

TAREA 1 DE MÁQUINAS TÉRMICAS

VERGARA PAREJA GUSTAVO

BERNARDO J. LUJÁN E.

MÁQUINAS TÉRMICAS - G2IM

UNIVERSIDAD DE CÓRDOBA

6 DE DICIEMBRE DE 2024

Índice

1. Estequiometría y exceso de aire

Los reactivos dados en porcentaje molar fueron los siguientes:

Anexo: Tabla de Composiciones Químicas Asignadas

Estudiante	CO (%)	CO ₂ (%)	H ₂ (%)	CH ₄ (%)	NH ₃ (%)
N° 26	37.84	19.03	22.72	14.95	5.46

Figura 1: Composición del combustible

Para este cálculo desarrollamos un balance de los reactivos y los productos.

$$n_{CO} = 37,84 \times 10^{-2} \text{ [kmol]} \quad (1)$$

$$n_{CO_2} = 19,03 \times 10^{-2} \text{ [kmol]} \quad (2)$$

$$n_{H_2} = 22,72 \times 10^{-2} \text{ [kmol]} \quad (3)$$

$$n_{CH_4} = 14,95 \times 10^{-2} \text{ [kmol]} \quad (4)$$

$$n_{NH_3} = 5,46 \times 10^{-2} \text{ [kmol]} \quad (5)$$

$$x = n_{CO} + n_{CO_2} + n_{CH_4} \quad (6)$$

$$2 \cdot y = 2 \cdot n_{H_2} + (4) \cdot (n_{CH_4}) + (3) \cdot n_{NH_3} \quad (7)$$

$$z = 2 \cdot 3,76 \cdot a_s + n_{NH_3} \quad (8)$$

Para encontrar el aire teórico balanceamos el Oxígeno

$$n_{CO} + 2 \cdot n_{CO_2} + a_s \cdot 2 = 2 \cdot x + y \quad (9)$$

Así la ecuación balanceada queda:

$$0,3784 \cdot CO + 0,1903 \cdot CO_2 + 0,2272 \cdot H_2 + 0,1495 \cdot CH_4 + 0,0546 \cdot NH_3 + 0,6428 \cdot (O_2 + 3,76 \cdot N_2) \rightarrow 0,7182 \cdot CO_2 + 0,6081 \cdot H_2O + 4,88808 \cdot N_2 \quad (10)$$

1.a Stoichiometric Air - Complete Comb

$$a_s = 0,6428 \text{ [kmol]}$$

Para calcular los productos de combustión con un exceso de aire, añadimos un factor ϕ que incrementará en un 20 % el aire teórico.

$$\phi = 1,2 \quad (11)$$

$$x_e = n_{CO} + n_{CO_2} + n_{CH_4} \quad (12)$$

$$2 \cdot y_e = (2) \cdot n_{H_2} + (4) \cdot n_{CH_4} + (3) \cdot n_{NH_3} \quad (13)$$

$$2 \cdot z_e = 2 \cdot 3,76 \cdot \phi \cdot a_s + 1 \cdot n_{NH_3} \quad (14)$$

Para encontrar el Oxígeno en los productos balanceamos el oxígeno

$$n_{CO} + 2 \cdot n_{CO_2} + a_s \cdot \phi \cdot 2 = 2 \cdot x_e + y_e + 2 \cdot w \quad (15)$$

$$n_{product20} = x_e + y_e + z_e + w \quad (16)$$

$$n_{CO2p} = x_e \quad (17)$$

$$n_{H_2O} = y_e \quad (18)$$

$$n_{N_2p} = z_e \quad (19)$$

$$n_{O2p} = w \quad (20)$$

1.b Combustion Products with Excess Air

$$CO_2 = 0,718200 \text{ [kmol]}$$

$$H_2O = 0,608100 \text{ [kmol]}$$

$$N_2 = 2,927388 \text{ [kmol]}$$

$$O_2 = 0,128550 \text{ [kmol]}$$

2. Temperatura de flama adiabática y calor de combustión (Qmax)

Para calcular la flama adiabática a condiciones estándar, y con un exceso de aire del 20 %. Consideramos que no hay transferencia de calor, por lo tanto, $Q=0$. Con los datos del inciso anterior, tenemos:

$$n_{O2r} = \phi \cdot a_s \cdot 1 \quad (21)$$

$$n_{N2r} = \phi \cdot a_s \cdot 3,76 \quad (22)$$

$$T_1 = \text{ConvertTemp}(C, K, 25) \quad (23)$$

$$P_1 = 1 \text{ [atm]} \cdot \left| 101,325 \frac{\text{kPa}}{\text{atm}} \right| \quad (24)$$

