

# 63.01 / 83.01 Química

---

Departamento de Química

## G4B- Termoquímica Ejercicio 15



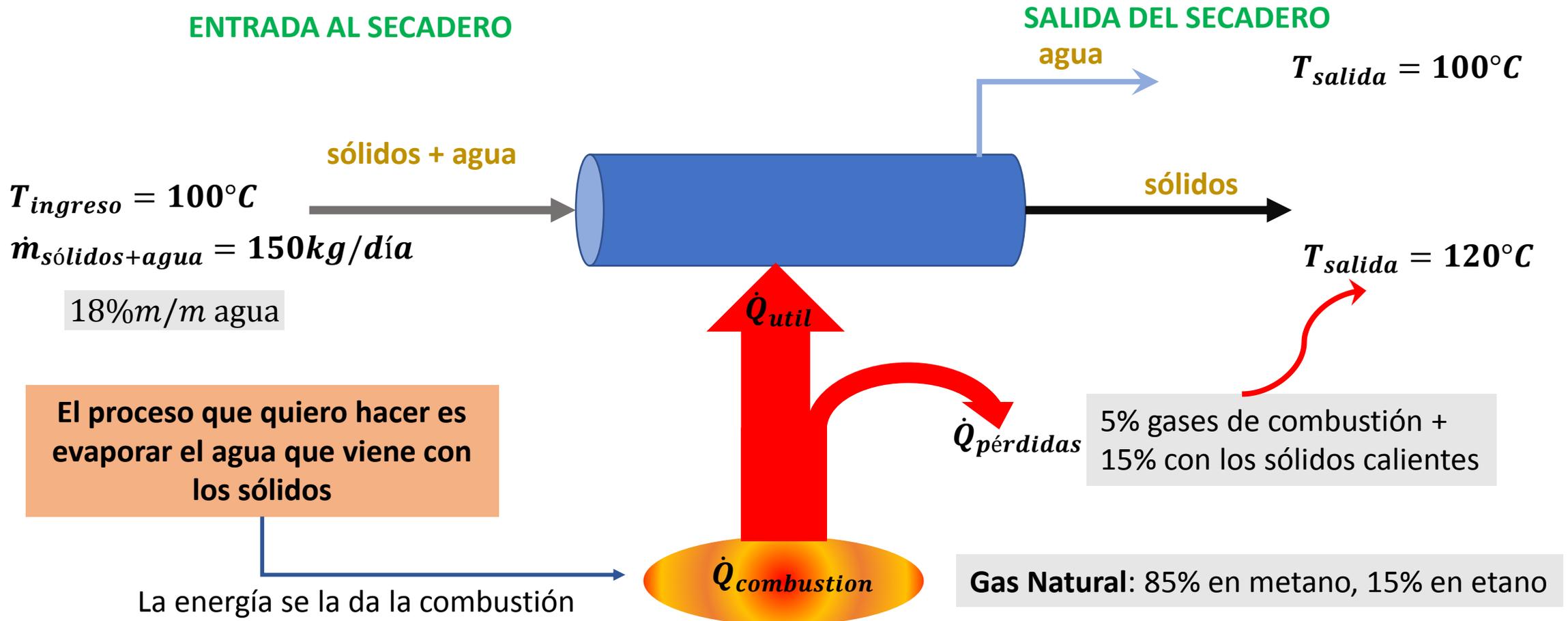
**15)** Un secadero industrial continuo procesa 150 kg/día de sólidos con 18% en masa de humedad que ingresan luego de un precalentamiento a una temperatura de 100°C El calor necesario para secar el sólido se obtiene por la combustión de gas natural de composición en volumen: 85% en metano, 15% en etano.

**a)** Calcular el caudal de gas que es necesario alimentar al equipo considerando que hay un 5% de pérdidas de calor con los gases de combustión y un 15% con los sólidos que salen del secador a una temperatura de 120°C.

**b)** Si una medición del caudal en la cañería de alimentación de aire da 900 L/h de aire en CNPT de aire ¿Con qué exceso de O<sub>2</sub> se está trabajando?

