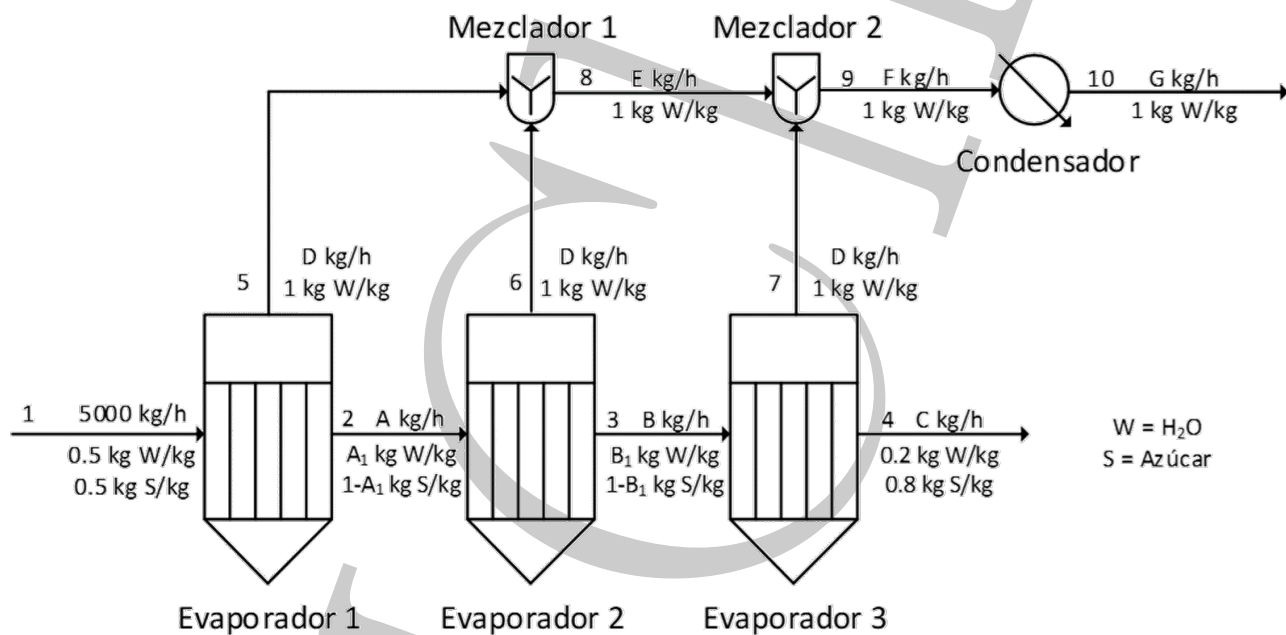


**Problema 9.** Típicamente se utilizan los evaporadores para concentrar soluciones, eliminando por ebullición algo del solvente. Para economizar en las necesidades de energía, frecuentemente se efectúa la evaporación en etapas. En una evaporación en tres etapas, se concentra una solución inicial de azúcar con 50 % en masa hasta una solución final con 80 % en masa, evaporando cantidades iguales de agua en cada una de las tres etapas. El vapor de agua de cada una de las etapas de evaporación se combina en una misma corriente que se alimenta a un condensador, el cual genera la corriente de salida de agua líquida del sistema. Para una alimentación total de 5000 kg/h.

- 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 sistema compuesto por los tres evaporadores y cada uno de los evaporadores. ¿Qué puedes concluir?
- Calcula los flujos de todas las corrientes del sistema.
- Presentar los resultados en una tabla con todas las corrientes y todos los compuestos.

