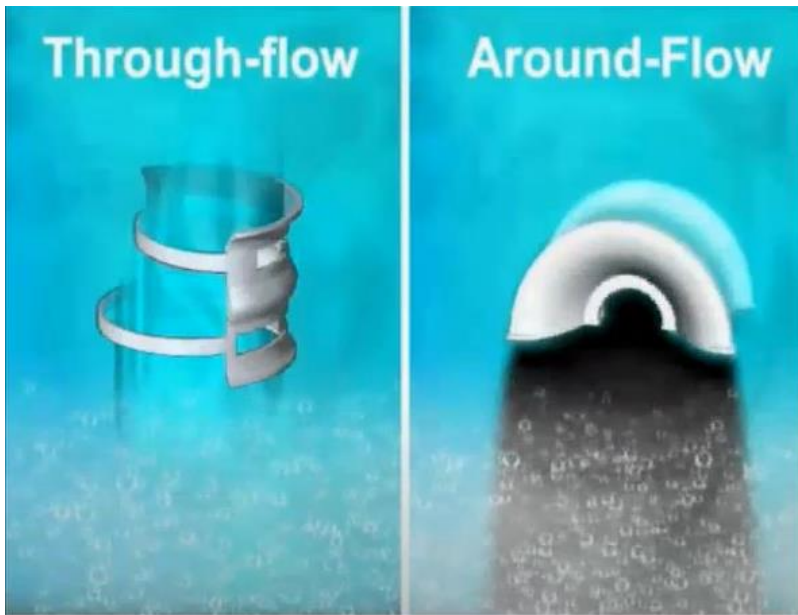
Una torre empacada con anillos Raschig de 1" se usará para absorber NH_3 de aire, poniéndolo en contacto con agua. El caudal de gas de entrada es de 40 lbmol/h y contiene 5% de NH_3 . Se removerá el 90% del amoníaco del aire. La cantidad de agua de entrada es de 3200 lb/h.

La absorción se realizará a una presión absoluta de 1 atm y 20°C.

Para la temperatura y presión de operación el equilibrio puede considerarse:
 $y^* = 2 \cdot x$

- Agua limpia $\longrightarrow x_T = 0$
- $L^M = 3200 \frac{\text{lb}}{\text{h}}$ $\longrightarrow L = \frac{L^M}{Mr_{\text{agua}}} = 177,8 \frac{\text{lbmol}}{\text{h}}$
- $G = 40 \frac{\text{lbmol}}{\text{h}}$
 $y_B = 0,05$





[Link](#)



Planteo

$$\text{Recuperación} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{\text{Caudal transferido}}{\text{Caudal de entrada}} = \frac{G_B \cdot y_b - G_T \cdot y_T}{G_B \cdot y_B}$$

$$\text{Recuperación} \stackrel{\text{def}}{=} \frac{G_S \cdot (Y_B - Y_T)}{G_S \cdot Y_B} = \frac{Y_B - Y_T}{Y_B}$$

