

Modelamiento: Procesos. Segundo Parcial. 2020-II
Departamento de Energía Eléctrica y Automática. Facultad de Minas.
Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.
Profesor: César Augusto Gómez Pérez.

(nota: no se contestaran preguntas durante el parcial, la habilidad para buscar información hace parte de la calificación, toda suposición debe especificarse literalmente, este parcial puede entregarse en parejas)

El metanol (CH_3OH) se produce haciendo reaccionar dióxido de carbono (CO_2) con hidrogeno (H_2). A un reactor continuo en fase gaseosa se alimentan 2 flujos (Figura 1): Un flujo de 1176 lt/s de hidrogeno gaseoso puro a temperatura ambiente (48 atm) y un flujo de 185.5 lt/s de una mezcla de gases a una temperatura de 400 °K (45 atm) que contiene 60% gr/gr de CO_2 , 30% gr/gr de CO y 10% gr/gr de O_2 . El reactor cuenta con un catalizador en lecho fijo que permite acelerar la velocidad de reacción, el efluente de salida entra al condensador donde se condensa metanol y agua a una temperatura de operación de 337.8 °K, saliendo como producto una mezcla líquida de metanol con agua. Mientras que los gases no condensados son llevados a un equipo para limpieza de los gases.

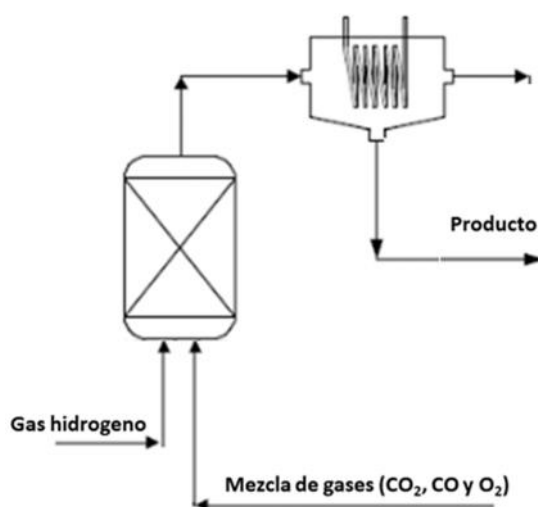


Figura 1. Proceso de producción de metanol

En el reactor ocurren dos reacciones de tipo elemental (la primera reacción es endotérmica, mientras que la segunda reacción es exotérmica, tenga cuidado con el signo al utilizarlo en el balance de energía, ya que en este caso el signo identifica la diferencia energética entre reactivos y productos), a continuación se muestran los coeficientes cinéticos de las reacciones las cuales son función de la temperatura en (°K):



$$k_1 = 0.933 \cdot \exp \left[2.5 \left(\frac{31400}{1.987} \cdot \left(\frac{1}{330} - \frac{1}{T} \right) \right) \right] \left(\frac{\text{dm}^3}{\text{mol}} \right)^2 \text{s}^{-1}$$

$$k_2 = 0.636 \cdot \exp \left[\frac{18000}{1.987} \cdot \left(\frac{1}{300} - \frac{1}{T} \right) \right] \left(\frac{\text{dm}^3}{\text{mol}} \right) \text{s}^{-1}$$

1. Desarrolle un modelo dinámico con el cual usted pueda predecir la productividad de metanol en el flujo de salida del producto. Como mínimo se debe garantizar la dependencia de la

concentración de etanol con respecto a la temperatura para efectos de análisis. Es de vital importancia que defina las suposiciones necesarias para llegar a la propuesta de un modelo dinámico. Tenga en cuenta que este es un sistema donde la presión y la temperatura en el reactor y el nivel del condensador pueden variar.

2. Teniendo en cuenta que el flujo de hidrogeno, el flujo de la mezcla de gases y el flujo de salida del reactor son variables manipuladas, y que la productividad del metanol ($Pr = F \cdot C_{CH_3OH}$) es la variable de salida. Obtenga el modelo lineal aproximado del modelo que ha construido en el inciso 1. Realice el análisis de estabilidad del punto de estado estacionario.
3. Proponga un lazo de control de tipo proporcional que mantenga la productividad en el punto de ajuste identificado por el estado estacionario, su propuesta debe garantizar una buena sensibilidad para la obtención del metanol. Por lo tanto desarrolle un análisis dinámico del efecto del control sobre el proceso. (Lo ideal es obtener suficientes evidencias con las cuales pueda identificar una opción del lazo de control)

Tabla 1. Parámetros del proceso

Parámetro	Valor
Coeficiente de válvula (Kv)	76 [dm ²]
Coeficiente global de transferencia de calor (UA)	34 [kJ/°K s]
Calor específico de la mezcla de gases (Cp)	0.0035 [kJ/°K]
Volumen del reactor (Vr)	2000 [lt]
Volumen del condensador (Vc)	500 [lt]
Densidad del gas ()	2.35 [gr/lt]
Temperatura ambiental (T _{amb})	295 [°K]
Presión de operación del reactor (P)	31 [atm]
Temperatura de operación del reactor (T)	340 [°K]
Constante de los gases ideales (R)	0.082 [atm lt/mol °K]

(Los parámetros listados son de ayuda y pueden ser usados de manera libre, por ejemplo el coeficiente de válvula puede ser utilizado en cualquiera de las líneas o inclusive en varias, eso sí, deben ser utilizados en un caso aplicable, tienen aplicación según el modelo planteado, por lo que no es obligatorio utilizarlos)