

# **63.01 / 83.01 Química**

---

Departamento de Química

## **Termoquímica II**

Autora: María Andrea Ureña



## ***Contenido de esta presentación:***

- Reacción de combustión.
- Poder calorífico de un combustible
- Mezclas de combustibles.
- Calor útil y calor de pérdidas

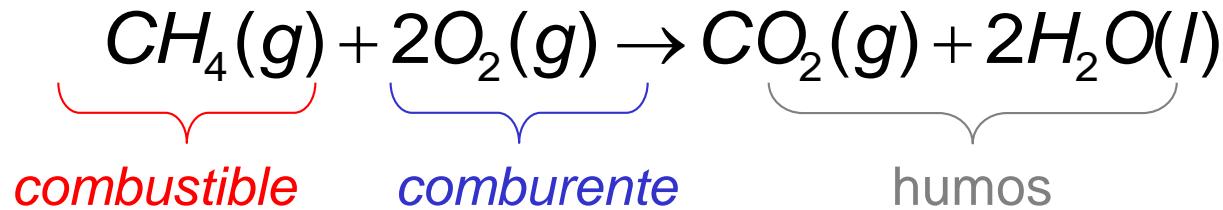


## Combustión

La reacción de combustión es una reacción química exotérmica de una sustancia (o una mezcla de ellas) denominada **combustible**, con el **oxígeno**.

La combustión puede llevarse a cabo directamente con el oxígeno o con una mezcla de sustancias que contengan oxígeno. Esta mezcla de sustancias que contiene oxígeno se denomina **comburente**. El aire es el comburente más usual.

A los productos de una reacción de combustión se los denomina, en forma genérica, humos.



Comburente: aire 21% v/v O<sub>2</sub>, 79% v/v N<sub>2</sub>  
23% m/m O<sub>2</sub>, 77% m/m N<sub>2</sub>

El N<sub>2</sub> pasa directamente a los humos porque no reacciona

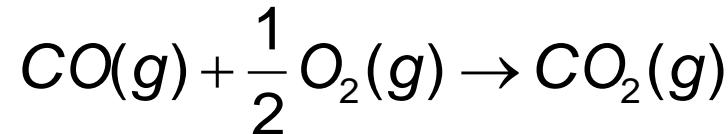


## Combustión completa    $CH_4(g) + 2O_2(g) \rightarrow CO_2(g) + 2H_2O(l)$

En la **combustión completa** las sustancias combustibles se queman hasta el máximo grado posible de oxidación. De un hidrocarburo que solo contiene C, H y O se obtiene CO<sub>2</sub>(g) y H<sub>2</sub>O(l).

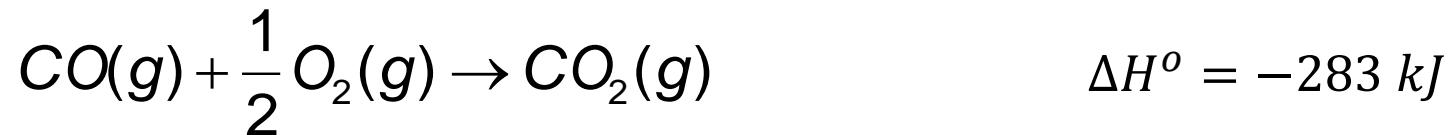
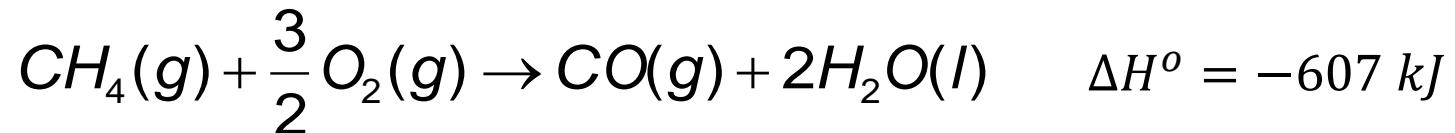
## Combustión incompleta    $CH_4(g) + \frac{3}{2}O_2(g) \rightarrow CO(g) + 2H_2O(l)$

En la **combustión incompleta** el combustible no se oxida completamente, se forman sustancias que todavía pueden seguir oxidándose; por ejemplo, CO. El CO(g) puede reaccionar con el oxígeno para dar CO<sub>2</sub>(g) y así la combustión sea completa

