



CUADERNILLO DE PREGUNTAS

Módulo de diseño procesos industriales

Saber Pro

Presidente de la República
Iván Duque Márquez

Ministra de Educación Nacional
María Victoria Angulo González

Viceministro de Educación Superior
Luis Fernando Pérez Pérez

Publicación del Instituto Colombiano para la
Evaluación de la Educación (Icfes)
© Icfes, 2018.
Todos los derechos de autor reservados.

Gestor del módulo
Óscar Libardo Lombana Charfuelán

Edición
Juan Camilo Gómez Barrera

Diseño de portada
Diana Téllez Martínez

Portada
Foto de @bookzv (2018). Portafolio en www.freepik.es/fotos-premium/grupo-silos-petroquimicos-fabrica_2148011.htm

Diagramación
Linda Nathaly Sarmiento

Directora General
María Figueroa Cahnspeyer

Secretaria General
Liliam Amparo Cubillos Vargas

Directora de Evaluación
Natalia González Gómez

Director de Producción y Operaciones
Mateo Ramírez Villaneda

Director de Tecnología
Felipe Guzmán Ramírez

Oficina Asesora de Comunicaciones y Mercadeo
María Paula Vernaza Díaz

Oficina Gestión de Proyectos de Investigación
Luis Eduardo Jaramillo Flechas

Subdirectora de Producción de Instrumentos
Nubia Rocío Sánchez Martínez

Subdirector de Diseño de Instrumentos
Luis Javier Toro Baquero

Subdirector de Estadísticas
Jorge Mario Carrasco Ortiz

Subdirectora de Análisis y Divulgación
Ana María Restrepo Sáenz

ISBN de la versión digital: 978-958-11-1074-2

Bogotá, D. C., diciembre de 2018



ADVERTENCIA

Todo el contenido es propiedad exclusiva y reservada del Icfes y es el resultado de investigaciones y obras protegidas por la legislación nacional e internacional. No se autoriza su reproducción, utilización ni explotación a ningún tercero. Solo se autoriza su uso para fines exclusivamente académicos. Esta información no podrá ser alterada, modificada o enmendada.

TÉRMINOS Y CONDICIONES DE USO PARA PUBLICACIONES Y OBRAS DE PROPIEDAD DEL ICFES

El Instituto Colombiano para la Evaluación de la Educación (Icfes) pone a la disposición de la comunidad educativa y del público en general, **DE FORMA GRATUITA Y LIBRE DE CUALQUIER CARGO**, un conjunto de publicaciones a través de su portal www.icfes.gov.co. Estos materiales y documentos están normados por la presente política, y están protegidos por derechos de propiedad intelectual y derechos de autor a favor del Icfes. Si tiene conocimiento de alguna utilización contraria a lo establecido en estas condiciones de uso, por favor infórmenos al correo prensaicfes@icfes.gov.co.

Queda prohibido el uso o publicación total o parcial de este material con fines de lucro. **Únicamente está autorizado su uso para fines académicos e investigativos.** Ninguna persona, natural o jurídica, nacional o internacional, podrá vender, distribuir, alquilar, reproducir, transformar*, promocionar o realizar acción alguna de la cual se lucre directa o indirectamente con este material. Esta publicación cuenta con el registro ISSN (International Standard Book Number, o Número Normalizado Internacional para Libros) que facilita la identificación no solo de cada título, sino de la autoría, de la edición, del editor y del país en donde se edita.

En todo caso, cuando se haga uso parcial o total de los contenidos de esta publicación del Icfes, el usuario deberá consignar o hacer referencia a los créditos institucionales del Icfes respetando los derechos de cita; es decir, se podrán utilizar con los fines aquí previstos transcribiendo los pasajes necesarios, citando siempre la fuente de autor; lo anterior siempre que estos no sean tantos y seguidos que razonadamente puedan considerarse una reproducción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del Icfes.

Asimismo, los logotipos institucionales son marcas registradas y de propiedad exclusiva del Icfes. Por tanto, los terceros no podrán usar las marcas de propiedad del Icfes con signos idénticos o similares respecto a cualesquiera productos o servicios prestados por esta entidad, cuando su uso pueda causar confusión. En todo caso, queda prohibido su uso sin previa autorización expresa del Icfes. La infracción de estos derechos se perseguirá civil y, en su caso, penalmente, de acuerdo con las leyes nacionales y tratados internacionales aplicables.

El Icfes realizará cambios o revisiones periódicas a los presentes términos de uso, y los actualizará en esta publicación.

El Icfes adelantará las acciones legales pertinentes por cualquier violación a estas políticas y condiciones de uso.

* La transformación es la modificación de la obra a través de la creación de adaptaciones, traducciones, compilaciones, actualizaciones, revisiones, y, en general, cualquier modificación que de la obra se pueda realizar, generando que la nueva obra resultante se constituya en una obra derivada protegida por el derecho de autor, con la única diferencia respecto a las obras originales que aquellas requieren para su realización de la autorización expresa del autor o propietario para adaptar, traducir, compilar, etcétera. En este caso, el Icfes prohíbe la transformación de esta publicación.