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)

◦ Evaporador 1 + Evaporador 2 + Evaporador 3:

$$\text{Corriente 1} = \text{Corriente 5} + \text{Corriente 6} + \text{Corriente 7} + \text{Corriente 4}$$

Ecuaciones independientes (2):

- Balance de azúcar:  $(5000 \text{ kg/h})(0.5 \text{ kg azúcar/kg}) = (C \text{ kg/h})(0.8 \text{ kg azúcar/kg})$
- Balance total:  $5000 \text{ kg/h} = D \text{ kg/h} + D \text{ kg/h} + C \text{ kg/h}$

En donde hay 2 incógnitas =  $\{C, D\}$ . Entonces, el *grado de libertad* es:

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

◦ Evaporador 1:

$$\text{Corriente 1} = \text{Corriente 5} + \text{Corriente 2}$$

Ecuaciones independientes (2):

- Balance de  $\text{H}_2\text{O}$ :  $(5000 \text{ kg/h})(0.5 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) = (D \text{ kg/h})(1 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) + (A \text{ kg/h})(A_1 \text{ kg H}_2\text{O/kg})$
- Balance total:  $5000 \text{ kg/h} = D \text{ kg/h} + A \text{ kg/h}$

En donde hay 3 incógnitas =  $\{D, A, A_1\}$ . Entonces, el *grado de libertad* es:

$$\text{GL} = \# \text{ Incógnitas} - \# \text{ Ecuaciones independientes} = 3 - 2 = 1$$

◦ Evaporador 2:

$$\text{Corriente 2} = \text{Corriente 6} + \text{Corriente 3}$$

Ecuaciones independientes (2):

- Balance de  $\text{H}_2\text{O}$ :  $(A \text{ kg/h})(A_1 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) = (D \text{ kg/h})(1 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) + (B \text{ kg/h})(B_1 \text{ kg H}_2\text{O/kg})$
- Balance total:  $A \text{ kg/h} = D \text{ kg/h} + B \text{ kg/h}$

En donde hay 5 incógnitas =  $\{A, A_1, D, B, B_1\}$ . Entonces, el *grado de libertad* es:

$$\text{GL} = \# \text{ Incógnitas} - \# \text{ Ecuaciones independientes} = 5 - 2 = 3$$

◦ Evaporador 3:

$$\text{Corriente 2} = \text{Corriente 7} + \text{Corriente 4}$$

Ecuaciones independientes (2):

- Balance de  $\text{H}_2\text{O}$ :  $(B \text{ kg/h})(B_1 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) = (D \text{ kg/h})(1 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) + (C \text{ kg/h})(0.2 \text{ kg H}_2\text{O/kg})$
- Balance total:  $B \text{ kg/h} = D \text{ kg/h} + C \text{ kg/h}$

En donde hay 4 incógnitas =  $\{B, B_1, D, C\}$ . Entonces, el *grado de libertad* es:

$$\text{GL} = \# \text{ Incógnitas} - \# \text{ Ecuaciones independientes} = 4 - 2 = 2$$

Podemos ver que primero se tiene que resolver el sistema [ Evaporador 1 + Evaporador 2 + Evaporador 3 ] para así obtener  $C, D$  y con ello se reduce el GL del Evaporador 1 y del Evaporador 3 en 0, por lo que se puede calcular  $A, A_1, B, B_1$ . Haremos los grados de libertad de los mezcladores y el condensador, considerando los datos que se conocen o se pueden hallar hasta el momento:

◦ Mezclador 1:

$$\text{Corriente 5} + \text{Corriente 6} = \text{Corriente 8}$$

Ecuaciones independientes (1):

- Balance total:  $D \text{ kg/h} + D \text{ kg/h} = E \text{ kg/h}$

En donde hay 1 incógnita =  $\{E\}$ . Entonces, el *grado de libertad* es:

$$\text{GL} = \# \text{ Incógnitas} - \# \text{ Ecuaciones independientes} = 1 - 1 = 0$$

◦ Mezclador 2:

$$\text{Corriente 8} + \text{Corriente 7} = \text{Corriente 9}$$

Ecuaciones independientes (1):

- Balance total:  $E \text{ kg/h} + D \text{ kg/h} = F \text{ kg/h}$

En donde hay 2 incógnitas =  $\{E, F\}$ . Entonces, el *grado de libertad* es:

$$\text{GL} = \# \text{ Incógnitas} - \# \text{ Ecuaciones independientes} = 2 - 1 = 1$$

