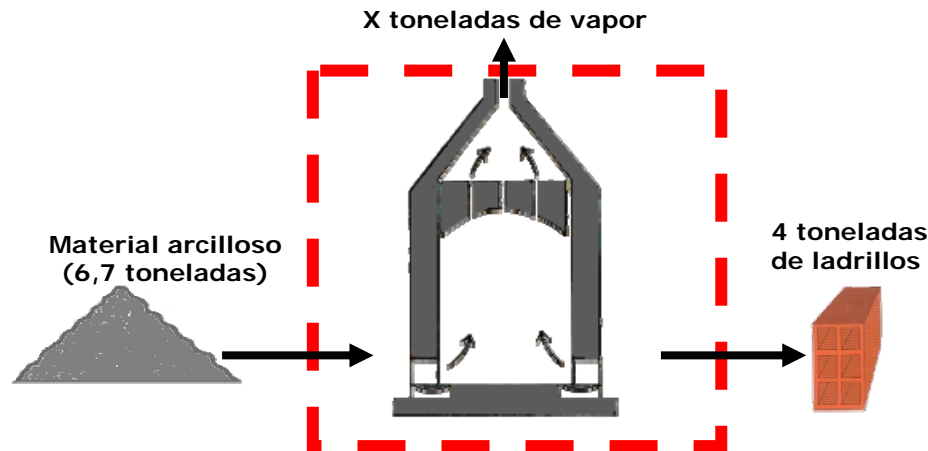




**P1.1.-** En un horno de cocción de cerámica se introducen 6,7 toneladas de material arcilloso húmedo ya conformado, el cual después de someterse a temperaturas de 1100 °C durante un tiempo, produce 4 toneladas de ladrillos. Calcular la cantidad de agua desprendida.



**BASE DE CÁLCULO:** 6,7 toneladas de material arcilloso húmedo.

$$E = S$$

No hay generación, consumo o almacenamiento. Por lo tanto lo que entra es igual a lo que sale.

Tenemos una sola incógnita  $X \equiv$  peso de vapor de agua producido, por lo que plantearemos una única ecuación.

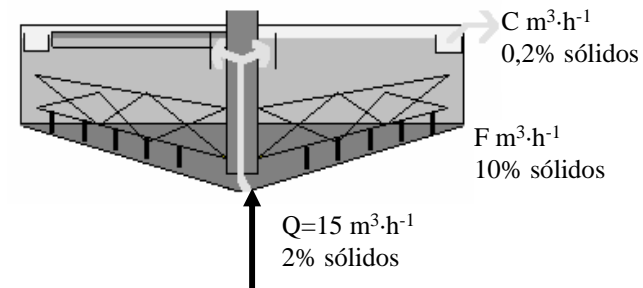
**Balance total:**  $6,7 \text{ t} = 4 \text{ t} + X \text{ t}$

**$X = 2,7 \text{ toneladas de vapor de agua}$**



**P1.2.-** A un sistema de decantación de fangos en una depuradora entra un caudal de  $15 \text{ m}^3$  de agua por hora, con un 2% en sólidos. En el decantador se separan dos corrientes, una de fangos (F) con un 10% en sólidos, y otra de agua clarificada (C), con solo un 0,2% de sólidos. Determinar el caudal de salida de agua clarificada (todos los porcentajes son en v/v).

**BASE DE CÁLCULO: 1 hora  $\leftrightarrow$   $15 \text{ m}^3/\text{h}$**



$$E = S$$

**Balance total:**

$$Q = C + F$$

**Balance sólidos:**

$$0,02 \cdot Q = 0,002 \cdot C + 0,1 \cdot F$$

**Balance agua:**

$$0,98 \cdot Q = 0,998 \cdot C + 0,9 \cdot F$$

$$Q = 15 \text{ m}^3$$

$$C = 12,2 \text{ m}^3$$

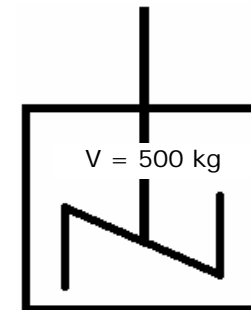
$$F = 2,8 \text{ m}^3$$



**P1.3.-** En una fabrica de pinturas se quiere obtener una producción de  $6 \text{ t}\cdot\text{día}^{-1}$  de emulsión acuosa base. Si la capacidad del tanque mezclador es de 500 Kg de emulsión, el tiempo de mezcla de  $\frac{1}{2}$  hora y el tiempo de carga-descarga-acondicionamiento de 15 minutos. Determinar si es posible alcanzar dicha producción en la jornada de trabajo (8 horas) o es necesario realizar horas extraordinarias. En caso afirmativo indicar cuantas por jornada.