¿Qué contiene este cuadernillo?

Este es un cuadernillo con preguntas del Módulo de diseño de procesos industriales de Saber Pro que fueron utilizadas en exámenes anteriores. Estas serán útiles para familiarizarte y conocer aún más la prueba. Al final del documento encontrarás las respuestas correctas de cada una de las preguntas.

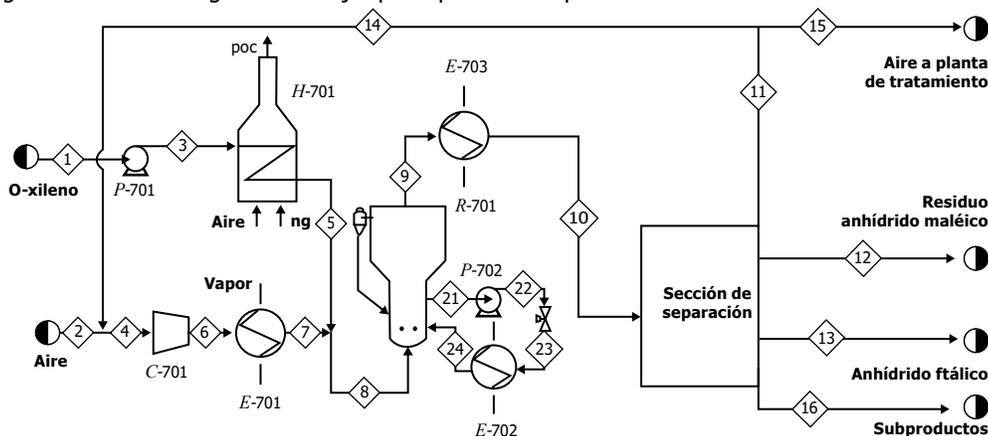
¡Recuerda!

Los exámenes Saber evalúan competencias, por tanto, en las preguntas encontrarás una situación (que debes tratar de entender) en la que tendrás que aplicar tus conocimientos para tomar decisiones y elegir la mejor respuesta.

RESPONDA LAS PREGUNTAS 1 A 8 DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE INFORMACIÓN

Una de las tecnologías que se emplean actualmente para la producción de anhídrido ftálico es la oxidación parcial de o-xileno. La importancia mundial de este anhídrido radica en su uso como materia prima para la fabricación de plastificantes usados en la industria del PVC.

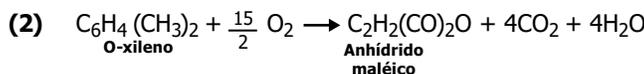
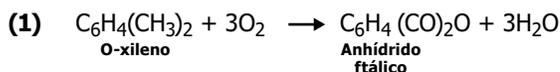
La figura muestra el diagrama de flujo que representa el proceso de oxidación del o-xileno.



Figura

El proceso emplea como materia prima o-xileno y aire; el o-xileno con un 5 % de impurezas se vaporiza y se mezcla con una corriente de aire caliente (contiene solamente O_2 y N_2) de manera tal que la concentración del hidrocarburo esté por debajo del límite inferior de explosividad que es 1 % molar. En el reactor todo el o-xileno reacciona, obteniéndose, principalmente, anhídrido ftálico, anhídrido maléico y otros subproductos. El efluente del reactor entra a una zona de separación y purificación en la cual se obtiene la corriente 11 que contiene todos los gases livianos, agua y algunas trazas de compuestos orgánicos. Finalmente, de la zona de separación sale anhídrido ftálico con una pureza del 99,9 %.

Las reacciones que ocurren en el reactor de lecho empacado son:



La cinética de reacción se describe en la siguiente ecuación:

$$(-r_A) = k_o e^{\frac{-E_a}{RT}} p_A p_B$$

Donde: Subíndice A indica o-xileno;
 Subíndice B indica oxígeno;
 k_o está en $kmol m^{-3} h^{-1}$;
 E_a está en $kcal kmol^{-1}$;
 P_i es presión parcial en atm;
 T es temperatura en K .

Continúa en la siguiente página

Continuación CASO 1

Los valores de las constantes cinéticas y las energías de activación para las reacciones 1 y 2 se presentan en la tabla 1:

Reacción	k_0	E_a
(1)	$4,12 \times 10^{11}$	27000
(2)	$2,25 \times 10^{11}$	27900

Tabla 1

La tabla 2 presenta algunas características de algunas corrientes del proceso.

