

Componentes:

- Paula Moreno López
- Francisco Nicolás Pibernat
- Marina Ortolá Lapiedra
- Ignacio Patiño Cantero
- Celia Pérez Guijarro: 76037206

1. Introducir los datos de salida del reactor obtenidos en la práctica de reactores o utilizar los datos determinados por el DNI (número sin letras) del responsable del grupo. Recortar y pasar al informe los datos de que se parte, indicando si son propios o asociados al DNI.

$$P_b := 1.2 \text{ atm}$$

$$T_{Gb} := 358 \text{ K} \quad (\text{Estimación de la temperatura de rocío de la mezcla})$$

$$n_{Gb} := \text{asignar_flujos_gas}(dni)$$

Componente	Flujo molar n_{Gb} (kmol/hr)
H2	22.525
N2	53.125
O2	5.72
CO2	10.75
CH2O	57.848
H2O	90.929
MeOH	2.185

Moles totales de gas a

$$n_{t_Gb} := \sum_i n_{Gb_i} = 243.08 \frac{\text{kmol}}{\text{hr}}$$

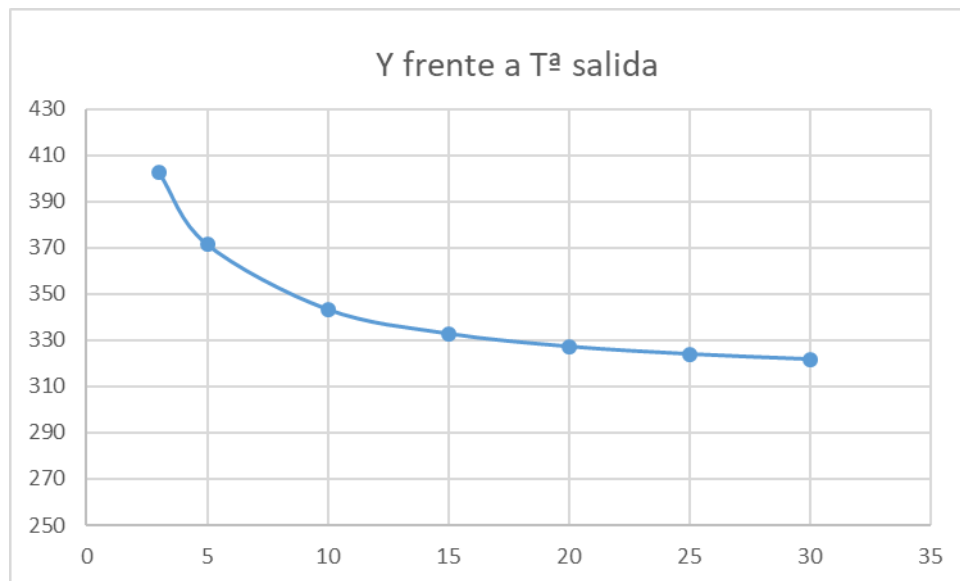
Flujos másicos:

$$m_{Gb} := (n_{Gb} \cdot M)$$

Componente	Flujo másico m_{Gb} (kg/hr)
H2	45.05
N2	1487.51
O2	183.05
CO2	472.98
CH2O	1736.96
H2O	1636.72
MeOH	70.01

2. Reajustar el parámetro $Y = (\text{moles recirculadas a cabeza}) / (\text{moles de producto})$ de la zona CORRIENTE LÍQUIDA ENTRANTE. Obsérvese que este influye sobre la temperatura de los gases y líquido de salida, comprobad la idoneidad de ésta. (Pasar resultados al informe y comentar, apuntar las cargas térmicas necesarias)

Y	Ts (K)	Nt_Lb (mol/s)
3	402,817	248,05
5	371,51	372,2
10	343,332	682,5
15	332,84	992,92
20	327,28	1,30E+03
25	324,02	1,60E+03
30	321,75	1,90E+03



Como se observa en el gráfico, la corriente líquida de entrada afecta a la temperatura de salida de manera que, cuantos más moles se recirculan por cabezas más disminuye la temperatura de los gases.

Al aumentar Y hasta 30, se logra una temperatura de 48,6 °C, valor óptimo y aceptable.

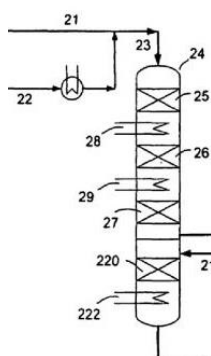


En el gráfico se puede observar la relación lineal entre el líquido de entrada y el de salida, a medida que se aumenta el primero, el segundo también.

