

PEC del Bloque 2

Actividad 2.2

Enunciado

Realizar el balance de materia para el proceso completo y los balances de materia y energía necesarios para el diseño de una columna de destilación para la separación de n- e isobutiraldehído, según los requerimientos del proyecto propuesto en el apéndice F.1 de la bibliografía básica “**Etilhexanol a partir de Propileno y de Gas de Síntesis**” (página 1173). Estimar el número teórico de etapas ideales y los requerimientos energéticos relacionados con el calor a retirar en el condensador y a suministrar en el calderín.

Incorporar los resultados obtenidos en el diagrama de bloques dibujado en la Actividad 2.1.

Instrucciones

Para la resolución de esta actividad se recomienda la consulta de los capítulos 2 y 3, y de los ejemplos ilustrados en las figuras 4.1, 4.2, 4.2A y 4.3 del capítulo 4 del texto base (“Diseño en Ingeniería Química”), y los Temas 1 y 4 de la Unidad Didáctica de la asignatura Operaciones Unitarias y Reactores Químicos, de 3º del Grado en Química de la UNED.

A continuación se detallan las instrucciones para la realización de cada uno de los apartados de esta actividad:

BALANCE DE MATERIA DEL PROCESO COMPLETO

En las tablas 2.2.1, 2.2.2 y 2.2.3 se deben introducir los resultados obtenidos de los balances de materia para los diferentes reactores y los resultados obtenidos de los balances de materia relacionados con las operaciones de separación gas-líquido y las destilaciones descritas en el proyecto. Así, se han de incluir los datos para las corrientes asociadas al primer separador gas-líquido que trabaja a 30 bares (SGL1), al segundo separador gas-líquido a presión atmosférica (SGL2), al primer destilador utilizado para separar los isobutiraldehídos de los butanoles (DES1) y al segundo destilador utilizado para separar el n-butiraldehído del isobutiraldehído (DES2).

En las siguientes etapas hay que tener en cuenta algunas cuestiones adicionales a las descritas en el proyecto propuesto:

Reactor de hidroformilación

- Considerar que la relación molar 2:1 gas de síntesis:propileno se cumple para la relación molar H_2 :Propileno
- Suponer que el peso molecular de las fracciones pesadas es de 300 kg/kmol y proceden exclusivamente de propileno reaccionado.
- Suponer que la conversión del propileno hacia los butiraldehídos es del 95%, siendo la conversión a propano de un 3%.

Reactor de craqueo

- Considerar que el 80% de rendimiento supone una conversión del 80% tanto del isobutiraldehído como el n-butiraldehído introducidos en el reactor de craqueo.

Primer separador gas-líquido (SGL1)

- Para poder determinar las cantidades disueltas de compuestos más volátiles (propileno, propano, CO e H₂) de acuerdo a la tabla de solubilidades dada en la página 1175 del texto base, en este separador, es necesario conocer previamente las cantidades de aldehídos, alcoholes y fracciones pesadas producidas en el reactor de hidroformilación, en kg, de acuerdo a la cantidad prevista a producir de Etilhexanol según el proyecto propuesto.

Tabla 2.2.1

Datos de las corrientes (kmol/h) de alimentación al proceso (A), entrada (E_{HF}) y salida (S_{HF}) del reactor del Hidroformilación, y salida gaseosa (SG) y líquida (SL) de los separadores gas-líquido.

Reactivos	Hidroformilación			SGL1			SGL2		
	A	E _{HF}	S _{HF}	E _{SGL1}	SG _{SGL1}	SL _{SGL1}	E _{SGL2}	SG _{SGL2}	SL _{SGL2}
Propileno									
Propano									
CO									
H ₂									
CH ₄									
N ₂									
n-Butiraldehído									
Isobutiraldehído									
n-Butanol									
Isobutanol									
Fracc. pesadas									
2-Etilhexanal									
2-Etilhexanol									
Total									

Tabla 2.2.2

Datos las corrientes (kmol/h) de alimentación (F), destilado (D) y fondos (B) de los sistemas de destilación.