Corriente No.	1	2	8	9	10	11	12	13	24
Temp. °C	25	25	245	353	45	45	155	245	301
Presión (kPa)	101,0	101,0	200,0	130,0	100,0	100,0	25,0	41,1	600,0
Fracción vapor	0,00	1,00	1,00	1,00	0,9876	1,00	0,00	0,00	0,00
Flujo total kg/h	11678,0	317360,0				319670,0	181,8	9172,0	1660000
Flujo total kgmol/h	110,0	11000,0		11157,73		11093,88	1,822	61,925	10000
Componente kmol/h									
O-xileno	110,0			4,05		4,05			
Oxígeno		2310,0		1721,15		1721,15			
Nitrógeno		8690,0							
Agua				386,20		386,20			
Dióxido de carbono				276,82		276,82			
Anhídrido ftálico				62,66		0,63	0,062	61,900	
Anhídrido maleico				16,16		14,38	1,760	0,020	
Impurezas				0,70		0,66	0,000	0,005	

Tabla 2

Algunas propiedades de las sustancias involucradas en el proceso se presentan en la tabla 3.

Sustancia	Punto de ebullición normal (°C)	Punto de fusión (°C)	Peso molecular (mol/g)	Solubilidad en agua
O-xileno	138	-25	106,2	No soluble
Anhídrido ftálico	285	131	148,1	Poco soluble
Anhídrido maleico	202	52,85	98,1	Soluble

Tabla 3

- Una apropiada selección de las operaciones de separación que se deben emplear para separar y purificar el producto principal contenido en la corriente 10, se fundamenta en
 - fases presentes y composición.
 - limitaciones en el equilibrio.
 - temperatura y caudal.
 - velocidad de separación.

2. Debido a operaciones habituales de mantenimiento se decidió reemplazar las tuberías de succión y descarga del o-xileno. El cálculo del diámetro de la nueva tubería que permite mantener la capacidad de la planta se debe basar en

- A. el número de Reynolds para flujo turbulento y el tipo de tubería.
- B. la presión de trabajo de la bomba y la longitud de tubería.
- C. el tipo de flujo y las menores pérdidas de fricción.
- D. la velocidad de caudal máximo y la pérdida de carga.

3. Para ejercer un control riguroso de la cantidad de o-xileno presente en la mezcla gaseosa que conforma la corriente 8, la variable medida y la variable manipulada en el proceso, respectivamente, son

- A. el flujo en la corriente 5 y el flujo en la corriente 6.
- B. el caudal en la corriente 5 y el caudal en la corriente 7.
- C. el flujo en la corriente 6 y el flujo en la corriente 3.
- D. el caudal en la corriente 4 y el caudal en la corriente 3.

4. Por restricciones en la alimentación eléctrica se requiere disminuir la potencia consumida por la bomba *P-701*, la cual transporta el o-xileno desde el tanque de almacenamiento hasta el calentador *H-701*. Esta disminución en la potencia consumida por la bomba se puede alcanzar si se aumenta

- A. el diámetro de la descarga.
- B. la temperatura del fluido.
- C. la viscosidad del fluido.
- D. el peso específico.

5. Dadas las propiedades de las sustancias presentes en el proceso y la información tabulada sobre las corrientes, las unidades que deben estar presentes en serie en la sección de separación son

- A. evaporadores y absorbedores.
- B. absorbedores y condensadores.
- C. condensadores y torres de destilación.
- D. cristizador y torres de destilación.

6. La bomba *P-702* suministra continuamente el refrigerante que permite conservar la temperatura de reacción en el reactor *R-701* dentro de un intervalo seguro de operación. La cavitación dentro de la bomba afectaría el suministro normal del caudal que retira la energía liberada durante la oxidación. Una acción que ayuda a evitar permanentemente la cavitación en la bomba es

- A. verificar que el valor del NSPH (Net Positive Suction Head) requerido sea mayor que el valor del NSPH disponible.
- B. asegurar que los parámetros de diseño de la bomba estén por encima de las especificaciones reales de operación durante el bombeo.
- C. mantener las demandas en el sistema de bombeo.
- D. disminuir la cabeza de succión.

7. Se ha determinado que la oxidación del o-xileno puede ocurrir entre 200 °C y 500 °C a presiones que oscilan entre la atmosférica y 500 kPa. De acuerdo con lo anterior y con la descripción del caso, las condiciones más favorables para producir anhídrido ftálico deben cumplir las siguientes tendencias:

- A. Alta temperatura y alta presión.
- B. Baja temperatura y baja presión.
- C. Alta temperatura y baja presión.
- D. Baja temperatura y alta presión.

8. Para disminuir los riesgos de explosión se ha sugerido cambiar a un esquema de reacción de fases heterogéneas en el cual el o-xileno líquido se pone en contacto con oxígeno presente en el aire para entrar al reactor de oxidación. Para valorar la viabilidad técnica-económica de esta sugerencia, los criterios que se deben revisar son

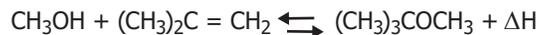
- A. selectividad, tipo de reactor y rendimiento.
- B. condiciones y avance de reacción y selectividad.
- C. velocidad de reacción, conversión y rendimiento.
- D. rendimiento, avance de reacción y tipo de reactor.

