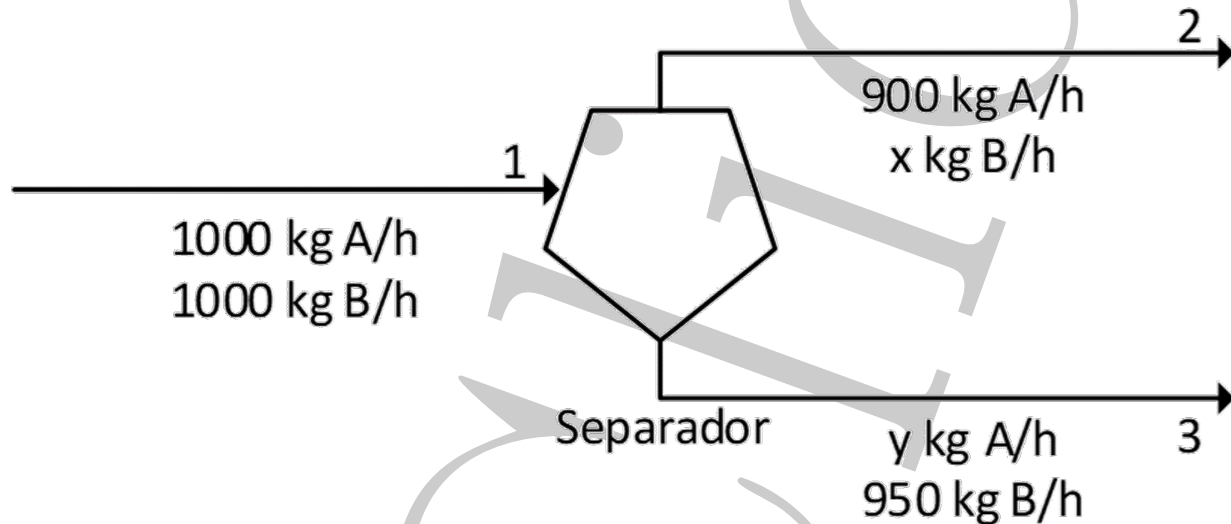


**Problema 6.** 1000 kg/h de una especie A y 1000 kg/h de una especie B entran a una unidad de separación, de tal manera que se obtienen dos corrientes de salida (ambas especies en las dos corrientes). Una de las dos corrientes de salida de la especie A tiene un flujo másico de 900 kg/h y el flujo másico de la especie B en la otra corriente de salida es 950 kg/h.

- Dibuje el diagrama de proceso, etiquetando las corrientes de entrada y de salida.
- Determine cuáles son los flujos másicos de salida de A y B en kg/h.

a)



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

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

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

b)

En el problema:

$$\text{Corriente 1} = \text{Corriente 2} + \text{Corriente 3}$$

Además, las ecuaciones independientes son las siguientes:

- Balance de A:  $1000 \text{ kg A/h} = 900 \text{ kg A/h} + y \text{ kg A/h}$
- Balance de B:  $1000 \text{ kg B/h} = x \text{ kg B/h} + 950 \text{ kg B/h}$

Dando un total de 2 ecuaciones independiente y hay 2 incógnitas =  $\{x, y\}$ . Entonces, el *grado de libertad* del sistema es:

$$\text{GL} = \# \text{ Incógnitas} - \# \text{ Ecuaciones independientes} = 2 - 2 = 0$$

Por lo que el problema tiene solución única:

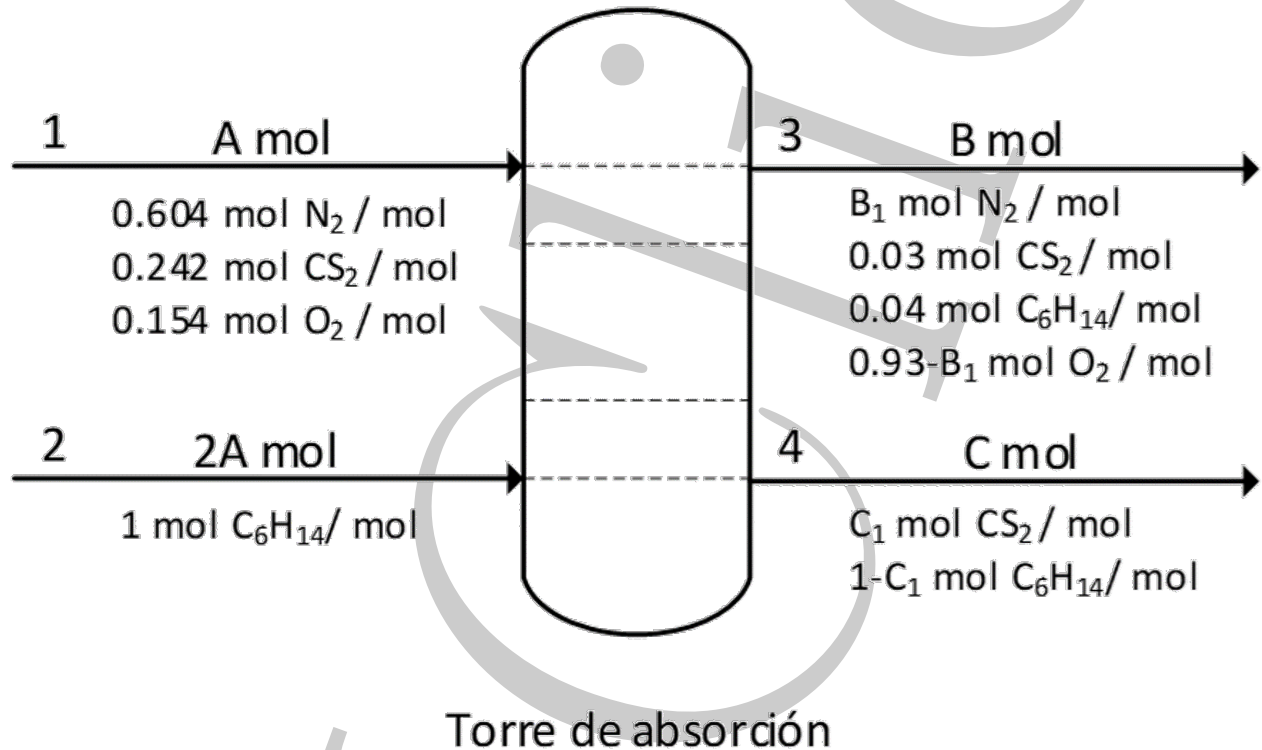
- Balance de A:  $y \text{ kg A/h} = 1000 \text{ kg A/h} - 900 \text{ kg A/h} = 100 \text{ kg A/h}$
- Balance de B:  $x \text{ kg B/h} = 1000 \text{ kg B/h} - 950 \text{ kg B/h} = 50 \text{ kg B/h}$

Finalmente, en cada corriente:

- |                   |                  |                   |
|-------------------|------------------|-------------------|
| • Corriente 1:    | • Corriente 2:   | • Corriente 3:    |
| Total = 2000 kg/h | Total = 950 kg/h | Total = 1050 kg/h |
| A = 1000 kg/h     | A = 900 kg/h     | A = 100 kg/h      |
| B = 1000 kg/h     | B = 50 kg/h      | B = 950 kg/h      |

**Problema 7.** Disulfuro de carbono ( $\text{CS}_2$ ) se separa de un gas que contiene 60.4 % de  $\text{N}_2$ , 24.2 % de  $\text{CS}_2$  y 15.4 % de  $\text{O}_2$ , todos en fracción mol. El proceso consiste en alimentar gas a una torre de absorción continua donde se pone en contacto con hexano ( $\text{C}_6\text{H}_{14}$ ), que absorbe el  $\text{CS}_2$  pero no el  $\text{O}_2$  ni el  $\text{N}_2$ . El hexano alimenta la columna en una relación de moles de 4 a 2 con respecto al gas de alimentación. De la torre de absorción sale una corriente de gas que contiene 3 % de  $\text{CS}_2$  y 4 % de hexano en fracción mol y otra corriente líquida que contiene hexano y el  $\text{CS}_2$  absorbido.

