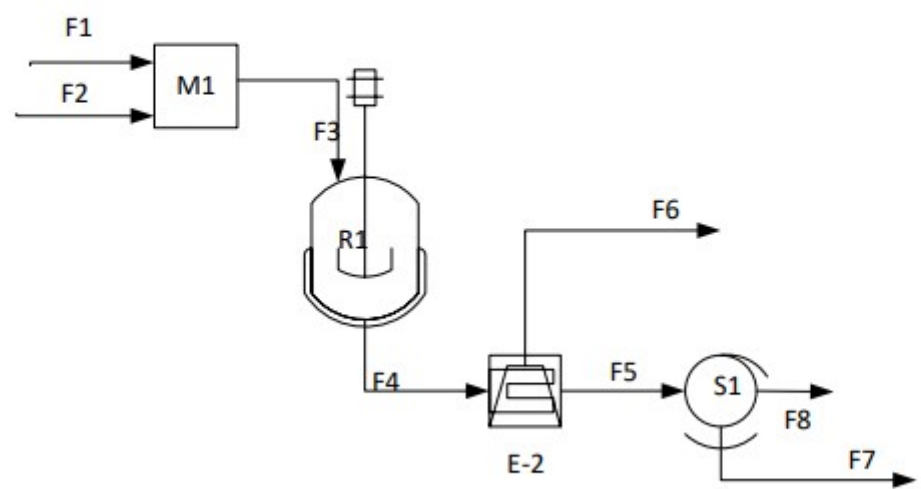
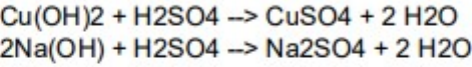


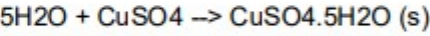
5. Al mes de recibirse de Ingeniero Químico, consigue trabajo en una empresa química que tiene una unidad de cristalización de sulfato de cobre por evaporación, según el proceso descrito a continuación:



El proceso se alimenta con una corriente F_1 de 100 kmol/hr, con una solución acuosa compuesta por una fracción molar de Cu(OH)_2 de 0.028 y trazas de Na(OH) de 1.8×10^{-5} . Una corriente F_2 de ácido sulfúrico diluido en agua al 10,2% . Se mantiene la acidez de las corrientes, manteniendo una relación molar de 2.1 de ácido sulfúrico con respecto a los hidróxidos, a la entrada del neutralizador R-1. La reacción de neutralización es muy rápida, y se lleva a cabo hasta convertirse totalmente los hidroxidos.



La solución formada en el reactor de neutralización es evaporada en el evaporador E-2, donde se elimina agua pura por la corriente F_6 , precipitando SO_4Cu , el cual se retira por la corriente F_5 .



En el evaporador, cristaliza puro el 50% del sulfato de cobre que ingresa, y se evapora el 50% del agua que ingresa. La corriente con sólidos que sale del evaporador, se filtra hasta obtener una torta con el 10% de humedad (en base seca). El filtro retiene el 95% de solido

a- Simular el balance de masa del proceso. Completar el cuadro de balance de masa.

b- Proponer a la empresa alguna forma de aumentar la producción, manteniendo la cantidad ingresada de Cu(OH)_2 . Justificar cuantitativamente la mejora.

$N_C := 7$ $N_s := 8$ $g(x, y) := 1$ $i := 1 \dots N_C$ $j := 1 \dots N_s$

sustancias :=

"H2O"

"Cu(OH)2"

"H2SO4"

"CuSO4"

"Na(OH)"

"Na2SO4"

"SO4Cu*5H2O(s)""

