

Examen Febrero 2021**Cálculo preliminar**

A los efectos de los enunciados de esta prueba considere que:

X = último dígito de su documento de identidad (después del guion) + 1

Z = los 4 primeros números de la cédula

(Ejemplo: si su número de cédula es 1.234.567-8 entonces $X = 8 + 1 = 9$ y $Z = 1.234$)

El examen consta de 5 "Preguntas":

Pregunta 1

Se le pregunta si Ud. adhiere al código de ética que se le propone. Deberá aceptar. Si no adhiere al código de ética no se considerará válida la prueba.

Esta pregunta no otorga ningún punto.

Las "Preguntas 2 a 5" son las preguntas específicas de este examen. Para presentar las respuestas a estas preguntas será necesario que Ud. escriba sus razonamientos, fundamentación y cálculos relevantes de forma manuscrita, con letra clara y con buena definición, en hojas independientes a la resolución de otras preguntas. Y anexar un archivo digital de alguna de las extensiones previstas en los espacios previstos en cada Pregunta en la actividad en EVA.

Pregunta 2 - Otorga hasta 25 pts

María es dueña de una fábrica que contrata a una empresa de fletes para el reparto de sus productos pero está pensando en comprar un vehículo para usarlo para ese fin y reducir costos. A María le ofrecieron un camión usado a un precio de 40.000 dólares. Su mecánico de confianza, le dijo que el camión está en precio, pero le advirtió que para el uso que le va a dar deberá asumir que al cabo de 4 años el camión ya no servirá para la tarea y que no será posible recuperar nada del dinero invertido.

Los costos anuales de operar y mantener el camión se estiman en Z dólares en los años 1 y 2, y $Z + 1.000$ dólares en los años 3 y 4. El ahorro que se lograría por la sustitución de fletes sería de 21.000 dólares cada año. María sólo dispone de 30.000 dólares propios pero podría obtener los 10.000 dólares restantes con un préstamo bancario en las siguientes condiciones:

plazo del préstamo: 4 años.

devolución del capital: todo junto al final del 4 año.

intereses: $(5 + X)$ % anual sobre el capital prestado pagaderos al final de cada año.

Sabiendo que la inversión se amortizaría en 4 años de forma lineal, que la tasa de impuesto a la renta es 25% y que la tasa de costo capital es 10%, calcule el VAN para la inversión y diga si ésta resultará conveniente desde el punto de vista financiero.

Pregunta 3 - Otorga hasta 50 pts

Para obtener fenol (F) industrialmente a partir de benceno (B), primero se obtiene clorobenceno (CB) y finalmente éste se hidroliza sobre catalizador para obtener F.

El clorobenceno se obtiene haciendo reaccionar benceno (B) y cloruro de hidrógeno según la siguiente reacción:



Junto con esta reacción ocurre otra reacción colateral indeseada, que da como producto diclorobenceno (DCB) según:

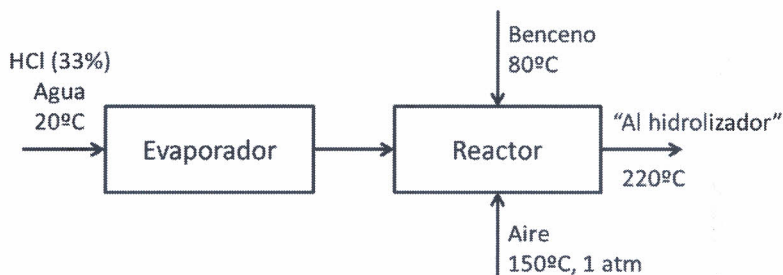


Como fuente de HCl se dispone de una corriente líquida de HCl en agua, que se alimenta a razón de 1.820 kg/h, a 20°C y tiene una concentración de HCl de 33% en peso.

Antes de ingresar al reactor, la solución de HCl se pasa por un Evaporador donde se evapora completamente para que HCl y Agua ingresen al reactor como gases. La energía requerida para la evaporación se obtiene por intercambio de calor con una corriente de 1.860 kg/h de vapor de agua saturado, que sale del evaporador como agua líquida saturada a la misma presión que ingresa al evaporador.

La corriente gaseosa que sale del evaporador ingresa a un reactor donde además se alimentan 800 kg/h de benceno gaseoso a 80°C y $Z \text{ m}^3/\text{h}$ de aire a 150°C y 1 atm.

El siguiente esquema representa el diagrama de flujos del proceso en cuestión:



Dentro del reactor ocurren las reacciones I y II presentadas arriba con las siguientes condiciones:

- Un **X** % del benceno pasa por el reactor sin reaccionar.
- Del benceno que reacciona, un 10% lo hace a través de la reacción indeseada II
- El reactor intercambia calor con una camisa que lo mantiene a la temperatura óptima de reacción, 220°C.

- Calcule la composición molar de la corriente de salida del reactor.
- Calcule el flujo de calor que es necesario intercambiar en la camisa del reactor para mantener la temperatura de operación a 220°C. ¿Es necesario suministrar o retirar calor al reactor?