RESPONDA LAS PREGUNTAS 9 A 15 DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE INFORMACIÓN

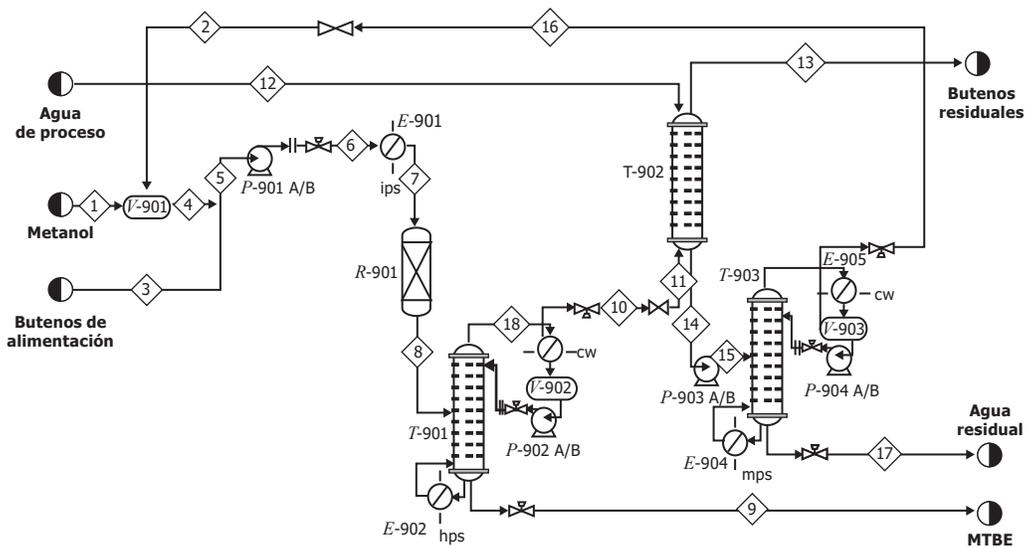
CASO 2

Metil tert-butil éter (MTBE)

El metil tert-butil éter (MTBE) es un aditivo usado para aumentar el número de octano de la gasolina. Este aditivo se produce mediante la reacción de metanol con isobutileno, de acuerdo con la siguiente estequiometría:



Esta reacción es reversible; sin embargo, el proceso opera a baja temperatura para favorecer el equilibrio hacia los productos (exotérmica). El proceso se muestra en el diagrama de flujo de la figura.



Figura

Continúa en la siguiente página

Continuación CASO 2

El efluente del reactor (*R-901*) se destila en la torre de destilación (*T-901*) y se obtiene en los fondos el MTBE. El metanol y los butenos restantes pasan a una torre de absorción (*T-902*), en la cual el 99 % del metanol es absorbido con agua y recuperado en la torre de destilación (*T-903*).

A continuación se presenta información adicional del proceso:

Corriente 1: metanol 100 %

Corriente 3: se alimentan 500 kmol/h de mezcla de butenos, 23 % isobutileno, 77 % otros butenos.

Reactor de MTBE (R-901): la conversión es de 96 % con catalizador fresco con cambio diario, opera a 30 bares para asegurar reacción en fase líquida.

Corriente 15: solución metanol agua en estado de líquido subenfriado.

Corriente 17: 0,97 molar de agua y 0,3 molar de metanol.

9. Para garantizar las condiciones de separación en la torre *T-901* es importante asegurar que en la corriente de salida del reactor *R-901* (corriente 8) no esté presente la fase vapor. Para garantizar estas condiciones es necesario controlar

- A. la temperatura de las corrientes 7 y 8.
- B. la presión en la torre *T-901*.
- C. la composición y temperatura de la corriente 7.
- D. la temperatura en el reactor *R-901*.

10. Para construcción de los equipos de bombeo *P-901*, *P-902*, *P-903* y *P-904*, el fabricante propuso cuatro materiales. Todos los materiales cumplen con los criterios técnicos necesarios, sin embargo el uso de determinados materiales acarrea un costo mayor para el proyecto.

De acuerdo con lo anterior, desde el punto de vista económico, el material más adecuado es

- A. Hastelloy C.
- B. acero al carbono.
- C. acero inoxidable 316.
- D. acero al carbono/inoxidable 316.

11. Para la obtención de MTBE en la etapa de destilación de la corriente 8 se debe escoger el tipo de condensador a usar en el proceso. Las variables que deberían tenerse en cuenta para escoger el tipo de condensador (total o parcial) a usar en la torre *T-901* son

- A. flujo y composiciones de la corriente de vapor saturado.
- B. composición y presión de vapor de la corriente de vapor saturado.
- C. flujo y presión de la corriente de destilado.
- D. composición y temperatura de la corriente de destilado.

