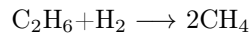
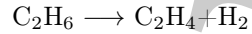
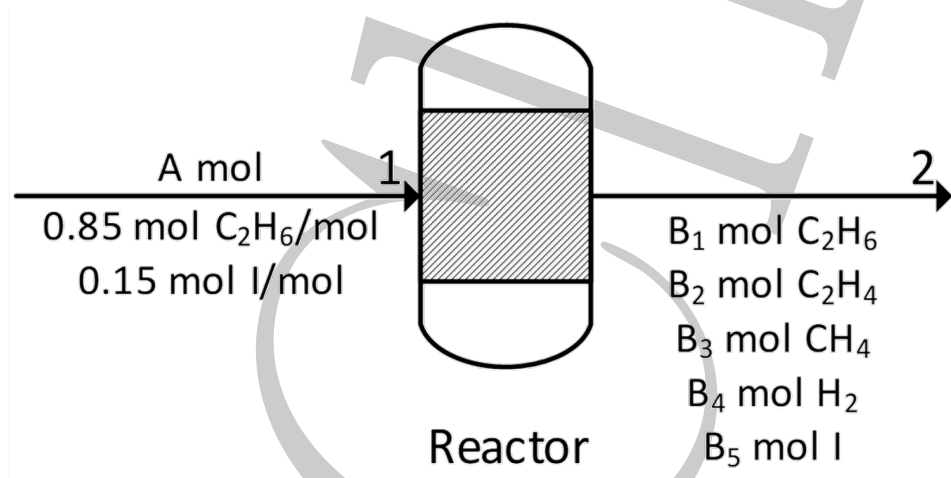


**Problema 17. Las reacciones:**

se llevan a cabo en un reactor continuo en estado estacionario. La alimentación contiene 85 % (mol) de etano ( $\text{C}_2\text{H}_6$ ) y el balance son productos inertes (I). La fracción de conversión del etano es 0.501, y el rendimiento fraccionario de etileno es 0.471.

- Presenta el diagrama de flujo del proceso con corrientes, equipos y todos los datos e incógnitas.
- Presenta explícitamente los cálculos relevantes para la determinación de los grados de libertad del reactor. ¿Qué puedes concluir?
- Calcule la composición molar del gas producido y la selectividad del etileno para la producción de metano.
- Presentar una tabla de flujos molares en todas las corrientes de todos los compuestos.

a)



Como es un proceso continuo en estado estacionario reaccionante, entonces la *ecuación general de balance* en el sistema es:

- Reactivos:

$$\text{Entrada} + \text{Generación} - \text{Salida} - \text{Consumo} = \text{Acumulación}$$

$$\text{Entrada} = \text{Salida} + \text{Consumo}$$

- Productos:

$$\text{Entrada} + \text{Generación} - \text{Salida} - \text{Consumo} = \text{Acumulación}$$

$$\text{Entrada} = \text{Salida} - \text{Generación}$$

- Inertes:

$$\text{Entrada} + \text{Generación} - \text{Salida} - \text{Consumo} = \text{Acumulación}$$

$$\text{Entrada} = \text{Salida}$$

b) Sean  $\xi_1$  y  $\xi_2$  los grados de avance de la primera y segunda reacción, respectivamente.

Ecuaciones independientes (7):

- Balance de  $\text{C}_2\text{H}_6$ :

$$\text{Corriente 1} = \text{Corriente 2} + \text{Consumo}$$

$$(A \text{ mol})(0.85 \text{ mol C}_2\text{H}_6/\text{mol}) = B_1 \text{ mol C}_2\text{H}_6 + \xi_1 \text{ mol C}_2\text{H}_6 + \xi_2 \text{ mol C}_2\text{H}_6$$

- Balance de  $C_2H_4$ :

$$0 = \text{Corriente 2} - \text{Generación}$$

$$0 \text{ mol } C_2H_4 = B_2 \text{ mol } C_2H_4 - \xi_1 \text{ mol } C_2H_4$$

- Balance de  $H_2$ :

$$0 = \text{Corriente 2} + \text{Consumo} - \text{Generación}$$

$$0 \text{ mol } H_2 = B_4 \text{ mol } H_2 + \xi_2 \text{ mol } H_2 - \xi_1 \text{ mol } H_2$$

- Balance de  $CH_4$ :

$$0 = \text{Corriente 2} - \text{Generación}$$

$$0 \text{ mol } CH_4 = B_3 \text{ mol } CH_4 - 2\xi_2 \text{ mol } CH_4$$

- Balance de I:

$$\text{Corriente 1} = \text{Corriente 2}$$

$$(A \text{ mol})(0.15 \text{ mol I/mol}) = B_5 \text{ mol I}$$

- Conversión del etano:

$$0.501 = \frac{\text{Consumido}}{\text{Suministrado}} = \frac{(A \text{ mol})(0.85 \text{ mol } C_2H_6/\text{mol}) - B_1 \text{ mol } C_2H_6}{(A \text{ mol})(0.85 \text{ mol } C_2H_6/\text{mol})}$$