Datos:

Considere que el aire se comporta como gas ideal y tiene una composición molar de 21% de O_2 y 79% de N_2 . Su volumen molar a 1 atm y $0^\circ C$ es $22,4 \text{ m}^3/\text{kmol}$.

Entalpía de vaporización de la solución de HCl que se alimenta al reactor (a la temperatura a la que se alimenta al reactor): 1.960 kJ/kg

Entalpía de vaporización del agua en las condiciones del vapor alimentado al evaporador: 2.260 kJ/kg

Considere despreciable la variación de entalpía por la dilución de HCl en el evaporador.

Sustancia	PM (g/mol)	Cp (*)	Unidades de Cp	Calor de formación a $25^\circ C$ (ΔH°) (kJ/mol)
HCl	36	4,18	kJ/kg. $^\circ C$	-92,3
H ₂ O	18	4,18	kJ/kg. $^\circ C$	-241,8
Benceno (B)	78	11,3	kJ/kmol.K	82,9
Clorobenceno (CB)	112	11,3	kJ/kmol.K	52,6
Diclorobenceno (DCB)	147	11,3	kJ/kmol.K	24,6
N ₂	28	29,1	kJ/kmol.K	
O ₂	32	29,4	kJ/kmol.K	
Aire		29,2	kJ/kmol.K	

(*) Para simplificar los cálculos, considere que para cada sustancia el valor de Cp de la fase líquida y de la fase gaseosa son iguales.

Pregunta 4- Otorga hasta 13 pts

En relación con el problema anterior, esquematice un posible equipo para lograr la evaporación de la corriente acuosa de HCl, permitiendo el intercambio de calor entre dicha corriente y la de vapor de agua, para asegurar que sólo entran gases al reactor.

Pregunta 5 - Otorga hasta 12 pts

Los procesos de transformación pueden ser diseñados como procesos por lotes (batch) o como procesos continuos. En ocasiones se prefiere un tipo, y en otras ocasiones, se prefiere el otro. Liste factores a tomar en cuenta a la hora del diseño para optar por un proceso por lotes o por un proceso continuo. Para cada uno de los factores que Ud. cite, diga a cuál de los dos tipos de proceso favorece y por qué. Para presentar su respuesta, exponga cada factor y su fundamentación en párrafos separados, y numerados consecutivamente.

Examen Febrero 2021 - Introducción a la Ingeniería Química y de Procesos (Q59)

Resolución

Pregunta 2

CI	1234567-8
Último dígito	8
4 primeros dígitos	1234
X	9
Z	1234



Inversión 40000 USD

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Costos (USD)	1234	1234	2234	2234

Ahorro 21000 USD

Capital propio 30000 USD

Préstamo 10000 USD

Plazo 4 pagadero al final

Intereses 14% anuales

TCC 10%

Estado de Resultados

	1	2	3	4
Ahorro	21000	21000	21000	21000
Costos	-1234	-1234	-2234	-2234
Amortización	-10000	-10000	-10000	-10000
Intereses	-1400	-1400	-1400	-1400
UN antes de impuestos	8366	8366	7366	7366
Impuestos	2091,5	2091,5	1841,5	1841,5

Flujo de Fondos

	0	1	2	3	4
Ahorro		21000	21000	21000	21000
Costos		-1234	-1234	-2234	-2234
Intereses		-1400	-1400	-1400	-1400
Impuestos		-2091,5	-2091,5	-1841,5	-1841,5
Inversión	-40000				
Préstamo	10000				-10000
FN	-30000	16274,5	16274,5	15524,5	5524,5
VA	-30000	14795	13450	11664	3773
VAN	13682				

Resultado: VAN = 13.682 USD, la inversión es conveniente.

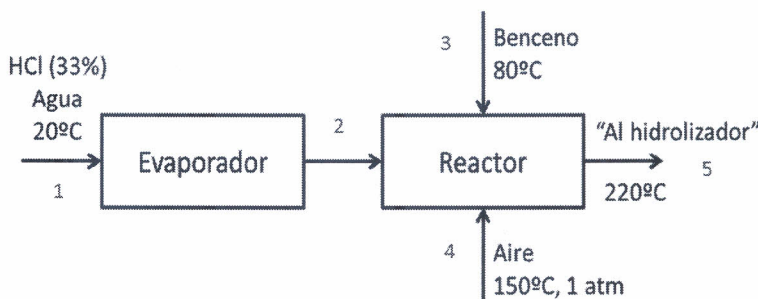
Pregunta 3

El ejercicio se resolvió usando los parámetros correspondientes a la C.I.: 1.234.567-8:

Flujo volumétrico de aire = $Z \text{ m}^3/\text{h} = 1234 \text{ m}^3/\text{h}$

Benceno sin reaccionar en el reactor = $X \% = 9\% \rightarrow$ Conversión total de B en el reactor = 91%

Parte a.



