



# TEMA 1: FUNDAMENTOS QUÍMICOS DE LA COMBUSTIÓN

## ACTIVIDADES PRÁCTICAS (SOLUCIONES)

Blanca M<sup>a</sup> Caballero Iglesias  
Maite de Blas Martín

Escuela de Ingeniería de Bilbao  
Ingeniería Química y del Medio Ambiente

# FUNDAMENTOS QUÍMICOS DE LA COMBUSTIÓN

## SOLUCIÓN A LAS ACTIVIDADES PRÁCTICAS

I) Problemas numéricos:

Problemas 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 y 1.5



Imagen publicada en Pixabay  
bajo dominio público [\[1\]](#)

# PROBLEMAS NUMÉRICOS DE COMBUSTIÓN

## PROBLEMA 1.1. SOLUCIÓN (I)

Al tratarse de un combustible sólido se tomará como referencia para el cálculo **100 kg de carbón**. Las reacciones de combustión teórica son:

Composición	% peso	Reacción combustión
<b>C</b>	59	$C + O_2 \rightarrow CO_2$
<b>H</b>	4	$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$
<b>S</b>	3	$S + O_2 \rightarrow SO_2$
<b>N</b>	1	Inerte
<b>O</b>	8	Disponible para la combustión
<b>Humedad</b>	15	-
<b>Cenizas</b>	10	-

# PROBLEMAS NUMÉRICOS DE COMBUSTIÓN

## PROBLEMA 1.1. SOLUCIÓN (II)

$$\frac{59 \text{ kg C}}{100 \text{ kg carbón}} \cdot \frac{1 \text{ kmol C}}{12 \text{ kg C}} \cdot \frac{1 \text{ kmol O}_2}{1 \text{ kmol C}} \cdot \frac{22,4 \text{ m}^3 \text{N O}_2}{1 \text{ kmol CO}_2} = 1,101 \frac{\text{m}^3 \text{N O}_2}{\text{kg carbón}}$$

$$\frac{4 \text{ kg H}}{100 \text{ kg carbón}} \cdot \frac{1 \text{ kmol H}_2}{2 \text{ kg H}} \cdot \frac{1/2 \text{ kmol O}_2}{1 \text{ kmol H}_2} \cdot \frac{22,4 \text{ m}^3 \text{N O}_2}{1 \text{ kmol O}_2} = 0,224 \frac{\text{m}^3 \text{N O}_2}{\text{kg carbón}}$$

$A_T$ ,

$$\frac{3 \text{ kg S}}{100 \text{ kg carbón}} \cdot \frac{1 \text{ kmol S}}{32 \text{ kg S}} \cdot \frac{1 \text{ kmol O}_2}{1 \text{ kmol S}} \cdot \frac{22,4 \text{ m}^3 \text{N O}_2}{1 \text{ kmol O}_2} = 0,021 \frac{\text{m}^3 \text{N O}_2}{\text{kg carbón}}$$

**Cálculo A**  $\frac{8 \text{ kg O}}{100 \text{ kg carbón}} \cdot \frac{1 \text{ kmol O}_2}{32 \text{ kg O}} \cdot \frac{22,4 \text{ m}^3 \text{N O}_2}{1 \text{ kmol O}_2} = 0,056 \frac{\text{m}^3 \text{N O}_2}{\text{kg carbón}}$  *(resta)*

**(oxígeno teórico)**  $O_T = 1,101 + 0,224 + 0,021 - 0,056 = 1,290 \frac{\text{m}^3 \text{N O}_2}{\text{kg carbón}}$

$$1,290 \frac{\text{m}^3 \text{N O}_2}{\text{kg carbón}} \cdot \frac{100 \text{ m}^3 \text{N aire}}{21 \text{ m}^3 \text{N O}_2} = 6,143 \frac{\text{m}^3 \text{N O}_2}{\text{kg carbón}} \longrightarrow A_T = 6,143 \text{ m}^3 \text{N aire / kg carbón}$$

$$A_p = 1,29 \frac{\text{kg aire}}{\text{m}^3 \text{N aire}} \cdot 6,143 \frac{\text{m}^3 \text{N aire}}{\text{kg carbón}} = 7,924 \frac{\text{kg aire}}{\text{kg carbón}}$$