**BASE DE CÁLCULO: 6 toneladas**

$$E = S$$



$$t_{\text{mezcla}} = 30 \text{ min}$$

$$t_{\text{mezcla}} = 15 \text{ min}$$

$$n^{\circ} \text{ de ciclos día} = 6 \cdot 10^3 \text{ kg}\cdot\text{día}^{-1} / 500 \text{ kg}\cdot\text{ciclo}^{-1} = 12 \text{ ciclos}\cdot\text{día}^{-1}$$

$$t_{\text{ciclo}} = 30 + 15 = 45 \text{ minutos}\cdot\text{ciclo}^{-1}$$

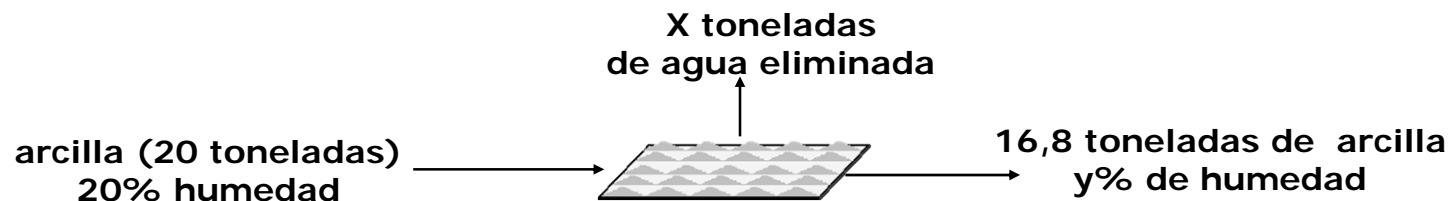
$$t_{\text{producción}} = n^{\circ} \text{ ciclos día} \cdot t_{\text{ciclo}} / 60 =$$

$$9 \text{ horas}\cdot\text{ciclo}^{-1}$$

$$N^{\circ} \text{ extras} = t_{\text{producción}} - t_{\text{jornada}} = (9 - 8) \text{ horas} = 1 \text{ hora}$$



**P1.4.-** En una planta de tratamiento industrial de arcillas, se efectúa el secado de las mismas a la atmósfera extendiendo en eras, recogiendo 16,8 toneladas de arcilla por cada 20 toneladas de arcilla inicial con un 20% de humedad. Calcule la humedad del producto final y el rendimiento del proceso.



**BASE DE CÁLCULO:** 20 toneladas de arcilla con un 20% de humedad.

$$E = S$$

**Balance total:**

$$20 = 16,8 + X \Rightarrow X = 3,2 \text{ toneladas de agua eliminada.}$$

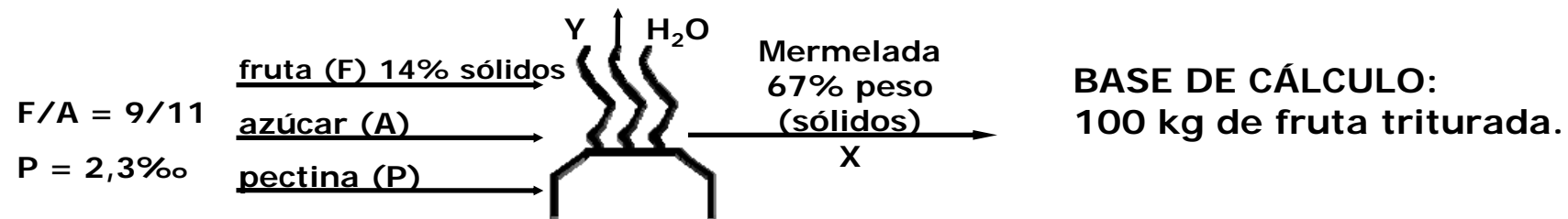
**Balance de agua**

$$20 \cdot 0,2 = 16,8 \cdot y\% + 3,2 \Rightarrow y \approx 4,8\%$$

$$\text{Rendimiento} = (\text{Agua eliminada} / \text{Agua total}) \cdot 100 = 100 \cdot 3,2/4,0 = 80\%$$