○ Condensador:

$$\text{Corriente 9} = \text{Corriente 10}$$

Ecuaciones independientes (1):

- Balance total:  $F \text{ kg/h} = G \text{ kg/h}$

En donde hay 2 incógnitas =  $\{F, G\}$ . Entonces, el *grado de libertad* es:

$$GL = \# \text{ Incógnitas} - \# \text{ Ecuaciones independientes} = 2 - 1 = 1$$

Con  $GL = 0$  en el Mezclador 1 se puede calcular  $E$ . Después, el  $GL$  del Mezclador 2 será 0, por lo que se halla  $F$  y finalmente el Condensador tiene  $GL = 0$  y se obtiene  $G$ .

c)

○ Evaporador 1 + Evaporador 2 + Evaporador 3:

En el balance de azúcar:

$$(5000 \text{ kg/h})(0.5 \text{ kg azúcar/kg}) = (C \text{ kg/h})(0.8 \text{ kg azúcar/kg})$$

$$C \text{ kg/h} = \frac{(5000 \text{ kg/h})(0.5 \text{ kg azúcar/kg})}{0.8 \text{ kg azúcar/kg}} = 3125 \text{ kg/h}$$

En el balance total:

$$5000 \text{ kg/h} = D \text{ kg/h} + D \text{ kg/h} + D \text{ kg/h} + 3125 \text{ kg/h}$$

$$D \text{ kg/h} = \frac{5000 \text{ kg/h} - 3125 \text{ kg/h}}{3} = 625 \text{ kg/h}$$

○ Evaporador 1:

En el balance total:

$$5000 \text{ kg/h} = 625 \text{ kg/h} + A \text{ kg/h}$$

$$A \text{ kg/h} = 5000 \text{ kg/h} - 625 \text{ kg/h} = 4375 \text{ kg/h}$$

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

$$(5000 \text{ kg/h})(0.5 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) = (625 \text{ kg/h})(1 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) + (4375 \text{ kg/h})(A_1 \text{ kg H}_2\text{O/kg})$$

$$A_1 \text{ kg H}_2\text{O/kg} = \frac{(5000 \text{ kg/h})(0.5 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) - (625 \text{ kg/h})(1 \text{ kg H}_2\text{O/kg})}{4375 \text{ kg/h}} = 0.4286 \text{ kg H}_2\text{O/kg}$$

○ Evaporador 3:

En el balance total:

$$B \text{ kg/h} = 625 \text{ kg/h} + 3125 \text{ kg/h} = 3750 \text{ kg/h}$$

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

$$(3750 \text{ kg/h})(B_1 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) = (625 \text{ kg/h})(1 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) + (3125 \text{ kg/h})(0.2 \text{ kg H}_2\text{O/kg})$$

$$B_1 \text{ kg H}_2\text{O/kg} = \frac{(625 \text{ kg/h})(1 \text{ kg H}_2\text{O/kg}) + (3125 \text{ kg/h})(0.2 \text{ kg H}_2\text{O/kg})}{3750 \text{ kg/h}} = 0.3333 \text{ kg H}_2\text{O/kg}$$

○ Mezclador 1:

En el balance total:

$$625 \text{ kg/h} + 625 \text{ kg/h} = E \text{ kg/h} = 1250 \text{ kg/h}$$

○ Mezclador 2:

En el balance total:

$$1250 \text{ kg/h} + 625 \text{ kg/h} = F \text{ kg/h} = 1875 \text{ kg/h}$$

o Condensador:

En el balance total:

$$1875 \text{ kg/h} = G \text{ kg/h}$$

d)

Flujo másico (kg/h)										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Azúcar	2500	2500	2500	2500	0	0	0	0	0	0
H <sub>2</sub> O	2500	1875	1250	625	625	625	625	1250	1875	1875
Total	5000	4375	3750	3125	625	625	625	1250	1875	1875

Fracción másica										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Azúcar	0.5	0.5714	0.6667	0.8	0	0	0	0	0	0
H <sub>2</sub> O	0.5	0.4286	0.3333	0.2	1	1	1	1	1	1