PM :=

18.02

97.56

98.08

159.5

40

142.04

249.69

gm

mol

$f := \text{matrix}(N_C, N_s, g)$

Datos

$F_1 := 100$ $R_{\text{molar}} := 2.1$

$\text{kmol} := 1000\text{mol}$

$x^{\langle 1 \rangle} :=$

1 - 0.028 - 1.8 · 10⁻⁵

0.028

0

0

1.8 · 10⁻⁵

0

0

$x^{\langle 2 \rangle} :=$

1 - 0.102

0

0.102

0

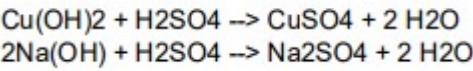
0

0

0

$f^{\langle 1 \rangle} := F_1 \cdot x^{\langle 1 \rangle}$

Reactor



$$\nu_1 := \begin{pmatrix} 2 & 2 \\ -1 & 0 \\ -1 & -1 \\ 1 & 0 \\ 0 & -2 \\ 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

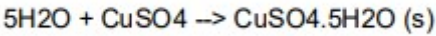
sustancias =

$$\begin{pmatrix} \text{"H2O"} \\ \text{"Cu(OH)2"} \\ \text{"H2SO4"} \\ \text{"CuSO4"} \\ \text{"Na(OH)"} \\ \text{"Na2SO4"} \\ \text{"SO4Cu*5H2O(s)"} \end{pmatrix}$$

$$\epsilon_1 := \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\chi_2 := 1 \qquad \chi_5 := 1$$

Parametros del evaporador



$$\nu_2 := \begin{pmatrix} -5 \\ 0 \\ 0 \\ -1 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\epsilon_2 := (\ 1 \)$$

$$\chi_4 := 0.5$$

$$\gamma := 0.5$$

$$x^{\langle 6 \rangle} := \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Parametros del filtro

Hum := 0.1

RESOLUCIÓN

$$f_f^{\langle 1 \rangle} := f^{\langle 1 \rangle}$$

Given

Mezclador

$$f_f^{\langle 1 \rangle} + f^{\langle 2 \rangle} = f^{\langle 3 \rangle}$$

$$f^{\langle 2 \rangle} = x^{\langle 2 \rangle} \cdot \sum f^{\langle 2 \rangle}$$

$$f_{3, \ 3} = R_{\text{molar}} \cdot (f_{2, \ 3} + f_{5, \ 3})$$

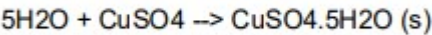
Reactor

$f^{\langle 4 \rangle} = f^{\langle 3 \rangle} + \nu_1 \cdot \varepsilon_1$

$\chi_2 = \frac{f_{2,3} - f_{2,4}}{f_{2,3}}$

$\chi_5 = \frac{f_{5,3} - f_{5,4}}{f_{5,3}}$

Evaporador



$f^{\langle 5 \rangle} + f^{\langle 6 \rangle} = f^{\langle 4 \rangle} + \nu_2 \cdot \varepsilon_2$

$\chi_4 = \frac{f_{4,4} - (f_{4,5} + f_{4,6})}{f_{4,4}}$

$f^{\langle 6 \rangle} = x^{\langle 6 \rangle} \cdot \sum f^{\langle 6 \rangle}$

$f_{1,6} = \gamma \cdot f_{1,4}$

Filtro

$f^{\langle 5 \rangle} = f^{\langle 8 \rangle} + f^{\langle 7 \rangle}$

$\text{Hum} = \frac{f_{1,7} \cdot \text{PM}_1}{f_{7,7} \cdot \text{PM}_7}$

$0.95 f_{7,5} = f_{7,7}$

$f_{2,8} \cdot \sum_{i=1}^6 f_{i,7} = f_{2,7} \cdot \sum_{i=1}^6 f_{i,8}$

$f_{3,8} \cdot \sum_{i=1}^6 f_{i,7} = f_{3,7} \cdot \sum_{i=1}^6 f_{i,8}$

$f_{4,8} \cdot \sum_{i=1}^6 f_{i,7} = f_{4,7} \cdot \sum_{i=1}^6 f_{i,8}$

$f_{5,8} \cdot \sum_{i=1}^6 f_{i,7} = f_{5,7} \cdot \sum_{i=1}^6 f_{i,8}$

$f_{6,8} \cdot \sum_{i=1}^6 f_{i,7} = f_{6,7} \cdot \sum_{i=1}^6 f_{i,8}$

$\begin{pmatrix} f \\ \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \end{pmatrix} := \text{Find}\big(f, \varepsilon_1, \varepsilon_2\big)$