- Rendimiento del etileno:

La máxima cantidad de etileno que se puede obtener sin reacciones secundarias y con una conversión del 100 % se tiene cuando se consume todo los moles de etano de la entrada  $[(A \text{ mol})(0.85 \text{ mol } C_2H_6/\text{mol})]$  y como la relación es 1 : 1 en la primera ecuación química del etano : etileno, entonces la máxima cantidad de etileno que se puede producir es  $[(A \text{ mol})(0.85 \text{ mol } C_2H_4/\text{mol})]$ .

$$0.471 = \frac{\text{Producido}}{\text{Máximo}} = \frac{B_2 \text{ mol } C_2H_4}{(A \text{ mol})(0.85 \text{ mol } C_2H_4/\text{mol})}$$

En donde hay 8 incógnitas =  $\{A, B_1, B_2, B_3, B_4, B_5, \xi_1, \xi_2\}$  . Entonces, el *grado de libertad* es:

$$GL = \# \text{ Incógnitas} - \# \text{ Ecuaciones independientes} = 8 - 7 = 1$$

Por lo que hay que asignar una base de cálculo. Sea  $A = 100$ .

c) y d)

En el balance de I:

$$(100 \text{ mol})(0.15 \text{ mol I/mol}) = 15 \text{ mol I} = B_5 \text{ mol I}$$

Con el rendimiento del etileno:

$$0.471 = \frac{B_2 \text{ mol } C_2H_4}{(100 \text{ mol})(0.85 \text{ mol } C_2H_4/\text{mol})}$$

$$B_2 \text{ mol } C_2H_4 = (0.471)(100 \text{ mol})(0.85 \text{ mol } C_2H_4/\text{mol}) = 40.035 \text{ mol } C_2H_4$$

Con la conversión del etano:

$$0.501 = \frac{(100 \text{ mol})(0.85 \text{ mol } C_2H_6/\text{mol}) - B_1 \text{ mol } C_2H_6}{(100 \text{ mol})(0.85 \text{ mol } C_2H_6/\text{mol})}$$

$$B_1 \text{ mol } C_2H_6 = (100 \text{ mol})(0.85 \text{ mol } C_2H_6/\text{mol}) - (0.501)(100 \text{ mol})(0.85 \text{ mol } C_2H_6/\text{mol}) = 42.415 \text{ mol } C_2H_6$$

En el balance de  $C_2H_4$ :

$$\begin{aligned} 0 \text{ mol } C_2H_4 &= 40.035 \text{ mol } C_2H_4 - \xi_1 \text{ mol } C_2H_4 \\ \xi_1 \text{ mol } C_2H_4 &= 40.035 \text{ mol } C_2H_4 \end{aligned}$$

En el balance de  $C_2H_6$ :

$$\begin{aligned} (100 \text{ mol})(0.85 \text{ mol } C_2H_6/\text{mol}) &= 42.415 \text{ mol } C_2H_6 + 40.035 \text{ mol } C_2H_6 + \xi_2 \text{ mol } C_2H_6 \\ \xi_2 \text{ mol } C_2H_6 &= (100 \text{ mol})(0.85 \text{ mol } C_2H_6/\text{mol}) - 42.415 \text{ mol } C_2H_6 - 40.035 \text{ mol } C_2H_6 = 2.55 \text{ mol } C_2H_6 \end{aligned}$$

En el balance de  $H_2$ :

$$\begin{aligned} 0 \text{ mol } H_2 &= B_4 \text{ mol } H_2 + 2.55 \text{ mol } H_2 - 40.035 \text{ mol } H_2 \\ B_4 \text{ mol } H_2 &= 40.035 \text{ mol } H_2 - 2.55 \text{ mol } H_2 = 37.485 \text{ mol } H_2 \end{aligned}$$

En el balance de  $CH_4$ :

$$\begin{aligned} 0 \text{ mol } CH_4 &= B_3 \text{ mol } CH_4 - 2\xi_2 \text{ mol } CH_4 \\ B_3 \text{ mol } CH_4 &= 2(2.55) \text{ mol } CH_4 = 5.1 \text{ mol } CH_4 \end{aligned}$$

La selectividad del etileno para la producción de metano es:

$$\text{Selectividad} = \frac{\text{Moles de producto deseado}}{\text{Moles de producto indeseado}} = \frac{\text{Moles de } C_2H_4}{\text{Moles de } CH_4} = \frac{40.035 \text{ mol } C_2H_4}{5.1 \text{ mol } CH_4} = 7.85$$

El gas producido es la Corriente 2:

Cantidad molar (mol)			Fracción molar		
	1	2		1	2
$C_2H_6$	85	42.415	$C_2H_6$	0.85	0.3029
$C_2H_4$	0	40.035	$C_2H_4$	0	0.2859
$H_2$	0	37.485	$H_2$	0	0.2677
$CH_4$	0	5.1	$CH_4$	0	0.0364
I	15	15	I	0.15	0.1071
Total	100	140.035			