

CICLOS DE LAS MÁQUINAS TÉRMICAS

Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

1

UNIDAD 10: CICLOS DE MOTORES DE GAS

10.A. Definición de Máquina Térmica: combustión interna y externa. Ciclo ideal y real. Ciclos reversibles de Carnot.

10.B. Ciclo Otto. Descripción. Relación de compresión. Rendimiento. Diagrama rendimiento en función de la relación de compresión. Calor específico constante y variable.

10.C. Ciclo Diesel. Descripción. Relación de compresión y de inyección. Rendimiento, Diagrama rendimiento en función de las relaciones de compresión e inyección. Comparación con el ciclo Otto. Ciclo Semidiesel: Descripción.

10.D. Rendimiento comparativo: Otto, Diesel y Semi-Diesel. Motor ideal y real: diferencias. Ciclo indicado. Potencia indicada. Análisis de un ciclo indicado. Potencia indicada y efectiva. Rendimiento mecánico.

Termodinamica

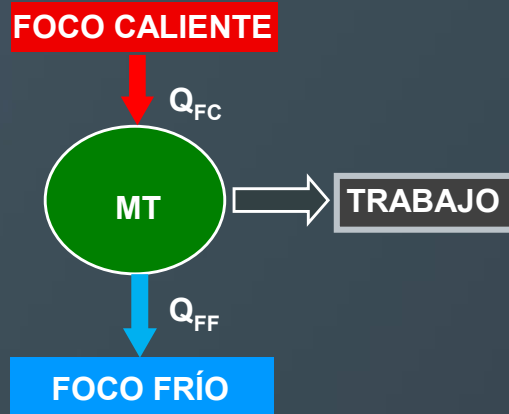
2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

2

CICLOS DE LAS MÁQUINAS TÉRMICAS

SEGUNDA LEY DE LA TERMODINÁMICA



Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

3

DEFINICIÓN MÁQUINA TÉRMICA

FUNCIONAMIENTO: CONTÍNUO

FLUIDO: SISTEMA TERMODINÁMICO
SUSTANCIA DE TRABAJO

FUENTE CALIENTE: CEDE CALOR

TRABAJO: PARTE DEL CALOR RECIBIDO

FUENTE FRÍA: RECIBE EL CALOR NO TRANSFORMADO

Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

4

MÁQUINAS TÉRMICAS

Un gas o mezcla de gases contenidos en un cilindro experimentan un ciclo, obligando a un pistón a realizar movimientos alternativos que se transmiten a un eje en forma de rotación.

El gas durante el ciclo modifica sus propiedades: P , T y V .

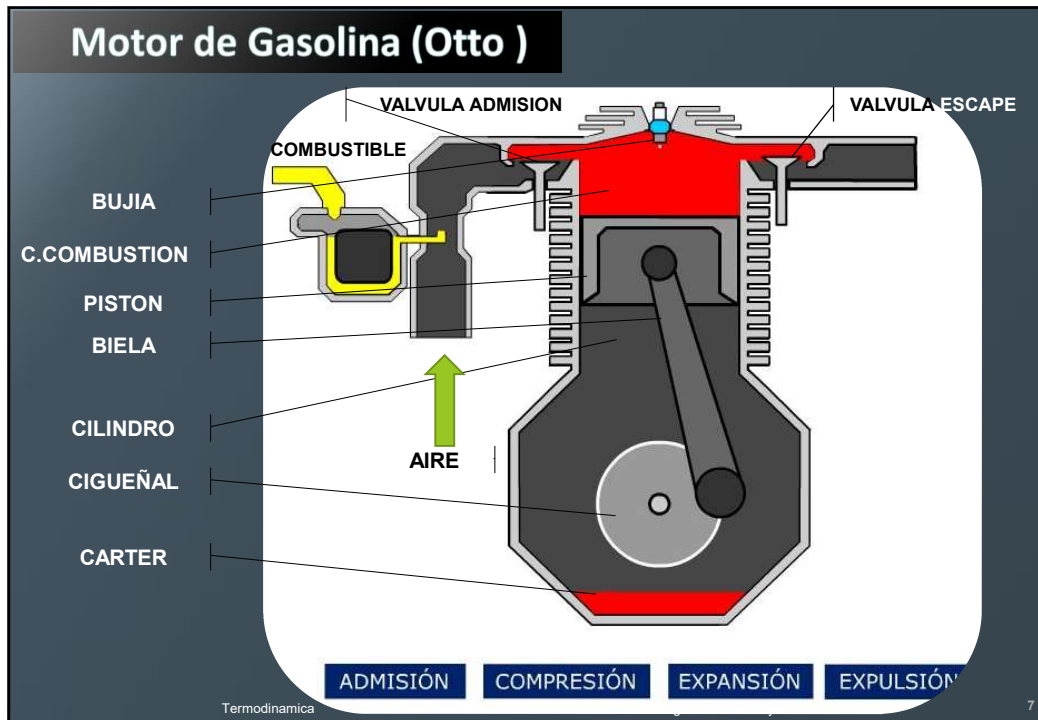
Los motores pueden ser:

- **Combustión Interna:** combustión en el propio cilindro
- **Combustión Externa:** caldera exterior produce el calentamiento del agua.

MÁQUINAS TÉRMICAS

Motor de combustión interna

- Ciclo Otto (explosión)
- Ciclo Diesel (combustión)



Motor de Gasolina (Otto)

Un motor de 4 tiempos, el ciclo requiere 6 procesos:

4 carreras del pistón:

- ❖ Admisión
- ❖ compresión
- ❖ expansión
- ❖ escape

2 procesos instantáneos

- ❖ Explosión o combustión
- ❖ Escape de los gases

The four diagrams show the piston's position and valve status for the four strokes of the Otto cycle: ADMISIÓN (intake), COMPRESIÓN (compression), COMBUSTIÓN (combustion), and ESCAPE (exhaust). The intake valve is open during ADMISIÓN and ESCAPE, and the exhaust valve is open during ESCAPE. The combustion valve is open during COMBUSTIÓN.

Cada uno de los cuatro dibujos siguientes se corresponde con un tiempo del ciclo del motor de gasolina. Identifícalos y ORDENALOS

Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

Cada uno de los cuatro dibujos siguientes se corresponde con un tiempo del ciclo del motor de gasolina. Identifícalos y ORDENALOS

admisión

compresión

combustión

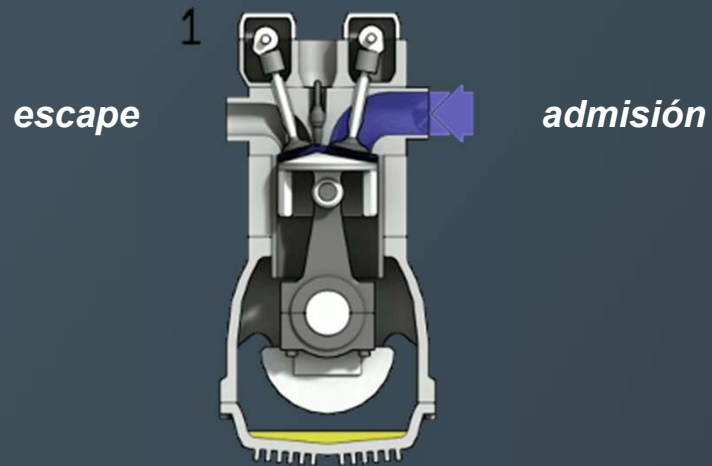
escape

Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

ESQUEMA DE UNA MAQUINA TÉRMICA



Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

CICLOS

REALES :**AIRE - COMBUSTIBLE****TEÓRICOS O IDEALES: AIRE**

Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

12

HIPÓTESIS PARA SU ESTUDIO TÉRMODINÁMICO

PROCESOS

- IDEALES
- INTERNAMENTE REVERSIBLES
- CALOR APORTADO DESDE UNA O MAS FUENTES EXT

FLUIDO DE TRABAJO

- AIRE (GAS IDEAL)

CALORES ESPECÍFICOS

- CONSTANTES CON TEMPERATURA
- CONDICIONES ESTANDAR

$P = 1 \text{ atm.}$

$T = 25 \text{ °C}$

Termodinamica

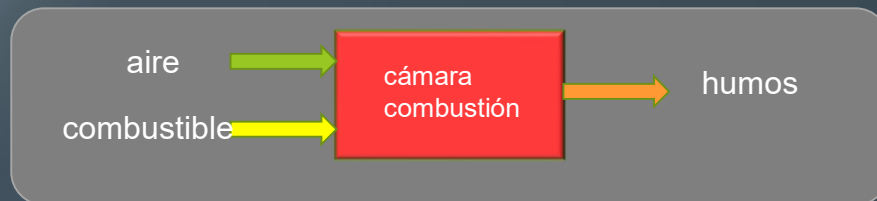
2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