12. En el proceso de producción de MTBE, se tiene una reacción catalizada con una resina de carácter ácido de intercambio catiónico con alta tasa de desactivación. Según los parámetros de operación y teniendo en cuenta la eficiencia técnica del proceso, el tipo de reactor *R-901* y la condición de operación para este deberían ser

- A.** lecho móvil y adiabático.
- B.** *CSTR* y chaqueta de calentamiento.
- C.** lecho fijo e isotérmico.
- D.** lecho fijo y chaqueta de calentamiento.

13. En el diseño de la torre de destilación de metanol *T-903*, se propuso aumentar la relación de reflujo e implementar un precalentador de la corriente 15 para que ingrese en la torre como líquido saturado. Se espera que esta propuesta permita

- A.** disminuir el número de etapas ideales de separación.
- B.** aumentar la concentración de metanol en los fondos.
- C.** disminuir la concentración del componente menos volátil en el tope.
- D.** aumentar el número de etapas ideales de separación.

14. El agua de residuo que se elimina en la corriente 17 cumple la normatividad ambiental nacional. Por esta razón, se obtuvo un permiso de vertimientos a una fuente de agua cercana. Sin embargo, para exportación exigen disminuir la concentración de metanol en esta corriente, debido a que supera los parámetros internacionales. Para disminuir la concentración de metanol en la corriente 17, la primera alternativa que debe considerarse es

- A.** usar extracción con solventes.
- B.** mejorar la separación en la destilación.
- C.** emplear ósmosis inversa.
- D.** aumentar el flujo de agua de proceso.

15. La corriente de tope de la torre *T-903* se condensa; una parte de ella se recircula para mezclarla con la corriente de metanol puro que ingresa en el proceso y otra parte se retroalimenta, con el fin de mantener la relación de reflujo adecuada para la operación de la torre a través de una bomba centrífuga. Según estos parámetros de operación, la corriente 16 que sale del tanque *V-903* deberá encontrarse como

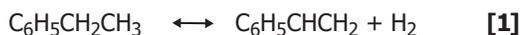
- A.** vapor saturado.
- B.** vapor y líquido saturado.
- C.** líquido saturado.
- D.** líquido subenfriado.

RESPONDA LAS PREGUNTAS 16 A 20 DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE INFORMACIÓN

CASO 3

Estireno

El estireno es un compuesto base para la producción de poliestireno. De este último existen diferentes tipos con propiedades físicas y mecánicas particulares e importantes en diferentes sectores económicos. El estireno se puede obtener de la deshidrogenación de etilbenceno, como lo describe la reacción 1 que se presenta a continuación:



La reacción es reversible y limitada por el equilibrio. Esta ocurre a temperaturas entre los 800 K a 950 K, y bajas presiones (0,4 a 1,4 bar), para favorecer el equilibrio hacia la producción de estireno. El proceso usa un catalizador de hierro para minimizar las reacciones colaterales, una de las más importantes es la hidrogenación de etilbenceno para producir tolueno y metano, como se muestra en la reacción 2.



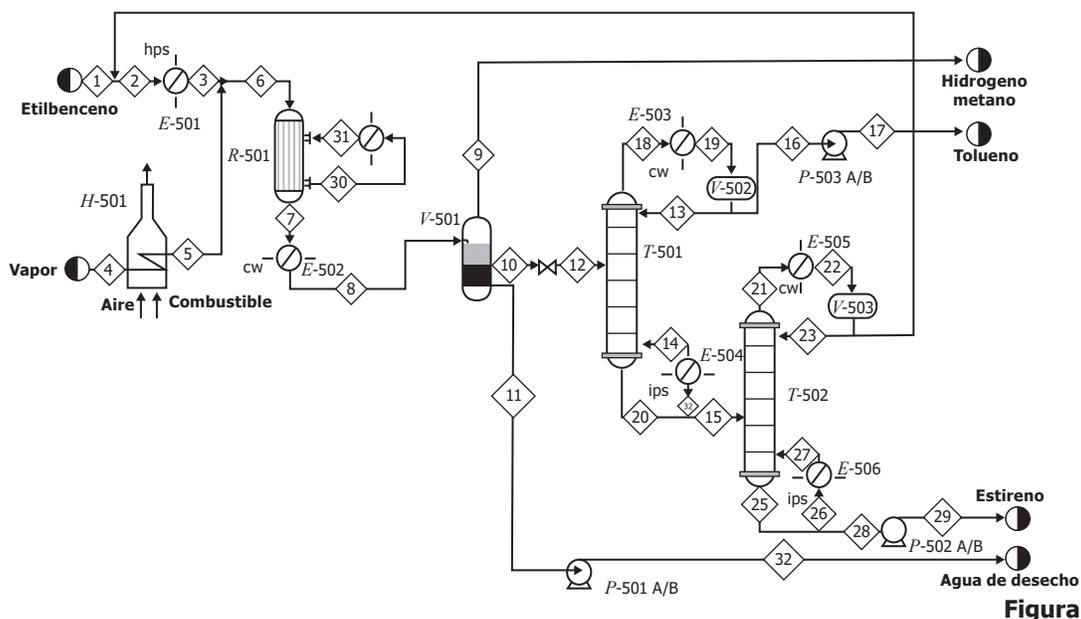
Las velocidades de reacción para las reacciones [1] y [2] están dadas, respectivamente, por:

