

Tema 1

INTRODUCCIÓN A LA IMPORTANCIA DE LOS BALANCES MACROSCÓPICOS Y MICROSCÓPICOS EN INGENIERÍA QUÍMICA

1. Introducción: Cuestiones

Este material se publica bajo licencia: Creative Commons BY-NC-SA 4.0



Unidades (I)

Un medidor de orificio se utiliza para medir la velocidad en conducciones. La velocidad del flujo que relaciona con la pérdida de presión por una ecuación de la forma:

$$U = c \cdot \left[\frac{P_1 - P_2}{d} \right]^{\frac{1}{2}}$$

Siendo U = velocidad del fluido, P = Presión, d = densidad, c = constante de proporcionalidad.

¿Cuáles son las unidades de “c” en el sistema internacional de unidades?

Unidades (I)

Solución:

$$U = c \cdot \left[\frac{P_1 - P_2}{d} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{m}{s} = c \left[\frac{\frac{kg}{m \cdot s^2}}{\frac{kg}{m^3}} \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$\frac{m}{s} = c \left[\frac{m}{s} \right]$$

c es adimensional

Unidades (II)

La conductividad térmica de un metal líquido se puede predecir por la ecuación

$k = A \cdot \exp(B/T)$ donde k viene dada en J/s, T en K y A y B son constantes

¿Cuáles son las unidades de A y de B ?

Solución:

$A [=] \text{ J/s}$

$B [=] \text{ K}$

Unidades (III)

Convertir 39,8 kg de NaCl por cada 100 kg de agua en fracción molar (moles de NaCl por moles totales).

Solución:

$$39,8 \text{ kg NaCl} = 39,8 \text{ kg NaCl} \cdot \frac{1000 \text{ g NaCl}}{1 \text{ kg NaCl}} \cdot \frac{1 \text{ mol NaCl}}{58,5 \text{ g NaCl}} = 680,34 \text{ mol NaCl}$$

$$100 \text{ kg H}_2\text{O} = 100 \text{ kg H}_2\text{O} \cdot \frac{1000 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ kg H}_2\text{O}} \cdot \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} = 5555,55 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$\text{Fraccion molar NaCl} = \frac{680,34 \text{ mol NaCl}}{680,34 \text{ mol NaCl} + 5555,55 \text{ mol H}_2\text{O}} \cdot 100 = 10,91\%$$

$$\text{Fraccion molar H}_2\text{O} = \frac{5555,55 \text{ mol H}_2\text{O}}{680,34 \text{ mol NaCl} + 5555,55 \text{ mol H}_2\text{O}} \cdot 100 = 89,09 \%$$

Unidades (IV)

Un contenedor tiene 1,704 kg HNO₃ por cada kg H₂O y una densidad de 1,382 kg/L. Determinar: a) % en peso de HNO₃, b) Molaridad.

Solución:

$$\text{a) \% peso HNO}_3 = \frac{1,704 \text{ kg HNO}_3}{1,704 \text{ kg HNO}_3 + 1 \text{ kg H}_2\text{O}} \cdot 100 = 63,01\% \text{ HNO}_3$$

$$\text{b) Volumen} = \frac{1,704 \text{ kg HNO}_3 + 1 \text{ kg H}_2\text{O}}{1,382 \frac{\text{kg}}{\text{L}}} = 1,95 \text{ L disolución}$$

$$\text{Molaridad HNO}_3 = \frac{1,704 \text{ kg HNO}_3 \cdot \frac{1000 \text{ g HNO}_3}{1 \text{ kg HNO}_3} \cdot \frac{1 \text{ mol HNO}_3}{63 \text{ g HNO}_3}}{1,95 \text{ L}} = 13,87 \text{ M}$$

Unidades (V)

La magnitud temperatura:

- a) En relación con el cero absoluto que se encuentra más alto 1°C o 1°F .*
- b) En relación con 0°C que se encuentra mas alto 1°C o 1°F .*
- c) que es más largo en la escala el incremento de 1°C o el de 1°F .*

Solución:

- a)
 $1^{\circ}\text{C} \longrightarrow 274,15 \text{ K}$ (más alto con relación al cero absoluto 0K)
 $1^{\circ}\text{F} \longrightarrow -17,22^{\circ}\text{C} \longrightarrow 255,93 \text{ K}$
- b)
 1°C (más alto en relación con 0°C)
 $1^{\circ}\text{F} \longrightarrow -17,22^{\circ}\text{C}$
- c)
 $\Delta T = 1^{\circ}\text{C}$ (más largo el incremento)
 $\Delta T = 1^{\circ}\text{F} = 0.55^{\circ}\text{C}$

Unidades (VI)

Convertir la presión de 800 mmHg en las siguientes unidades:

a) psi, b) kPa, c) atm, d) cm de agua.

Solución:

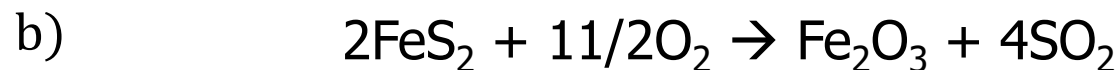
- a) 800 mm Hg = 15,47 psia
- b) 800 mm Hg = 106,63 kPa
- c) 800 mm Hg = 1,05 atm
- d) 800 mm Hg = 1088 cm H₂O

Unidades (VII)

Estequiometría de reacciones: Ajustar las reacciones simples



Solución:



Unidades (VIII)

*Se hace fluir gas natural a través de una tubería horizontal a razón de $50 \text{ ft}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.
Transfórmelo en $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ y en $\text{gal} \cdot \text{s}^{-1}$.*

Solución:

$$50 \text{ ft}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 1,42 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} = 374,03 \text{ gal} \cdot \text{s}^{-1}$$

Unidades (IX)

Gas propano es introducido en un horno a una velocidad de $1450 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$, con una temperatura de $15 \text{ }^\circ\text{C}$ y una presión de 150 kPa . Calcula el flujo molar del propano que se introduce al horno, asumiendo que es un gas ideal.