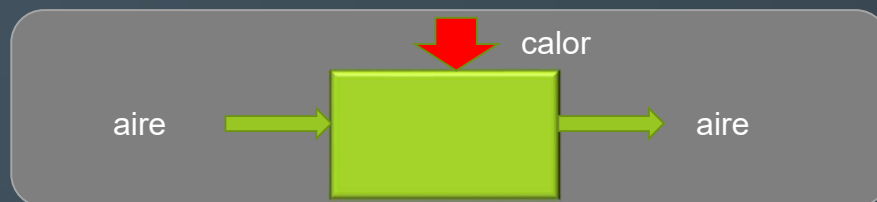
13

HIPÓTESIS PARA SU ESTUDIO TÉRMODINÁMICO

REAL



IDEAL



Termodinamica

2021

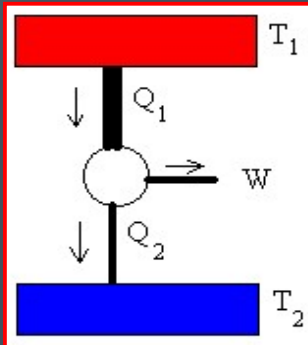
Fac Ingenieria - UNCuyo

14

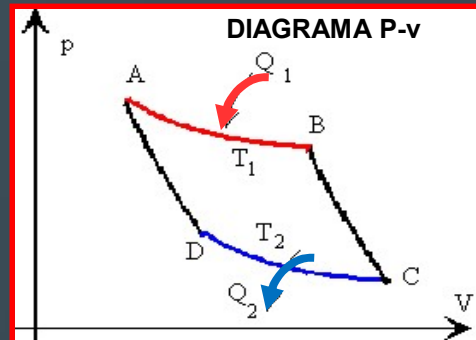
PRIMER CICLO PROPUESTO

CARNOT

Ciclo reversible para un gas permanente



$$\eta = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} < 100\%$$

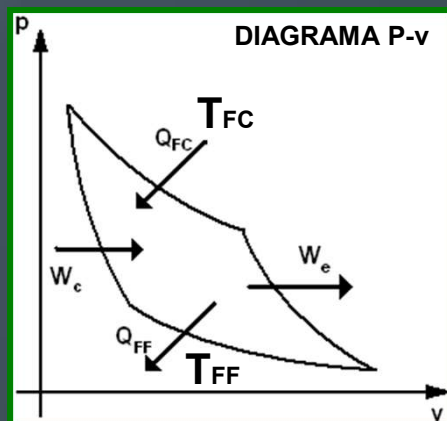


Termodinamica

2021

15