**Problema 10.** Una corriente que contiene 23 % mol de A, 26 % mol de B, 39 % mol de C y el resto de D es alimentada a un sistema de separación compuesto por cuatro columnas de destilación. En la columna de destilación I, la corriente ligera (destilado I) está compuesta por A, B y C (3 % mol de C) y es utilizada como alimentación de la columna de destilación II. La corriente ligera de la columna de destilación II (destilado II) está conformada por A y B (0.5 % mol de B). La corriente pesada (fondos II) de la columna de destilación II es alimentada a un divisor, el cual recircula el 60 % de la corriente alimentada a la columna de destilación I (como una segunda entrada a esta columna I) siendo el 40 % restante de los fondos II retirado del sistema con la composición 1 % mol de A, 10 % de C y el resto de B. La corriente pesada (fondos I) de la columna de destilación I es utilizada como alimentación de la columna de destilación III. La torre de destilación III genera una corriente ligera (destilado III) que contiene B, C y D (0.2 % mol de D). Además, se sabe que la corriente pesada de la columna de destilación III (fondos III) contiene 30 % mol de D y 70 % mol de C. Esta corriente pesada (fondos III) es utilizada como alimentación de la columna de destilación IV. La columna de destilación IV produce un destilado (destilado IV) con C y D, y una corriente de fondos (fondos IV) solo con D. En la corriente de fondos IV se recupera 95 % de todo el D alimentado al sistema de separación.

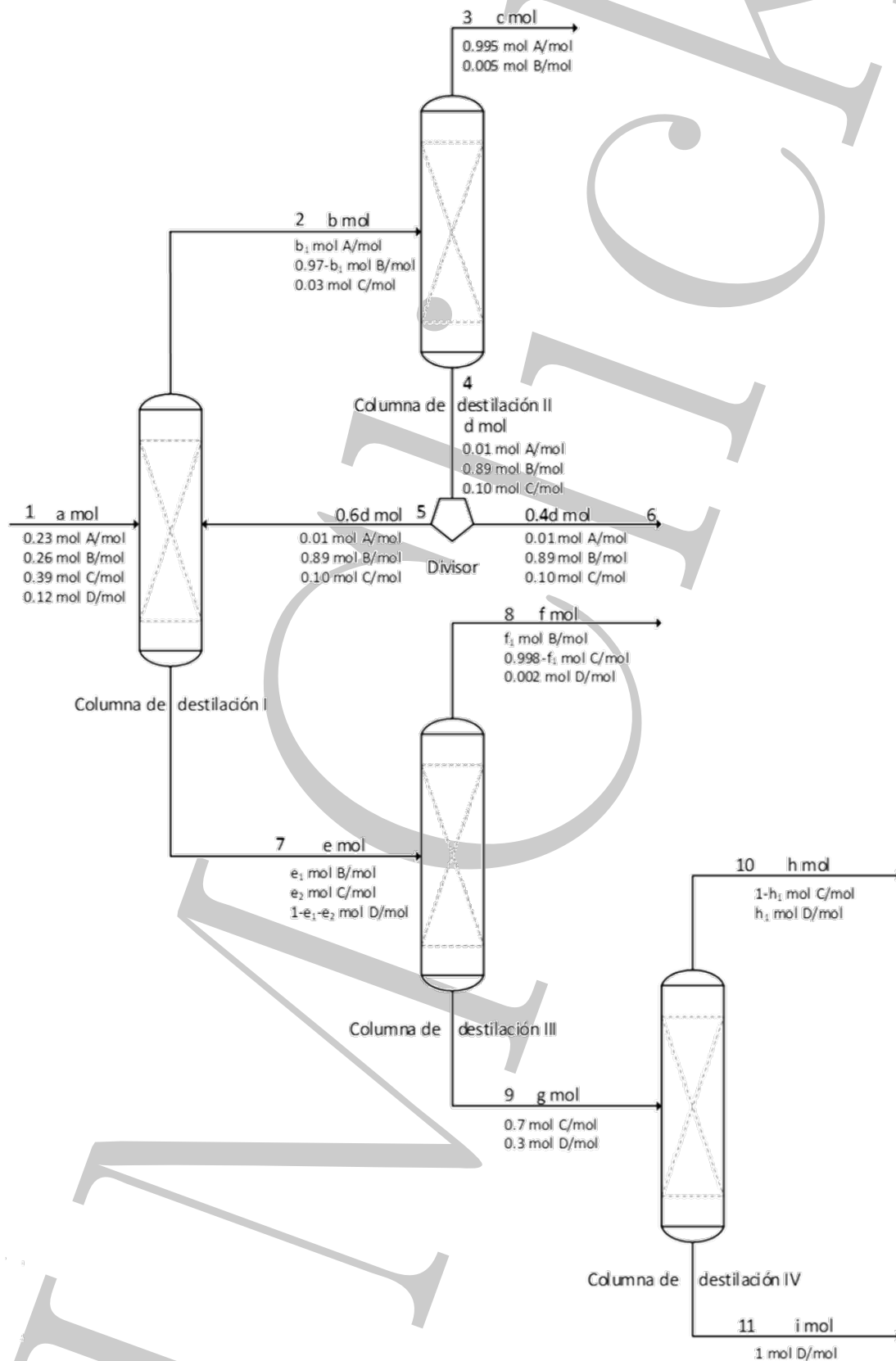
- Presenta el diagrama de flujo del proceso con corrientes, equipos y todos los datos e incógnitas.
- Presenta explícitamente los cálculos relevantes para la determinación de los grados de libertad de todos los equipos. ¿Qué puedes concluir?
- Calcula los flujos de todas las corrientes del sistema.
- Presentar los resultados en una tabla con todas las corrientes y todos los compuestos.