Solución:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$n = \frac{P \cdot V}{R \cdot T}$$

$$n = \frac{150000 \text{ Pa} \cdot \frac{1 \text{ atm}}{101325 \text{ Pa}} \cdot 1450 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \cdot \frac{1000 \text{ L}}{1 \text{ m}^3}}{0,082 \frac{\text{atm} \cdot \text{L}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot (15 + 273) \text{ K}} = 91186,7 \frac{\text{mol}}{\text{h}}$$

Unidades (X)

La constante k depende de la temperatura T a partir de la siguiente ecuación:

$$k \left(\frac{\text{mol}}{\text{cm}^3 \cdot \text{s}} \right) = A \cdot \exp \left(-\frac{E_a}{RT} \right)$$

donde E_a es la energía de activación expresada en $\text{cal} \cdot \text{mol}^{-1}$ y T es la temperatura expresada en K .

Solución:

$$A [=] \left(\frac{\text{mol}}{\text{cm}^3 \cdot \text{s}} \right)$$

$$R [=] \left(\frac{\text{cal}}{\text{mol} \cdot K} \right)$$

Unidades (XI)

La siguiente ecuación representa la variación de la concentración que ocurre en un tanque bien agitado que contiene una concentración inicial de etanol de C_0 y a la cual se adiciona agua pura a una velocidad constante:

$$C = k \cdot \exp\left(-\frac{Qt}{V}\right)$$

donde C es la concentración en masa por unidad de volumen, Q es la velocidad a la cual se carga el agua al tanque, V es el volumen del tanque, t es el tiempo y K es una constante de integración para determinarse a partir de las condiciones iniciales. ¿Cuáles son las unidades en las que se expresará K ?

Solución:

k [=] mismas unidades que C

Unidades (XII)

La ecuación para la caída de presión debida a la fricción de los fluidos en una tubería es:

$$\Delta p = \frac{2fL\rho v^2}{D}$$

donde Δp es la caída de presión en Pa, v es la velocidad en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$, L es la longitud de la tubería en m, ρ es la densidad del fluido en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ y D es el diámetro de la tubería en m. ¿Cuáles son las unidades del factor de fricción f ?

Solución:

f es adimensional

Unidades (XIII)

El número de Reynolds tiene la siguiente ecuación:

$$\text{Re} = \frac{DUp}{\mu}$$

Donde μ es la viscosidad en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}$, D es el diámetro de la tubería en m y U es la velocidad del fluido en $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ y ρ es la densidad del fluido en $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$. ¿Cuáles son las unidades del número de Reynolds?

Solución:

Re es adimensional

Unidades (XIV)

Un limpiador de tuberías industriales contiene 5 kg de H₂O y 5 kg de NaOH. ¿Cuáles son las fracciones en masa y las fracciones mol de cada componente?

Solución:

$$\text{Fraccion masa NaOH} = \frac{5 \text{ kg NaOH}}{5 \text{ kg NaOH} + 5 \text{ kg H}_2\text{O}} \cdot 100 = 50 \%$$

$$\text{Fraccion masa H}_2\text{O} = \frac{5 \text{ kg H}_2\text{O}}{5 \text{ kg NaOH} + 5 \text{ kg H}_2\text{O}} \cdot 100 = 50 \%$$

$$5 \text{ kg NaOH} = 5 \text{ kg NaOH} \cdot \frac{1000 \text{ g NaOH}}{1 \text{ kg NaOH}} \cdot \frac{1 \text{ mol NaOH}}{40 \text{ g NaOH}} = 125 \text{ mol NaOH}$$

$$5 \text{ kg H}_2\text{O} = 5 \text{ kg H}_2\text{O} \cdot \frac{1000 \text{ g H}_2\text{O}}{1 \text{ kg H}_2\text{O}} \cdot \frac{1 \text{ mol H}_2\text{O}}{18 \text{ g H}_2\text{O}} = 277,78 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$\text{Fraccion molar NaOH} = \frac{125 \text{ mol NaOH}}{125 \text{ mol NaOH} + 277,78 \text{ mol H}_2\text{O}} \cdot 100 = 31,03 \%$$

$$\text{Fraccion molar H}_2\text{O} = \frac{277,78 \text{ mol H}_2\text{O}}{125 \text{ mol NaOH} + 277,78 \text{ mol H}_2\text{O}} \cdot 100 = 68,96 \%$$

Unidades (XV)

El ácido sulfúrico comercial es 98 % H_2SO_4 y 2 % H_2O . ¿Cuál es la relación molar de H_2SO_4 a H_2O ?

Solución:

$$98 \text{ kg } H_2SO_4 = 98 \text{ kg } H_2SO_4 \cdot \frac{1000 \text{ g } H_2SO_4}{1 \text{ kg } H_2SO_4} \cdot \frac{1 \text{ mol } H_2SO_4}{98 \text{ g } H_2SO_4} = 1000 \text{ mol } H_2SO_4$$

$$2 \text{ kg } H_2O = 2 \text{ kg } H_2O \cdot \frac{1000 \text{ g } H_2O}{1 \text{ kg } H_2O} \cdot \frac{1 \text{ mol } H_2O}{18 \text{ g } H_2O} = 111,11 \text{ mol } H_2O$$

$$\text{Relación molar } \frac{H_2SO_4}{H_2O} = \frac{1000 \text{ mol } H_2SO_4}{111,11 \text{ mol } H_2O} \cdot 100 = 9 \frac{\text{mol } H_2SO_4}{\text{mol } H_2O}$$

Unidades (XVI)

Un flujo de agua entra a un tanque de 2 m^3 con un caudal másico de $6 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$, mientras que el caudal de salida es de $3 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$. Inicialmente, el tanque se encuentra con un volumen de 1 m^3 de agua:

- a) ¿El proceso es continuo, semicontinuo o discontinuo? Razona tu respuesta.*
- b) ¿El proceso se encuentra en estado estacionario? Razona tu respuesta.*
- c) ¿Cuánto tiempo tardaría el tanque en llenarse de agua?*
- d) Propón un balance de materia acorde al sistema*

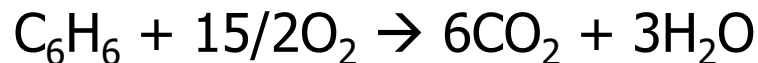
Solución:

- a) Proceso continuo (hay entradas y salidas)
- b) Proceso no estacionario (hay acumulación de materia)
- c) 333,33 segundos (suponiendo una densidad del agua de $1000 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$)
- d) Acumulación = Entrada – Salida

Unidades (XVII)

Si 1 kg de benceno (C_6H_6) se oxida con oxígeno (O_2), ¿cuántos kilogramos de O_2 se necesitan para convertir todo el benceno a CO_2 y H_2O ?