- Calcular el porcentaje de hexano con que se alimentó la columna, que pierde en la corriente de gas de salida.
- El porcentaje de  $\text{CS}_2$  con que se alimentó la columna, que se separa en la corriente líquida de salida.



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

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

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

En el problema:

$$\text{Corriente 1} + \text{Corriente 2} = \text{Corriente 3} + \text{Corriente 4}$$

Además, las ecuaciones independientes son las siguientes:

- Balance de  $\text{N}_2$ :  $(A \text{ mol})(0.604 \text{ mol } \text{N}_2/\text{mol}) = (B \text{ mol})(B_1 \text{ mol } \text{N}_2/\text{mol})$
- Balance de  $\text{CS}_2$ :  $(A \text{ mol})(0.242 \text{ mol } \text{CS}_2/\text{mol}) = (B \text{ mol})(0.03 \text{ mol } \text{CS}_2/\text{mol}) + (C \text{ mol})(C_1 \text{ mol } \text{CS}_2/\text{mol})$
- Balance de  $\text{O}_2$ :  $(A \text{ mol})(0.154 \text{ mol } \text{O}_2/\text{mol}) = (B \text{ mol})(0.93 - B_1 \text{ mol } \text{O}_2/\text{mol})$
- Balance total:  $A \text{ mol} + 2A \text{ mol} = B \text{ mol} + C \text{ mol}$

Dando un total de 4 ecuaciones independiente y hay 5 incógnitas =  $\{A, B, C, B_1, C_1\}$ . Entonces, el *grado de libertad* del sistema es:

$$\text{GL} = \# \text{ Incógnitas} - \# \text{ Ecuaciones independientes} = 5 - 4 = 1$$

Por lo que se necesita plantear una base de cálculo, es decir, darle valor a una incógnita para así reducir el GL a 0 y responder los incisos del problema (recordemos que las proporciones molares siempre se mantienen a pesar de la cantidad supuesta de moles). Supongamos que  $A = 100$ .

Sumando el balance de  $N_2$  y  $O_2$  se tiene que:

$$(100 \text{ mol})(0.758 \text{ mol } [N_2+O_2]/\text{mol}) = (B \text{ mol})(0.93 \text{ mol } [N_2+O_2]/\text{mol})$$

$$B \text{ mol} = \frac{(100 \text{ mol})(0.758 \text{ mol } [N_2 + O_2]/\text{mol})}{0.93 \text{ mol } [N_2 + O_2]/\text{mol}} = 81.5054 \text{ mol}$$

Usando el balance total:

$$100 \text{ mol} + 200 \text{ mol} = 81.5054 \text{ mol} + C \text{ mol}$$

$$C \text{ mol} = 100 \text{ mol} + 200 \text{ mol} - 81.5054 \text{ mol} = 218.4946 \text{ mol}$$

Utilizando el balance de  $N_2$ :

$$(100 \text{ mol})(0.604 \text{ mol } N_2/\text{mol}) = (81.5054 \text{ mol})(B_1 \text{ mol } N_2/\text{mol})$$

$$B_1 \text{ mol } N_2/\text{mol} = \frac{(100 \text{ mol})(0.604 \text{ mol } N_2/\text{mol})}{81.5054 \text{ mol}} = 0.7411 \text{ mol } N_2/\text{mol}$$