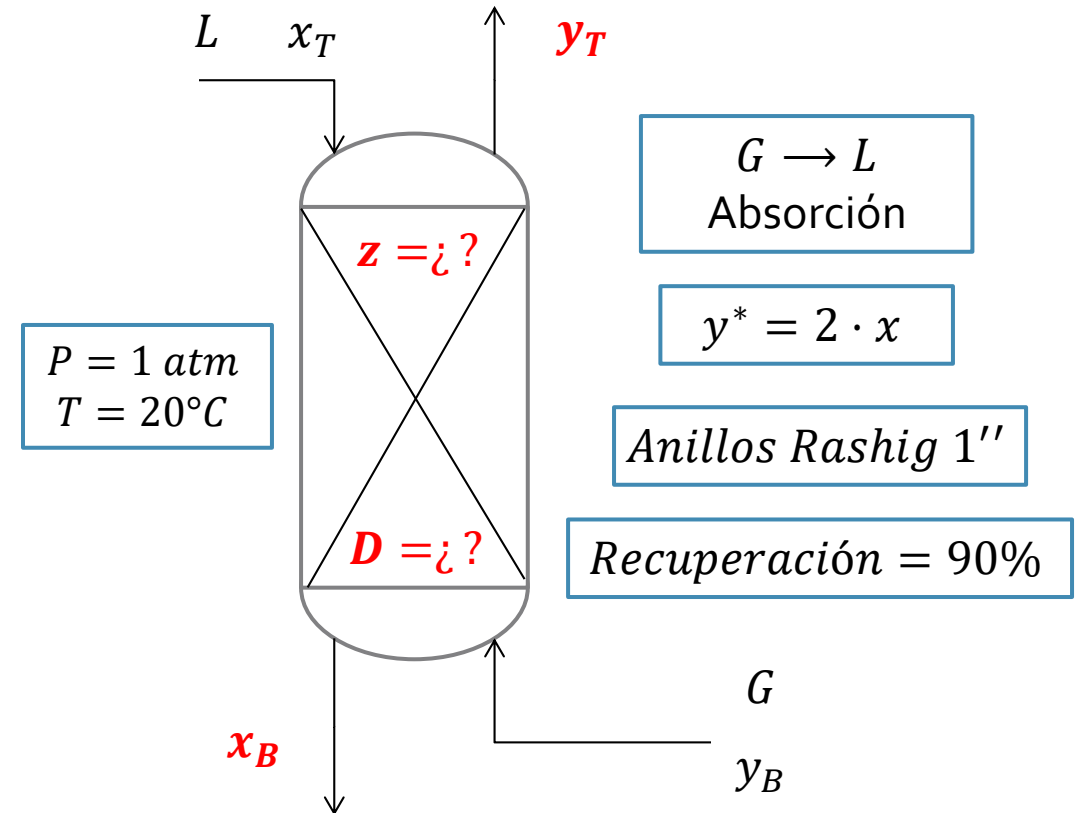
Solución diluida

$$\text{Recuperación} = \frac{G \cdot (y_B - y_T)}{G \cdot y_B} = \frac{y_B - y_T}{y_B}$$

$$y_T = 0,005$$

$$\text{BM)} L \cdot x_T + G \cdot y_B = L \cdot x_B + G \cdot y_T$$

$$\frac{L}{G} = \frac{y_T - y_B}{x_T - x_B} \longrightarrow x_B = 0,01$$

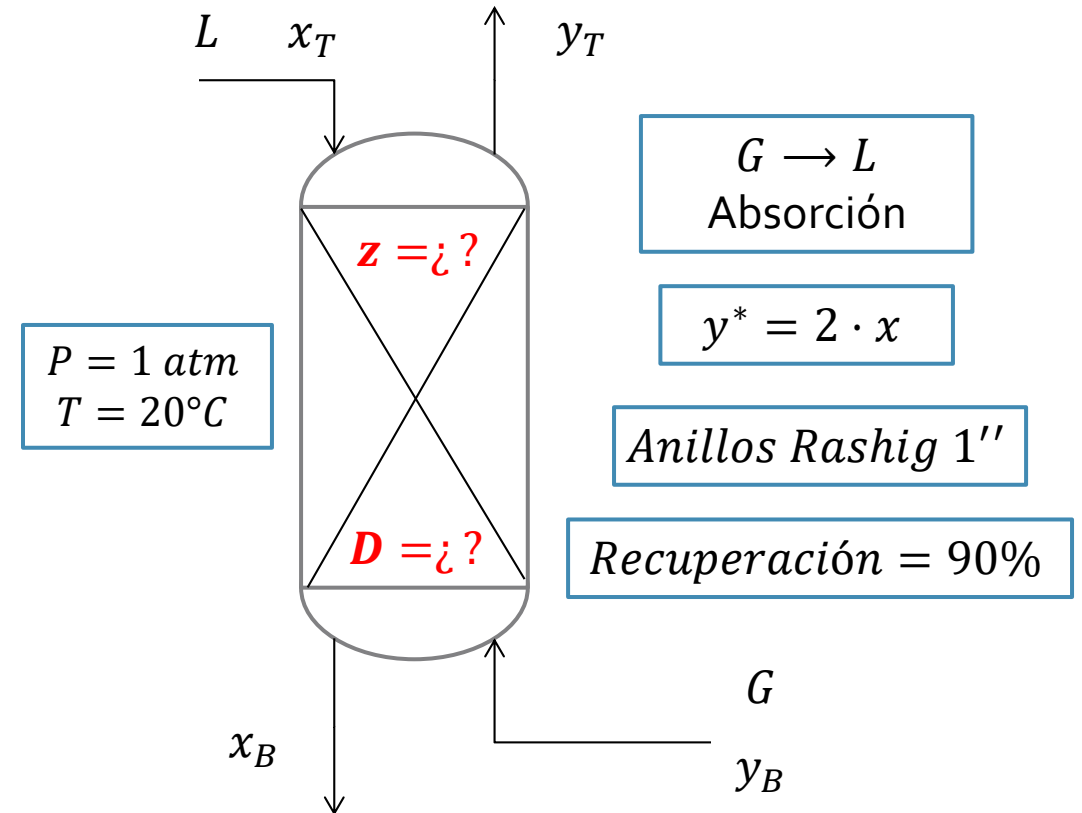


Planteo

Nos piden calcular la **altura** y el **diámetro** de la torre,
para lo cual es necesario...