$$n_{1,HCl} = \frac{1820 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * 0,33 \frac{\text{kgHCl}}{\text{kg}}}{PM_{HCl} \text{ kg/kmol}} = 16,68 \text{ kmol/h}$$

$$n_{1,H_2O} = \frac{1820 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * (1 - 0,33) \frac{\text{kgH}_2\text{O}}{\text{kg}}}{PM_{H_2O} \text{ kg/kmol}} = 67,74 \text{ kmol/h}$$

$$m_3 = 800 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \leftrightarrow 10,26 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} = n_3$$

Aire se comporta como gas ideal. Por lo tanto, el volumen molar a 150°C (condiciones de ingreso al reactor):

$$V(150^\circ\text{C}) = V(0^\circ\text{C}) * \frac{(150 + 273)}{273} = 22,4 * \left(\frac{423}{273}\right) = 34,7 \text{ m}^3/\text{kmol}$$

$$m_4 = \frac{1234 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}}{34,7 \frac{\text{m}^3}{\text{kmol}}} = 35,6 \text{ kmol/h}$$

$$C_B(\text{consumo de B total en el sistema}) = m_3 * 0,91 = 9,33 \text{ kmol/h}$$

$$C_{B,I}(\text{consumo de B por la reacción I}) = m_3 * 0,91 * 0,9 = 8,40 \text{ kmol/h}$$

$$C_{B,II}(\text{consumo de B por la reacción II}) = m_3 * 0,91 * 0,1 = 0,933 \text{ kmol/h}$$

Balance de moles en todo el sistema

B: $n_{5,B} = n_3 - C_B = 0,923 \text{ kmol/h}$

CB: $n_{5,CB} = C_{B,I} = 8,40 \text{ kmol/h}$



DCB: $n_{5,DCB} = C_{B,II} = 0,933 \text{ kmol/h}$

HCl: $n_{5,HCl} = n_{1,HCl} - C_{B,I} - C_{B,II} * 1/2 = 6,42 \text{ kmol/h}$

H₂O: $n_{5,H2O} = n_{1,H2O} + C_{B,I} + C_{B,II} * \frac{1}{2} = 78,0 \text{ kmol/h}$

O₂: $n_{5,O2} = n_4 * 0,21 - C_{B,I} * \frac{1}{2} - C_{B,II} = 2,34 \text{ kmol/h}$

N₂: $n_{5,N2} = n_4 * 0,79 = 28,1 \text{ kmol/h}$

$$n_5 = \sum_i n_{5,i} = 125,1 \frac{\text{kmol}}{\text{h}} = 100\%$$

Corriente de salida del reactor (Corriente 5):

Componente	Flujo molar (kmol/h)	Composición molar (%)
B	0,92	0,74
CB	8,40	6,71
DCB	0,93	0,75
HCl	6,42	5,13
O ₂	2,34	1,87
N ₂	28,1	22,5
H ₂ O	78,0	62,3

Parte b.

Balance de Energía en el Evaporador

$$m_1 * (Cp_{HCl} * (T_{ref} - T1) + \Delta H_{vap,HCl,T_{ref}} + Cp_{HCl} * (T2 - T_{ref})) = m_{vap} * + \Delta H_{cond,vap}$$

$$1820 * 4,18 * (T2 - 20) + 1820 * 1960 = 1860 * 2260$$

$$T2 = 104^\circ\text{C}$$

Balance de Energía en el Reactor

$$\Delta H_{tot} = Q$$

LEY DE HESS:

$\Delta H1$: Variación de entalpía correspondiente a bajar la temperatura de cada reactivo desde su temperatura de entrada hasta 25°C.

$$\begin{aligned} \Delta H1 &= m_2 * Cp_{HCl} * (25 - T2) + n_3 * Cp_B * (25 - 80) + n_4 * Cp_{aire} * (25 - 150) \\ &= -734.590 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \end{aligned}$$

$\Delta H2$: Variación de entalpía correspondiente a la reacción I

$$\Delta H2 = (Hf_{CB} + Hf_{H2O} - Hf_B - Hf_{HCl}) * C_{B,I} * 1000 = -1.510.320 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

$\Delta H3$: Variación de entalpía correspondiente a la reacción II

$$\Delta H3 = (Hf_{DCB} + 2 * Hf_{H2O} - Hf_B - 2 * Hf_{HCl}) * C_{B,II} * 1000 = -333.480 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

ΔH_4 : Variación de entalpía de elevar la temperatura de productos y reactivos sin reacción desde 25°C a la temperatura de salida del sistema.

$$\Delta H_4 = \sum_i n_{5,i} * C_{p_i} * (220 - 25) = 1.528.794 \text{ kJ/h}$$

*para el caso del HCl y H₂O cuyos Cp están expresados en kJ/kg°C, no olvidar multiplicar los flujos molares por los pesos moleculares para ser consistentes con las unidades del balance.

$$\Delta H_{tot} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \Delta H_4 = Q = -1,05E6 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

El calor es retirado del reactor.