

**PROBLEMAS: Temas 05**

1. Una corriente, de densidad específica 1,04, tiene un caudal de 1000 l/h a 25°C y una concentración de sal del 5%. Esta corriente entra a un evaporador para concentrar la sal. Del evaporador sale una solución concentrada con 13% de sal y otra de agua en forma gaseosa con un caudal de 664 kg/h.

- Dibuje un diagrama de bloques del proceso.
- Calcule el contenido en sal del vapor de agua.

Solución: b) 0,52 %.

2. (*Autoevaluación*) En un proceso de fabricación de jugo de fruta se utiliza un evaporador para concentrar una alimentación de 4500 kg/día de jugo con una concentración en sólidos del 21% hasta una concentración del 60%. El vapor generado contiene un 2 % en sólidos. Dibuje el diagrama de bloques y calcule el caudal de cada una de las corrientes de proceso.

Solución:  $L_v=3025$  kg/d  $L_L=1474$  kg/d.

3. (*Autoevaluación*) A un reactor de mezcla perfecta, que contiene 1000 litros de mezcla de reacción, se alimenta una corriente A que contiene una sustancia "m". La velocidad de reacción de la sustancia "m" es proporcional a la concentración de "m" sin reaccionar, donde la constante de proporcionalidad k es igual a  $10 \text{ h}^{-1}$ . La velocidad de reacción puede describirse de acuerdo a la siguiente ecuación cinética:

$$-\frac{dC_m}{dt} = 10C_m$$

La corriente de salida del reactor (B) se alimenta a un sistema de membranas el cual separa los restos de "m" no reaccionados. Del separador por membranas salen dos corrientes, una primera R con alto contenido en "m" y una segunda P con bajo contenido en "m". Se conoce que la concentración de "m" en la corriente R es 10 veces la de P. Finalmente, la corriente R es recirculada al reactor.

Mediante este esquema de producción se desea procesar 1000 kg/h de corriente A, con una concentración en "m" de  $C_{A,m}=200 \text{ kg/m}^3$  hasta obtener un producto P con una concentración residual  $C_{P,m}=5 \text{ kg/m}^3$ . La densidad de todas las corrientes puede considerarse constante e igual a  $1,0 \text{ g/cm}^3$ . Calcule:

- El caudal de recirculación.
- La concentración de "m" a la salida del reactor.

Solución:  $R=475,4 \text{ kg/h}$   $C_r=19,5 \text{ kg/m}^3$

4. (*Autoevaluación*) Una corriente de jugo de naranja con un contenido en sólidos del 11% se hace pasar al separador-1 donde se extrae un jugo más concentrado y otro más diluido. La relación de jugo concentrado a diluido que sale del separador-1 es de 1/4. La corriente diluida es posteriormente alimentada a un mezclador-2 en cantidades (de masa) iguales a una nueva corriente de jugo concentrado cuyo contenido en sólidos es del 24%. El objetivo de producción es extraer 2000 kg al día de jugo del mezclador-2 con una composición en sólidos del 15%.

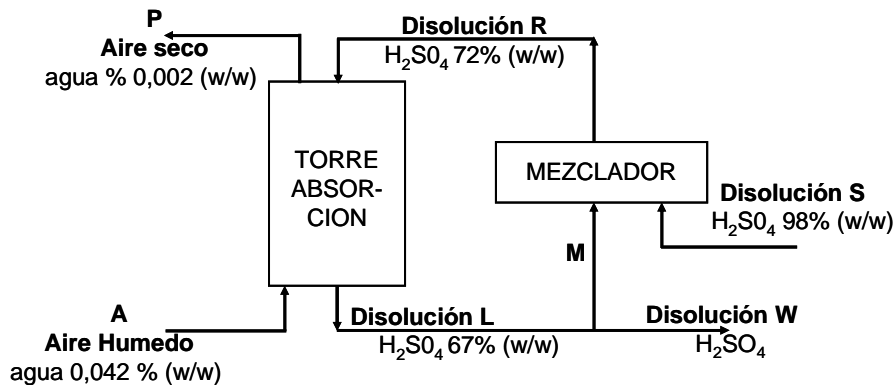
- Dibuje el diagrama de bloques del proceso.
- Calcule el caudal másico de la corriente al 24% alimentada al mezclador.
- Calcule la composición de las corrientes de salida del separador.

Solución: b) 1000 kg/día c)  $X=0,06$   $X=0,31$ .