¡Una ecuación de diseño!



Repaso Torres Rellenas

Planteo diferencial de altura

$$BM) \quad d(G \cdot y) = d(L \cdot x) = N_A \cdot a \cdot dV$$

¿Qué es esto?

La cantidad de área de intercambio que el relleno expone por unidad de volumen

Podemos tomar el lado del líquido o el lado del gas, y cualquier expresión de N_A correspondiente.

Mirando el lado del gas y viendo la transferencia de manera global:

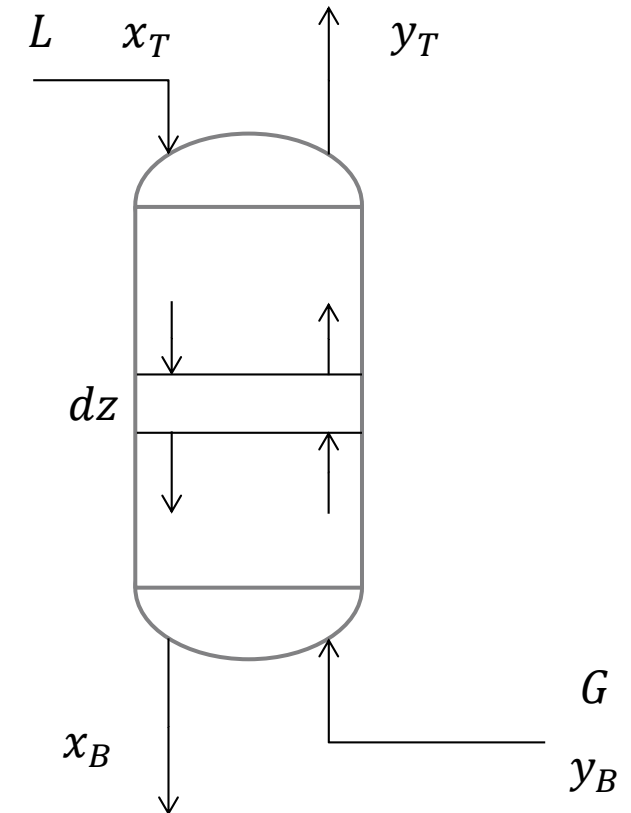
$$d(G \cdot y) = K_Y \cdot (y - y^*) \cdot a \cdot dV = K_Y \cdot (y - y^*) \cdot a \cdot S \cdot dz$$

$$dz = \frac{d(G \cdot y)}{K_Y \cdot (y - y^*) \cdot a \cdot S}$$

Solución diluida

$$dz = \frac{G}{K_Y \cdot a \cdot S} \cdot \frac{dy}{y - y^*}$$

$$z = H_{og} \cdot N_{og}$$



Repaso Torres Rellenas

$$z = H_{og} \cdot N_{og}$$

¿Cuánta altura de relleno necesito para transferir una cierta cantidad de materia?

Depende de...

- Relleno
- Caudales
- Sustancias en cuestión
- Presión y temperatura
- Diámetro de la columna

¿Cuántas de esas alturas necesito para cumplir con mi proceso en particular?

Depende de...

- Especificaciones
- Caudales
- Presión y temperatura

Repaso Torres Rellenas

¿Qué pasa si el sistema **no es diluido**?

$$dz = \frac{d(G \cdot y)}{K_Y \cdot (y - y^*) \cdot a \cdot S}$$

$$dz = \frac{1}{K_Y \cdot a \cdot S} \cdot \frac{d(G_S \cdot Y)}{(y - y^*)}$$

$$dz = \frac{G_S}{K_Y \cdot a \cdot S} \cdot \frac{dY}{(y - y^*)}$$

$$dz = \frac{G_S}{K_Y \cdot a \cdot S} \cdot \frac{(Y + 1) \cdot (Y^* + 1)}{Y - Y^*} dY$$

$$y - y^* = \frac{Y}{Y + 1} - \frac{Y^*}{Y^* + 1}$$

$$y - y^* = \frac{(Y^* + 1) \cdot Y - (Y + 1) \cdot Y^*}{(Y + 1) \cdot (Y^* + 1)}$$

$$y - y^* = \frac{Y - Y^*}{(Y + 1) \cdot (Y^* + 1)}$$

¿Y si quiero usar el lado del líquido u otra expresión del N_A ?

$$z = H_{OG} \cdot N_{OG} = H_{OL} \cdot N_{OL} = H_g \cdot N_g = H_l \cdot N_l = H_{ETP} \cdot N_P$$

¿Qué es esto?