3. Si no fuera posible alcanzar una temperatura de salida razonable, pensar en alguna forma de conseguirlo si es posible implementándola (pasar discusión al informe, si es posible con dibujo, en caso de calcular recortar y pasar los cálculos de Mathcad al informe, apuntar las cargas térmicas necesarias)

La temperatura alcanzada de 48,6 °C se encuentra dentro del límite de aceptación pero la cantidad de líquido de entrada necesaria para lograrla es inaceptable, no sería económico. Por ello se proponen dos métodos:

-Utilizar una torre fraccionada en varias secciones con intercambiadores de calor entre las secciones, como se muestra en la siguiente imagen:



-Emplear una camisa refrigerante por la torre con temperaturas inferiores a la de ebullición del agua.

4. Buscar información sobre la eliminación de los restos de formaldehído en los gases de salida y límites de emisión aceptables. En caso de no encontrarse otra opción, una posible es usar combustible para quemar los gases salientes. Estimar con datos de Internet el costo de esta opción. ¿Vale la pena replantearse el rendimiento de la absorción? Discutir en el informe.

Según el Reglamento (UE) 605/2014, de clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas, el formaldehído ha sido clasificado (inter alia) como una sustancia carcinogénica 1B y mutagénica 2, y por lo tanto tiene asignada la indicación de peligro H350 y H341. Esta clasificación se aplicará a partir del 1 de enero de 2016. Por tanto, el 1 de enero de 2017, toda actividad incluida en el ámbito de aplicación del Real Decreto 117/2003 y que use formaldehído, deberá cumplir con los valores de emisión del artículo 5 de dicho Real Decreto.

Para las sustancias y mezclas que liberan formaldehído se deberá aplicar la 10ª adaptación al progreso técnico y científico del Reglamento (CE) nº 1272/2008, del Parlamento Europeo y del Consejo, sobre clasificación, etiquetado y envasado de sustancias y mezclas. Según esta modificación, la clasificación como carcinógeno no tiene que aplicarse, si se puede demostrar que la concentración teórica máxima de formaldehído liberable, independientemente de la fuente, en la mezcla tal y como se comercializa es inferior al 0,1%. Aunque esta modificación del Reglamento está pendiente a fecha de hoy de publicación en el DOUE, el texto ya se ha votado en el Comité REACH de 26 de octubre de 2016 y se sabe que lo antedicho será aplicable a partir del 1 de junio de 2017. Por tanto, el 1 de junio de 2018, toda actividad incluida en el ámbito del

Real Decreto 117/2003, que use mezclas que liberen formaldehído y no pueda demostrar que la concentración teórica máxima de formaldehído liberable es inferior a 0,1%, deberá cumplir con los valores de emisión del artículo 5 del citado Real Decreto.

La composición de formaldehído en los gases de salida es de $7,1087 \cdot 10^{-5}$ (molar). Sabiendo que la composición máxima permitida es de $1 \cdot 10^{-3}$, se cumple con las restricciones.

Si se quisiera eliminar más formaldehído se podría quemar con una antorcha o purificar la corriente gaseosa mediante carbón activo.

5. Comprobar los módulos de Hatta. Derivar conclusiones al informe sobre si el tipo de torre es adecuado frente a una torre de platos.

El módulo de Hatta es la relación entre la velocidad de reacción química y la velocidad de difusión. Este módulo, por tanto, determina cuál es la etapa controlante del proceso y con ello, cuál será la configuración más adecuada de la torre para llevar a cabo absorción.

En este caso, el módulo de Hatta en ambas partes de la torre (superior e inferior) es mucho mayor a 2 por lo que la velocidad de reacción es muy superior a la velocidad de difusión en el líquido. Por lo tanto, para favorecer la absorción hay que aumentar el área interfacial entre el gas y el líquido de manera que se favorezca el contacto entre las fases. Por ello, se empleará una columna de relleno.

6. Pasar al informe la altura de torre obtenida ¿Ha sido posible encontrar en Internet alguna referencia donde aparezca la altura de una torre de una instalación existente?

En nuestro caso, la altura de la torre obtenida es de 12.686 metros, como se muestra en la siguiente captura de Mathcad:

Cálculo de la altura del absorbedor

$$S_t := \frac{\pi \cdot d_{int}^2}{4} \quad P_t := \frac{P_a + P_b}{2} \quad d_{int} = 6 \cdot ft \quad d_{int} = 1.829 \cdot m$$

$$HUT := \frac{\left(\frac{m_t \cdot Gb}{S_t} \right)}{k'_{t_CH2O_Gb} \cdot a \cdot P_t} = 1.563 \cdot m$$

Absorción con reacción química

$$NUT := \ln \left(\frac{y_b}{y_a} \right) = 8.116$$

$$Z_t := HUT \cdot NUT = 12.686 \cdot m$$

El dato es razonable ya que las torres de relleno se diseñan con una altura que oscila de 1 a 24 metros.