5. (*Autoevaluación*) Una corriente de aire contiene 0,042 % en peso (w/w) de humedad. Previo a su utilización en un proceso de envasado aséptico se desea reducirlo hasta 0,002%. Para ello, el aire se pasa a través de una columna de absorción, donde una disolución de ácido sulfúrico absorbe el agua. El diagrama de bloques muestra las propiedades de cada corriente. Si se tratan 150 kg/h de aire húmedo, calcúlese:

- La cantidad de ácido sulfúrico al 98% necesaria (S), kg/h
- La cantidad de ácido sulfúrico purgado (W) de la planta, kg<sub>sulfurico</sub>/h

*Nota: los porcentajes en peso de las corrientes A y P refieren al contenido en agua, para el resto, al ácido sulfúrico.*



Solución: a) 0,13 kg/h b) 0,127 kg<sub>acid</sub>/h

6. (*Autoevaluación*) El zumo de naranja natural tiene un 12% en peso de sólidos y el resto es agua. En cambio, el zumo de naranja concentrado tiene un 42% en peso de sólidos. Para fabricar zumo de naranja concentrado se utiliza el zumo de naranja natural a 25 °C, el cual se somete a un proceso de evaporación en el que lamentablemente algunos componentes volátiles que dan sabor al zumo se pierden con el agua evaporada (que sin embargo no contiene sólidos). Para resolver este problema se propone utilizar una derivación de parte del zumo fresco y, a la vez, concentrar el resto del zumo hasta un 58% en el evaporador. Esta corriente, que sale a la misma temperatura que el agua evaporada, se reúne con la de derivación y da lugar al zumo concentrado final, con un 42% en sólidos, que se destina al consumo y que sale a la temperatura de 60 °C. Partiendo de 100 kg/h de zumo de naranja natural, determinar:

- Dibujar el diagrama de bloques del proceso.
- El caudal de zumo concentrado (producto final) que se produce, en kg/h.
- El caudal de agua evaporada, en kg/h.
- La cantidad de sólidos que salen en el producto final, en kg<sub>sólido</sub>/día.

Solución: b) 28,6 kg/h c) 71,47 kg/h d) 288 kg/d

### Problemas adicionales

7. Una industria conservera descarga sus residuos líquidos en un río que tiene un caudal mínimo de 10 m<sup>3</sup>/s. El contaminante principal depositado es un material orgánico no reactivo llamado P. La corriente residual tiene un caudal de 0.1 m<sup>3</sup>/s, y la concentración de P en la corriente residual es de 3000 mg/l. La contaminación

corriente arriba (antes del vertido) ha causado una concentración de 20 mg/l de P en las condiciones de caudal mínimo. El organismo regulador estatal ha fijado un límite máximo de 100 mg/l de P en el río. Suponga que en el río se produce un mezclado total. ¿Podrá la industria descargar sus residuos sin tratamiento?

*Operación continua, mezcla*

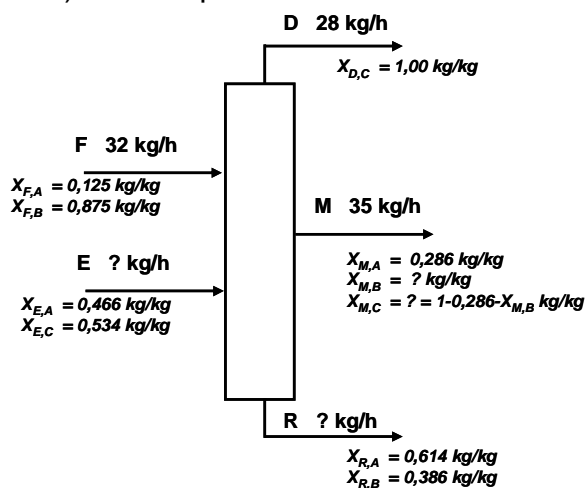
*Solución: Sí (la concentración es de 49.5 mg/l)*

8. Una pasta alimenticia con un 25.8 % en peso de sólido se alimenta a un horno secador giratorio. Después de que se han eliminado 500 kg de agua en la operación de secado, se determina que la pasta de alimento seco contiene un 30 % de agua. ¿Cuál es el peso de pasta alimenticia que se alimentó al secador?

*Solución: 792 kg*

9. En una refinería, se alimentan dos corrientes a una columna de destilación de la cual salen tres, tal y como refleja la figura. Calcúlese:

- El flujo másico de las corrientes E y R.
- La composición de la corriente M.