$$P_2 = P_1 \quad (25)$$

$$Q_T = W_{vc} + \sum_e (n\bar{h}_e)_P - \sum_i (n\bar{h}_i)_R \quad (26)$$

$$Q_T = 0 \quad (27)$$

$$\begin{aligned} Q_T = & n_{CO2p} \cdot h(CO2, T = T2) + n_{H2O} \cdot h(H2O, T = T2) + n_{N2p} \cdot h(N2, T = T2) + n_{O2p} \cdot h(O2, T = T2) \\ & - [n_{CO} \cdot h(CO, T = T1) + n_{CO2} \cdot h(CO2, T = T1) + n_{H2} \cdot h(H2, T = T1) + n_{CH4} \cdot h(CH4, T = T1) \\ & + n_{NH3} \cdot h(NH3, T = T1) + n_{O2r} \cdot h(O2, T = T1) + n_{N2r} \cdot h(N2, T = T1)] \end{aligned}$$

2.a Adiabatic Flame Temperature

$$T2 = 2092,746437107 \text{ [K]}$$

Para calcular el calor de combustión máximo, suponemos que entra y sale a condiciones estándar:

$$T_2 = T_1 \quad (28)$$

$$\begin{aligned} Q_{max} = & n_{CO_{2p}} \cdot h(CO_2, T = T_2) + n_{H_2O} \cdot h(H_2O, T = T_2) + n_{N_{2p}} \cdot h(N_2, T = T_2) + n_{O_{2p}} \cdot h(O_2, T = T_2) \\ & - [n_{CO} \cdot h(CO, T = T_1) + n_{CO_2} \cdot h(CO_2, T = T_1) + n_{H_2} \cdot h(H_2, T = T_1) + n_{CH_4} \cdot h(CH_4, T = T_1) \\ & + n_{NH_3} \cdot h(NH_3, T = T_1) + n_{O_{2r}} \cdot h(O_2, T = T_1) + n_{N_{2r}} \cdot h(N_2, T = T_1)] \end{aligned} \quad (29)$$

2.b Heat Combustion Max - Standard Conditions

$$Q_{max} = -299283 \text{ [kJ]} \text{ Heat Combustion Max}$$

3. Poder calorífico y temperatura del punto de rocío

Para calcular el poder calorífico superior e inferior del combustible asignado, entonces:

$$M_{CO} = 28,013 \text{ [kg/kmol]} \quad (30)$$

$$M_{CO2} = (44,01) \text{ [kg/kmol]} \quad (31)$$

$$M_{H2} = (2,016) \text{ [kg/kmol]} \quad (32)$$

$$M_{CH4} = (16,043) \text{ [kg/kmol]} \quad (33)$$

$$M_{NH3} = (17,03) \text{ [kg/kmol]} \quad (34)$$

$$M_{Air} = 39 \text{ [kg/kmol]} \quad (35)$$

$$M_{H2O} = 18,02 \text{ [kg/kmol]} \quad (36)$$

$$M_{total} = M_{CO} + M_{CO2} + M_{H2} + M_{CH4} + M_{NH3} \quad (37)$$

$$h_c = abs(Q_{max}) \quad (38)$$

$$HHV = h_c / M_{total} \quad (39)$$

$$y_{H2O} = n_{H2O} / n_{product} \quad (40)$$

$$LHV = HHV - y_{H_2O} \cdot \frac{h_{\text{vaporization}}(\text{Water}, P = P_1)}{M_{H_2O}} \quad (41)$$

3.a HHV and LHV - Complete Comb

$$HHV = 2794 \text{ [kJ/kg]}$$

$$LHV = 2573 \text{ [kJ/kg]}$$

Para determinar la temperatura de rocío, recalculamos la masa molar de los productos, cuando hay exceso de aire al 10 %

$$\phi_2 = 1,1 \quad (42)$$

$$x_{e2} = n_{CO} + n_{CO_2} + n_{CH_4} \quad (43)$$

$$2 \cdot y_{e2} = (2) \cdot n_{H_2} + (4) \cdot n_{CH_4} + (3) \cdot n_{NH_3} \quad (44)$$

$$2 \cdot z_{e2} = 2 \cdot 3,76 \cdot \phi_2 \cdot a_s + 1 \cdot n_{NH_3} \quad (45)$$