# PROBLEMAS NUMÉRICOS DE COMBUSTIÓN

## PROBLEMA 1.1. SOLUCIÓN (III)

$$\frac{59 \text{ kg C}}{100 \text{ kg carbón}} \cdot \frac{1 \text{ kmol C}}{12 \text{ kg C}} \cdot \frac{1 \text{ kmol CO}_2}{1 \text{ kmol C}} \cdot \frac{22,4 \text{ m}^3\text{N CO}_2}{1 \text{ kmol CO}_2} = 1,101 \frac{\text{m}^3\text{N CO}_2}{\text{kg carbón}}$$

$$\frac{3 \text{ kg S}}{100 \text{ kg carbón}} \cdot \frac{1 \text{ kmol S}}{32 \text{ kg S}} \cdot \frac{1 \text{ kmol SO}_2}{1 \text{ kmol S}} \cdot \frac{22,4 \text{ m}^3\text{N SO}_2}{1 \text{ kmol SO}_2} = 0,021 \frac{\text{m}^3\text{N SO}_2}{\text{kg carbón}}$$

$$\frac{1 \text{ kg N}}{100 \text{ kg carbón}} \cdot \frac{1 \text{ kmol N}_2}{28 \text{ kg N}} \cdot \frac{22,4 \text{ m}^3\text{N N}_2}{1 \text{ kmol N}_2} = 0,008 \frac{\text{m}^3\text{N N}_2}{\text{kg carbón}} \text{ (carbón)}$$

### Cálculo V

$$\frac{79 \text{ m}^3\text{N N}_2}{100 \text{ m}^3\text{N aire}} \cdot 6,143 \frac{\text{m}^3\text{N aire}}{\text{kg carbón}} = 4,853 \frac{\text{m}^3\text{N N}_2}{\text{kg carbón}} \text{ (aire)}$$

$$V_f \text{ (secos)} = 1,101 + 0,021 + 0,008 + 4,853 = 5,983 \frac{\text{m}^3\text{N gases combustión}}{\text{kg carbón}}$$

$$G_f \text{ (secos)} = \left(1 - \frac{z}{100}\right) + A_p \cdot \frac{1}{100} \cdot (9b + w)$$

$$G_f \text{ (secos)} = (1 - 0,10) + 7,924 \cdot \frac{1}{100} \cdot (9 \cdot 4 + 15) = 8,314 \text{ kg gases combustión/kg carbón}$$

# PROBLEMAS NUMÉRICOS DE COMBUSTIÓN

## PROBLEMA 1.2. SOLUCIÓN (I)

Al tratarse de un combustible líquido se tomará como referencia para el cálculo **100 kg de fuelóleo**. Las reacciones de combustión teórica son:

Composición	% peso	Reacción combustión
<b>C</b>	85	$C + O_2 \rightarrow CO_2$
<b>H</b>	11	$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$
<b>S</b>	3	$S + O_2 \rightarrow SO_2$
<b>Humedad+ sedimentos</b>	1	-

# PROBLEMAS NUMÉRICOS DE COMBUSTIÓN

## PROBLEMA 1.2. SOLUCIÓN (II)

$$\frac{85 \text{ kg C}}{100 \text{ kg fuel}} \cdot \frac{1 \text{ kmol C}}{12 \text{ kg C}} \cdot \frac{1 \text{ kmol O}_2}{1 \text{ kmol C}} \cdot \frac{22,4 \text{ m}^3 \text{N O}_2}{1 \text{ kmol O}_2} = 1,587 \frac{\text{m}^3 \text{N O}_2}{\text{kg fuel}}$$

$$\frac{A_T}{T} \cdot \frac{11 \text{ kg H}}{100 \text{ kg fuel}} \cdot \frac{1 \text{ kmol H}_2}{2 \text{ kg H}} \cdot \frac{1/2 \text{ kmol O}_2}{1 \text{ kmol H}_2} \cdot \frac{22,4 \text{ m}^3 \text{N O}_2}{1 \text{ kmol O}_2} = 0,616 \frac{\text{m}^3 \text{N O}_2}{\text{kg fuel}}$$

$$\frac{3 \text{ kg S}}{100 \text{ kg fuel}} \cdot \frac{1 \text{ kmol S}}{32 \text{ kg S}} \cdot \frac{1 \text{ kmol O}_2}{1 \text{ kmol S}} \cdot \frac{22,4 \text{ m}^3 \text{N O}_2}{1 \text{ kmol O}_2} = 0,021 \frac{\text{m}^3 \text{N O}_2}{\text{kg fuel}}$$

