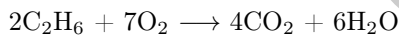


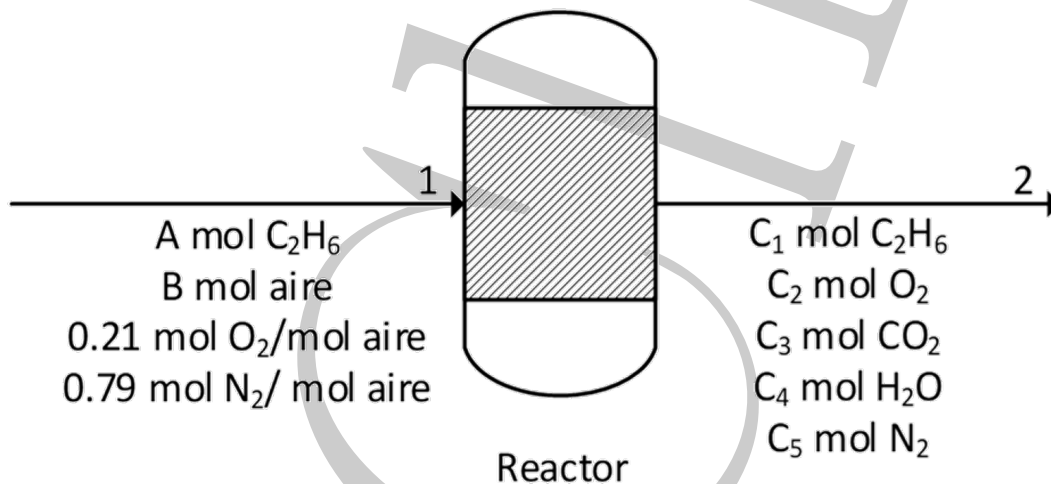
Problema 19. Se hace la combustión del etano alimentando C_2H_6 (30.08 g/mol) y O_2 (32 g/mol) en un reactor continuo para obtener CO_2 (44.01 g/mol) y H_2O (18.02 g/mol). Sabiendo que se añade un exceso de 40 % de oxígeno en la forma de aire (21 % de O_2 y 79 % de N_2 en mol) (la masa molecular del N_2 es 28.01 g/mol) y que la reacción tiene una conversión de 90 %.

- Escriba la reacción balanceada de la combustión del etano.
- Dibuje el diagrama de proceso con todas las especies en las entradas y en la salida, así como los datos pertinentes del problema.
- Presente todos los cálculos de las fracciones y flujos másicos de todos los componentes en todas las corrientes.
- Presente los resultados en una tabla de flujos (masas).

a)



b)



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:

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

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

c) y d) Sea ξ el grado de avance de la reacción.

Ecuaciones independientes (7):

- Balance de C_2H_6 :

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

$$A \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_6 = C_1 \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_6 + 2\xi \text{ mol } \text{C}_2\text{H}_6$$

- Balance de O_2 :

$$\begin{aligned} \text{Corriente 1} &= \text{Corriente 2} + \text{Consumo} \\ (B \text{ mol aire})(0.21 \text{ mol } O_2/\text{mol aire}) &= C_2 \text{ mol } O_2 + 7\xi \text{ mol } O_2 \end{aligned}$$

- Balance de N_2 :

$$\begin{aligned} \text{Corriente 1} &= \text{Corriente 2} \\ (B \text{ mol aire})(0.79 \text{ mol } N_2/\text{mol aire}) &= C_5 \text{ mol } N_2 \end{aligned}$$

- Balance de CO_2 :

$$\begin{aligned} 0 &= \text{Corriente 2} - \text{Generación} \\ 0 \text{ mol } CO_2 &= C_3 \text{ mol } CO_2 - 4\xi \text{ mol } CO_2 \end{aligned}$$

- Balance de H_2O :

$$\begin{aligned} 0 &= \text{Corriente 2} - \text{Generación} \\ 0 \text{ mol } H_2O &= C_4 \text{ mol } H_2O - 6\xi \text{ mol } H_2O \end{aligned}$$

- Exceso de oxígeno:

El oxígeno es el reactivo en exceso, por lo que el etano es el limitante. Estequiométricamente, A moles de etano reaccionan con $\frac{7}{2}A$ moles de oxígeno, entonces los moles estequiométricos de oxígeno son $\frac{7}{2}A$.