La altura de relleno que necesito para transferir una cantidad de materia igual a la que se transfiere en una etapa teórica:

- Puedo contar N_P con cualquier método visto en torres de platos
- Me lo da el fabricante del relleno

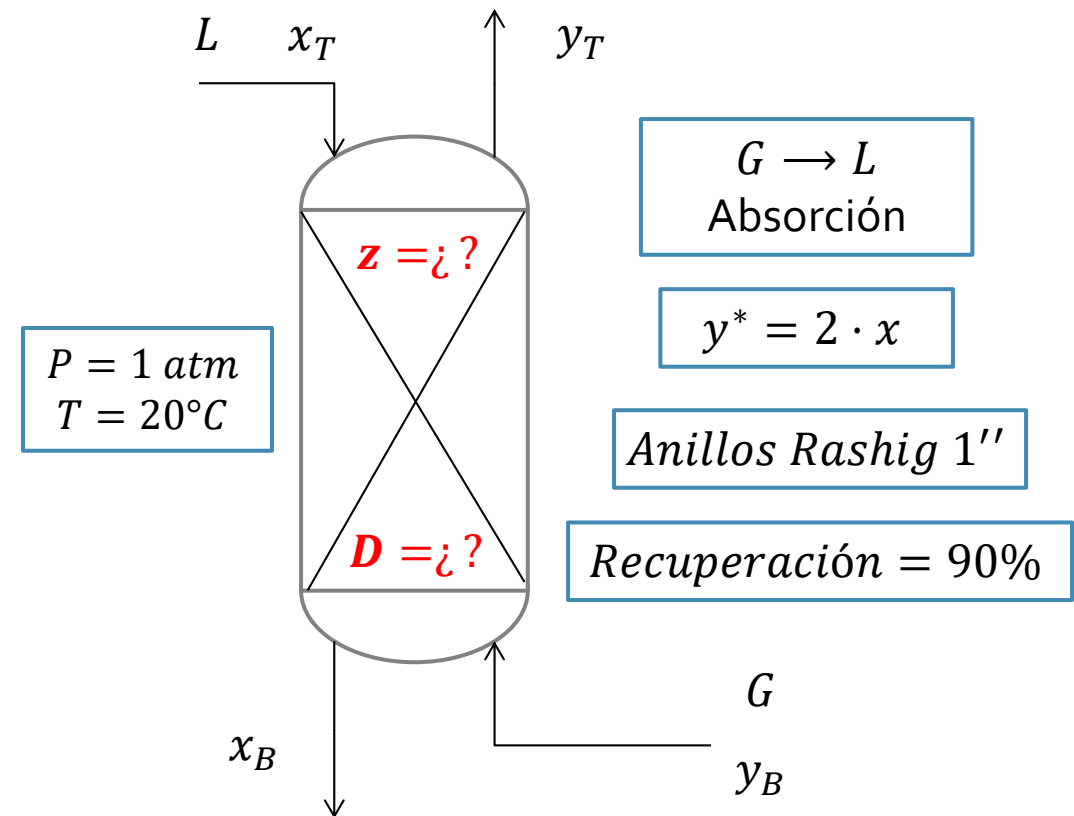
Resolución – N_{og}

Volvemos al sistema:

$$\int_0^z dz = \frac{G}{K_Y \cdot a \cdot S} \cdot \int_{y_B}^{y_T} \frac{dy}{y - y^*}$$