**P1.5.-** Para la fabricación de mermelada se emplea un evaporador, donde se mezcla fruta triturada con azúcar en proporción en peso de 9:11, adicionándose un 2,3‰ de pectina. La mezcla se homogeneiza y se concentra por evaporación hasta el 67%. ¿Qué cantidad de agua se evaporará a partir de una fruta con un contenido en sólidos del 14%? Todos los porcentajes dados son en peso.



No hay generación, consumo o almacenamiento, lo que entra es igual a lo que sale.

$$E = S$$

Tenemos cinco incógnitas de las cuales solo tres son independientes, pues las otras dos están ligadas mediante proporciones prefijadas. Por lo que tendremos que plantear un sistema de dos ecuaciones independientes, pues una de las incógnitas la vamos a prefijar como base de cálculo.

$$A = \frac{11}{9} \cdot 100 \text{ kg} = 122,2 \frac{\text{kg de azúcar}}{100 \text{ kg de fruta}}$$

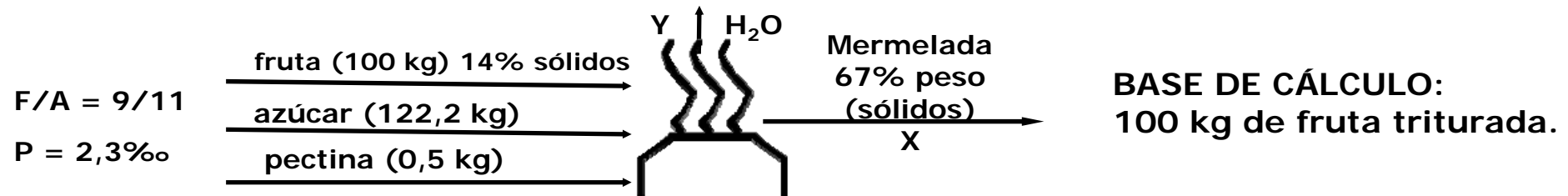
$$P = \frac{0,230 \text{ kg pectina}}{100 \text{ kg mezcla}} (100 \text{ kg de F} + 122,2 \text{ kg de A} + P \text{ kg P})$$

$$P \left(1 - \frac{0,230}{100}\right) = \frac{0,230}{100} 222,2 \Rightarrow$$

$$P = 0,5 \text{ kg de pectina}$$



## P1.5. (CONT.)-



La corriente X serán los kg de mermelada que obtenemos por cada 100 kg de fruta triturada.

La corriente Y serán los kg de H<sub>2</sub>O evaporada que obtenemos por cada 100 kg de fruta triturada.

$$\text{Balance global} \quad 100 + 122,2 + 0,5 = X + Y$$

$$\text{Balance de sólido} \quad 122,2 + 0,5 + 100 (0,14) = 0,67 X$$

$$\text{Balance de líquido} \quad 0 + 0 + 100 (0,86) = 0,33 X + Y$$

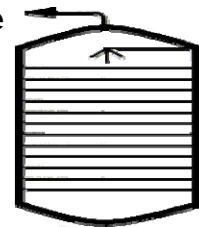
X = 204,0 kg mermelada/100 kg de fruta triturada

$$Y = 18,7 \text{ kg H}_2\text{O}/100 \text{ kg fruta triturada}$$



**P1.6.-** Se desea depurar una corriente de gas de 100 m<sup>3</sup>/h, medidos en condiciones normales, con un contenido de H<sub>2</sub>S del 10% en volumen, hasta alcanzar una concentración final en H<sub>2</sub>S de 0,1%. Para ello se ha decidido emplear una columna de absorción, utilizándose como absorbente, agua con un contenido inicial en H<sub>2</sub>S de 0,001 g/l. Si la solubilidad del H<sub>2</sub>S en agua en esas condiciones es de 0,2 M. Calcular el caudal mínimo de agua a emplear, así como la cantidad de H<sub>2</sub>S absorbida por el agua.