**Cálculo A**

$$\text{(oxígeno teórico)} O_T = 1,587 + 0,616 + 0,021 = 2,224 \frac{\text{m}^3 \text{N O}_2}{\text{kg fuel}}$$

$$2,224 \frac{\text{m}^3 \text{N O}_2}{\text{kg fuel}} \cdot \frac{100 \text{ m}^3 \text{N aire}}{21 \text{ m}^3 \text{N O}_2} = 10,590 \frac{\text{m}^3 \text{N O}_2}{\text{kg fuel}} \longrightarrow A_T = 10,590 \text{ m}^3 \text{N aire / kg fuel}$$

$$A_p = 1,29 \frac{\text{kg aire}}{\text{m}^3 \text{N aire}} \cdot 10,590 \frac{\text{m}^3 \text{N aire}}{\text{kg fuel}} = 13,661 \frac{\text{kg aire}}{\text{kg fuel}}$$

# PROBLEMAS NUMÉRICOS DE COMBUSTIÓN

## PROBLEMA 1.2. SOLUCIÓN (III)

$$\frac{85 \text{ kg C}}{100 \text{ kg fuel}} \cdot \frac{1 \text{ kmol C}}{12 \text{ kg C}} \cdot \frac{1 \text{ kmol CO}_2}{1 \text{ kmol C}} \cdot \frac{22,4 \text{ m}^3\text{N CO}_2}{1 \text{ kmol CO}_2} = 1,587 \frac{\text{m}^3\text{N CO}_2}{\text{kg fuel}}$$

$$\frac{3 \text{ kg S}}{100 \text{ kg fuel}} \cdot \frac{1 \text{ kmol S}}{32 \text{ kg S}} \cdot \frac{1 \text{ kmol SO}_2}{1 \text{ kmol S}} \cdot \frac{22,4 \text{ m}^3\text{N SO}_2}{1 \text{ kmol SO}_2} = 0,021 \frac{\text{m}^3\text{N SO}_2}{\text{kg fuel}}$$

$$\frac{79 \text{ m}^3\text{N N}_2}{100 \text{ m}^3\text{N aire}} \cdot 10,590 \frac{\text{m}^3\text{N aire}}{\text{kg fuel}} = 8,366 \frac{\text{m}^3\text{N N}_2}{\text{kg fuel}} \quad (\text{aire})$$

### Cálculo V

$$V_f \text{ (secos)} = 1,587 + 0,021 + 8,366 = 9,974 \frac{\text{m}^3\text{N gases combustión}}{\text{kg fuel}}$$

$$G_f \text{ (secos)} = \left(1 - \frac{z}{100}\right) + A_p - \frac{1}{100} \cdot (9b + w)$$

$$G_f \text{ (secos)} = (1 - 0,10) + 13,661 - \frac{1}{100} \cdot (9 \cdot 11 + 1) = 13,561 \text{ kg gases combustión/kg fuel}$$

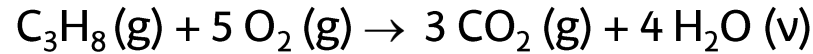


# PROBLEMAS NUMÉRICOS DE COMBUSTIÓN

## PROBLEMA 1.3. SOLUCIÓN (I)

Al tratarse de un combustible gaseoso se tomará como referencia para el cálculo 1 m<sup>3</sup>N de propano (C<sub>3</sub>H<sub>8</sub>). La reacción de combustión teórica es:

$\frac{p}{A_T}$



(oxígeno teórico)

$$O_T = \frac{5 \text{ m}^3\text{N O}_2}{1 \text{ m}^3\text{N C}_3\text{H}_8} = 5,000 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{1 \text{ m}^3\text{N C}_3\text{H}_8}$$

Cálculo A

$$5,000 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N C}_3\text{H}_8} \cdot \frac{100 \text{ m}^3\text{N aire}}{21 \text{ m}^3\text{N O}_2} = 23,809 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N C}_3\text{H}_8} \longrightarrow A_T = 23,809 \text{ m}^3\text{N aire} / \text{m}^3\text{N C}_3\text{H}_8$$

$$A_p = 1,29 \frac{\text{kg aire}}{\text{m}^3\text{N aire}} \cdot 23,809 \frac{\text{m}^3\text{N aire}}{\text{m}^3\text{N C}_3\text{H}_8} = 30,714 \frac{\text{kg aire}}{\text{m}^3\text{N C}_3\text{H}_8}$$