Solución:



$$1 \text{ kg } C_6H_6 \cdot \frac{1000 \text{ g } C_6H_6}{1 \text{ kg } C_6H_6} \cdot \frac{1 \text{ mol } C_6H_6}{78 \text{ g } C_6H_6} \cdot \frac{\frac{15}{2} \text{ mol } O_2}{1 \text{ mol } C_6H_6} \cdot \frac{32 \text{ g } O_2}{1 \text{ mol } O_2} \cdot \frac{1 \text{ kg } O_2}{1000 \text{ g } O_2} = 3,07 \text{ kg } O_2$$

Principio de conservación de la materia (I)

Encerrar en un bloque. a) Una cafetera, b) una chimenea, c) una piscina. Mostrar los materiales que entran y salen de cada uno de los sistemas, identificar el tiempo de referencia y clasificar el sistema como abierto o cerrado.

Solución:

a)



Tiempo de referencia: Se considera el proceso desde que se añaden las materias primas necesarias para producir el café hasta que finaliza el proceso, y se ha preparado el café.

Principio de conservación de la materia (I)

Encerrar en un bloque. a) Una cafetera, b) una chimenea, c) una piscina. Mostrar los materiales que entran y salen de cada uno de los sistemas, identificar el tiempo de referencia y clasificar el sistema como abierto o cerrado.

Solución:

b)

Sistema abierto

Combustible + O₂



CO₂ + H₂O (v) +
Cenizas/Partículas



Tiempo de referencia: Se considera el proceso desde que se inicia el proceso de combustión hasta que finaliza el mismo.

Principio de conservación de la materia (I)

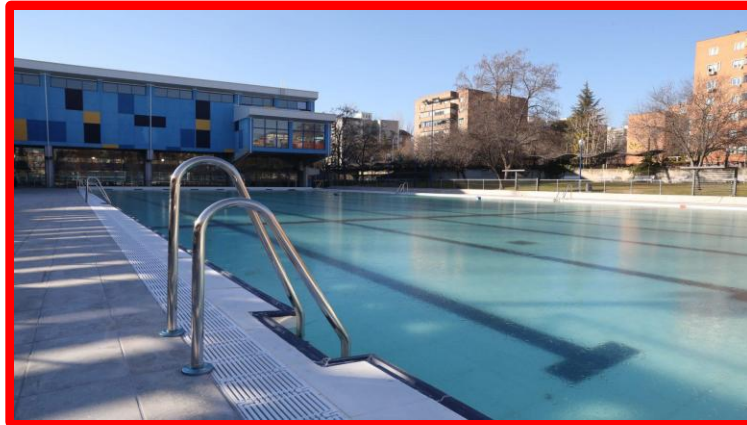
Encerrar en un bloque. a) Una cafetera, b) una chimenea, c) una piscina. Mostrar los materiales que entran y salen de cada uno de los sistemas, identificar el tiempo de referencia y clasificar el sistema como abierto o cerrado.

Solución:

c)

Sistema abierto

Agua depurada



Agua sucia



Tiempo de referencia: Piscina en reposo (sin bañista). Se considera que la única entrada es la corriente procedente de la depuradora y la única salida es la corriente que va a la depuradora.

Principio de conservación de la materia (II)

Clasificar los siguientes procesos como discontinuos, continuos, ninguno de los dos, ambos a la vez: a) Tanque de almacenamiento de una refinería; b) cisterna de una baza, c) Convertidor catalítico de un vehículo, d) Horno doméstico de gas.

Solución:

a) Tanque de almacenamiento de una refinería



Proceso discontinuo

Principio de conservación de la materia (II)

Clasificar los siguientes procesos como discontinuos, continuos, ninguno de los dos, ambos a la vez: a) Tanque de almacenamiento de una refinería; b) cisterna de una baza, c) Convertidor catalítico de un vehículo, d) Horno doméstico de gas.

Solución:

b) Cisterna de una baza



Proceso discontinuo

Principio de conservación de la materia (II)

Clasificar los siguientes procesos como discontinuos, continuos, ninguno de los dos, ambos a la vez: a) Tanque de almacenamiento de una refinería; b) cisterna de una baza, c) Convertidor catalítico de un vehículo, d) Horno doméstico de gas.

Solución:

c) Convertidor catalítico de un vehículo



Proceso continuo

Principio de conservación de la materia (II)

Clasificar los siguientes procesos como discontinuos, continuos, ninguno de los dos, ambos a la vez: a) Tanque de almacenamiento de una refinería; b) cisterna de una baza, c) Convertidor catalítico de un vehículo, d) Horno doméstico de gas.

Solución:

d) Horno doméstico de gas



www.shutterstock.com - 1379413553

Proceso continuo

Principio de conservación de la materia (III)

Confirmar si es cierto o falso: a) Si ocurre una reacción química la masa total que entra y sale del sistema en estado estacionario es la misma, b) En la combustión todos los moles de carbono que entran en estado estacionario a un proceso salen del mismo, c) El número de moles de un compuesto químico entrando a un proceso en estado estacionario en el que ocurre una reacción de este compuesto nunca puede ser igual al número de moles de este compuesto que sale del sistema.

Solución:

- a) Verdadero
- b) Verdadero
- c) Verdadero

Tema 1

INTRODUCCIÓN A LA IMPORTANCIA DE LOS BALANCES MACROSCÓPICOS Y MICROSCÓPICOS EN INGENIERÍA QUÍMICA

1. Introducción: límites del sistema

Introducción: límites del sistema

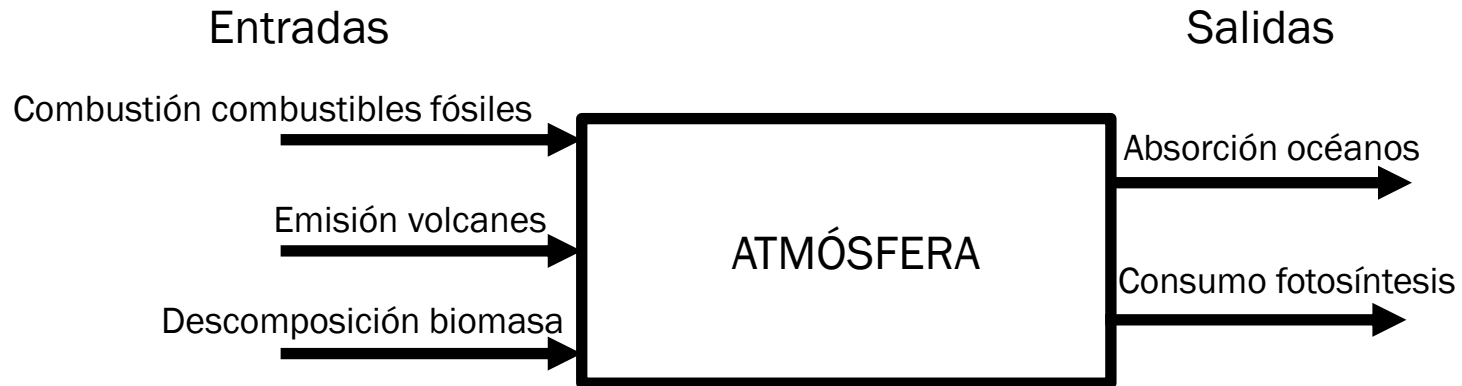
- 1. Sistema a escala global*
- 2. Plantas de fabricación, operaciones y procesos (I)*
- 3. Plantas de fabricación, operaciones y procesos (II)*

Sistemas a escala global

La atmósfera de la Tierra tiene un volumen de $4 \cdot 10^{18} \text{ m}^3$ STP y en 1850 la concentración de CO_2 era 0,028 %vol. Durante el periodo de 1850 a 1990, se generó CO_2 debido a que se quemaron combustibles fósiles que contenían el equivalente a $220 \cdot 10^{12} \text{ kg C}$, se emitieron $440 \cdot 10^{12} \text{ kg}$ de CO_2 por volcanes y por la descomposición de biomasa, $350 \cdot 10^{12} \text{ kg}$ de CO_2 se consumieron por fotosíntesis y los océanos absorbieron $370 \cdot 10^{12} \text{ kg}$ de CO_2 . Plantear el diagrama de bloques identificando los límites del sistema y las entradas y salidas al mismo.

Sistemas a escala global

Solución:

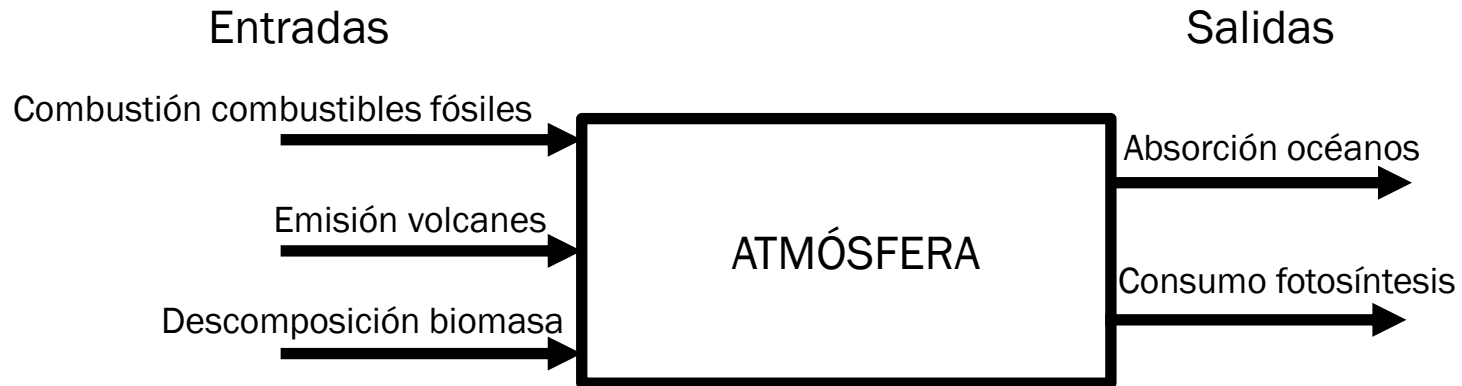


Sistemas a escala global

La atmósfera de la Tierra tiene un volumen de $4 \cdot 10^{18} \text{ m}^3$ STP y en 1850 la concentración de CO_2 era 0,028 %vol. Durante el periodo de 1850 a 1990, se generó CO_2 debido a que se quemaron combustibles fósiles que contenían el equivalente a $220 \cdot 10^{12} \text{ kg C}$, se emitieron $440 \cdot 10^{12} \text{ kg}$ de CO_2 por volcanes y por la descomposición de biomasa, $350 \cdot 10^{12} \text{ kg}$ de CO_2 se consumieron por fotosíntesis y los océanos absorbieron $370 \cdot 10^{12} \text{ kg}$ de CO_2 . Plantear el diagrama de bloques identificando los límites del sistema y las entradas y salidas al mismo.

Sistemas a escala global

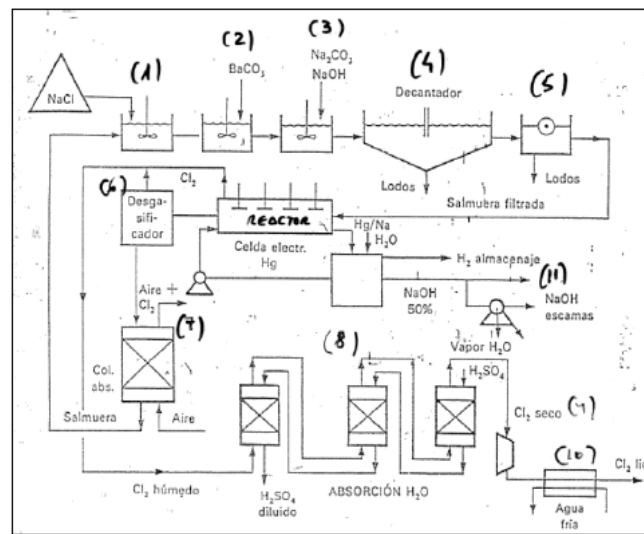
Solución:



Plantas de fabricación, operaciones y procesos (I)