$$f = \begin{pmatrix} 97.198 & 51.8 & 148.999 & 154.6 & 70.3 & 77.3 & 1.843 & 68.457 \\ 2.8 & 0 & 2.8 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 5.884 & 5.884 & 3.083 & 3.083 & 0 & 0.081 & 3.002 \\ 0 & 0 & 0 & 2.8 & 1.4 & 0 & 0.037 & 1.363 \\ 1.8 \times 10^{-3} & 0 & 1.8 \times 10^{-3} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 9 \times 10^{-4} & 9 \times 10^{-4} & 0 & 2.359 \times 10^{-5} & 8.764 \times 10^{-4} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.4 & 0 & 1.33 & 0.07 \end{pmatrix}$$

$$f := \left| \begin{array}{l} f \leftarrow f \\ f \cdot \frac{\text{kmol}}{\text{hr}} \end{array} \right.$$

$$\textcolor{green}{F} := \left| \begin{array}{l} f \leftarrow f \\ \text{for } i \in 1 \ldots N_C \\ \quad \text{for } j \in 1 \ldots N_S \\ \qquad F_j \leftarrow \sum_{i = 1}^{N_C} f_{i,j} \\ F \end{array} \right.$$

$$X := \left| \begin{array}{l} f \leftarrow f \\ F \leftarrow F \\ \text{for } i \in 1 \ldots N_C \\ \quad \text{for } j \in 1 \ldots N_S \\ \qquad X_{i,j} \leftarrow \frac{f_{i,j}}{F_j} \\ X \end{array} \right.$$

$$w := \left| \begin{array}{l} f \leftarrow f \\ \text{for } i \in 1 \ldots N_C \\ \quad \text{for } j \in 1 \ldots N_S \\ \qquad w_{i,j} \leftarrow f_{i,j} \cdot PM_i \\ w \end{array} \right.$$

$$\textcolor{green}{W} := \left| \begin{array}{l} w \leftarrow w \\ \text{for } i \in 1 \ldots N_C \\ \quad \text{for } j \in 1 \ldots N_S \\ \qquad W_j \leftarrow \sum_{i = 1}^{N_C} w_{i,j} \\ W \end{array} \right.$$

$$\%P(\beta_1, \beta_2) := \left| \begin{array}{l} w \leftarrow w \\ W \leftarrow W \\ \text{for } i \in 1 \ldots N_C \\ \quad \text{for } j \in 1 \ldots N_S \\ \qquad \%P_{i,j} \leftarrow \frac{w_{i,j}}{W_j} \\ \%P \end{array} \right.$$

$$f = \begin{pmatrix} 97.198 & 51.8 & 148.999 & 154.6 & 70.3 & 77.3 & 1.843 & 68.457 \\ 2.8 & 0 & 2.8 & 3.153 \times 10^{-9} & 3.33 \times 10^{-9} & 0 & 9.184 \times 10^{-11} & 3.412 \times 10^{-9} \\ 0 & 5.884 & 5.884 & 3.083 & 3.083 & 0 & 0.081 & 3.002 \\ 0 & 0 & 0 & 2.8 & 1.4 & 0 & 0.037 & 1.363 \\ 1.8 \times 10^{-3} & 0 & 1.8 \times 10^{-3} & -2.395 \times 10^{-12} & -2.403 \times 10^{-12} & 0 & -6.321 \times 10^{-14} & -2.348 \times 10^{-12} \\ 0 & 0 & 0 & 9 \times 10^{-4} & 9 \times 10^{-4} & 0 & 2.359 \times 10^{-5} & 8.764 \times 10^{-4} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1.4 & 0 & 1.33 & 0.07 \end{pmatrix} \frac{\text{kmol}}{\text{hr}}$$

Consistencia balance de masa

$$W_1 + W_2 - W_6 - W_7 - W_8 = 0 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$