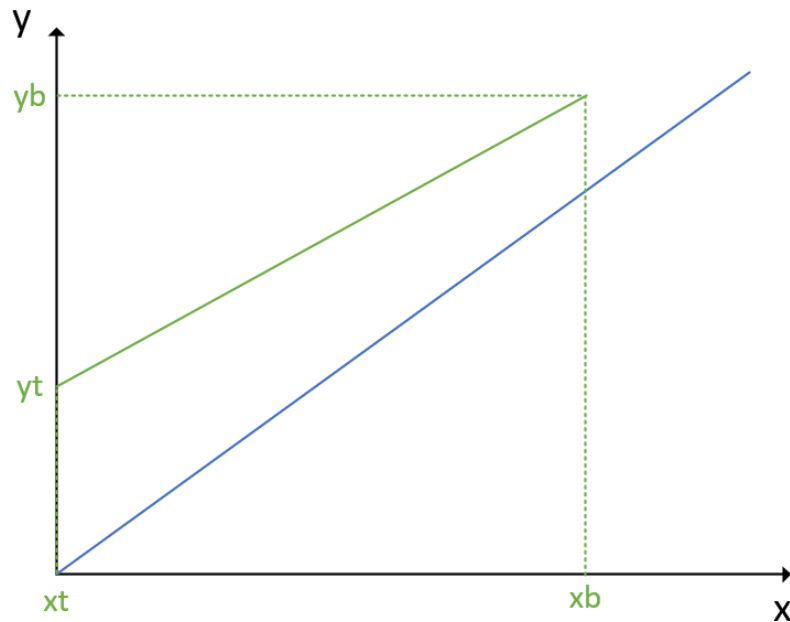
$$N_{og} = \int_{y_B}^{y_T} \frac{dy}{y - y^*}$$

¿Se puede resolver esta integral?

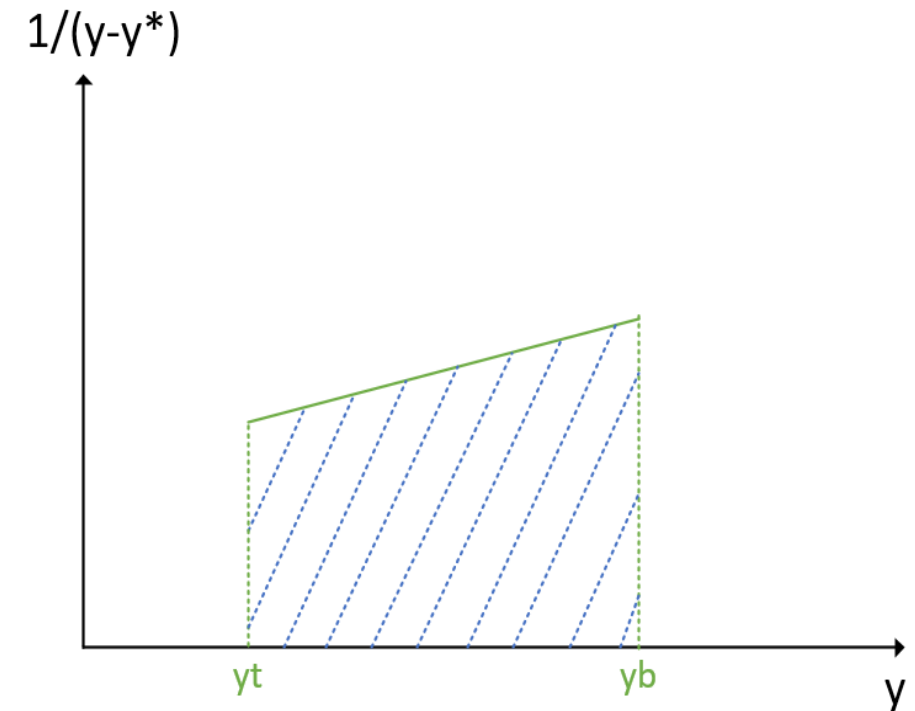


Resolución – N_{og} | Método Gráfico

$$N_{og} = \int_{y_B}^{y_T} \frac{dy}{y - y^*}$$



y	$f(y) = \frac{1}{y - y^*}$
y_B	$\frac{1}{y_B - m \cdot x_B}$
y_2	$\frac{1}{y_2 - m \cdot x(y_2)}$
...	...
y_T	$\frac{1}{y_T - m \cdot x_T}$



Resolución – N_{og} | Método Analítico

$$N_{og} = \int_{y_B}^{y_T} \frac{dy}{y - y^*} \xrightarrow{\text{Cambio de variables: de } y \text{ a } x} N_{og} = \int_{x_B}^{x_T} \frac{\frac{L}{G} \cdot dx}{y_B + \frac{L}{G} \cdot (x - x_B) - m \cdot x}$$