Información obtenida a partir de la siguiente página web:

<https://idoc.pub/documents/idocpub-3no7vvmk3xld#:~:text=Las%20torres%20rellenas%20usadas%20como%20absorbedores%20no%20son,las%20torres%20mu%20y%20altas%20son%20poco%20eficientes>

- 7. Estimar el coste de la torre de absorción. Si es posible comparar dos vías diferentes (en el apartado recursos se dispone de información). Si se utiliza un programa en Web hacer copia de la pantalla donde éste se llama.**

Utilizando la página web <http://www.mhhe.com/engcs/chemical/peters/data/ce.html> se estima el coste de la torre de relleno. En él se selecciona el equipo, el material de la torre y torres de bandeja de cribado. Después se añade diámetro de columna (se introducen 2m, porque debe ser un poco superior), de número de equipos 1 y de número de platos 24, puesto que hay 12 pero están separados 0,5m y de esta manera sería un valor del coste más real.

[Agitators](#)

[Autoclaves](#)

[Bayonet heaters](#)

[Blenders](#)

- [Double Cone](#)
- [Ribbon](#)
- [Rotary](#)
- [Twin-shell](#)

[Blowers](#)

[Centrifuges](#)

[Chutes & Gates](#)

[Columns](#)

[Column Connections](#)

Purchased cost of columns and towers

15-10

Costs are for shell with two heads and skirt, but without trays, packing or connections

[316 Stainless steel](#)

[304 Stainless steel](#)

[Carbon steel](#)

Purchased cost of vertical columns

15-11

Diameter, m

[4](#)

[3](#)

[2](#)

[1](#)

[0.5](#)

Purchased cost of distillation columns including installation and auxiliaries

15-15

Bubble-plate towers

[Stainless steel](#)

[Copper](#)

[Carbon steel](#)

Steel shell, stainless-steel trays

[Sieve tray towers](#)

[Turbogrid tray towers](#)

column_diameter,_m =

Equipment number =

Number of trays: ×

Purchased cost of columns and towers

15-10

Costs are for shell with two heads and skirt, but without trays, packing or connections

[316 Stainless steel](#)

[304 Stainless steel](#)

[Carbon steel](#)

Purchased cost of vertical columns

15-11

Diameter, m

[4](#)

[3](#)

[2](#)

[1](#)

[0.5](#)

Purchased cost of distillation columns including installation and auxiliaries

15-15

Bubble-plate towers

[Stainless steel](#)

[Copper](#)

[Carbon steel](#)

Steel shell, stainless-steel trays

[Sieve tray towers](#)

[Turbogrid tray towers](#)

column_diameter_m = 2

Cost = \$ 114142

$$Coste_{TORRE_{2020}} = \frac{coste_{2002} * CEI_{2020}}{CEI_{2002}} = \frac{114142 * 585.6}{390.4} = 171213\$ = 144246€$$

Una vez que se han calculado los costes de la carcasa de la torre (+platos) se halla el coste del relleno:

$$V_{relleno} := Z_t \cdot S_t = 33.324 \cdot m^3$$

$$m_{relleno} := V_{relleno} \cdot W = 21.771 \cdot ton$$

<https://www.made-in-china.com/products-search/hot-china-products/Ra>

€ := coul

$$Precio := 1000 \cdot \frac{€}{ton}$$

$$Coste_{relleno} := m_{relleno} \cdot Precio = 2.177 \times 10^4 \cdot €$$

Coste total= coste_{relleno} + coste_{torre}=21770 + 144246=166016€

- 8. Reflexionar qué implicación puede tener la decisión de trabajar a diferente conversión de metanol a formaldehído en el reactor sobre el coste del proceso de separación y si es posible sobre el coste global.**

Si disminuye la conversión de formaldehído aumenta la conversión de metanol, si se llega a un porcentaje del 10-20% de metanol, no podría comercializarse por lo que a la salida de la torre de absorción se tendría que colocar un destilador. Esto implicaría un aumento de los costes en de separación del proceso

9. APARTADO ESPECÍFICO PARA CADA GRUPO

Al disminuir el tamaño de los anillos Raschig a 1,5 pulgadas, se observa como la altura de la torre disminuye de 12.68 a 10.15 metros. Esto se debe a que la torre queda más empaquetada. La ventaja es que el coste de adquisición de la torre disminuiría pero por contra aumentarían las pérdidas de carga, por lo que aumentarían los costes de operación.