$$r_1 = 1.177 \times 10^8 \exp\left(-\frac{21.708}{RT}\right) P_{\text{etilbenceno}}$$

$$r_{-1} = 20.965 \exp\left(\frac{7.804}{RT}\right) P_{\text{estireno}} P_{\text{hidrogeno}}$$

$$r_2 = 7.206 \times 10^{11} \exp\left(-\frac{49.675}{RT}\right) P_{\text{etilbenceno}}$$

En la figura se presenta el diagrama del proceso de producción de estireno.



Figura

Continúa en la siguiente página

Continuación CASO 3

Las propiedades de las corrientes más importantes del proceso (*ver* figura), son las siguientes:

- Corriente 1:** etilbenceno fresco, líquido a 30 °C.
- Corriente 4:** vapor de agua de baja presión; se calienta y usa como diluyente y fuente de calor del alimento de R-501.
- Corriente 7:** mezcla de los productos de reacción en estado de vapor saturado.
- Corriente 9:** gas ligero de hidrógeno y metano, con trazas de vapor de agua y pequeñas cantidades de etilbenceno y tolueno.
- Corriente 17:** 99 % de tolueno con pequeñas cantidades de etilbenceno y estireno.
- Corriente 29:** estireno crudo con al menos 99 % en peso de pureza, 100.000 ton/año.

Un intercambiador de coraza y tubo E-502 se usa para enfriar la corriente saliente del reactor, corriente 7.

16. Se considera que el reactor *R-501* debe ser un reactor PFR, isotérmico. Con el fin de evaluar el volumen de diseño del reactor necesario para que la reacción tenga una conversión del 80 %, se requiere conocer

- A. la expresión de cinética de reacción.
- B. la composición molar del alimento.
- C. la energía de activación.
- D. la fracción molar del reactivo límite.

17. Con el fin de transportar la corriente 16, se debe escoger el tipo de bomba *P-503*. De acuerdo con el caso descrito, para la selección de esta bomba es necesario conocer

- A. el caudal y la cabeza de succión.
- B. el diámetro de la tubería y el NPSH.
- C. las pérdidas por fricción y la potencia de la bomba.
- D. la potencia de la bomba y el caudal.

18. La corriente 7 que sale del reactor *R-501* se enfría con agua como refrigerante en el intercambiador *E-502*. De acuerdo con criterios técnicos y económicos, el tipo de cabezal que se requiere para este intercambiador y la disposición de los fluidos, respectivamente, son

- A. intercambiador de cabeza fija y corriente 7 por la tubería.
- B. intercambiador cabeza fija y corriente 7 por la carcasa.
- C. intercambiador cabeza flotante y corriente 7 por la tubería.
- D. intercambiador de cabeza móvil y corriente 7 por la carcasa.

19. Para el rehervidor *E-506* se escogió un intercambiador de tubos y coraza, con paso de vapor por dentro de las tuberías y un arreglo cuadrado para los tubos. Los criterios que se tuvieron en cuenta para determinar el tipo de arreglo que se debe usar en el intercambiador son

- A. el diámetro de las tuberías y la temperatura de los flujos.
- B. el número de tubos y la viscosidad de los fluidos.
- C. el tipo de cabezal y el número de pasos.
- D. la facilidad para la limpieza y el diámetro interno de la carcasa.

20. Durante el proceso, un cambio de temperatura en el separador V-501 genera menor separación del tolueno, del estireno y del agua residual, lo cual disminuye la viscosidad de la solución alimentada a T-501. De acuerdo con lo anterior, este cambio en la temperatura genera

