

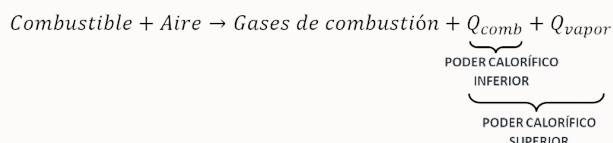
Nomenclatura

PCI [kcal/kg _{comb}]	Poder calorífico inferior
PCS [kcal/kg _{comb}]	Poder calorífico superior
H, S, C, O	% del elemento en peso por kilogramo de combustible (cant. centesimal)
H ₂ O	% de humedad en el combustible
G	Peso
m	Masa
C	Calor latente
c _p	Calor específico

UNIDAD 2

COMBUSTIBLES PARA GENERADORES DE CALOR

Poder calorífico



Relación entre los poderes caloríficos

$$PCI = PCS - Q_{\text{vapor}} = PCS - 579G$$

$$PCI = PCS - 579(9H + H_2O)$$

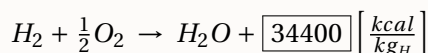
Q_{vapor} Calor de condensación del vapor de agua

G % en peso del agua formada por la combustión más la humedad del combustible.

579 Calor de condensación del agua a 0°C.

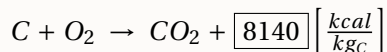
HIDRÓGENO

Reacción química de la combustión completa del hidrógeno

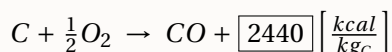


CARBONO

Reacción química de la combustión completa del carbono

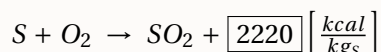


Reacción química de la combustión incompleta del carbono



AZUFRE

Reacción química de la combustión para el azufre.



Método analítico

FÓRMULA DE DULONG

PC de un combustible seco

$$PCS = PCI = 8140C + 34400 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2220S$$

PCI de un combustible húmedo

$$PCI = 8140C + 34400 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2220S - 600H_2O$$

FÓRMULA DE HUTTE

PCS de un combustible húmedo

$$PCI = 8100C + 29000 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2500S - 600H_2O$$

FÓRMULA DE LA ASOCIACIÓN DE INGENIEROS ALEMANES

PCI de un combustible húmedo

$$PCI = 8080C + 29000 \left(H - \frac{O}{8} \right) + 2500S - 600H_2O$$

$\frac{O}{8}$ % de H_2 en peso combinado con el O_2 del combustible dando *agua de combinación*

$H - \frac{O}{8}$ % de *hidrógeno disponible* en peso que se oxida con el aire (O_2) para dar *agua de formación*

Método práctico

CALORÍMETRO DE MAHLER Y KROEKER

Supone que el calor Q generado dentro de la bomba calorimétrica es absorbido por los elementos que la rodean:

- Agua contenida
- Agitador
- Termómetro
- Bomba
- Recipiente

Y dicho calor es cedido por la combustión y el alambre:

$$\begin{aligned} Q &= Q_{combustible} + Q_{alambre} \\ &= (m_w c_{p_w} + E_{aparato}) \Delta t \\ PCS &= \frac{Q_{comb}}{G_{comb}} \end{aligned}$$

$$PCS = \frac{(m_w c_{p_w} + E_{aparato}) \Delta t - m_{alam} C_{alam}}{G_{comb}}$$

$$PCI = PCS - 600 \frac{G_w}{G_{comb}}$$

G_w Peso total de agua existente
= *papel húmedo* – *papel seco*

G_{comb} Peso de combustible quemado

Aire mínimo para una combustión perfecta

$$G_{t \text{ aire}} = 11,6g_c + 34,78g_{hd} + 4,35g_s [Kg_{aire}/Kg_{comb.}] \quad (1)$$

$$V_{t \text{ aire}} = 8,89g_c + 26,27g_{hd} + 3,34g_s [m^3_{aire}/Kg_{comb.}] \quad (2)$$

Donde

$$g_{hd} = g_h - \frac{g_{o_2}}{2}$$

g_c composición gravimétrica carbono

g_h composición gravimétrica hidrógeno

g_{o_2} composición gravimétrica oxígeno

g_s composición gravimétrica azufre

-

En la práctica es necesario trabajar con un exceso de aire para que asegurar la combustión perfecta:

$$V_{R \text{ aire}} = (1 + e) V_{t \text{ aire}} [m^3_{aire}/Kg_{comb.}] \quad (3)$$