Usando el balance de  $CS_2$ :

$$(100 \text{ mol})(0.242 \text{ mol } CS_2/\text{mol}) = (81.5054 \text{ mol})(0.03 \text{ mol } CS_2/\text{mol}) + (218.4946 \text{ mol})(C_1 \text{ mol } CS_2/\text{mol})$$

$$C_1 \text{ mol } CS_2/\text{mol} = \frac{(100 \text{ mol})(0.242 \text{ mol } CS_2/\text{mol}) - (81.5054 \text{ mol})(0.03 \text{ mol } CS_2/\text{mol})}{218.4946 \text{ mol}} = 0.09957 \text{ mol } CS_2/\text{mol}$$

En este caso, en cada corriente:

#### Cantidad molar

<ul style="list-style-type: none"> <li>Corriente 1:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corriente 2:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corriente 3:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corriente 4:</li> </ul>
Total = 100 mol	Total = 200 mol	Total = 81.5054 mol	Total = 218.4946 mol
$N_2 = 60.4 \text{ mol}$	$N_2 = 0 \text{ mol}$	$N_2 = 60.4 \text{ mol}$	$N_2 = 0 \text{ mol}$
$CS_2 = 24.2 \text{ mol}$	$CS_2 = 0 \text{ mol}$	$CS_2 = 2.4452 \text{ mol}$	$CS_2 = 21.7548 \text{ mol}$
$O_2 = 15.4 \text{ mol}$	$O_2 = 0 \text{ mol}$	$O_2 = 15.4 \text{ mol}$	$O_2 = 0 \text{ mol}$
$C_6H_{14} = 0 \text{ mol}$	$C_6H_{14} = 200 \text{ mol}$	$C_6H_{14} = 3.2602 \text{ mol}$	$C_6H_{14} = 196.7398 \text{ mol}$

#### Fracción molar

<ul style="list-style-type: none"> <li>Corriente 1:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corriente 2:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corriente 3:</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Corriente 4:</li> </ul>
$N_2 = 0.604$	$N_2 = 0$	$N_2 = 0.7411$	$N_2 = 0$
$CS_2 = 0.242$	$CS_2 = 0$	$CS_2 = 0.03$	$CS_2 = 0.09957$
$O_2 = 0.154$	$O_2 = 0$	$O_2 = 0.1889$	$O_2 = 0$
$C_6H_{14} = 0$	$C_6H_{14} = 1$	$C_6H_{14} = 0.04$	$C_6H_{14} = 0.90043$

a)

La corriente de gas de salida es la Corriente 3 y la corriente de alimentación de hexano es la Corriente 2:

$$\% \text{ Hexano perdido} = \frac{\text{Hexano en Corriente 3}}{\text{Hexano en Corriente 2}} \times 100 \% = \frac{3.2602 \text{ mol}}{200 \text{ mol}} \times 100 \% = 1.6301 \%$$

b)

La corriente líquida de salida es la Corriente 4 y la corriente de alimentación de  $CS_2$  es la Corriente 1:

$$\% CS_2 \text{ separado} = \frac{CS_2 \text{ en Corriente 4}}{CS_2 \text{ en Corriente 1}} \times 100 \% = \frac{21.7548 \text{ mol}}{24.2 \text{ mol}} \times 100 \% = 89.8960 \%$$

**Problema 8.** Se secan hojuelas de papa (contenido de humedad de 75 %). El contenido de humedad del aire que entra al secador es de 0.08 kg de agua por 1 kg de aire seco. El contenido de humedad del aire que sale del secador es de 0.18 kg de agua por 1 kg de aire seco. El flujo de aire a la entrada del secador es de 100 kg de aire seco/h. 50 kg de hojuelas de papa húmedas entran al secador por hora.

- a) ¿Cuál es el flujo de hojuelas de papa seca?  
 b) ¿Cuál es el contenido de humedad de las hojuelas de papa a la salida del secador?