# PROBLEMAS NUMÉRICOS DE COMBUSTIÓN

## PROBLEMA 1.3. SOLUCIÓN (II)

$$\frac{3 \text{ m}^3\text{N CO}_2}{1 \text{ m}^3\text{N C}_3\text{H}_8} = 3,000 \frac{\text{m}^3\text{N CO}_2}{\text{m}^3\text{N C}_3\text{H}_8} \quad \text{(combustible)}$$

T  
G  
T,

$$\frac{79 \text{ m}^3\text{N N}_2}{100 \text{ m}^3\text{N aire}} \cdot 23,809 \frac{\text{m}^3\text{N aire}}{\text{m}^3\text{N C}_3\text{H}_8} = 18,809 \frac{\text{m}^3\text{N N}_2}{\text{m}^3\text{N C}_3\text{H}_8} \quad \text{(aire)}$$

$$V(\text{ secos}) = 3,000 + 18,809 = 21,809 \frac{\text{m}^3\text{N gases combustión}}{\text{m}^3\text{N C}_3\text{H}_8}$$

### Cálculo V

$$3,000 \frac{\text{m}^3\text{N CO}_2}{\text{m}^3\text{N C}_3\text{H}_8} \cdot \frac{1 \text{ kmol CO}_2}{22,4 \text{ m}^3\text{N CO}_2} \cdot \frac{44 \text{ kg CO}_2}{1 \text{ kmol CO}_2} = 5,892 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{m}^3\text{N C}_3\text{H}_8}$$

$$18,809 \frac{\text{m}^3\text{N N}_2}{\text{m}^3\text{N C}_3\text{H}_8} \cdot \frac{1 \text{ kmol N}_2}{22,4 \text{ m}^3\text{N N}_2} \cdot \frac{28 \text{ kg N}_2}{1 \text{ kmol N}_2} = 23,511 \frac{\text{kg N}_2}{\text{m}^3\text{N C}_3\text{H}_8}$$

$$G(\text{ secos}) = 5,892 + 23,511 = 29,403 \frac{\text{kg gases combustión}}{\text{m}^3\text{N C}_3\text{H}_8}$$

# PROBLEMAS NUMÉRICOS DE COMBUSTIÓN

## PROBLEMA 1.4. SOLUCIÓN (I)

Al tratarse de un combustible gaseoso se tomará como referencia para el cálculo **100 m<sup>3</sup>N de gas ciudad**. Las reacciones de combustión teórica son:

Composición	% volumen	Reacción combustión
CO	15	$C + O_2 \rightarrow CO_2$
H <sub>2</sub>	55	$H_2 + \frac{1}{2} O_2 \rightarrow H_2O$
CH <sub>4</sub>	15	$CH_4 + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O$
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	5	$C_2H_4 + 3O_2 \rightarrow 2CO_2 + 2H_2O$
CO <sub>2</sub>	5	-
N <sub>2</sub>	5	-

# PROBLEMAS NUMÉRICOS DE COMBUSTIÓN

## PROBLEMA 1.4. SOLUCIÓN (II)

$$\frac{15 \text{ m}^3\text{N CO}}{100 \text{ m}^3\text{N gas ciudad}} \cdot \frac{1/2 \text{ m}^3\text{N O}_2}{1 \text{ m}^3\text{N CO}} = 0,075 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N gas ciudad}}$$

$$\text{T} \quad \frac{55 \text{ m}^3\text{N H}_2}{100 \text{ m}^3\text{N gas ciudad}} \cdot \frac{1/2 \text{ m}^3\text{N O}_2}{1 \text{ m}^3\text{N H}_2} = 0,275 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N gas ciudad}}$$

Cálculo A

$$\frac{15 \text{ m}^3\text{N CH}_4}{100 \text{ m}^3\text{N gas ciudad}} \cdot \frac{2 \text{ m}^3\text{N O}_2}{1 \text{ m}^3\text{N CH}_4} = 0,300 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N gas ciudad}}$$

$$\frac{5 \text{ m}^3\text{N C}_2\text{H}_4}{100 \text{ m}^3\text{N gas ciudad}} \cdot \frac{3 \text{ m}^3\text{N O}_2}{1 \text{ m}^3\text{N C}_2\text{H}_4} = 0,150 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N gas ciudad}}$$

