

**Problema 1.**-Un ciclo de aire estándar con calores específicos constantes opera en un sistema cerrado y se compone de los siguientes cuatro procesos:

1-2 Adición de calor a volumen constante de 14.1 psia y 80 °F a la cantidad de 300 Btu/lbm

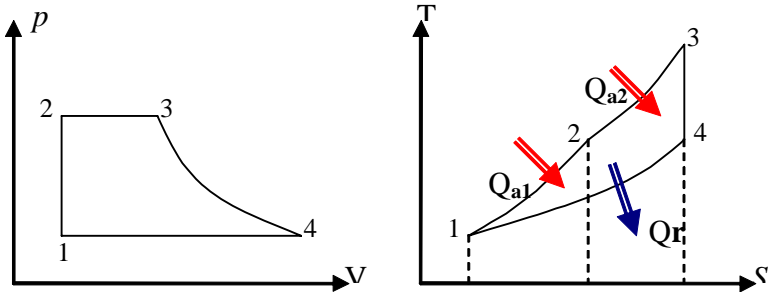
2-3 Adición de calor a presión constante hasta 3200 R

3-4 Expansión isentrópica hasta 14.1 psia

4-1 Rechazo de calor a presión constante hasta el estado inicial.

**a) Muestre el ciclo en diagramas T-s y p-v; y b) Determine la eficiencia térmica del ciclo.**

$$\begin{aligned}
 p_1 &:= 14.1 \text{ psi} & R &:= 53.3 \text{ pie} \cdot \frac{\text{lb}_f}{\text{lbm}} \cdot \text{R} \\
 T_1 &:= 540 \text{ R} \\
 q_{a1} &:= 300 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}} & c_p &:= 0.240 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm} \cdot \text{R}} \\
 T_3 &:= 3200 \text{ R} & k &:= 1.4 \\
 p_4 &:= p_1
 \end{aligned}$$



A partir de la definición de eficiencia térmica de un ciclo termodinámico de gas se puede escribir la siguiente ecuación:

$$\eta := \frac{w_{\text{neto}}}{q_{\text{añadido}}}$$

donde el calor añadido, se obtiene a partir del diagrama T-s:

$$q_{\text{añadido}} := q_{a1} + q_{a2}$$

Calculo del calor qa2:

$$q_{a2} := c_p \cdot (T_3 - T_2)$$

La temperatura T2, se puede calcular a partir el calor añadido qa1:

$$T_2 := T_1 + \frac{q_{a1}}{\frac{c_p}{k}} \quad T_2 = 2290 \text{ R}$$

$$q_{a2} := c_p \cdot (T_3 - T_2) \quad q_{a2} = 218.4 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}}$$

$$q_{\text{añadido}} := q_{a1} + q_{a2} \quad q_{\text{añadido}} = 518.4 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}}$$

El trabajo neto se puede calcular a partir de;

$$w_{\text{neto}} := q_{\text{añadido}} - q_{\text{rechazado}}$$

$$p_2 := p_1 \cdot \frac{T_2}{T_1} \quad p_2 = 59.794 \text{ psi}$$

como p2=p3 y p1=p4, entonces:

$$r_p := \frac{p_2}{p_1} \quad r_p = 4.241$$

y como el proceso de expansión (trabajo) es isentropico:

$$T_4 := \frac{T_3}{\frac{k-1}{k} r_p} \quad T_4 = 2118$$

finalmente:

$$q_{\text{rechazado}} := c_p \cdot (T_4 - T_1) \quad q_{\text{rechazado}} = 378.66 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}}$$

$$w_{\text{neto}} := q_{\text{añadido}} - q_{\text{rechazado}} \quad w_{\text{neto}} = 139.733 \frac{\text{Btu}}{\text{lbm}}$$

$$\eta := \left( \frac{w_{\text{neto}}}{q_{\text{añadido}}} \right) \quad \eta = 27 \%$$