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

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

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

a)



b)

◦ Sistema general:

$$\text{Corriente 1} = \text{Corriente 3} + \text{Corriente 6} + \text{Corriente 8} + \text{Corriente 10} + \text{Corriente 11}$$

Ecuaciones independientes (5):

- Balance de A:  $(a \text{ mol})(0.23 \text{ mol A/mol}) = (c \text{ mol})(0.995 \text{ mol A/mol}) + (0.4d \text{ mol})(0.01 \text{ mol A/mol})$
- Balance de B:  $(a \text{ mol})(0.26 \text{ mol B/mol}) = (c \text{ mol})(0.005 \text{ mol B/mol}) + (0.4d \text{ mol})(0.89 \text{ mol B/mol}) + (f \text{ mol})(f_1 \text{ mol B/mol})$
- Balance de D:  $(a \text{ mol})(0.12 \text{ mol D/mol}) = (f \text{ mol})(0.002 \text{ mol D/mol}) + (h \text{ mol})(h_1 \text{ mol D/mol}) + (i \text{ mol})(1 \text{ mol D/mol})$
- Balance total:  $a \text{ mol} = c \text{ mol} + 0.4d \text{ mol} + f \text{ mol} + h \text{ mol} + i \text{ mol}$
- Relación de D de entrada y salida:  $(0.95)(a \text{ mol})(0.12 \text{ mol D/mol}) = (i \text{ mol})(1 \text{ mol D/mol})$

En donde hay 8 incógnitas =  $\{a, c, d, f, h, i, f_1, h_1\}$ . Entonces, el *grado de libertad* es:

$$GL = \# \text{ Incógnitas} - \# \text{ Ecuaciones independientes} = 8 - 5 = 3$$

◦ Columna de destilación I:

$$\text{Corriente 1} + \text{Corriente 5} = \text{Corriente 2} + \text{Corriente 7}$$

Ecuaciones independientes (4):