(oxígeno teórico)  $O_T = 0,075 + 0,275 + 0,300 + 0,150 = 0,800 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N gas ciudad}}$

$$0,800 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N gas ciudad}} \cdot \frac{100 \text{ m}^3\text{N aire}}{21 \text{ m}^3\text{N O}_2} = 3,809 \frac{\text{m}^3\text{N aire}}{\text{m}^3\text{N gas ciudad}}$$

$$A_T = 3,809 \frac{\text{m}^3\text{N aire}}{\text{m}^3\text{N gas ciudad}}$$

# PROBLEMAS NUMÉRICOS DE COMBUSTIÓN

## PROBLEMA 1.4. SOLUCIÓN (II)

$$\frac{15 \text{ m}^3\text{N CO}}{100 \text{ m}^3\text{N gas ciudad}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3\text{N CO}_2}{1 \text{ m}^3\text{N CO}} = 0,150 \frac{\text{m}^3\text{N CO}_2}{\text{m}^3\text{N gas ciudad}}$$

$$\frac{15 \text{ m}^3\text{N CH}_4}{100 \text{ m}^3\text{N gas ciudad}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3\text{N CO}_2}{1 \text{ m}^3\text{N CH}_4} = 0,150 \frac{\text{m}^3\text{N CO}_2}{\text{m}^3\text{N gas ciudad}}$$

$$T \quad \frac{5 \text{ m}^3\text{N C}_2\text{H}_4}{100 \text{ m}^3\text{N gas ciudad}} \cdot \frac{2 \text{ m}^3\text{N CO}_2}{1 \text{ m}^3\text{N C}_2\text{H}_4} = 0,100 \frac{\text{m}^3\text{N CO}_2}{\text{m}^3\text{N gas ciudad}}$$

$$\text{Cálculo V} \quad \frac{5 \text{ m}^3\text{N CO}_2}{100 \text{ m}^3\text{N gas ciudad}} = 0,050 \frac{\text{m}^3\text{N CO}_2}{\text{m}^3\text{N gas ciudad}} \quad (\text{gas ciudad})$$

$$\frac{5 \text{ m}^3\text{N N}_2}{100 \text{ m}^3\text{N gas ciudad}} = 0,050 \frac{\text{m}^3\text{N N}_2}{\text{m}^3\text{N gas ciudad}} \quad (\text{gas ciudad})$$

$$3,809 \frac{\text{m}^3\text{N aire}}{\text{m}^3\text{N gas ciudad}} \cdot \frac{79 \text{ m}^3\text{N N}_2}{100 \text{ m}^3\text{N aire}} = 3,073 \frac{\text{m}^3\text{N aire}}{\text{m}^3\text{N gas ciudad}} \quad (\text{aire})$$

$$V_f \text{ (secos)} = 0,150 + 0,150 + 0,100 + 0,050 + 0,050 + 3,073 = 3,573 \frac{\text{m}^3\text{N gases combustión}}{\text{m}^3\text{N C}_3\text{H}_8}$$

# PROBLEMAS NUMÉRICOS DE COMBUSTIÓN

## PROBLEMA 1.5. SOLUCIÓN (I)

Al tratarse de un combustible gaseoso se tomará como referencia para el cálculo **100 m<sup>3</sup>N de gas combustible**. Las reacciones de combustión teórica son:

Composición	% volumen	Reacción combustión
CH <sub>4</sub>	60	$\text{CH}_4 + 2\text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$
CO	15	$\text{CO} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2$
CO <sub>2</sub>	10	-
N <sub>2</sub>	6	-
O <sub>2</sub>	5	Disponible para la combustión
SO <sub>2</sub>	4	-

# PROBLEMAS NUMÉRICOS DE COMBUSTIÓN

## PROBLEMA 1.5. SOLUCIÓN (II)

$$\frac{60 \text{ m}^3\text{N CH}_4}{100 \text{ m}^3\text{N combustible}} \cdot \frac{2 \text{ m}^3\text{N O}_2}{1 \text{ m}^3\text{N CH}_4} = 1,200 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N combustible}}$$

$$o \frac{15 \text{ m}^3\text{N CO}}{100 \text{ m}^3\text{N combustible}} \cdot \frac{1/2 \text{ m}^3\text{N O}_2}{1 \text{ m}^3\text{N CO}} = 0,075 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N combustible}}$$

**Cálculo A**  $\frac{5 \text{ m}^3\text{N O}_2}{100 \text{ m}^3\text{N combustible}} = 0,050 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N combustible}}$  **(resta)**