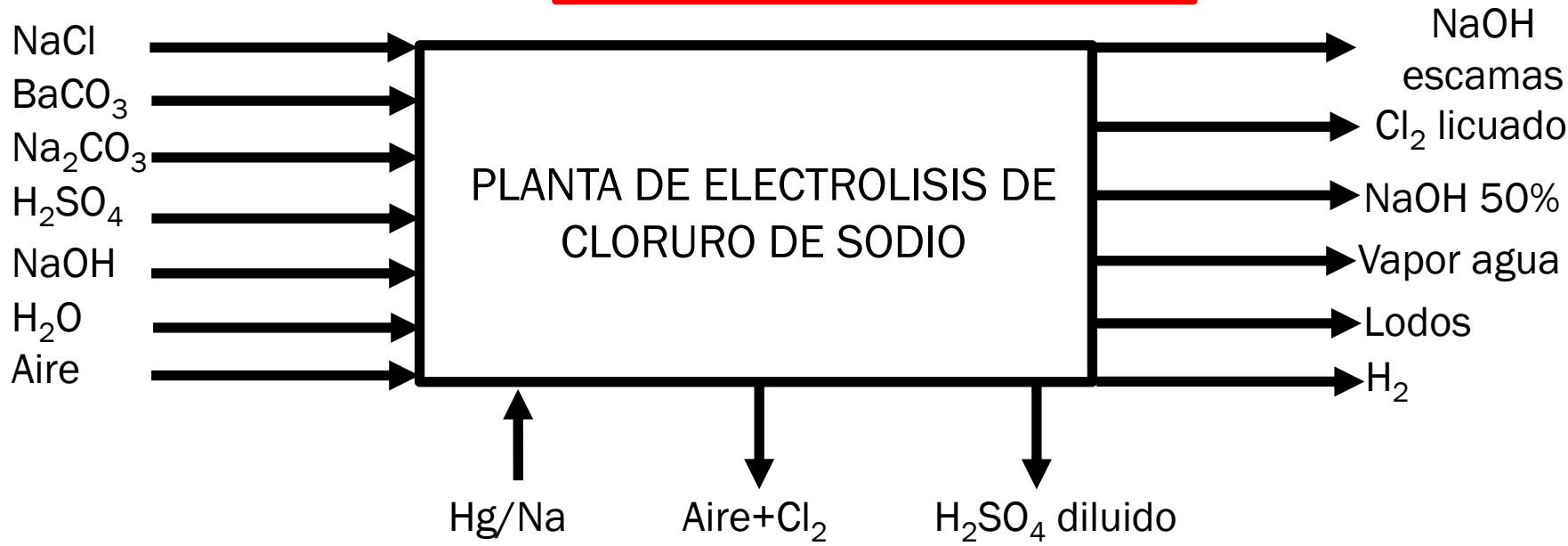
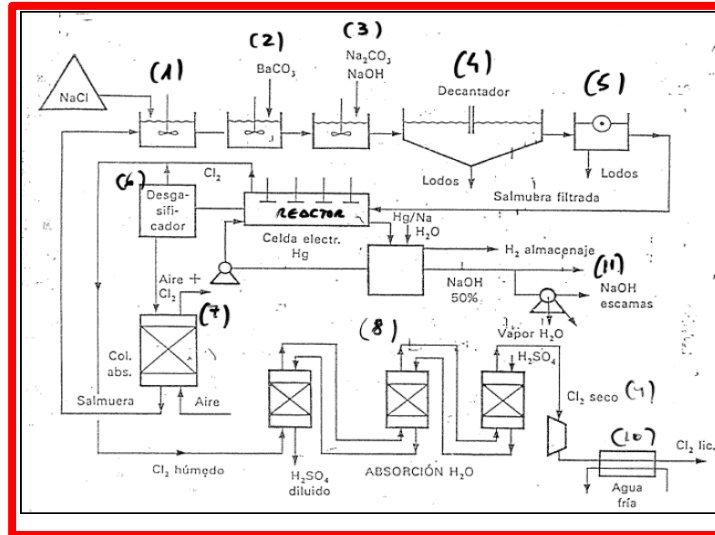
Dado el diagrama de bloques de flujo de planta del proceso de electrolisis de cloruro de sodio (NaCl) mostrado en la Figura 1, se pide:

- Plantear un diagrama de bloques de flujo con las entradas y salidas globales de la planta.
- Plantear un diagrama de bloques de flujo distinguiendo las etapas de preparación de las materias primas, reacción química y purificación de los productos obtenidos.
- Plantear el diagrama de bloques de flujo para la operación n°8 (absorción de agua).
- Plantear el diagrama de bloques de flujo para el primero de los equipos que forman la operación n° 8 (n° 8A).



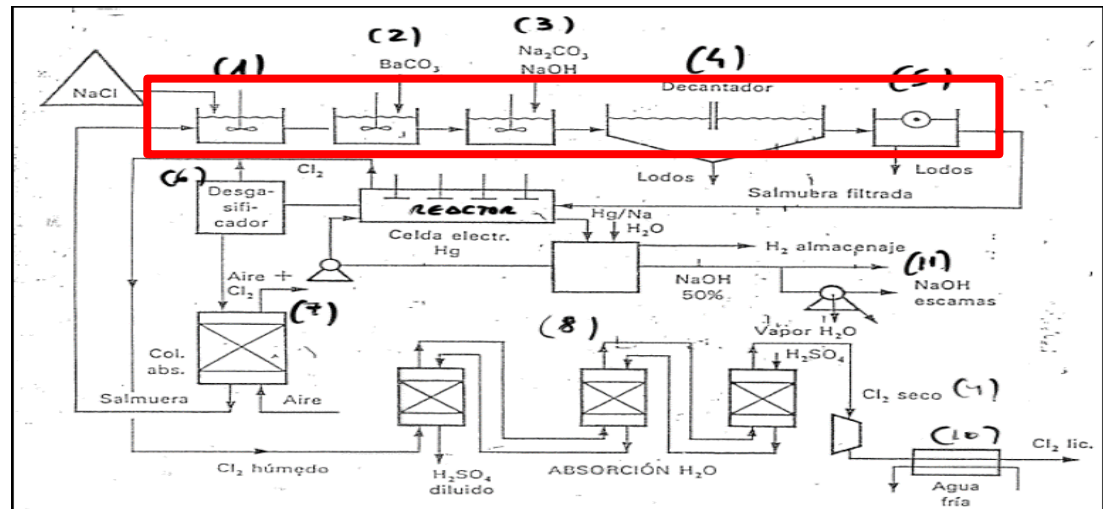
Plantas de fabricación, operaciones y procesos (I)

Solución (apartado a):