Gases de combustión

$$g_h = (3,67g_c + 9g_{hd} + 2g_s) + 3,35(2,67g_c + 8g_{hd} + g_s) + g_w [Kg_{humo}/Kg_{comb}] \quad (4)$$

$$V_h = 1,897g_c + 11,2g_{hd} + 0,7g_s + 3,76(1,867g_c + 5,6g_{hd} + 0,7g_s) + 1,24g_w [m^2_{humo}/Kg_{comb}] \quad (5)$$

Exceso de aire

g_h (kg de gases húmedos/ kg de combustible)
 e (coeficiente de exceso de aire)
 g'_S (kg gases secos / kg carbono)
 g''_S (kg gases secos / kmol combustible)
 μ (masa molecular) (kg/kmol)
 G_{AT} (kg de aire teórico / kg de combustible)
 g_S (kg gases secos/ kg de combustible)
 g_C (kg de carbono / kg de combustible)
 g'_C (kg carbono / kmol combustible)
 g_w (kg de aire teórico/ kg combustible)
 r composición volumetrica

$$g_h = 1 + e G_{AT}$$

$$e = \frac{g_h - 1}{G_{AT}}$$

$$g_h = g_s + g_w$$

$$g_s = g'_S g_C$$

$$g'_S = \frac{G''_S}{g'_C}$$

$$g_i = \mu_i r_i$$

$$g''_S = \sum_{i=1}^n \mu_i r_i$$

$$g'_C = \sum_{i=1}^n \mu_C r_{iC}$$

$$g'_S = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i r_i}{\sum_{i=1}^n \mu_C r_{iC}}$$

$$g_h = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i r_i}{\sum_{i=1}^n \mu_C r_{iC}} g_C + g_w$$

$$g_w = 9 g_{he}$$

$$G_{AT} = 11,6 g_C + 37,38 g_{hd} + 4,35 g_s$$

para mi aca gs es del azufre, no gases secos/comb.

Yo copié las formulas, pero los analisis dimensionales no dan en algunos...

Característica de una caldera

G_r cantidad vapor producido
 R_e relacion estequio... 9,7 para gas natural
 λ exceso de aire $\frac{21}{21 - O_2}$
 v velocidad gas

$A_2 y B$ parametros dependen gas/caldera?

P_{ab} va en MCA

P_C en combustible sin quemar es la potencia calorifica del carbono, 8140 kcal/kg

%C es Carbono sin quemar, en las cenizas

PERDIDAS

gases comb $Q = G_g c_p \text{ humo} (t_{gas} - t_{aire})$

humedad comb $Q = G_{h_2o} \Delta h_{agua}$

comb sin quemar $Q = \frac{G_{escoria}}{G_{combustible}} P_C \%C$

hw comb comb $Q = 9 G_{humedad} \Delta h_{agua}$

exceso aire $Q = G_{aire} c_p \text{ humo} (t_{gas} - t_{aire})$

Capacidad $Q = G_r \Delta h$

Potencia (HP) $P = \frac{G_v (\Delta h)}{543,4(kcal/kg) \cdot 15,66(kg)}$
 $= \frac{G_v (\Delta h)}{8510(kcal/hp \cdot h)}$

Aire combustion $A_c = G_c R_e \lambda$

Ejercicio dimensionamiento?

Diametro tubo gas $D = \sqrt{\frac{365,35 G_c}{v P_{ab}}} \quad (v < 40 m/s)$

Presión abs gas $P_{ab} = P_{atm} + P_{carga} + P_{contra}$

Perdida gases $pg = (T_{gas} - T_{amb}) \left(\frac{A_2}{21 - O_2} + B \right)$

Rendimiento $\eta = 100 - pg$

Calor quemador $Q = \frac{G_v (\Delta H)}{\eta_{caldera} n_{quemadores}}$

Intercambiador (superficies de intercambio)

S superficie de intercambio
 n número de tubos
 l longitud tubos
 d diametro tubos
 K coef total de transmisión de calor
 α coeficientes peliculares (humo/vapor/agua)

$$S = n l \pi d \quad Q = S K \Delta T_m$$

$$\Delta T_m = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2} \right)} \quad K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

e espesor tubo

ΔT_m diferencia log de temp

λ conductividad térmica tubo