Reactivos	DES1			DES2		
	F ₁	D ₁	B ₁	F ₂	D ₂	B ₂
Propileno						
Propano						
CO						
H ₂						
CH ₄						
N ₂						
n-Butiraldehído						
Isobutiraldehído						
n-Butanol						
Isobutanol						
Fracc. pesadas						
2-Etilhexanal						
2-Etilhexanol						
Total						

Tabla 2.2.3

Datos de las corrientes (kmol/h) de entrada al reactor (E), salida del reactor (S) y reciclado (R) en los reactores de Craqueo, Condensación Aldólica y Reducción.

Reactivos	Craqueo			Cond. Aldólica		Reducción	
	E _{CQ}	R _{CQ}	S _{CQ}	E _{CA}	S _{CA}	E _{Red}	S _{Red}
Propileno							
Propano							
CO							
H ₂							
CH ₄							
N ₂							
n-Butiraldehído							
Isobutiraldehído							
n-Butanol							
Isobutanol							
Fracc. pesadas							
2-Etilhexanal							
2-Etilhexanol							
Total							

BALANCES DE MATERIA Y ENERGÍA DE LA COLUMNA DE DESTILACIÓN DE BUTIRALDEHÍDOS. NÚMERO TEÓRICO DE ETAPAS IDEALES.

Para estimar el número teórico de etapas ideales y los requerimientos energéticos relacionados con el calor a retirar en el condensador y a suministrar en el calderín del segundo destilador utilizado para separar el n-butiraldehído del isobutiraldehído (DES2), es necesario tener en cuenta las siguientes cuestiones adicionales a las descritas en el proyecto propuesto:

1. Asumir que el condensador es total y utilizar una razón de reflujo 10 veces mayor que la razón de reflujo mínima ($R_D = 10 \cdot R_{Dmin}$).
2. Realizar los cálculos considerando que la alimentación entra en la columna como líquido a su temperatura de ebullición.
3. Construir el diagrama de equilibrio y el esquema de las etapas de equilibrio determinadas gráficamente por el método de M. Cabe-Thiele, cuya descripción se puede encontrar en el Tema 4 de la Unidad Didáctica de la asignatura Operaciones Unitarias y Reactores Químicos, de 3º del Grado en Química de la UNED.
4. Estimar los requerimientos energéticos, en J/min, relacionados con el calor a retirar en el condensador (q_D) y el calor a aportar en el calderín (q_B) para mantener las condiciones de equilibrio en la zona de agotamiento. En este caso es necesario determinar la entalpías (J/mol) de las corrientes de alimentación (h_F), destilado ($h_0 = h_D$), fondos (h_B) y la corriente de vapor de salida de la primera etapa de equilibrio (H_1).

En el documento con la resolución de la actividad se debe adjuntar la tabla 2.2.4 completada, el diagrama de equilibrio y el esquema de las etapas de equilibrio determinadas gráficamente por el método de M. Cabe-Thiele, junto con un resumen de los cálculos realizados.

DATOS:

Presión de trabajo de la columna: 760 mmHg

Ley de Antoine: $\ln p = A - (B/T+C)$; p en mmHg; T en K.

	A	B	C
n-Butiraldehído	16.1668	2839.09	-50.15
Isobutiraldehído	15.9888	2676.98	-51.15

Calores latentes:

n-Butiraldehído a 347.95 K	31527 J/mol
Isobutiraldehído a 336.95 K	31401 J/mol

Calores específicos a presión constante para vapores en función de la temperatura (J/mol K):

$C_{p_v} = A + BT + CT^2 + DT^3$	J/(mol·K)			
	A	B	C	D
n-Butiraldehído	-14.080	$34.570 \cdot 10^{-2}$	$-1.723 \cdot 10^{-4}$	$28.872 \cdot 10^{-9}$
Isobutiraldehído	-24.463	$33.557 \cdot 10^{-2}$	$-2.057 \cdot 10^{-4}$	$63.861 \cdot 10^{-9}$

Calores específicos a presión constante para líquidos (J/mol K):

n-Butiraldehído 151 J/mol·K
 Isobutiraldehído 148 J/mol·K

Tabla 2.2.4

Datos sobre las etapas de equilibrio y los requerimientos energéticos de las diferentes corrientes de la columna de butiraldehídos.

h_F (J/mol)	
H_1 (J/mol)	
h_D (J/mol)	
q_D (J/min)	
Q_D (J/mol)	
h_B (J/mol)	
q_B (J/min)	
Q_B (J/mol)	
Nº Etapas teóricas de equilibrio	
Etapas de Alimentación	