Para encontrar el exceso de Oxígeno balanceamos el Oxígeno

$$n_{CO} + 2 \cdot n_{CO_2} + a_s \cdot \phi_2 \cdot 2 = 2 \cdot x_{e2} + y_{e2} + 2 \cdot w_{22} \quad (46)$$

$$n_{\text{product}10} = x_{e2} + y_{e2} + z_{e2} + w_{22} \quad (47)$$

$$y_{H_2O_2} = n_{H_2O} / n_{\text{product}10} \quad (48)$$

$$P_{H_2O} = y_{H_2O_2} \cdot P_1 \quad (49)$$

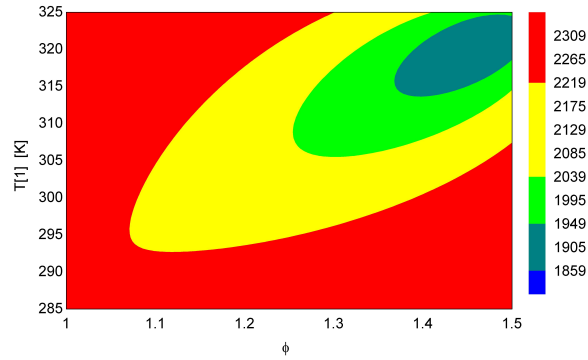
$$T_r = T(\text{Water}, P = P_{H_2O}, x = 0) \quad (50)$$

3.b Dew Point - Excess Air 10 %

$$T_r = 327,3 \text{ [K]} \{54,14 \text{ [C]}\}$$

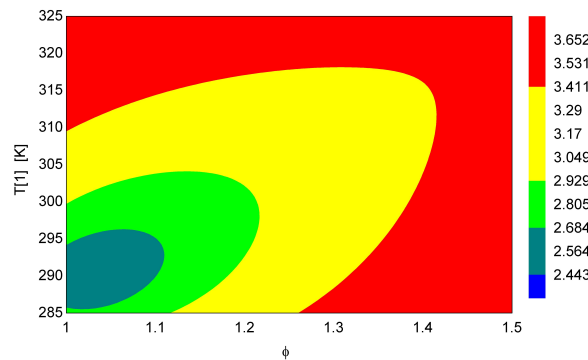
4. Conclusiones

Plot Window 1: ExcessAir vs T[1] vs FlameT



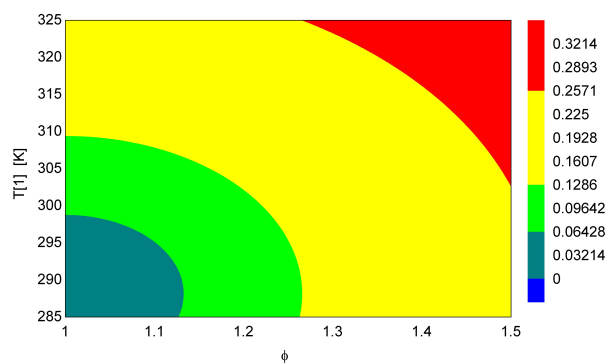
En la gráfica anterior podemos observar que, a medida que aumenta el exceso de aire, la temperatura de la flama adiabática disminuye. Se aumenta la cantidad de oxígeno disponible, pero también se incrementa la cantidad de nitrógeno y otros gases que no reaccionan en la combustión, por lo que la energía liberada de la combustión deberá distribuirse en un mayor volumen de gases. Por otro lado, la temperatura de la flama adiabática aumenta con la temperatura inicial del aire. Esto se debe a que una mayor temperatura inicial del aire aumenta la energía disponible para la combustión, lo que resulta en una temperatura de flama adiabática más alta.

Plot Window 2: ExcessAir vs T[1] vs Product N₂



En la gráfica anterior podemos observar que, a medida que aumenta el exceso de aire, la concentración de nitrógeno en los productos de combustión aumenta. Esto se debe a que el exceso de aire aumenta la cantidad de nitrógeno en los reactivos y por lo tanto en los productos de combustión.

Plot Window 3: ExcessAir vs T[1] vs Product O₂



En la gráfica anterior podemos observar que, análogamente al nitrógeno a medida que aumenta el exceso de aire la concentración de oxígeno en los productos de combustión aumenta. Esto se debe a que el exceso de aire aumenta la cantidad de oxígeno en los reactivos y por lo tanto en los productos de combustión.