Equilibrio $\rightarrow y^* = m \cdot x$

Balance de masa:

$$y = y_B + \frac{L}{G} \cdot (x - x_B) \rightarrow dy = \frac{L}{G} \cdot dx$$



$$N_{og} = A \cdot \int_{x_B}^{x_T} \frac{dx}{m \cdot x + b}$$

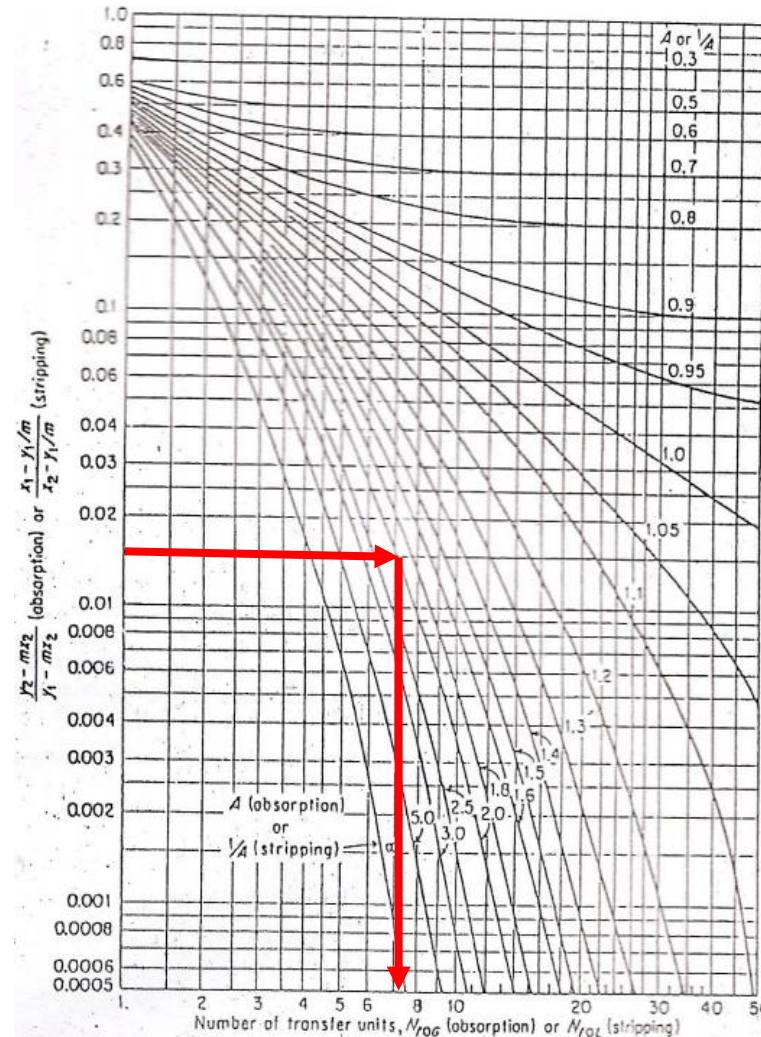
$N_{og} = 3,07$

Resolución – N_{og} | Gráfico de Colburn

$$N_{og} = \int_{y_B}^{y_T} \frac{dy}{y - y^*}$$

$$A = \frac{L}{m \cdot G}$$

$$\frac{y_T - m \cdot x_T}{y_B - m \cdot x_T}$$



Resolución – H_{og}

$$\int_0^Z dz = \frac{G}{K_Y \cdot a \cdot S} \cdot \int_{y_B}^{y_T} \frac{dy}{y - y^*}$$

$$H_{og} = \frac{G}{K_Y \cdot a \cdot S}$$

¿Qué herramientas tenemos?

Bibliografía

Tabla que depende del relleno

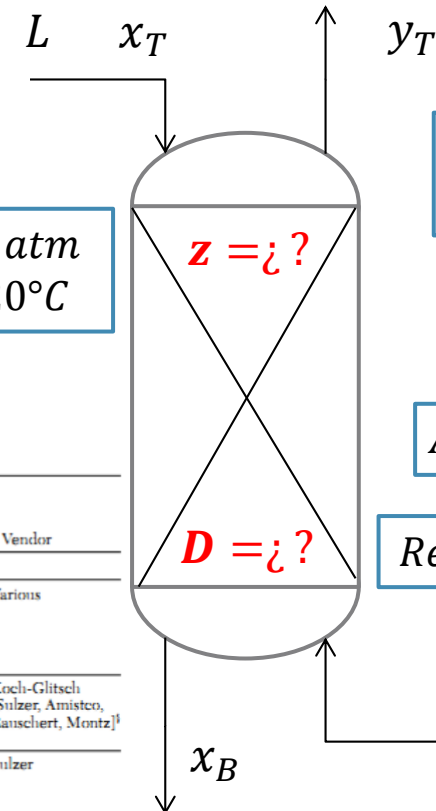
MASS TRANSFER 5-75

TABLE 5-28 Mass Transfer Correlations for Packed Two-Phase Contactors—Absorption, Distillation, Cooling Towers, and Extractors (Packing Is Inert)