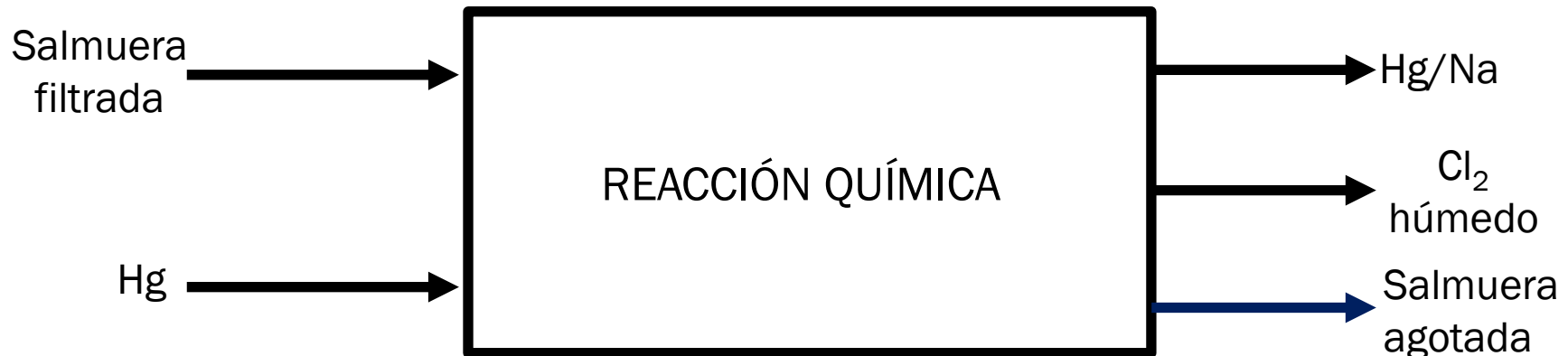
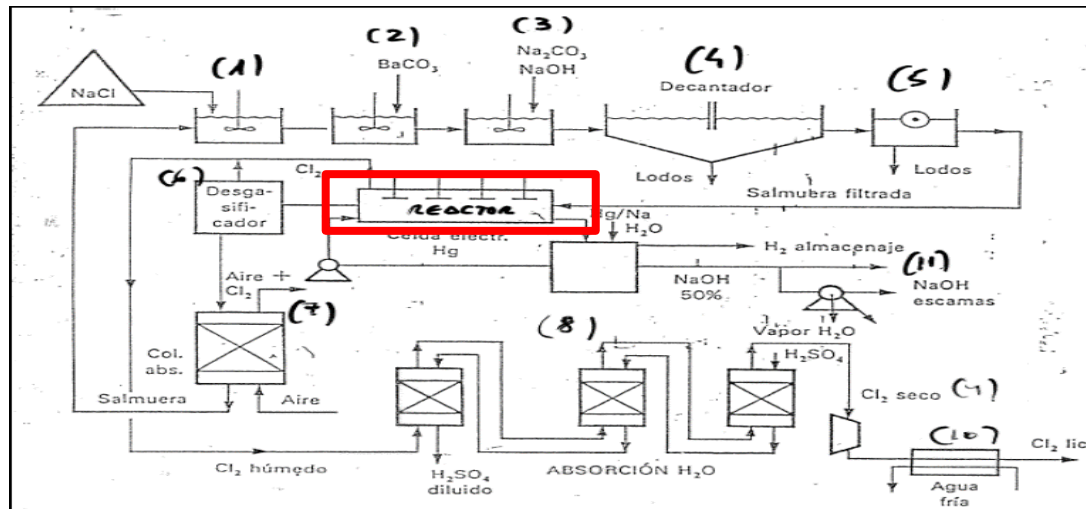
Plantas de fabricación, operaciones y procesos (I)

Solución (apartado b):



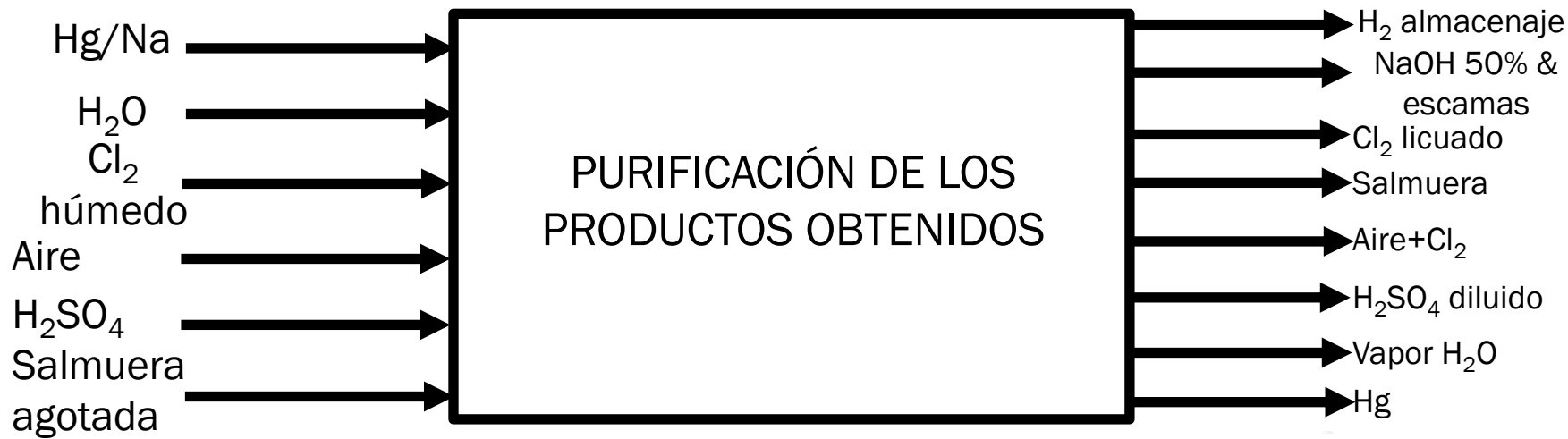
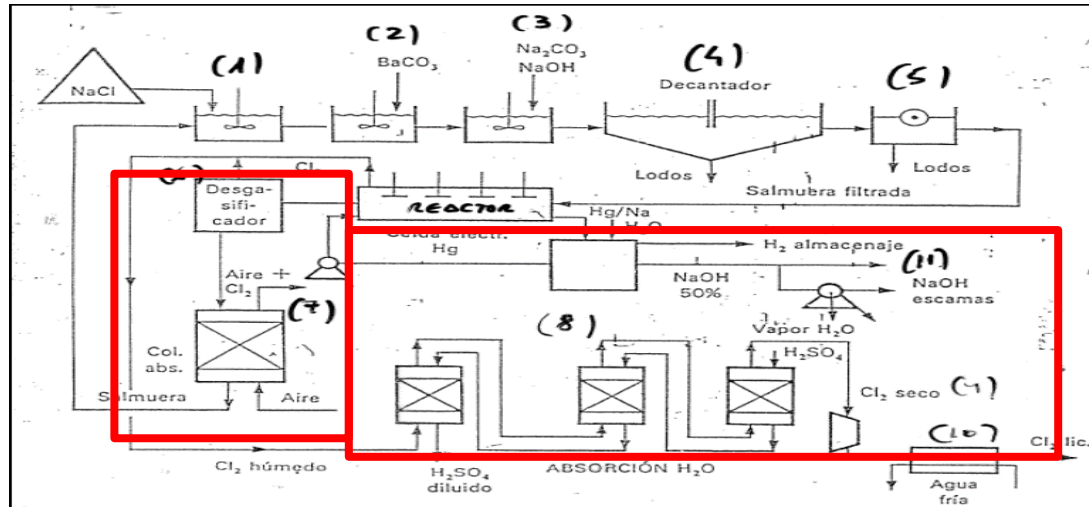
Plantas de fabricación, operaciones y procesos (I)

