

# CÁLCULO APROXIMADO DE LA ENTALPIA DEL AIRE DISOCIADO PARA TEMPERATURAS 4500-6000 R

**Roberto Fajardo**  
Departamento de Física,  
UNAH

## RESUMEN

En este modelo se utiliza un gas ideal disociado para el cálculo aproximado de la entalpia para temperaturas de 4500-6000 R tomando en cuenta la composición del aire.

## SUMMARY

This model makes use an ideal dissociated gas to make approximate calculations of enthalpy for 4500-6000 r temperatures, air composition duly considered.

## DESARROLLO

**A** continuación usamos un modelo similar al de un gas ideal disociado donde se cumple que el calor específico por molécula es igual al doble del calor específico por átomo. Para calcular el grado de disociación del aire, utilizamos la composición siguiente:

$N_2$	0.7809
$(O_2, O)$	0.2095
Ar	0.0093

Calculamos la entalpia del aire disociado entre 4500 R y 6000R.

$n_1$  = número de moles de la molécula

$n_3$  = número de moles de los átomos

$P_d$  = presión de moles de los átomos

$T_d$  = temperatura característica de la disociación

$\alpha$  = grado de disociación



$$\frac{\alpha^2}{1 - \alpha^2} = \frac{P_d}{P} \exp\left(-\frac{T_d}{T}\right)$$

$$\text{donde } \alpha = \frac{n_2}{n_2 + 2n_1}$$

para el oxígeno:

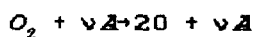
$$P_d = 2.3 \times 10^7 \text{ atm.}$$

$$\text{Fracc. molar } O_2 = \frac{1 - \alpha}{1 + \alpha}$$

$$T_d = 59000K$$

$$\text{Fracc. molar } O = \frac{2\alpha}{1 + \alpha}$$

Tomando en cuenta el gas que no reacciona:



Ley de acción de masas:

$$\frac{X_O^2}{X_{O_2}} \left(\frac{P}{P_0}\right) = K(T)$$

El número total de moles es:

$$n = 1 - \alpha + 2\alpha + \nu = 1 + \alpha + \nu$$

Las fracciones molares son:

$$X_{O_2} = \frac{1 - \alpha}{1 + \alpha + \nu}$$

$$X_O = \frac{2\alpha}{1 + \alpha + \nu}$$

$$\frac{X_O^2}{X_{O_2}} = \frac{4\alpha^2}{(1 + \alpha + \nu)^2} \cdot \frac{1 - \alpha}{(1 - \alpha + \nu)}$$

$$K(T) = K_0 \exp\left(-\frac{T}{T_d}\right)$$

Finalmente obtenemos:

$$\frac{\alpha^2}{1 - \alpha^2 + (1 - \alpha)\nu} = \frac{P_d}{P} \exp\left(-\frac{T_d}{T}\right)$$

$$\text{donde } P_d = \frac{K_0 P_0}{4}$$

Si  $\nu=0$  obtenemos la expresión anterior para un gas disociado en ausencia de gas inerte.

Los valores de nuestro interés son:

$$P = 4 \text{ atm}$$

$$T = 2750 \text{ K (4950 R)}$$

$$\nu = 3.766 \text{ moles}$$

$$\alpha = 0.109614$$

$$X_{O_2} = \frac{1 - \alpha}{1 + \alpha + \nu} = 0.1826$$

$$X_0 = \frac{2\alpha}{1 + \alpha + \nu} = 0.04496$$

$$X_A = \frac{\nu}{1 + \alpha + \nu} = 0.7724$$

$$M = \sum X_i M_i = 28.81$$

$$S = \sum X_i s_i = 63.087 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} - \text{mol} \cdot \text{R}}$$

$$\alpha = 4950 \text{ R}$$

$$Pr = \exp\left(-\frac{S}{R}\right) = 6.130 \times 10^{-13}$$

$$R = 1.98718 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} - \text{mol} \cdot \text{R}}$$

PARA P=4 ATM \*

T(R)		FRACCIÓN MOLAR O2	FRACCIÓN MOLAR O
4500	0.0180	0.965	0.035
4600	0.0283	0.945	0.055
4800	0.0441	0.915	0.084
5040	0.0627	0.882	0.118
5220	0.0932	0.829	0.170
5400	0.1254	0.777	0.223

\* Cálculos del autor

ENTALPIAS (  $\frac{\text{Btu}}{\text{lb} - \text{mol}}$  ) \*\*

T(R)	N2	O2	O	Ar
4500	31980.1	33719.3	127042.0	19689.6
4600	32836.3	34651.7	127540.5	20186.4
4700	33713.8	35586.9	128039.2	20683.2
4800	34592.6	36524.9	128538.1	21180.0
4900	35472.7	37465.7	129037.2	21676.8
4950	35912.9	37937.5	129286.85	21925.2
5000	36353.1	38409.3	129536.5	22173.6

\*\*Extrapolación de fundamentos de Turbinas de Gas, W.W. Bathie,

CÁLCULO DE LA ENTALPIA DEL AIRE DISOCIADO A 4950 R \*\*\*

	Xi Fracción Molar	Mi	Xi Mi	h( Btu ) lb-mol	Xi hi
N2	0.7809	280.134	21.876	35912.90	28044.38
O2	0.1881	319.988	60.190	37937.50	7136.04
O	0.0211	159.994	0.337	129286.85	2727.95
Ar	0.0093	39.948	0.372	21925.20	203.90
					38112.28
					Btu/lb-mol

$$X_{N_2} = 0.7633$$

$$X_{O_2} = 0.1826 \quad h = \sum X_i h_i = 40351.96 \frac{\text{Btu}}{\text{lb} - \text{mol}} \quad \alpha = 4950 \text{ R}$$

$$X_O = 0.04496$$

$$X_{Ar} = 0.0091$$

ENTROPIA (  $\frac{\text{Btu}}{\text{lb-mol}}$  ) †

T(R)	N2	O2	O	Ar
4500	62.155	66.252	49.184	47.546
4600	62.348	66.457	49.293	47.655
4700	62.537	66.658	49.399	47.761
4800	62.722	66.855	49.502	47.864
4900	62.903	67.048	49.602	47.964
4950	63.091	67.142	49.651	48.012
5000	63.080	67.237	49.699	48.061

† Bthie W.W. Fundamentos de Turbinas de Gas, Limusa

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha utilizado un procedimiento simplificado, fácil de usar en una calculadora programable o un programa complejo donde se requiera solo estimar los valores numéricos y simplicidad para obtener las características cualitativas de un fenómeno en fluidos. Podrá utilizarse para estimar condiciones en cámaras de combustión a alta temperatura en régimen permanente y la temperatura del punto de remanso hasta  $M = 12$  (número de MACH).

## BIBLIOGRAFÍA

1. Blake L. K.  
Approximate Transport Calculations for High-Temperature Air.  
Vol. 8, No. 9, 1970.  
AIAA Journal.
2. M.J. Lighthill  
Dynamics of Dissociating Gas.  
J. Fluid Mech. 2, 1-32  
1957.
3. Becker E.  
Gas Dynamics  
Academic Press, 1968.