**Problema 2.-** Un motor diesel de 6 cilindros, ciclo de dos tiempos y 40.64x50.80 cm, desarrolla 1.063 Mw a 267 rpm al usar 4.94 kg/min de un combustible con poder calorífico inferior de 42571 kJ/kg. La *pme* indicada es 562 kPa. **Determine la eficiencia mecánica del motor ( $\eta_m$ ).**

$$n := 267 \quad L := 0.4064 \quad D := 0.5080 \quad mc := 4.94 \quad q_i := 42571 \quad p_{mi} := 562 \quad Pe := 106 \text{ kw}$$

Cálculo del volumen desplazado:

$$V_d := \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot L \cdot n \cdot 1 \cdot \frac{6}{60} \quad V_d = 2.199 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Calculo del calor añadido:

$$Q_a := q_i \cdot \frac{mc}{60} \quad Q_a = 3.51 \times 10^3 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

Trabajo indicado:

$$W_i := p_{mi} \cdot V_d \quad W_i = 1.236 \times \frac{\text{kJ}}{\text{s}}$$

eficiencia indicada:

$$\eta_i := \frac{W_i}{Q_a} \quad \eta_i = 0.353$$

eficiencia efectiva:

$$\eta_e := \frac{Pe}{Q_a} \quad \eta_e = 0.303$$

eficiencia mecánica:

$$\eta_m := \frac{\eta_e}{\eta_i} \quad \eta_m = 86.003 \%$$

También de manera más directa:

$$\eta_m := \frac{Pe}{W_i} \quad \eta_m = 86.003 \%$$

Problema3.- Un ciclo de aire estándar Diesel opera a las mismas condiciones de entrada, la misma cantidad de calor añadida y a la misma presión máxima durante el ciclo, que un ciclo de aire estándar de Otto. Demuestre mediante razonamientos lógico-matemáticos que el primer ciclo tiene mayor eficiencia térmica que el segundo. Complemente la solución con diagramas T-s y p-v superpuestos.

### RESOLUCION

Como el proceso de compresión es isentrópico en ambos ciclos y teniendo en cuenta que las condiciones termodinámicas de entrada son las mismas, se tiene:

Ciclo Otto

$$pV^k = C_1$$

Las constantes se calculan a partir de las condiciones e entrada:

$$p_1V_1^k = C_1$$

Ciclo Diesel

$$pV^k = C_2$$

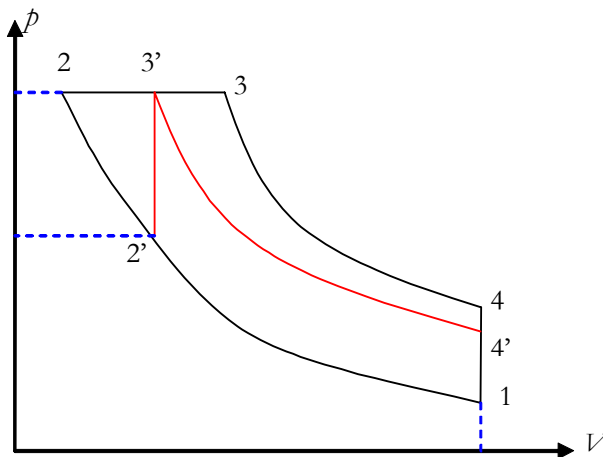
$$p_1V_1^k = C_2$$

de donde:

$$C_1 = C_2$$

Consecuentemente la curva de compresión es la misma en los dos ciclos.

Ahora teniendo en cuenta que la presión máxima del ciclo es igual en ambos ciclos, podemos dibujar las curvas pV, para los dos ciclos:



En este diagrama se puede ver que el área 1-2-3-4 (ciclo Diesel) será siempre mayor que el área 1-2'-3'-4' (ciclo Otto), es decir que:

$$W_{\text{neto-Diesel}} \geq W_{\text{neto-Otto}}$$

A partir de la definición de rendimiento térmico de un ciclo termodinámico, se puede escribir:

$$W_{\text{neto}} = \eta Q_{\text{añadido}}$$

$$\eta_{\text{Diesel}} \cdot Q_{\text{añadido-Diesel}} = \eta_{\text{Otto}} \cdot Q_{\text{añadido-Otto}}$$

finalmente recordando que el calor añadido es el mismo en ambos ciclos, se tiene:

$$\eta_{\text{Diesel}} = \eta_{\text{Otto}} \quad \text{l.q.q.d.}$$