CARNOT



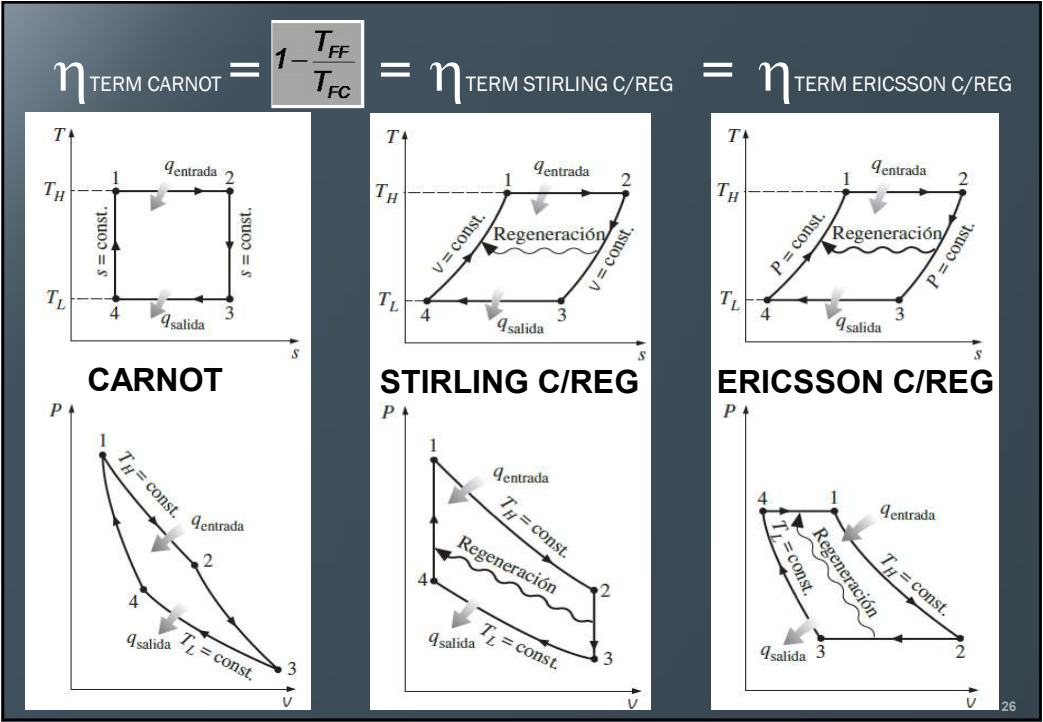
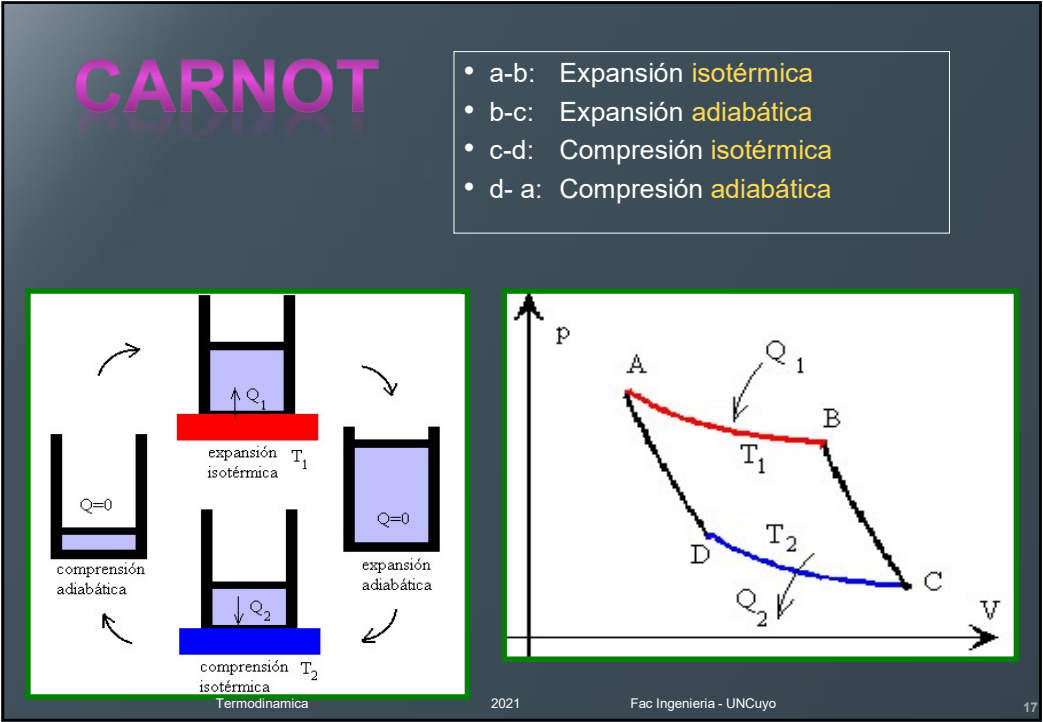
$$\eta = \frac{(T_{FC} - T_{FF})}{T_{FC}} = 1 - \frac{T_{FF}}{T_{FC}}$$

Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

16

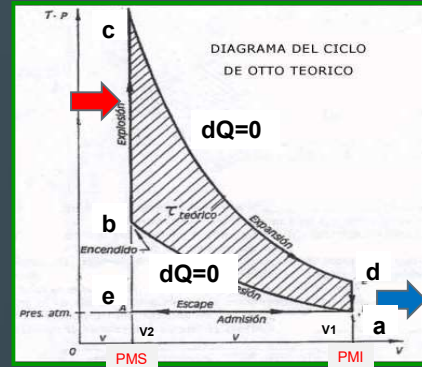


CICLO OTTO NORMAL DE AIRE

ciclo ideal o teórico: prescinde de efectos perturbadores (rozamiento, pérdidas de calor, etc.). Conformado por 2 transformaciones isocoras y 2 adiabáticas