Solución (apartado b):



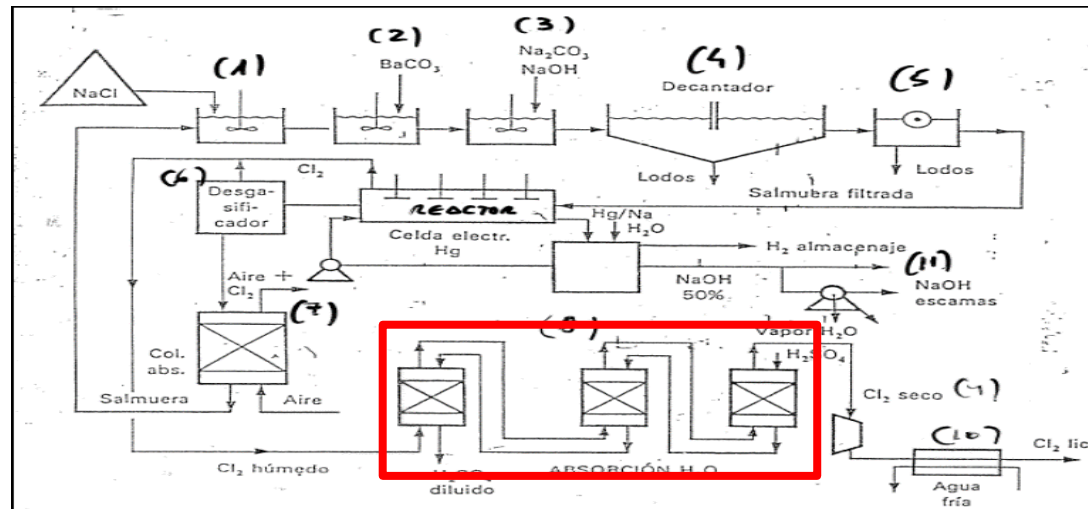
Plantas de fabricación, operaciones y procesos (I)

Solución (apartado b):



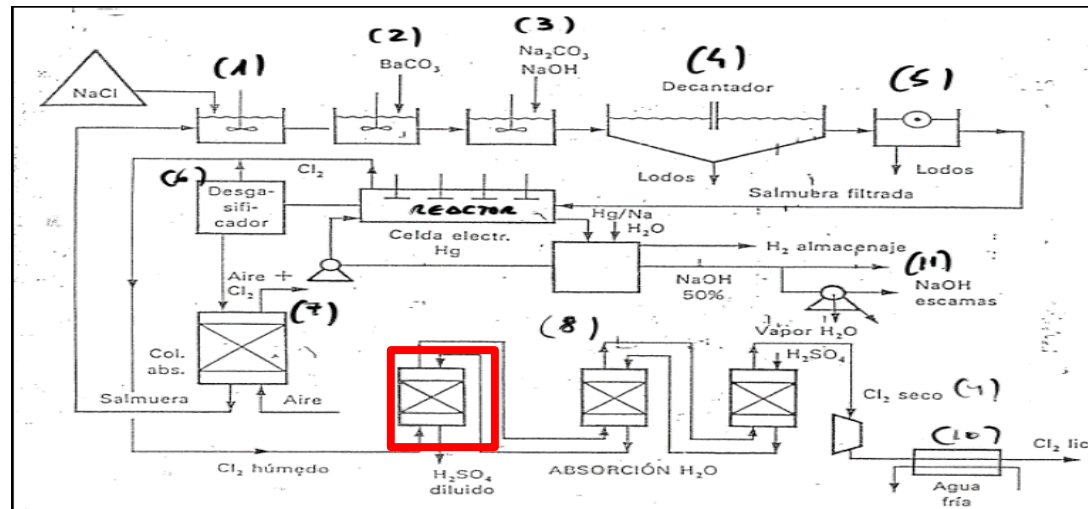
Plantas de fabricación, operaciones y procesos (I)

Solución (apartado c):



Plantas de fabricación, operaciones y procesos (I)