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

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

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

Como entran 100 kg de aire seco/h, usando la relación del problema:

$$100 \text{ kg aire seco/h} \left| \frac{0.08 \text{ kg H}_2\text{O}}{1 \text{ kg aire seco}} \right| = 8 \text{ kg H}_2\text{O/h}$$

$$\text{Flujo másico total} = 100 \text{ kg aire seco/h} + 8 \text{ kg H}_2\text{O/h} = 108 \text{ kg/h}$$

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\text{Masa de H}_2\text{O}}{\text{Masa total}} = \frac{8 \text{ kg}}{108 \text{ kg}} = 0.07407$$

$$x_{\text{aire seco}} = \frac{\text{Masa de aire seco}}{\text{Masa total}} = \frac{100 \text{ kg}}{108 \text{ kg}} = 0.92593$$

En el caso de la salida del aire con agua, observemos que los 100 kg de aire seco/h de la entrada se mantienen ahí, por lo que utilizando la relación del problema:

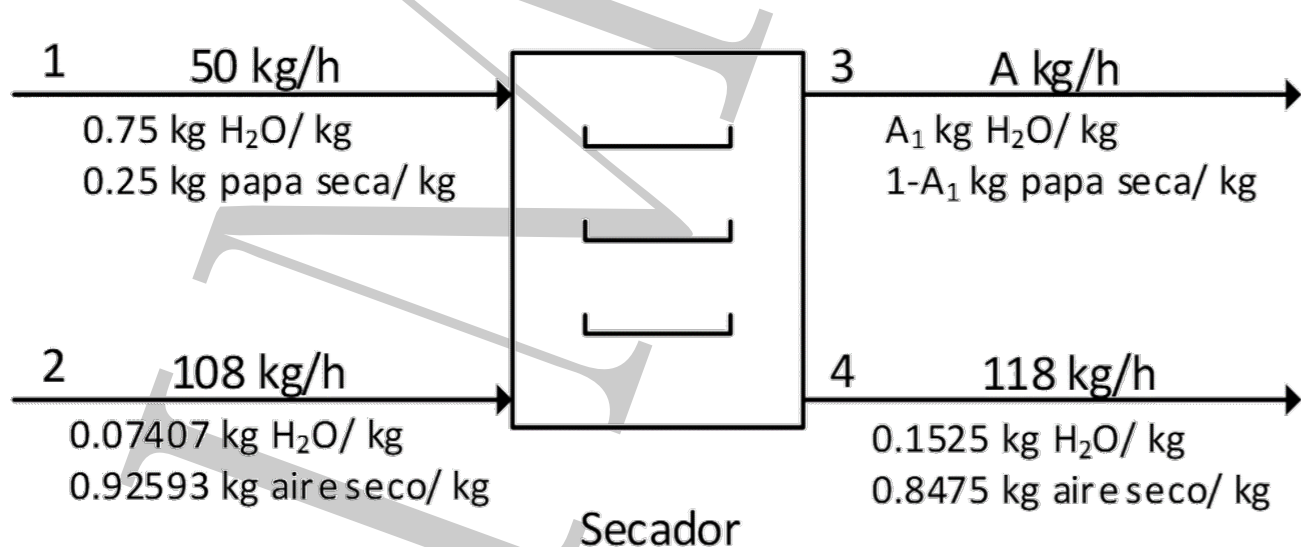
$$100 \text{ kg aire seco/h} \left| \frac{0.18 \text{ kg H}_2\text{O}}{1 \text{ kg aire seco}} \right| = 18 \text{ kg H}_2\text{O/h}$$

$$\text{Flujo másico total} = 100 \text{ kg aire seco/h} + 18 \text{ kg H}_2\text{O/h} = 118 \text{ kg/h}$$

$$x_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\text{Masa de H}_2\text{O}}{\text{Masa total}} = \frac{18 \text{ kg}}{118 \text{ kg}} = 0.1525$$

$$x_{\text{aire seco}} = \frac{\text{Masa de aire seco}}{\text{Masa total}} = \frac{100 \text{ kg}}{118 \text{ kg}} = 0.8475$$

Quedando el diagrama de flujo de la siguiente forma:



En el problema:

$$\text{Corriente 1} + \text{Corriente 2} = \text{Corriente 3} + \text{Corriente 4}$$

Además, las ecuaciones independientes son las siguientes:

- Balance de  $\text{H}_2\text{O}$ :  $(50 \text{ kg/h})(0.75 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) + (108 \text{ kg/h})(0.07407 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) = (A \text{ kg/h})(A_1 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) + (118 \text{ kg/h})(0.1525 \text{ kg H}_2\text{O/kg})$
- Balance total:  $50 \text{ kg/h} + 108 \text{ kg/h} = A \text{ kg/h} + 118 \text{ kg/h}$

Dando un total de 2 ecuaciones independiente y hay 2 incógnitas =  $\{A, A_1\}$ . Entonces, el *grado de libertad* del sistema es:

$$\text{GL} = \# \text{ Incógnitas} - \# \text{ Ecuaciones independientes} = 2 - 2 = 0$$

Por lo que el problema tiene solución única. Utilizando el balance total:

$$\begin{aligned} 50 \text{ kg/h} + 108 \text{ kg/h} &= A \text{ kg/h} + 118 \text{ kg/h} \\ A \text{ kg/h} &= 50 \text{ kg/h} + 108 \text{ kg/h} - 118 \text{ kg/h} = 40 \text{ kg/h} \end{aligned}$$

Usando el balance de  $\text{H}_2\text{O}$ :

$$\begin{aligned} (50 \text{ kg/h})(0.75 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) + (108 \text{ kg/h})(0.07407 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) &= (40 \text{ kg/h})(A_1 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) + (118 \text{ kg/h})(0.1525 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) \\ A_1 \text{ kg H}_2\text{O/kg} &= \frac{(50 \text{ kg/h})(0.75 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) + (108 \text{ kg/h})(0.07407 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) - (118 \text{ kg/h})(0.1525 \text{ kg H}_2\text{O/kg})}{40 \text{ kg/h}} \\ A_1 \text{ kg H}_2\text{O/kg} &= 0.6875 \text{ kg H}_2\text{O/kg} \end{aligned}$$

Finalmente, en cada corriente:

#### Flujo másico

- |  |                                       |  |  |
|--|---------------------------------------|--|--|
| • Corriente 1:                           | • Corriente 2:                        | • Corriente 3:                           | • Corriente 4:                         |
| Total = 50 kg/h                          | Total = 108 kg/h                      | Total = 40 kg/h                          | Total = 118 kg/h                       |
| $\text{H}_2\text{O} = 37.5 \text{ kg/h}$ | $\text{H}_2\text{O} = 8 \text{ kg/h}$ | $\text{H}_2\text{O} = 27.5 \text{ kg/h}$ | $\text{H}_2\text{O} = 18 \text{ kg/h}$ |
| papa seca = 12.5 kg/h                    | papa seca = 0 kg/h                    | papa seca = 12.5 kg/h                    | papa seca = 0 kg/h                     |
| aire seco = 0 kg/h                       | aire seco = 100 kg/h                  | aire seco = 0 kg/h                       | aire seco = 100 kg/h                   |

#### Fracción másica

- |                             |                                |                               |                               |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| • Corriente 1:              | • Corriente 2:                 | • Corriente 3:                | • Corriente 4:                |
| $\text{H}_2\text{O} = 0.75$ | $\text{H}_2\text{O} = 0.07407$ | $\text{H}_2\text{O} = 0.6875$ | $\text{H}_2\text{O} = 0.1525$ |
| papa seca = 0.25            | papa seca = 0                  | papa seca = 0.3125            | papa seca = 0                 |
| aire seco = 0               | aire seco = 0.92593            | aire seco = 0                 | aire seco = 0.8475            |

a)

En la salida hay 12.5 kg de papa seca/h por cada 40 kg/h de hojuelas de papa

b)

Las hojuelas de papa en la salida tienen 0.6875 kg de  $\text{H}_2\text{O/kg}$