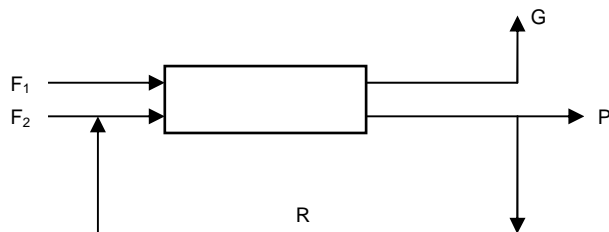
*Solución: a)  $E=88 \text{ kg/h}$ ;  $R=57 \text{ kg/h}$  b)  $X_{M,B}=0,171$ ;  $X_{M,C}=0,542$*

10. Se alimenta a un cristizador 5600 kg/h de una disolución salina caliente con una concentración del 50 % en peso de sal. Dentro del cristizador, la sal precipita al enfriarse la disolución, de forma que se obtiene una disolución fría saturada con el 20 % en peso de sal y cristales húmedos con un 5 % en peso de agua. Se desea calcular los caudales másicos de disolución saturada y de cristales húmedos que salen del cristizador.

*Solución: 3360 kg/h de disolución saturada y 2240 kg/h de cristales húmedos*

11. Considerar el diagrama y los datos que se muestran a continuación, que representan una reacción entre dos líquidos para producir dos líquidos (P y G). El producto G se produce con una relación en masa de 1 unidad por cada 10 unidades de P.

*Operación continua, recirculación*



Corriente	Caudal
Alimentación $F_1$	1000 kg/min
Alimentación $F_2$	6000 kg/min
Producto P	No especificado
Recirculación R	0.5 veces P
Producto G	No especificado

Calcúlese:

(a) P, G y R en kg/min.

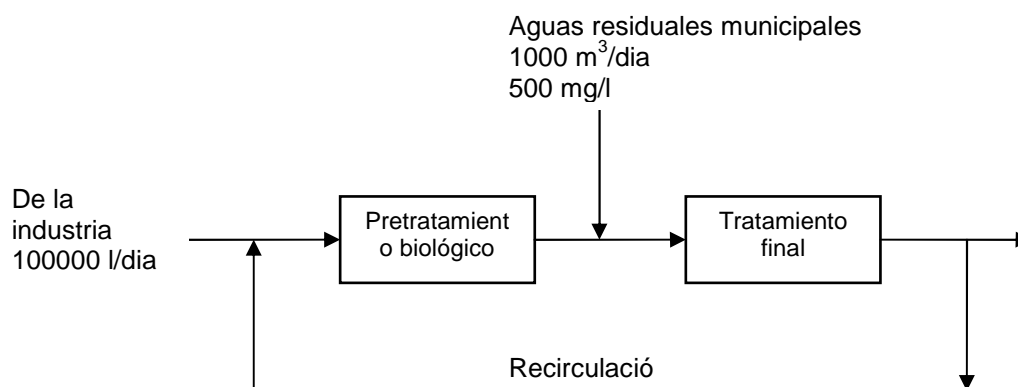
(b) ¿Cuál es el caudal total de entrada al reactor en kg/min?

Solución: a)  $P = 6364 \text{ kg/min}$ ,  $G = 636.4 \text{ kg/min}$ ,  $R = 3182 \text{ kg/min}$ , b)  $10182 \text{ kg/min}$

12. Una industria conservera genera una salmuera con una concentración total de sólidos disueltos (sales) de 110000 mg/l. Esta corriente no puede ser sometida a un proceso de pretratamiento biológico para eliminar los contaminantes orgánicos a menos que su nivel de sólidos disueltos se reduzca a 20000 mg/l mediante dilución, dado que una elevada concentración de sal interfiere con el suministro de oxígeno a los microorganismos. En la figura se muestra un esquema del proceso de tratamiento. Nótese que el pretratamiento biológico y el final no modifican la concentración en sólidos. ¿Qué cantidad es preciso recircular para que la concentración de entrada al proceso de pretratamiento biológico sea de 20000 mg/l?

Operación continua, recirculación, asumir misma densidad para todas las corrientes.

Solución: 942800 l/día



13. Se tienen dos tipos de alimento para cerdos uno de 15 euros el kg y otro de 7 euros el kg. Se desea preparar 1000 kg cada día de una mezcla a un precio de 9 euro el kg. ¿Cuántos kilogramos de cada alimento se deberían mezclar?

Solución: 750 kg/día + 250 kg/día.