**Datos:**  $\Delta H_{\text{combustión}} \text{CH}_4 = -212 \text{ kcal/mol}$ ,  $\Delta H_{\text{combustión}} \text{C}_2\text{H}_6 = -372 \text{ kcal/mol}$ ,  $\Delta H_{\text{vaporización}} \text{H}_2\text{O} = 9.72 \text{ kcal/mol}$

Lo fundamental en un problema, es plantear un esquema y colocar todos los datos posibles para comprender **Parte a)**  
qué es lo que me están pidiendo y que información tengo y me falta



## ENTRADA AL SECADERO

Cantidad de sólidos y agua líquida que ingresan al secadero:

$$\dot{m}_{\text{sólidos+agua}} = 150 \text{ kg/día} \quad \text{Los sólidos ingresan con un 18\% de humedad}$$

$$\dot{m}_{\text{agua}} = \frac{150 \text{ kg}}{\text{día}} * 0,18 = 27 \text{ kg/día}$$

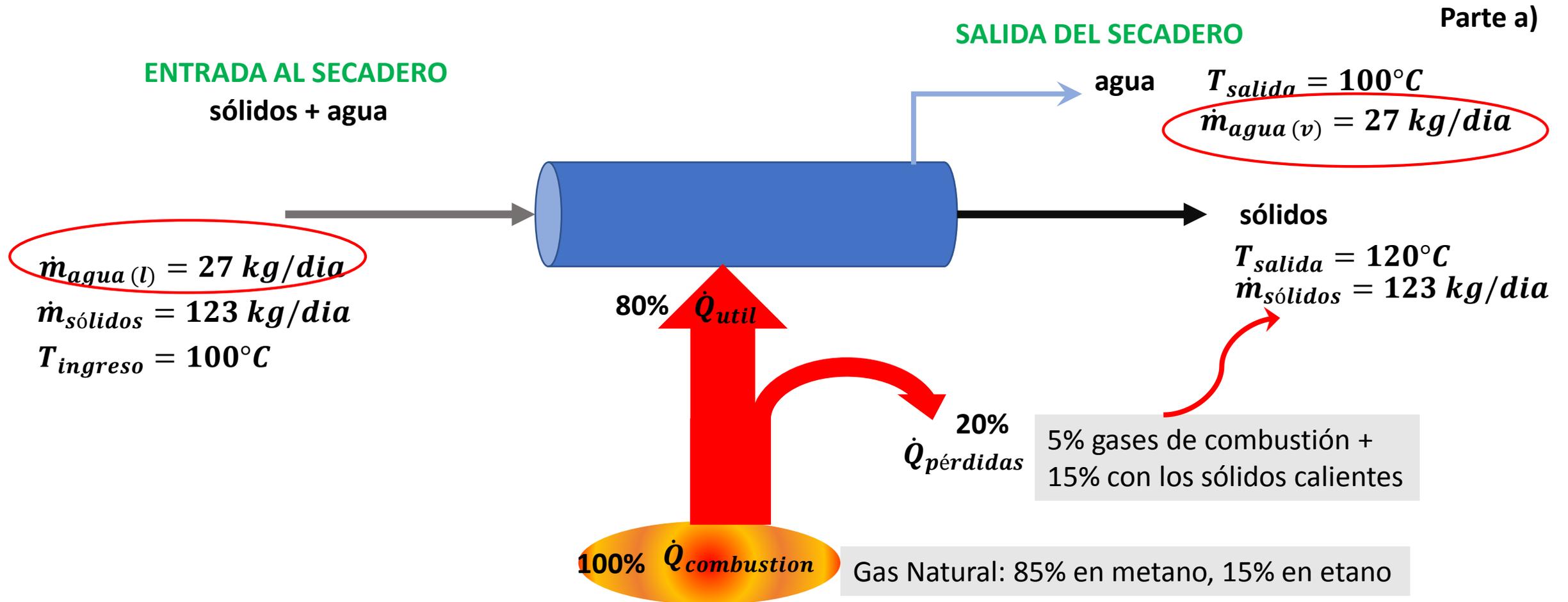
$$\dot{m}_{\text{sólidos}} = \frac{150 \text{ kg}}{\text{día}} * 0,82 = 123 \text{ kg/día}$$

$$\dot{m}_{\text{agua}} = 27 \text{ kg/día}$$

$$\dot{m}_{\text{sólidos}} = 123 \text{ kg/día}$$

Pongo un punto sobre el símbolo de las variables para indicar que la variable es por unidad de tiempo

Entonces podemos completar mejor el esquema del proceso:



El proceso que quiero hacer es simplemente evaporar 27 kg/día de agua (l) a 100°C y llevarla a agua (v) a 100°C. Ese calor se lo va a dar la combustión de gas natural. La parte del calor de combustión que efectivamente llega para evaporar el agua de los sólidos, es el calor útil. No tengo en cuenta el calor requerido para calentar a los sólidos de salida a 120°C porque ese calor está incluido en el calor de pérdidas.