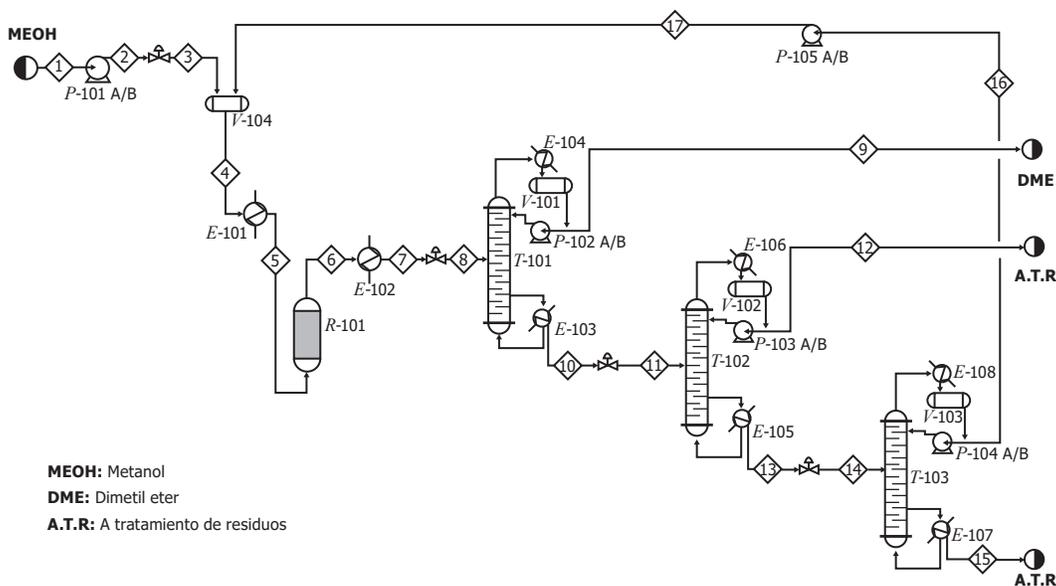
- A. mayor eficiencia de plato y mayor número de etapas reales.
- B. menor eficiencia de plato y mayor número de etapas reales.
- C. mayor eficiencia de plato y menor número de etapas reales.
- D. menor eficiencia de plato y menor número de etapas reales.

RESPONDA LAS PREGUNTAS 21 A 25 DE ACUERDO CON LA SIGUIENTE INFORMACIÓN

CASO 4

Producción de dimetil éter

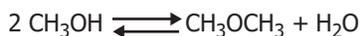
El dimetil éter (DME) se emplea como combustible limpio y sustituto del gas licuado de petróleo; también se utiliza como solvente, importante en la producción a escala industrial. El diagrama de flujo de la figura presenta la deshidratación de metanol para producir 50.000 t/año de DME de alta pureza (mínimo 99 %).



Tomado de: www.che.cemr.wvu.edu/publications/projects/large_proj/dimethyl_ether.PDF

Figura

La siguiente reacción permite producir DME empleando como catalizador $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ y con una conversión máxima del 82 %:



Continúa en la siguiente página

Continuación CASO 4

Dentro del intervalo de temperatura de operación normal se puede afirmar, en términos prácticos, que no existen reacciones colaterales y el máximo rendimiento es del 92 %. El reactor R-101 opera adiabáticamente y la cinética de la reacción para temperaturas mayores que 250 °C está dada por

$$r_{\text{metanol}} = k_0 \exp \left[-\frac{E_a}{RT} \right] p_{\text{metanol}}$$

Donde $k_0 = 1,21 \times 10^6 \text{ kmol m}^{-3} \text{ h}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$, $E_a = 80,48 \text{ kJ mol}^{-1}$ y p_{metanol} es la presión parcial del metanol en kPa. Por encima de 400 °C se observa que el catalizador se desactiva y, por tanto, se necesita que ningún punto dentro del reactor exceda esa temperatura.

La reacción es ligeramente exotérmica (a 25 °C, $\Delta H_{\text{reacción}} = 11.770 \text{ kJ/kmol}$). Las constantes de equilibrio a diferentes temperaturas son:

T	K_p
473 K (200°C)	34,1
573 K (300°C)	12,4
673 K (400°C)	6,21

La tabla 1 presenta algunas características de ciertas corrientes del proceso.

Tabla 1

Corriente	1	5	6	8	9	12	15	16
Temperatura (°C)	25,00	250,00	365,65	125,56	46,00	80,13	101,47	66,87
Presión (atm)	1,00	14,99	14,90	10,26		6,91	1,09	
Fracción vapor	0,00	1,00		0,53				
Flujo másico (kg/h)	8.627,85	10.718,96		10.718,96	6.071,47	64,04	2.489,96	2.091,11
Flujo molar (kmol/h)	270,15	335,99		335,99	131,81	1,49	136,76	65,85
Flujo por componente (kmol/h)								
Metanol	264,74		65,84	65,84	0,0430	0,6600	0,65	64,48
Dimetil éter	0,27	0,27	131,95	131,95		0,2600		
Agua	4,05	5,42	137,11	137,11			135,71	
Acetaldehído	0,27			0,27	0,0988	0,1714		
Ácido acético	0,41			0,41			0,4053	0,0002
Acetona	0,41			0,41	0,0009	0,4043		0,0083

La tabla 2 muestra algunas propiedades físicas de las sustancias involucradas en el proceso.

Tabla 2

Sustancia	Punto de ebullición normal (°C)	Peso molecular (g/gmol)	Temperatura crítica (°C)	Presión crítica (atm)
Metanol	65	32	240	80
Dimetil éter	-25	46,07	127	53
Agua	100	18	374	221

21. En la reacción exotérmica de interés, el efecto más importante de duplicar el tiempo de residencia del reactante dentro del reactor adiabático *R-101* es

- A.** el aumento de la conversión de la reacción.
- B.** el aumento de la cantidad de DME producido.
- C.** la disminución en el tiempo de vida útil del catalizador.
- D.** la disminución de requerimientos energéticos en el proceso.