14. En un sistema compuesto por un evaporador y un cristizador se desea tratar 10.000 kg/h de un alimento líquido que contiene 20 % de sólidos en peso. Del evaporador salen dos corrientes, una de agua pura (corriente B) y otra de disolución

concentrada. La disolución concentrada hasta un 78 % que sale del evaporador se lleva al cristizador donde se enfría, cristalizando el sólido y extrayéndose los cristales con un 4 % en peso de agua (corriente D). El total de la disolución saturada en sólidos, conteniendo 0,6 kg-sólido/kg-Total, se recircula incorporándose a la corriente de alimento que entra el evaporador.

- Dibuje el diagrama de bloques del proceso.
- Calcule la cantidad de sal húmeda producida D(4 % en agua), kg/h.
- Calcule el caudal másico recirculado R, kg/h.
- Calcule el caudal másico de agua evaporada B, kg/h.

Solución:  $B=7916,5$  kg/h;  $R= D= 2083,3$  kg/h;

15. (Autoevaluación) A un reactor de mezcla perfecta, que contiene 1500 litros de mezcla de reacción, se alimenta una corriente A que contiene una sustancia "r". La velocidad de desaparición de la sustancia "r" dentro del reactor es de  $130 \text{ kg}/(\text{m}^3 \text{ h})$ . La corriente de salida del reactor (B) se alimenta a un sistema de membranas el cual separa los restos de "r" no reaccionados. Del separador por membranas salen dos corrientes, una primera (R) con alto contenido en "r" y una segunda (P) con bajo contenido en "r". Se conoce que la concentración de "r" en la corriente R es 10 veces la de P.

Mediante este esquema de producción se desea procesar 1000 kg/h de corriente A, de densidad  $0,915 \text{ g}/\text{cm}^3$ , con una concentración en "r" de 183 g/l para obtener una corriente P con una concentración remanente de "r" de  $2,5 \text{ kg}/\text{m}^3$ . La densidad de las corrientes B, P y R puede considerarse igual a  $1,0 \text{ g}/\text{cm}^3$ . Calcule:

- El caudal másico de R, en kg/h.
- La concentración de "r" a la salida del reactor,  $\text{kg}/\text{kg}_{\text{Total}}$

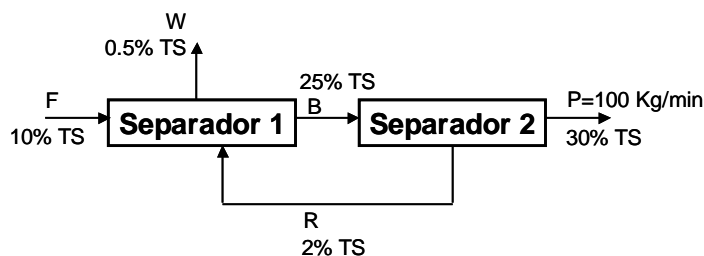
Solución:  $R=111,1$  kg/h;  $C=0,005 \text{ kg}/\text{kgT}$

16. Una sopa precocinada con una humedad del 70% entra en un equipo de deshidratación el cual seca el producto hasta un punto en el que se ha eliminado en forma de vapor puro el 80% del agua contenida inicialmente. Si se procesa 200 kg/h de sopa, calcule:

- La masa de agua eliminada.
- La composición del alimento seco.

Solución: a)  $0.56 \text{ kgH}_2\text{O}/\text{kg-alimentado}$  o  $112 \text{ kgH}_2\text{O}/\text{h}$  b) Humedad 31,8 %.

17. Se utiliza un sistema de membranas para concentrar un alimento líquido desde un 10% hasta un 30% de sólidos totales. El proceso se realiza en dos etapas, en ambas la corriente de entrada se separa en dos, una de alto contenido en sólidos y otra de bajo contenido. La corriente de bajo contenido de la segunda etapa es recirculada a la primera. Se desean producir 100 kg/min de producto. Calcule cual debe ser el caudal de materia prima (F) y de recirculación (R).





Solución:  $F=310,5$  kg/min;  $R= 21.74$  kg/min (  $W=210,5$ ,  $B=121,7$  kg/min).

18. Se desea producir un producto P a partir de un reactivo R ( $R \rightarrow P$ ), en un reactor continuo de mezcla perfecta. Se requiere que la conversión sea, al menos, del 90%. Para tratar 2400 kg/h de una mezcla con un contenido en R del 36% en peso. Calcule el tamaño (volumen) del reactor necesario para ello.

Densidad de la corriente de reactivos y productos es constante e igual a 0,950 kg/L; viscosidad 1,2 cP; calor específico 0,92 cal/g K; constante cinética  $0,8976 \text{ min}^{-1}$

Solución:  $V=422$  L