Parte a)

## Proceso: evaporación del agua



$$\dot{Q}_{para\ evaporar} = \dot{n}_{agua} \cdot \Delta H^\circ_{vap} = \frac{\dot{m}_{agua}}{M_{agua}} \cdot \Delta H^\circ_{vap} = \frac{27000 \text{ g/día}}{18 \text{ g/mol}} \cdot 9,72 = 14580 \text{ kcal/día}$$

Solo calor latente

El calor necesario por día para evaporar el agua es menos el calor útil:  $\dot{Q}_{para\ evaporar} = -\dot{Q}_{util}$

El calor útil  $\dot{Q}_{util}$  (- 14580 kcal/día ) es solo el 80 % del calor total generado en la combustión  $\dot{Q}_{comb}$  porque parte del calor de combustión se pierde  $\dot{Q}_{perdida}$  (en los humos 5% y en calentar los sólidos que salen del secadero 15%= 20%)

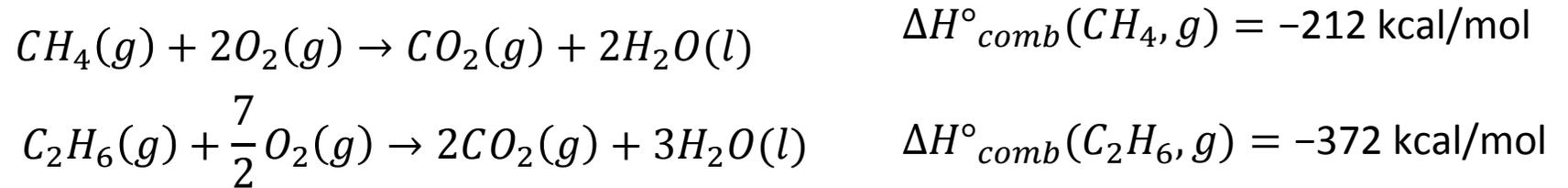
$$\dot{Q}_{comb} = \dot{Q}_{util} + \dot{Q}_{perdida}$$

Entonces, el calor que debe generar la combustión será:

$$\dot{Q}_{util} = \dot{Q}_{comb} \cdot 0,80 \quad \longrightarrow \quad \dot{Q}_{comb} = \frac{\dot{Q}_{util}}{0,80} = -18225 \text{ kcal/día.}$$

Parte a)

Proceso: combustión del gas natural (85%v/v metano, 15%v/v etano)



Balance de materia

$$\dot{n}_{GN} = \dot{n}_{CH_4} + \dot{n}_{C_2H_6} = 0,85 \dot{n}_{GN} + 0,15 \dot{n}_{GN}$$

Recuerden que por tratarse a los gases como gas ideal, el %v/v es lo mismo que %molar

Balance de energía

$$\dot{Q}_{comb} = \dot{n}_{CH_4} \cdot \Delta H^\circ_{comb}(CH_4, g) + \dot{n}_{C_2H_6} \Delta H^\circ_{comb}(C_2H_6, g) = -18225 \text{ kcal/día}$$

$$\dot{Q}_{comb} = 0,85 \dot{n}_{GN} \cdot \Delta H^\circ_{comb}(CH_4, g) + 0,15 \dot{n}_{GN} \Delta H^\circ_{comb}(C_2H_4, g) = -18225 \text{ kcal/día}$$

Despejo  $\dot{n}_{GN}$

$$\dot{n}_{GN} = \frac{\dot{Q}_{comb}}{0,85 \Delta H^\circ_{comb}(CH_4, g) + 0,15 \Delta H^\circ_{comb}(C_2H_4, g)} = 77,35 \text{ moles/día}$$

Parte a)