22. De acuerdo con la información del proceso, se determinó que la reacción puede ocurrir en un intervalo de temperatura que oscila entre 200 °C y 400 °C, con presiones desde la atmosférica hasta 20 atm y operando el reactor a temperatura constante o variable. Los criterios técnicos que se tuvieron en cuenta para definir las condiciones de operación adiabática del reactor *R-101* son

- A.** la velocidad de reacción, las barreras difusionales y la conversión máxima.
- B.** la conversión máxima, el rendimiento de reacción y el volumen del reactor.
- C.** la conversión máxima, la reversibilidad de la reacción y la velocidad de reacción.
- D.** la velocidad de reacción, el rendimiento de reacción y el volumen del reactor.

23. La corriente 14, la cual es alimentada a la torre *T-103*, debe cumplir las condiciones de trabajo definidas para esta unidad. Para tal efecto, se decide colocar una válvula a la salida del rehervidor *E-105*. Los tipos de válvulas que permiten alcanzar los requerimientos técnicos de la torre *T-103* son

- A.** válvulas de compuerta y válvulas de bola.
- B.** válvulas de mariposa y válvulas de globo.
- C.** válvulas de bola y válvulas de mariposa.
- D.** válvulas de globo y válvulas de compuerta.

- 24.** El ingeniero de mantenimiento piensa que se podrían reducir equipos y costos de inventario de repuestos si se eliminan las bombas *P-101 A/B* y *P-105 A/B*. Esto implicaría mezclar las corrientes 1 y 16 a baja presión, vaporizar la corriente resultante en la unidad *E-101* y aumentar su presión hasta la condición de la corriente 15.

El efecto de esta modificación, en términos del consumo de energía en el sistema de alimentación al reactor,

- A.** genera un mayor consumo.
- B.** no produce cambios en el consumo.
- C.** produce un menor consumo.
- D.** no se puede determinar con la información disponible.

- 25.** Una reducción de los servicios auxiliares requeridos en el proceso implicaría que la corriente 6 se utilice en la unidad *E-101* como fluido de calefacción. El conjunto de variables básicas que permiten definir la viabilidad de esta alternativa es

- A.** la presión, la capacidad calorífica, el estado de la materia y la conductividad térmica.
- B.** la temperatura, la densidad, la composición y la conductividad térmica.
- C.** la condición de saturación, la presión, la densidad y el coeficiente de expansión térmica.
- D.** la composición, el flujo, la difusividad térmica y la densidad.

Información de cada pregunta

Posición	Afirmación	Respuesta correcta
1	Identifica y formula un problema de diseño a partir del análisis de una situación contextualizada, basado en información que puede ser incompleta, sobrante o incierta.	A
2	Identifica y formula un problema de diseño a partir del análisis de una situación contextualizada, basado en información que puede ser incompleta, sobrante o incierta.	D
3	Identifica y formula un problema de diseño a partir del análisis de una situación contextualizada, basado en información que puede ser incompleta, sobrante o incierta.	C
4	Identifica y formula un problema de diseño a partir del análisis de una situación contextualizada, basado en información que puede ser incompleta, sobrante o incierta.	A
5	Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.	D
6	Identifica y formula un problema de diseño a partir del análisis de una situación contextualizada, basado en información que puede ser incompleta, sobrante o incierta.	C
7	Identifica y formula un problema de diseño a partir del análisis de una situación contextualizada, basado en información que puede ser incompleta, sobrante o incierta.	B
8	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	A
9	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	D
10	Identifica y formula un problema de diseño a partir del análisis de una situación contextualizada, basado en información que puede ser incompleta, sobrante o incierta.	B
11	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	B
12	Aplica los conocimientos de las matemáticas, las ciencias, la tecnología y las ciencias de la ingeniería para especificar en forma detallada un producto tecnológico.	C

Continúa en la siguiente página

Continuación tabla

Posición	Afirmación	Respuesta correcta
13	Identifica y formula un problema de diseño a partir del análisis de una situación contextualizada, basado en información que puede ser incompleta, sobrante o incierta.	A
14	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	B
15	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	D
16	Identifica y formula un problema de diseño a partir del análisis de una situación contextualizada, basado en información que puede ser incompleta, sobrante o incierta.	A
17	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	A
18	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	A
19	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	D
20	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	C
21	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	C
22	Analiza alternativas de solución y selecciona la más adecuada teniendo en cuenta criterios de tipo técnico, económico, financiero, social y ambiental.	C
23	Plantea especificaciones para el proceso de desarrollo del producto tecnológico.	B
24	Revisa, verifica y valida que una solución cumple con las especificaciones técnicas de diseño.	A
25	Revisa, verifica y valida que una solución cumple con las especificaciones técnicas de diseño.	B