H<sub>2</sub>S 0,1% mol + inerte



H<sub>2</sub>O 10<sup>-3</sup> g/l H<sub>2</sub>S Q<sub>H<sub>2</sub>O</sub>  
M<sub>r</sub> (H<sub>2</sub>S) = 34,0 g·mol<sup>-1</sup>

**BASE DE CÁLCULO: 1 h**

H<sub>2</sub>S + inerte  
100 m<sup>3</sup>/h  
10% H<sub>2</sub>S

**E = S**

H<sub>2</sub>O + H<sub>2</sub>S(sat) 0,2 M

Se conservan los moles, no el volumen, por lo que recalculamos el caudal de entrada como caudal molar.

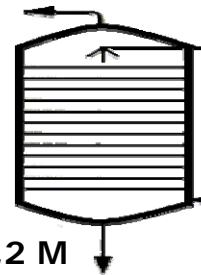
$$Q_{\text{entrada}} \frac{10^5 \cdot \text{L} \cdot \text{h}^{-1} \cdot 1 \cdot \text{atm}}{0,082 \cdot \text{atm} \cdot \text{L} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 273 \cdot \text{K}} = 4467 \cdot \text{mol} \cdot \text{h}^{-1}$$

El gas inerte se emplea para correlacionar las corrientes de entrada y salida de gas<sup>1</sup>



## P1.6. (CONT.)

H<sub>2</sub>S 0,1% mol + inerte



H<sub>2</sub>O 10<sup>-3</sup> g/l H<sub>2</sub>S Q<sub>H<sub>2</sub>O</sub>

M<sub>r</sub> (H<sub>2</sub>S) = 34,0 g·mol<sup>-1</sup>

H<sub>2</sub>S + inerte

100 m<sup>3</sup>/h <-> 4467 moles/h

10% H<sub>2</sub>S

H<sub>2</sub>O + H<sub>2</sub>S(sat) 0,2 M

BASE DE CÁLCULO: 1 h

$$E = S$$

**Balance de inerte:**  $4467 \cdot 0,9 = Q_{\text{gas}} \cdot 0,999 \Rightarrow Q_{\text{gas}} = 4024 \text{ mol} \cdot \text{h}^{-1}$

**Balance H<sub>2</sub>O:**  $Q_{\text{H}_2\text{O}} \text{ (entrada)} = Q_{\text{H}_2\text{O}} \text{ (salida)}$

**Balance de H<sub>2</sub>S:**

Corriente gaseosa  $4467 \cdot 0,1 = 4024 \cdot 0,001 + \text{SH}_2 \text{ (absorbido)} \Rightarrow$   
 $\text{SH}_2 \text{ (absorbido)} = 442,7 \text{ moles} \cdot \text{h}^{-1}$

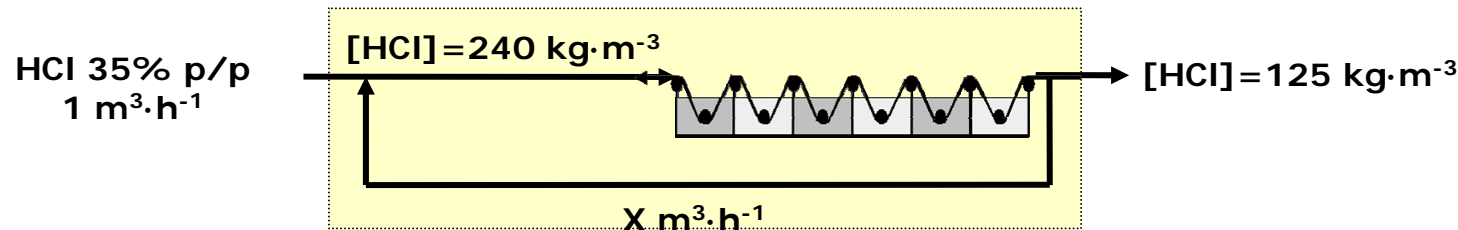
Corriente acuosa  $\frac{10^{-3} \cdot 10^3}{34,0} \text{ mol} \cdot \text{m}^{-3} Q_{\text{H}_2\text{O}} + 442,7 \text{ moles} \cdot \text{h}^{-1} = 0,2 \cdot 10^3 \cdot Q_{\text{H}_2\text{O}} \text{ moles} \cdot \text{h}^{-1}$