Situation	Correlations	Comments E = Empirical, S = Semiempirical, T = Theoretical
A. Absorption, counter-current, liquid-phase coefficient H_L , Sherwood and Holloway correlation for random packings	$H_L = a_L \left(\frac{L}{\mu_L} \right)^{0.5} N_{Sc,L}^{0.33}$, $L = \text{lb/hr ft}^2$ $H_L = \frac{L_M}{k_{La}}$ $L_M = \text{lbmoles/hr ft}^2$, $k_{La} = \text{lbmoles/hr ft}^2$, $a = \text{ft}^2/\text{ft}^3$, μ_L in lb/(hr ft) . Ranges for 5-28-B (G and L) Packing a_c b c G L a_c n Raschig rings 3/8 inch 2.32 0.45 0.47 200-500 500-1500 0.00182 0.46 1 7.00 0.39 0.58 200-300 400-500 0.010 0.22 1 6.41 0.32 0.51 200-600 500-4500 — 2 3.82 0.41 0.45 200-800 500-4500 0.0125 0.22 Berl saddles 1/2 inch 32.4 0.30 0.74 200-700 500-1500 0.0067 0.28 1/2 0.811 0.30 0.24 200-800 400-4500 — 1 1.97 0.36 0.40 200-800 400-4500 0.0059 0.28 1.5 5.05 0.32 0.45 200-1000 400-4500 0.0062 0.28 Range for 5-28-A is $400 < L < 15,000 \text{ lb/hr ft}^2$	[E] From experiments on desorption of sparingly soluble gases from water. Graphs [Ref. 146], p. 606. Equation is dimensional. A typical value of n is 0.3 [Ref. 91] p. 633 has constants in kg, m, and s units for use in 5-28-A and B with k_G in kgmole/s m^2 and k_L in kgmole/s m^2 (kgmole/m^2). Constants for other packings are given by Refs. 121 p. 187 and 161, p. 239.
B. Absorption counter-current, gas-phase coefficient H_G , for random packing	$H_G = \frac{a_G(G)^{0.5} N_{Sc,G}^{0.33}}{(L)^T}$, $G = \text{lb/hr ft}^2$ $H_G = \frac{G_M}{k_{Ga}}$ $G_M = \text{lbmoles/hr ft}^2$, $k_{Ga} = \text{lbmoles/hr ft}^2$.	[E] Based on ammonia-water-air data in Fellingner's 1941 MIT thesis. Curves: Refs. 121, p. 186 and 146 p. 607. Constants given in 5-28-A. The equation is dimensional.

TABLE 14-13 Characteristics of Random Packings

Name	Size, mm, or no. (#)	Bed density,* kg/m ³	Area, m ² /m ³	% voids	Packing factor, m ⁻¹		Vendor
					Normal F_p^1	Dry F_{pd}^2	
Metals							
Pall rings (also Flexi-rings, Ballast rings, P-rings)	16	510	360	92	256	262	Various
	25	325	205	94	183	174	
	38	208	130	95	131	91	
	50	198	105	96	89	79	
	90	135	66	97	59	46	
Metal Intalox (IMTP) [also I-rings, AIHP, RSMR, MSR] ¹	25	224	207	97	134	141	Koch-Glitsch [Sulzer, Amisco, Rauschert, Montz] ²
	40	153	151	97	79	85	
	50	166	98	98	59	56	
	70	141	60	98	39	—	
Nutter rings	#0.7	177	226	98	—	128	Sulzer
	#1	179	168	98	98	89	
	#1.5	181	124	98	79	66	
	#2	144	96	98	59	56	
	#2.5	121	83	98	52	49	
	#3.0	133	66	98	43	36	
Raschig Super-ring	#0.5	275	250	98	—	—	Raschig
	#0.7	185	175	98	—	—	
	#1	220	160	98	82	—	
	#1.5	170	115	98	59	—	
	#2	155	98	99	49	—	
	#3	150	80	98	36	—	



$P = 1 \text{ atm}$
 $T = 20^\circ\text{C}$

$G \rightarrow L$
Absorción

$y^* = 2 \cdot x$

Anillos Rashig 1"

Recuperación = 90%

Resolución – H_{og}

¡A no olvidarse!