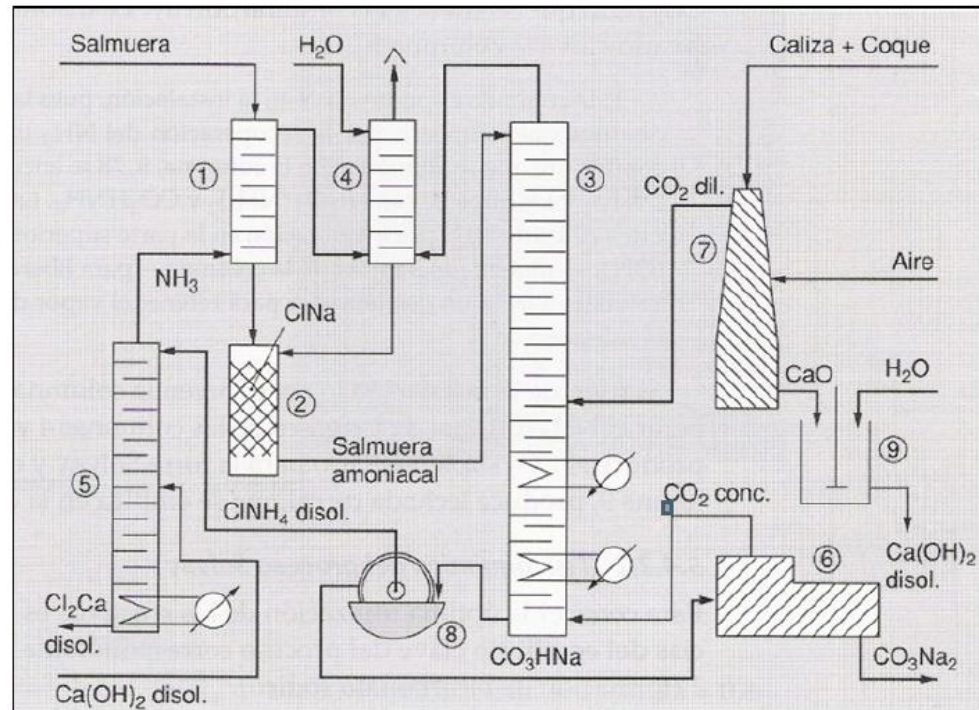
Solución (apartado d):



Plantas de fabricación, operaciones y procesos (II)

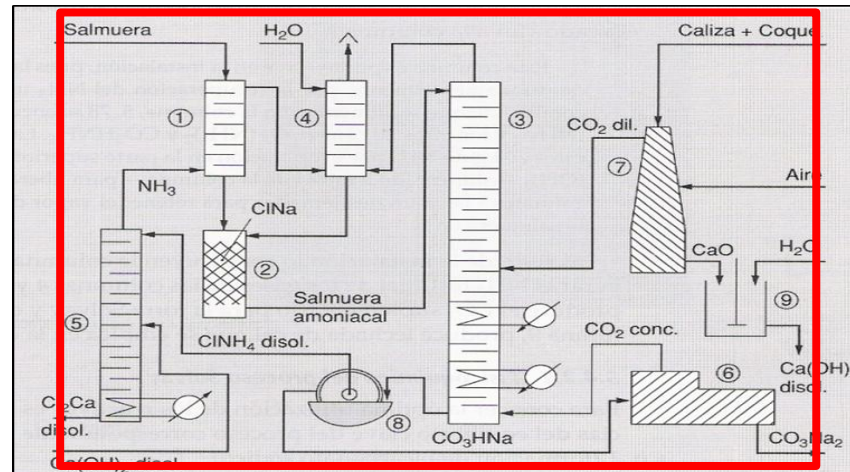
La siguiente Figura 2 muestra un diagrama de bloques de flujo de planta del proceso Solvay, se pide:

- Plantear un diagrama de bloques de flujo con las entradas y salidas globales de la planta.
- Plantear el diagrama de bloques de flujo para la columna n°5.
- Plantear el diagrama de bloques de flujo para el horno de cal (n°7).



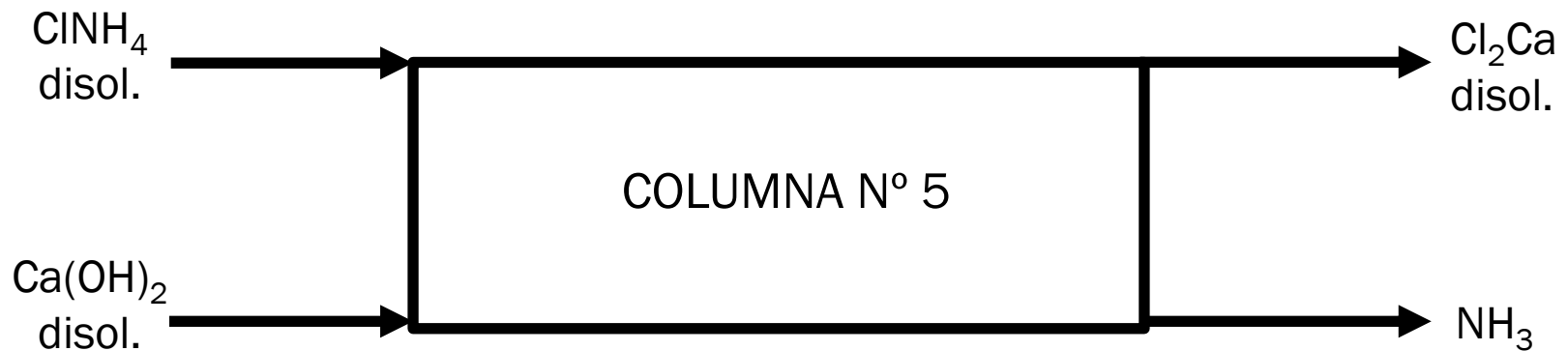
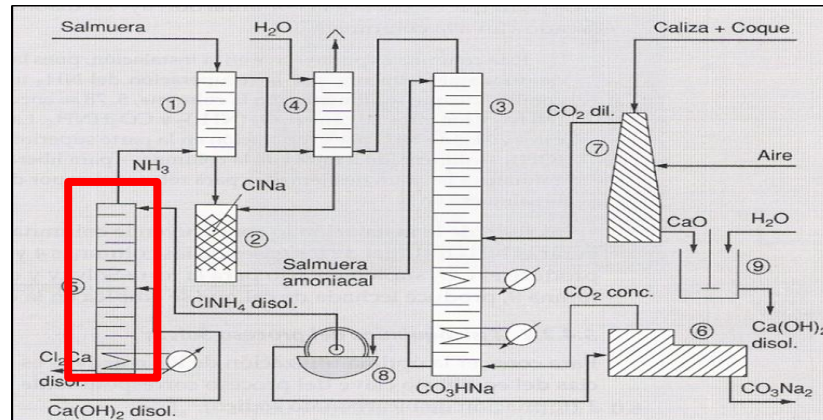
Plantas de fabricación, operaciones y procesos (II)

Solución (apartado a):



Plantas de fabricación, operaciones y procesos (II)

Solución (apartado b):



Plantas de fabricación, operaciones y procesos (II)

Solución (apartado c):