**Despejo  $\dot{n}_{GN}$**        $\dot{n}_{GN}=77,3517$  moles/día      ( en normal metro cúbico Nm<sup>3</sup>, en decir en m<sup>3</sup> a 1 atm y 273 K)

$$\dot{V}_{GN} = \frac{\dot{n}_{GN}RT}{P} = \frac{77,35 \frac{\text{moles}}{\text{día}} \cdot 0,082 \frac{\text{latm}}{\text{Kmol}} \cdot 273\text{K}}{1\text{atm}} = 1732 \text{ litros/día}$$

$$\dot{V}_{GN} = 1,732 \text{ Nm}^3$$

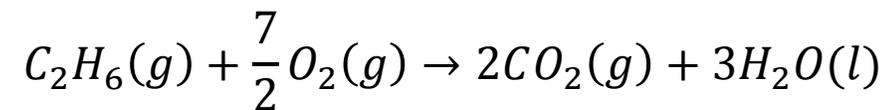
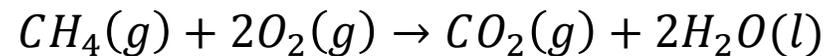
Parte b)

Parte b)

Si el caudal de aire da 900 L/h de aire en CNPT de aire ¿Con qué exceso de O<sub>2</sub> se está trabajando?

El oxígeno que se utiliza en la combustión del gas natural proviene del aire (el **comburente**). El enunciado dice que el caudal de aire es 900 litros/h de aire en CNPT (condiciones normales de presión y temperatura T=273K y P=1 atm) Me preguntan con qué oxígeno en exceso estoy trabajando. Entonces tengo que calcular primero el **oxígeno estequiométrico** (es decir el exacto que se necesita para la combustión completa del metano y del etano).

El oxígeno estequiométrico surge de los moles de oxígeno que requiere el metano y el etano en la combustión. Para eso tengo que ir a las reacciones de combustión y ver la estequiometría



En las combustiones se trabaja con oxígeno en exceso para asegurar la combustión completa

Por cada mol de metano necesito 2 moles de oxígeno, y por cada mol de etano necesito 7/2 moles de oxígeno. Entonces los moles total de oxígeno estequiométricos serán:

Lo pasamos a hora

$$\dot{n}_{O_2(\text{estequiometrico})} = 2 \cdot \dot{n}_{CH_4} + 7/2 \cdot \dot{n}_{C_2H_6} = 2 \cdot 0,85 \dot{n}_{GN} + 7/2 \cdot 0,15 \dot{n}_{GN} = 172,1 \text{ mol/dia} = 7,1 \text{ mol/hora}$$

Parte a)

El oxígeno viene del aire que es el **comburente**. La composición del aire es 21%v/v oxígeno y 79%v/v nitrógeno

$$\dot{V}_{O_2}(\text{en aire}) = 0,21 \cdot 900 \frac{\text{litros}}{h} = 189 \frac{\text{litros}}{h} \text{ (medidos en CNPT)}$$

Entonces los moles de oxígeno en el aire será:

$$\dot{n}_{O_2(\text{aire})} = \frac{PV}{RT} = \frac{1\text{atm} \cdot 189\text{litros/hora}}{\frac{0,082\text{latm}}{\text{Kmol}} \cdot 273\text{K}} = 8,44 \text{ mol/hora}$$

Moles en exceso de oxígeno es la diferencia entre el que aporta el aire menos el estequiométrico:

$$\dot{n}_{O_2(\text{exceso})} = \dot{n}_{O_2(\text{aire})} - \dot{n}_{O_2(\text{estequiométrico})} = 8,44 \frac{\text{moles}}{\text{hora}} - 7,1 \frac{\text{moles}}{\text{hora}} = 1,34 \text{ moles/hora}$$

En condiciones normales (CNPT) el volumen en exceso es:

$$\dot{V}_{O_2(\text{exceso})} = \frac{\dot{n}_{O_2(\text{exceso})}RT}{P} = \frac{1,34 \text{ moles/hora} \frac{0,082\text{latm}}{\text{Kmol}} \cdot 273\text{K}}{1\text{atm.}} = 30 \text{ litros/hora}$$

$$\% \text{exceso} = (8,44 \text{ moles/h} - 7,1 \text{ moles/h}) / 7,1 \text{ mol/h} \cdot 100 = 18,8 \%$$

$$\dot{V}_{O_2(\text{exceso})} = 30 \text{ litros/hora}$$