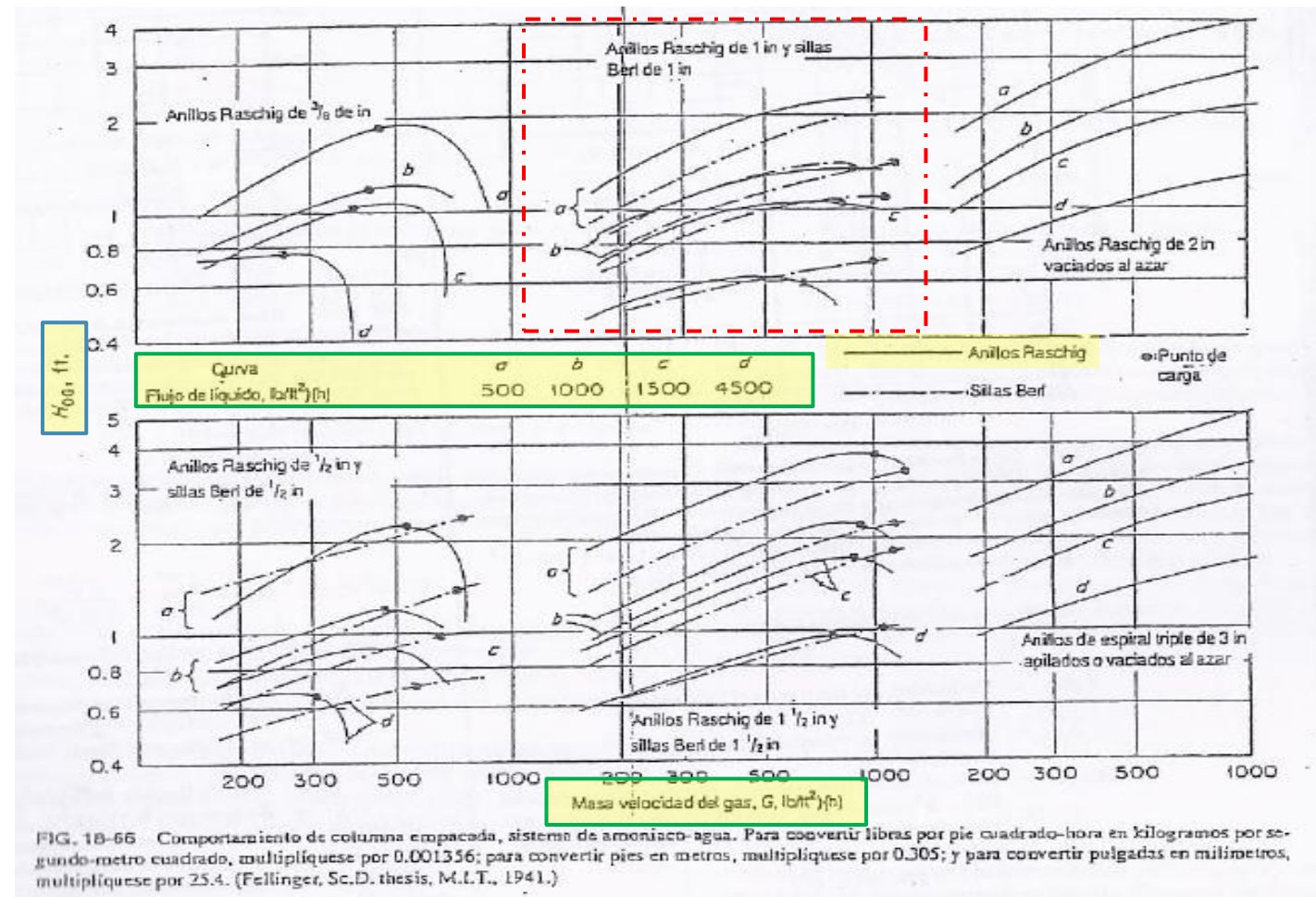
Entramos al gráfico correspondiente al relleno que se tiene con los caudales G y L , y leemos el valor de H_{og}

Para terminar...

$$H_{og} = \frac{G}{K_Y \cdot a \cdot S}$$

$$Z = H_{og} \cdot N_{og}$$

Obtenido por método gráfico, analítico o con Colburn





¿PREGUNTAS?