$$0.4 = \frac{\text{Moles alimentados} - \text{Moles estequiométricos}}{\text{Moles estequiométricos}} = \frac{(B \text{ mol aire})(0.21 \text{ mol } O_2/\text{mol aire}) - \frac{7}{2}A \text{ mol } O_2}{\frac{7}{2}A \text{ mol } O_2}$$

- Conversión del etano:

$$0.9 = \frac{\text{Consumido}}{\text{Suministrado}} = \frac{A \text{ mol } C_2H_6 - C_1 \text{ mol } C_2H_6}{A \text{ mol } C_2H_6}$$

En donde hay 8 incógnitas = $\{A, B, C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, \xi\}$. 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 $A = 100$.

Con la conversión del etano:

$$\begin{aligned} 0.9 &= \frac{100 \text{ mol } C_2H_6 - C_1 \text{ mol } C_2H_6}{100 \text{ mol } C_2H_6} \\ C_1 \text{ mol } C_2H_6 &= 100 \text{ mol } C_2H_6 - (0.9)(100 \text{ mol } C_2H_6) = 10 \text{ mol } C_2H_6 \end{aligned}$$

Con el exceso de oxígeno:

$$\begin{aligned} 0.4 &= \frac{(B \text{ mol aire})(0.21 \text{ mol } O_2/\text{mol aire}) - \frac{7}{2}(100) \text{ mol } O_2}{\frac{7}{2}(100) \text{ mol } O_2} \\ B \text{ mol aire} &= \frac{[0.4][\frac{7}{2}(100) \text{ mol } O_2] + \frac{7}{2}(100) \text{ mol } O_2}{0.21 \text{ mol } O_2/\text{mol aire}} = 2333.3333 \text{ mol aire} \end{aligned}$$

En el balance de C_2H_6 :

$$\begin{aligned} 100 \text{ mol } C_2H_6 &= 10 \text{ mol } C_2H_6 + 2\xi \text{ mol } C_2H_6 \\ \xi \text{ mol } C_2H_6 &= \frac{100 \text{ mol } C_2H_6 - 10 \text{ mol } C_2H_6}{2} = 45 \text{ mol } C_2H_6 \end{aligned}$$

En el balance de O_2 :

$$\begin{aligned} (2333.3333 \text{ mol aire})(0.21 \text{ mol } O_2/\text{mol aire}) &= C_2 \text{ mol } O_2 + 7(45) \text{ mol } O_2 \\ C_2 \text{ mol } O_2 &= (2333.3333 \text{ mol aire})(0.21 \text{ mol } O_2/\text{mol aire}) - 7(45) \text{ mol } O_2 = 175 \text{ mol } O_2 \end{aligned}$$

En el balance de N_2 :

$$(2333.3333 \text{ mol aire})(0.79 \text{ mol } N_2/\text{mol aire}) = C_5 \text{ mol } N_2 = 1843.3333 \text{ mol } N_2$$

En el balance de CO_2 :

$$0 \text{ mol } CO_2 = C_3 \text{ mol } CO_2 - 4(45) \text{ mol } CO_2$$

$$C_3 \text{ mol } CO_2 = 4(45) \text{ mol } CO_2 = 180 \text{ mol } CO_2$$

En el balance de H_2O :

$$0 \text{ mol } H_2O = C_4 \text{ mol } H_2O - 6(45) \text{ mol } H_2O$$

$$C_4 \text{ mol } H_2O = 6(45) \text{ mol } H_2O = 270 \text{ mol } H_2O$$

Cantidad molar (mol)			Fracción molar		
	1	2		1	2
C_2H_6	100	10	C_2H_6	0.0411	0.00403
O_2	490	175	O_2	0.2014	0.07061
N_2	1843.3333	1843.3333	N_2	0.7575	0.74378
CO_2	0	180	CO_2	0	0.07263
H_2O	0	270	H_2O	0	0.10894
Total	2433.3333	2478.3333			

Considerando las masas moleculares dichas en el enunciado del problema:

Cantidad másica (g)			Fracción másica		
	1	2		1	2
C_2H_6	3008	300.8	C_2H_6	0.0428	0.00428
O_2	15680	5600	O_2	0.2230	0.07964
N_2	51631.7667	51631.7667	N_2	0.7342	0.73424
CO_2	0	7921.8	CO_2	0	0.11265
H_2O	0	4865.4	H_2O	0	0.06919
Total	70319.7667	70319.7667			