**Q<sub>H<sub>2</sub>O</sub> = 2,2 m<sup>3</sup>·h<sup>-1</sup>**





**P1.7.-** En un proceso de decapado de plancha de acero se emplea como agente decapante una corriente de  $1 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$  de ácido clorhídrico del 35% en peso y densidad  $1,174 \text{ kg} \cdot \text{l}^{-1}$ . Si la concentración en ácido a la entrada y salida del tanque de decapado son de  $240$  y  $125 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$  respectivamente. Calcular el porcentaje de purga que se está realizando, así como la cantidad de ácido consumido, suponiendo que el volumen de la corriente de ácido permanece constante.



**BASE DE CÁLCULO: 1 hora.**

$$[\text{HCl}]_0 = \frac{35 \text{ g}}{100 \text{ g}} \cdot \frac{10^3 \text{ L}}{1 \text{ m}^3} \cdot 1,174 \text{ kg} / \text{L} = 410,9 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

**Balance global de ácido en el sistema:**

Hay consumo de ácido durante el proceso de decapado, por lo que lo que entra menos lo que sale es

igual a lo que se consume.

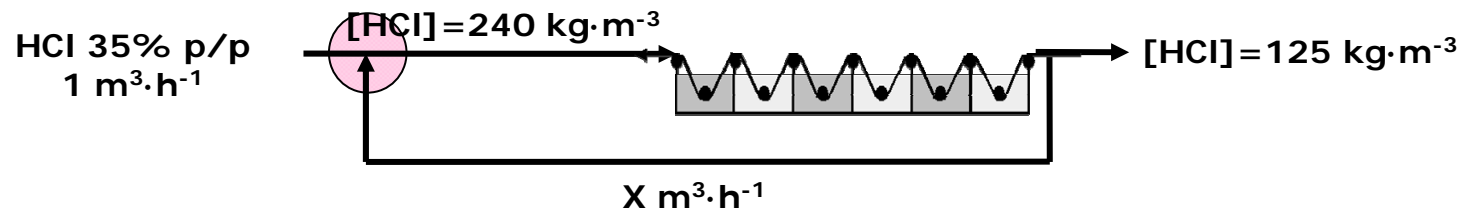
$$\mathbf{E - S = C}$$

$$410,9 \cdot 1 - 125 \cdot 1 = \text{HCl}_{\text{consumido}}$$

$$\mathbf{HCl}_{\text{consumido}} = 285,9 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$$



## P1.7. (CONT.)-



BASE DE CÁLCULO: 1 hora.

### Balance de ácido en el nudo:

No hay consumo ni generación de ácido, por lo que lo que entra es igual a lo que sale.

$$E = S$$

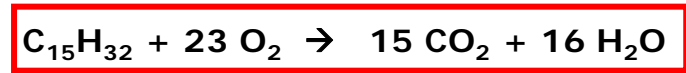
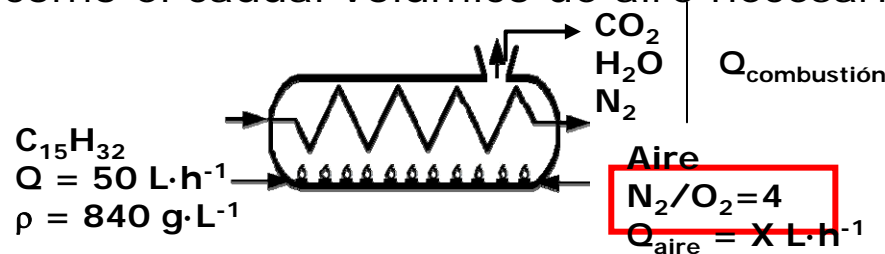
$$410,9 \cdot 1 + 125 \cdot X = 240 (1+X)$$

$$X = 1,49 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$$

$$\text{Purga}(\%) = \frac{1}{(1 + 1,49)} \cdot 100 = 40 \%$$



**P1.8.-** En una caldera se consumen  $50 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$  de gasóleo, empleándose aire como comburente. Si la densidad del gasóleo es de  $840 \text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ , y se le supone constituido exclusivamente por pentadecano. Calcule la composición de los gases de salida, así como el caudal volumétrico de aire necesario, medido a  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  y  $1 \text{ atm}$  de presión.