- Balance de A:  $(a \text{ mol})(0.23 \text{ mol A/mol}) + (0.6d \text{ mol})(0.01 \text{ mol A/mol}) = (b \text{ mol})(b_1 \text{ mol A/mol})$
- Balance de B:  $(a \text{ mol})(0.26 \text{ mol B/mol}) + (0.6d \text{ mol})(0.89 \text{ mol B/mol}) = (b \text{ mol})(0.97 - b_1 \text{ mol B/mol}) + (e \text{ mol})(e_1 \text{ mol B/mol})$
- Balance de C:  $(a \text{ mol})(0.39 \text{ mol C/mol}) + (0.6d \text{ mol})(0.10 \text{ mol C/mol}) = (b \text{ mol})(0.03 \text{ mol C/mol}) + (e \text{ mol})(e_2 \text{ mol C/mol})$
- Balance total:  $a \text{ mol} + 0.6d \text{ mol} = b \text{ mol} + e \text{ mol}$

En donde hay 7 incógnitas =  $\{a, b, d, e, b_1, e_1, e_2\}$ . Entonces, el *grado de libertad* es:

$$GL = \# \text{ Incógnitas} - \# \text{ Ecuaciones independientes} = 7 - 4 = 3$$

◦ Columna de destilación II:

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

Ecuaciones independientes (3):

- Balance de A:  $(b \text{ mol})(b_1 \text{ mol A/mol}) = (c \text{ mol})(0.995 \text{ mol A/mol}) + (d \text{ mol})(0.01 \text{ mol A/mol})$
- Balance de C:  $(b \text{ mol})(0.03 \text{ mol C/mol}) = (d \text{ mol})(0.10 \text{ mol C/mol})$
- Balance total:  $b \text{ mol} = c \text{ mol} + d \text{ mol}$

En donde hay 4 incógnitas =  $\{b, c, d, b_1\}$ . Entonces, el *grado de libertad* es:

$$GL = \# \text{ Incógnitas} - \# \text{ Ecuaciones independientes} = 4 - 3 = 1$$

◦ Columna de destilación III:

$$\text{Corriente 7} = \text{Corriente 8} + \text{Corriente 9}$$

Ecuaciones independientes (3):

- Balance de B:  $(e \text{ mol})(e_1 \text{ mol B/mol}) = (f \text{ mol})(f_1 \text{ mol B/mol})$
- Balance de D:  $(e \text{ mol})(1 - e_1 - e_2 \text{ mol D/mol}) = (f \text{ mol})(0.002 \text{ mol D/mol}) + (g \text{ mol})(0.3 \text{ mol D/mol})$
- Balance total:  $e \text{ mol} = f \text{ mol} + g \text{ mol}$

En donde hay 6 incógnitas =  $\{e, f, g, e_1, e_2, f_1\}$ . Entonces, el *grado de libertad* es:

$$GL = \# \text{ Incógnitas} - \# \text{ Ecuaciones independientes} = 6 - 3 = 3$$

◦ Columna de destilación IV:

$$\text{Corriente 9} = \text{Corriente 10} + \text{Corriente 11}$$

Ecuaciones independientes (2):

- Balance de D:  $(g \text{ mol})(0.3 \text{ mol D/mol}) = (h \text{ mol})(h_1 \text{ mol D/mol}) + (i \text{ mol})(1 \text{ mol D/mol})$
- Balance total:  $g \text{ mol} = h \text{ mol} + i \text{ mol}$

En donde hay 4 incógnitas =  $\{g, h, i, h_1\}$ . Entonces, el *grado de libertad* es:

$$GL = \# \text{ Incógnitas} - \# \text{ Ecuaciones independientes} = 4 - 2 = 2$$

○ Divisor:

$$\text{Corriente 4} = \text{Corriente 5} + \text{Corriente 6}$$

Ecuaciones independientes (0). Hay 1 incógnita =  $\{d\}$ . Entonces, el *grado de libertad* es:

$$GL = \# \text{ Incógnitas} - \# \text{ Ecuaciones independientes} = 1 - 0 = 1$$

Con los grados de libertad anteriores podemos ver que hay que tener una base de cálculo. Comencemos con el Divisor, sea  $d = 1000$ . Así la Columna de destilación II tiene  $GL = 0$  y se obtienen  $b, c, b_1$  y de aquí la Columna de destilación I tiene  $GL = 0$  y se halla  $a, e, e_1, e_2$ . Finalmente, el  $GL$  de la Columna de destilación III es 0, por lo que se calcula  $f, g, f_1$  y con ello se usan las ecuaciones del Sistema General para conseguir  $h, i, h_1$ .