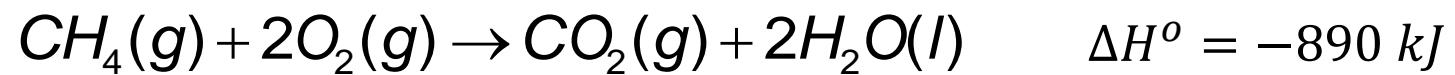


# Combustión

Combustión incompleta



Combustión completa



## PODER CALORÍFICO

El poder calorífico de un combustible es la cantidad de energía desprendida en la reacción de combustión completa, referida a la unidad de volumen, capacidad o masa de combustible dependiendo del tipo de combustible.

Volumen medida a  
CNPT

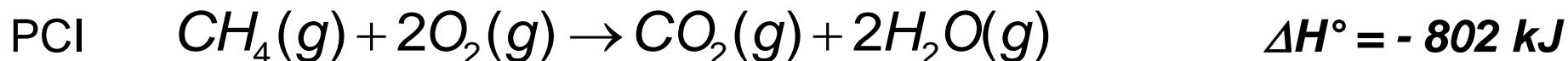
➤ GAS	kcal / Nm <sup>3</sup>	volumen (normal T=273K, P=1atm)
➤ LÍQUIDO	kcal / litro	capacidad
➤ SÓLIDO	kcal / kg	masa

## PODER CALORIFICO SUPERIOR E INFERIOR

**Poder calorífico inferior (PCI)**, se denomina así al poder calorífico cuando el agua resultante de la combustión se supone en estado de vapor con los demás productos de la combustión.

**Poder calorífico superior (PCS)**, se denomina así al poder calorífico cuando el agua resultante de la combustión se supone líquida (condensada) en los productos de combustión.

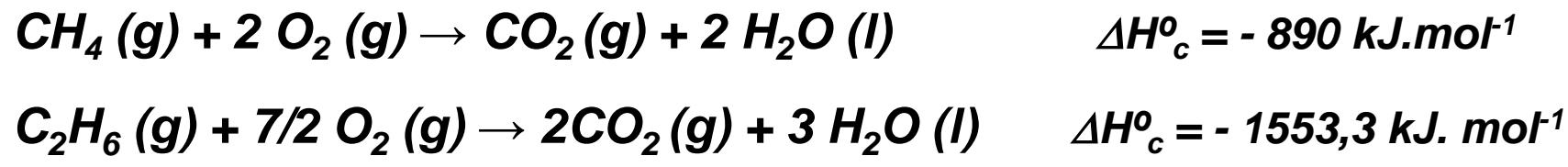
Por tanto la diferencia entre PCS y PCI es igual por definición al calor de condensación del vapor de agua resultante de la combustión del combustible.



## MEZCLAS DE COMBUSTIBLES

En general los combustibles son mezclas de sustancias combustibles. El gas natural es mezcla de metano y etano, las naftas (mezclas de hidrocarburos). Cuando tengo que calcular el calor proporcionado por una mezcla, debo considerar el calor de combustión de cada combustible por separado teniendo en cuenta los moles de cada uno que reaccionan.

**No se pueden sumar las ecuaciones termoquímicas directamente, tengo que tener en cuenta la proporción de cada combustible y el calor que aporta.**



Balance de materia  $n_{\text{totales}} = n_{\text{CH}_4} + n_{\text{C}_2\text{H}_6}$

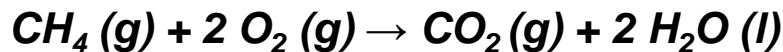
Balance de energía  $Q_{\text{total}} = n_{\text{CH}_4} \Delta H_c^{\circ} \text{C}_{\text{CH}_4} + n_{\text{C}_2\text{H}_6} \Delta H_c^{\circ} \text{C}_{\text{C}_2\text{H}_6}$

## Ejemplo:

Determinar le poder calorífico superior de 1Nm<sup>3</sup> de gas natural (82%v/v metano, 18%v/v etano) sabiendo que a 298K las entalpías estándar de combustión son:

$$\Delta H_c^\circ(\text{CH}_4, \text{g}) = -890 \text{ KJ.mol}^{-1} \text{ y } \Delta H_c^\circ(\text{C}_2\text{H}_6, \text{g}) = -1553,3 \text{ KJ.mol}^{-1}$$