$$M_r (\text{C}_{15}\text{H}_{32}) = 212$$

**BASE DE CÁLCULO: 1 hora.**

El volumen no se conserva, pero si el número de moles, por lo que se convierten los caudales volumétricos en molares.  $Q (\text{C}_{15}\text{H}_{32}) = 50 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1} \llcorner \llcorner 42 \cdot 10^3 \text{ g}\cdot\text{h}^{-1} \llcorner \llcorner 198 \text{ moles}\cdot\text{h}^{-1}$

### Caudal de aire:

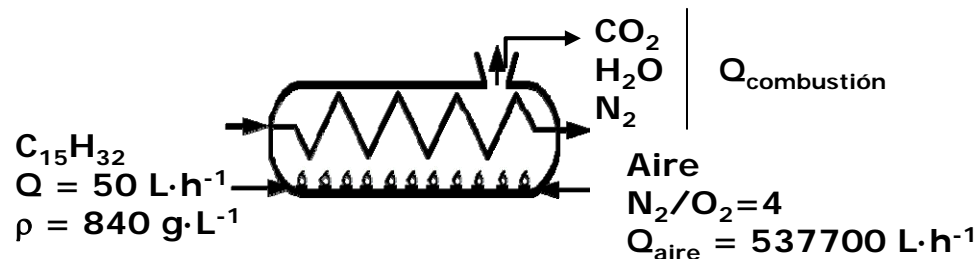
El caudal de aire esta relacionado con el de pentadecano por la estequiometría de la reacción y la relación  $\text{N}_2/\text{O}_2$ , pues se necesita cinco veces más caudal de aire que si fuese oxígeno puro.

$$Q_{\text{aire}} = Q(\text{C}_{15}\text{H}_{32}) \frac{\text{moles } \text{C}_{15}\text{H}_{32}}{h} \cdot \frac{23 \text{ moles } \text{O}_2}{\text{moles } \text{C}_{15}\text{H}_{32}} \cdot \frac{5 \text{ moles aire}}{\text{moles } \text{O}_2} = 198 \cdot 23 \cdot 5 = 22,77 \cdot 10^3 \text{ moles aire}\cdot\text{h}^{-1}$$

$$Q_{\text{aire}} \frac{22,77 \cdot 10^3 \text{ moles}\cdot\text{h}^{-1} \cdot 0,082 \cdot 10^{-3} \text{ atm}\cdot\text{m}^3 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \cdot 288 \text{ K}}{1 \text{ atm}} = 537,7 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} \quad 1$$



## P1.8. (CONT.)-



**BASE DE CÁLCULO: 1 hora.**

Al haber reacción los balances se referirán a elementos o especies invariantes, C, H y N<sub>2</sub>.

$$E = S \left\{ \begin{array}{l} \text{Balance de C:} \\ 15 \cdot 198 \text{ moles} \cdot \text{h}^{-1} = Q(\text{CO}_2) = 2970 \text{ moles} \cdot \text{h}^{-1} \\ \text{Balance de H:} \\ 32 \cdot 198 \text{ moles} \cdot \text{h}^{-1} = 2 \cdot Q(\text{H}_2\text{O}) \Rightarrow Q(\text{H}_2\text{O}) = 3168 \text{ moles} \cdot \text{h}^{-1} \\ \text{Balance de N}_2: \\ 22,77 \cdot 10^3 \cdot 4/5 = Q(\text{N}_2) = 18216 \text{ moles} \cdot \text{h}^{-1} \\ Q_{\text{combustión}} = 2970 + 3168 + 18216 = 24354 \text{ moles} \cdot \text{h}^{-1} \\ \text{Composición:} \end{array} \right.$$

CO <sub>2</sub>	2970/24354 · 100 =	12,2 %
H <sub>2</sub> O	3168/24354 · 100 =	13,0 %
N <sub>2</sub>	18216/24354 · 100 =	74,8 %