c)

○ Columna de destilación II:

En el balance de C:

$$(b \text{ mol})(0.03 \text{ mol C/mol}) = (1000 \text{ mol})(0.10 \text{ mol C/mol})$$

$$b \text{ mol} = \frac{(1000 \text{ mol})(0.10 \text{ mol C/mol})}{0.03 \text{ mol C/mol}} = 3333.3333 \text{ mol}$$

En el balance total:

$$3333.3333 \text{ mol} = c \text{ mol} + 1000 \text{ mol}$$

$$c \text{ mol} = 3333.3333 \text{ mol} - 1000 \text{ mol} = 2333.3333 \text{ mol}$$

En el balance de A:

$$(3333.3333 \text{ mol})(b_1 \text{ mol A/mol}) = (2333.3333 \text{ mol})(0.995 \text{ mol A/mol}) + (1000 \text{ mol})(0.01 \text{ mol A/mol})$$

$$b_1 \text{ mol A/mol} = \frac{(2333.3333 \text{ mol})(0.995 \text{ mol A/mol}) + (1000 \text{ mol})(0.01 \text{ mol A/mol})}{3333.3333 \text{ mol}} = 0.6995 \text{ mol A/mol}$$

○ Columna de destilación I:

En el balance de A:

$$(a \text{ mol})(0.23 \text{ mol A/mol}) + [0.6(1000) \text{ mol}][0.01 \text{ mol A/mol}] = (3333.3333 \text{ mol})(0.6995 \text{ mol A/mol})$$

$$a \text{ mol} = \frac{(3333.3333 \text{ mol})(0.6995 \text{ mol A/mol}) - [0.6(1000) \text{ mol}][0.01 \text{ mol A/mol}]}{0.23 \text{ mol A/mol}} = 10111.5942 \text{ mol}$$

En el balance total:

$$10111.5942 \text{ mol} + 0.6(1000) \text{ mol} = 3333.3333 \text{ mol} + e \text{ mol}$$

$$e \text{ mol} = 10111.5942 \text{ mol} + 0.6(1000) \text{ mol} - 3333.3333 \text{ mol} = 7378.2609 \text{ mol}$$

En el balance de B:

$$(10111.5942 \text{ mol})(0.26 \text{ mol B/mol}) + [0.6(1000) \text{ mol}][0.89 \text{ mol B/mol}] = (3333.3333 \text{ mol})(0.2705 \text{ mol B/mol}) + (7378.2609 \text{ mol})(e_1 \text{ mol B/mol})$$

$$e_1 \text{ mol B/mol} = \frac{(10111.5942 \text{ mol})(0.26 \text{ mol B/mol}) + [0.6(1000) \text{ mol}][0.89 \text{ mol B/mol}] - (3333.3333 \text{ mol})(0.2705 \text{ mol B/mol})}{7378.2609 \text{ mol}}$$

$$e_1 \text{ mol B/mol} = 0.3065 \text{ mol B/mol}$$

En el balance de C:

$$(10111.5942 \text{ mol})(0.39 \text{ mol C/mol}) + [0.6(1000) \text{ mol}][0.10 \text{ mol C/mol}] = (3333.3333 \text{ mol})(0.03 \text{ mol C/mol}) + (7378.2609 \text{ mol})(e_2 \text{ mol C/mol})$$

$$e_2 \text{ mol C/mol} = \frac{(10111.5942 \text{ mol})(0.39 \text{ mol C/mol}) + [0.6(1000) \text{ mol}][0.10 \text{ mol C/mol}] - (3333.3333 \text{ mol})(0.03 \text{ mol C/mol})}{7378.2609 \text{ mol}}$$

$$e_2 \text{ mol C/mol} = 0.5291 \text{ mol C/mol}$$

o Columna de destilación III:

Resolviendo el sistema de ecuaciones simultáneas conformado por el balance total y el balance de D:

$$7378.2609 \text{ mol} = f \text{ mol} + g \text{ mol}$$

$$(7378.2609 \text{ mol})(0.1645 \text{ mol D/mol}) = 1213.3913 \text{ mol D} = (f \text{ mol})(0.002 \text{ mol D/mol}) + (g \text{ mol})(0.3 \text{ mol D/mol})$$

$$f \text{ mol} = \begin{vmatrix} 7378.2609 & 1 \\ 1213.3913 & 0.3 \end{vmatrix} \text{ mol} = 3355.9965 \text{ mol}$$

$$g \text{ mol} = \begin{vmatrix} 1 & 1 \\ 0.002 & 0.3 \end{vmatrix} \text{ mol} = 4022.2644 \text{ mol}$$

En el balance de B:

$$(7378.2609 \text{ mol})(0.3065 \text{ mol B/mol}) = (3355.9965 \text{ mol})(f_1 \text{ mol B/mol})$$

$$f_1 \text{ mol B/mol} = \frac{(7378.2609 \text{ mol})(0.3065 \text{ mol B/mol})}{3355.9965 \text{ mol}} = 0.6738 \text{ mol B/mol}$$

o Sistema general:

Con la relación de D de entrada y salida:

$$(0.95)(10111.5942 \text{ mol})(0.12 \text{ mol D/mol}) = (i \text{ mol})(1 \text{ mol D/mol})$$

$$i \text{ mol} = \frac{(0.95)(10111.5942 \text{ mol})(0.12 \text{ mol D/mol})}{1 \text{ mol D/mol}} = 1152.7217 \text{ mol}$$

En el balance total:

$$10111.5942 \text{ mol} = 2333.3333 \text{ mol} + 0.4(1000) \text{ mol} + 3355.9965 \text{ mol} + h \text{ mol} + 1152.7217 \text{ mol}$$

$$h \text{ mol} = 10111.5942 \text{ mol} - 2333.3333 \text{ mol} - 0.4(1000) \text{ mol} - 3355.9965 \text{ mol} - 1152.7217 \text{ mol} = 2869.5426 \text{ mol}$$

En el balance de D:

$$(10111.5942 \text{ mol})(0.12 \text{ mol D/mol}) = (3355.9965 \text{ mol})(0.002 \text{ mol D/mol}) + (2869.5426 \text{ mol})(h_1 \text{ mol D/mol}) + (1152.7217 \text{ mol})(1 \text{ mol D/mol})$$

$$h_1 \text{ mol D/mol} = \frac{(10111.5942 \text{ mol})(0.12 \text{ mol D/mol}) - (3355.9965 \text{ mol})(0.002 \text{ mol D/mol}) - (1152.7217 \text{ mol})(1 \text{ mol D/mol})}{2869.5426 \text{ mol}}$$

$$h_1 \text{ mol D/mol} = 0.0188 \text{ mol D/mol}$$

d)

Cantidad molar (mol)											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	2325.6667	2331.6667	2321.6667	10	6	4	0	0	0	0	0
B	2629.0145	901.6667	11.6667	890	534	356	2261.3478	2261.3478	0	0	0
C	3943.5217	100	0	100	60	40	3903.5217	1087.9367	2815.5851	2815.5851	0
D	1213.3913	0	0	0	0	0	1213.3913	6.7120	1206.6793	53.9576	1152.7217
Total	10111.5942	3333.3333	2333.3333	1000	600	400	7378.2609	3355.9965	4022.2644	2869.5426	1152.7217

Fracción molar											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	0.23	0.6995	0.995	0.01	0.01	0.01	0	0	0	0	0
B	0.26	0.2705	0.005	0.89	0.89	0.89	0.3065	0.6738	0	0	0
C	0.39	0.03	0	0.10	0.10	0.10	0.5291	0.3242	0.7	0.9812	0
D	0.12	0	0	0	0	0	0.1645	0.002	0.3	0.0188	1