Escribo las ecuaciones termoquímicas de los combustibles:



por mol de combustible  
no por mol de reacción

$$\Delta H_c^\circ = -890 \text{ kJ.mol}^{-1}$$



Como el combustible es gaseoso puedo considerar al Gas Natural (GN) como a un gas ideal calcular los moles totales de gas natural a partir del volumen dado:

1 Nm<sup>3</sup> son 1000 litros medidos a 1 atm y 273K

$$n_{GN} = \frac{PV}{RT} = \frac{1\text{atm.}1000\text{l}}{\frac{0,082\text{latm}}{\text{Kmol}} \cdot 273\text{K}} = 44,67 \text{ moles}$$



Balance de materia  $n_{GN} = n_{CH_4} + n_{C_2H_6}$

Entonces como %v/v para un gas ideal es igual que %moles, puedo calcular los moles de cada componente:

$$n_{CH_4} = 0,82n_{GN} = 36,63 \text{ moles} \quad n_{C_2H_6} = 0,18 n_{GN} = 8,04 \text{ moles}$$

Balance de energía  $Q_{total} = n_{CH_4} \Delta H^0 c_{CH_4} + n_{C_2H_6} \Delta H^0 c_{C_2H_6}$

$$Q_{total} = 36,63 \text{ moles.} (-890 \text{ KJ.mol}^{-1}) + 8,04 \text{ moles.} (-1553,3 \text{ KJ.mol}^{-1}) =$$

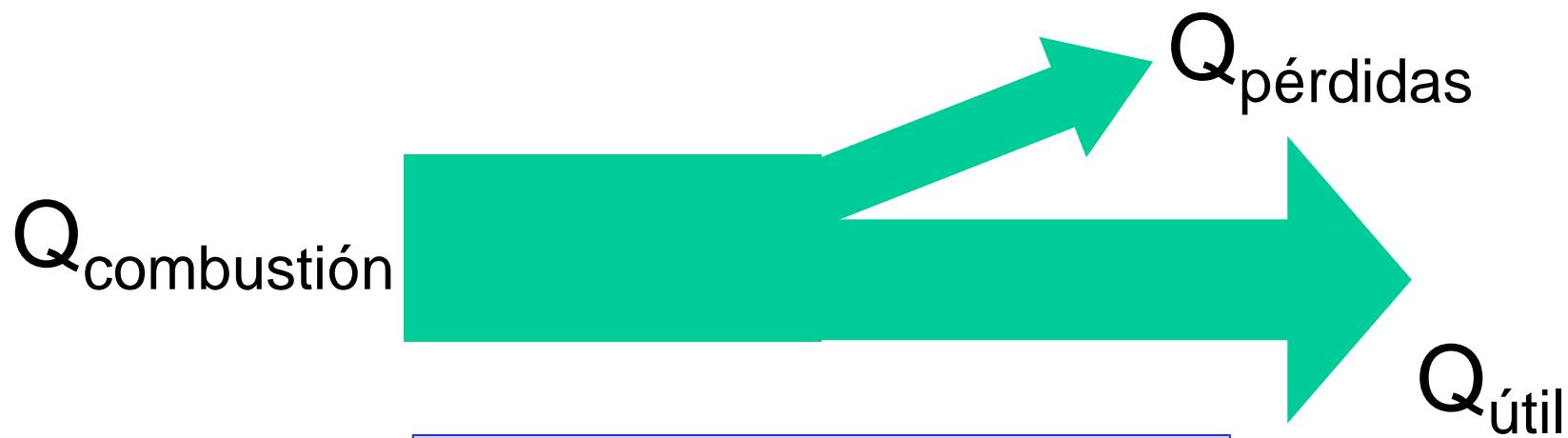
$$Q_{total} = -45089,23 \text{ KJ}$$

El poder calorífico superior PCS del gas natural será 45089,23 KJ/Nm<sup>3</sup>

Esto quedó la regla de 3 simple



## ***Calor útil y del rendimiento de una reacción de combustión***



$$Q_{\text{combustión}} = Q_{\text{útil}} + Q_{\text{pérdidas}}$$

Rendimiento

$$\eta \% = Q_{\text{útil}} / Q_{\text{combustión}} * 100$$