**(oxígeno teórico)**  $O_T = 1,200 + 0,075 - 0,050 = 1,225 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N combustible}}$

$$A_T = 1,225 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N combustible}} \cdot \frac{100 \text{ m}^3\text{N aire}}{21 \text{ m}^3\text{N O}_2} = 5,833 \frac{\text{m}^3\text{N aire}}{\text{m}^3\text{N combustible}}$$

$$A_o = n \cdot A_T \rightarrow A_o = 1,02 \cdot 5,833 \frac{\text{m}^3\text{N aire}}{\text{m}^3\text{N combustible}} = 5,950 \frac{\text{m}^3\text{N aire}}{\text{m}^3\text{N combustible}}$$

# PROBLEMAS NUMÉRICOS DE COMBUSTIÓN

## PROBLEMA 1.5. SOLUCIÓN (III)

$$\frac{60 \text{ m}^3\text{N CH}_4}{100 \text{ m}^3\text{N combustible}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3\text{N CO}_2}{1 \text{ m}^3\text{N CH}_4} = 0,600 \frac{\text{m}^3\text{N CO}_2}{\text{m}^3\text{N combustible}}$$

$$0 \frac{15 \text{ m}^3\text{N CO}}{100 \text{ m}^3\text{N combustible}} \cdot \frac{1 \text{ m}^3\text{N CO}_2}{1 \text{ m}^3\text{N CO}} = 0,150 \frac{\text{m}^3\text{N CO}_2}{\text{m}^3\text{N combustible}}$$

$$\frac{10 \text{ m}^3\text{N CO}_2}{100 \text{ m}^3\text{N combustible}} = 0,100 \frac{\text{m}^3\text{N CO}_2}{\text{m}^3\text{N combustible}} \quad (\text{gas combustible})$$

**Cálculo V**  $\frac{4 \text{ m}^3\text{N SO}_2}{100 \text{ m}^3\text{N combustible}} = 0,040 \frac{\text{m}^3\text{N SO}_2}{\text{m}^3\text{N combustible}} \quad (\text{gas combustible})$

$$\frac{6 \text{ m}^3\text{N N}_2}{100 \text{ m}^3\text{N combustible}} = 0,060 \frac{\text{m}^3\text{N N}_2}{\text{m}^3\text{N combustible}} \quad (\text{gas combustible})$$

$$5,950 \frac{\text{m}^3\text{N aire}}{\text{m}^3\text{N combustible}} \cdot \frac{79 \text{ m}^3\text{N N}_2}{100 \text{ m}^3\text{N aire}} = 4,700 \frac{\text{m}^3\text{N aire}}{\text{m}^3\text{N combustible}} \quad (\text{aire})$$

$$\frac{21 \text{ m}^3\text{N O}_2}{100 \text{ m}^3\text{N aire}} \cdot (1,02 - 1) \cdot \frac{5,833 \text{ m}^3\text{N aire}}{\text{m}^3\text{N combustible}} = 0,025 \frac{\text{m}^3\text{N O}_2}{\text{m}^3\text{N combustible}} \quad (\text{O}_2 \text{ del exceso de aire})$$



# PROBLEMAS NUMÉRICOS DE COMBUSTIÓN

## PROBLEMA 1.5. SOLUCIÓN (IV)

$$V(\text{ secos}) = 0,600 + 0,150 + 0,100 + 0,040 + 0,060 + 4,700 + 0,025 =$$

$$= 5,675 \frac{\text{m}^3\text{N gases combustión}}{\text{m}^3\text{N combustible}}$$

$$\% \text{CO}_2 = \frac{(0,600 + 0,150 + 0,100) \text{ m}^3\text{N CO}_2 / \text{m}^3\text{N combustible}}{5,675 \text{ m}^3\text{N gases combustión} / \text{m}^3\text{N combustible}} \cdot 100 = 14,98\%$$

$$\% \text{SO}_2 = \frac{0,040 \text{ m}^3\text{N SO}_2 / \text{m}^3\text{N combustible}}{5,675 \text{ m}^3\text{N gases combustión} / \text{m}^3\text{N combustible}} \cdot 100 = 0,70\%$$

$$\% \text{N}_2 = \frac{(4,706 + 0,060) \text{ m}^3\text{N N}_2 / \text{m}^3\text{N combustible}}{5,675 \text{ m}^3\text{N gases combustión} / \text{m}^3\text{N combustible}} \cdot 100 = 83,88\%$$

$$\% \text{O}_2 = \frac{0,025 \text{ m}^3\text{N O}_2 / \text{m}^3\text{N combustible}}{5,675 \text{ m}^3\text{N gases combustión} / \text{m}^3\text{N combustible}} \cdot 100 = 0,44\%$$