Consideraciones:

- Sustancia: aire
- Gas ideal
- Calores específicos ctes.
- Transformaciones cuasi-estáticas
- Sin rozamientos



Termodinamica

2021

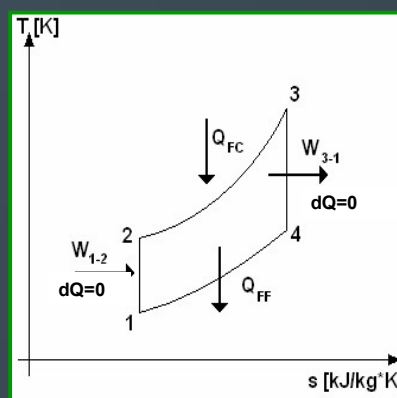
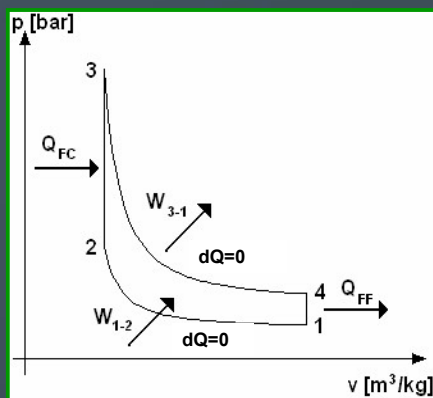
Fac Ingenieria - UNCuyo

28

CICLO OTTO NORMAL DE AIRE

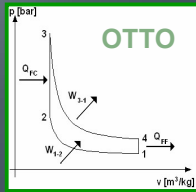
El aire se puede considerar que tiene calores específicos constantes para simplificar.

En ese caso se determinan a temperatura ambiente: "aire estándar frío"



29

APLICANDO AL CICLO LA PRIMERA LEY



O bien

$$\sum_{\text{ciclo}} Q_i = \sum_{\text{ciclo}} W_i$$

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

$$Q_{\text{FC}} - Q_{\text{FF}} = W_{\text{neto}}$$

Calor cedido por la Fuente Caliente: $Q_{\text{FC}} = m \cdot c_v \cdot (T_3 - T_2)$

Calor recibido por la Fuente Fría: $|Q_{\text{FF}}| = m \cdot c_v \cdot (T_4 - T_1)$

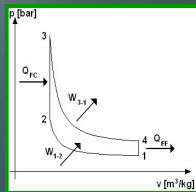
Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

30

LO IMPORTANTE DE UN CICLO ES SU EFICIENCIA



$$\eta = \frac{W_{\text{neto}}}{Q_{\text{FC}}}$$

$$\eta = \frac{Q_{\text{FC}} - Q_{\text{FF}}}{Q_{\text{FC}}} = 1 - \frac{Q_{\text{FF}}}{Q_{\text{FC}}}$$

$$\eta = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)}$$

esta expresión no tiene en cuenta el fluido de trabajo.

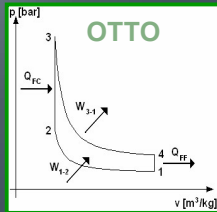
Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

31

RENDIMIENTO ES FUNCION DEL FLUIDO DE TRABAJO



$$\eta = 1 - \frac{T_1 \cdot \left(\frac{T_4}{T_1} - 1 \right)}{T_2 \cdot \left(\frac{T_3}{T_2} - 1 \right)}$$

- PROCESO (1 – 2) : COMPRESIÓN ISOENTRÓPICA

$$T_1 \cdot v_1^{k-1} = T_2 \cdot v_2^{k-1} \Rightarrow \frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1}$$

- PROCESO (3 – 4) : EXPANSIÓN ISOENTRÓPICA

$$T_3 \cdot v_3^{k-1} = T_4 \cdot v_4^{k-1} \Rightarrow \frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{v_4}{v_3} \right)^{k-1}$$

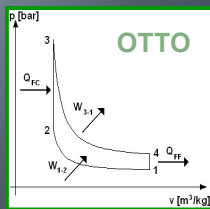
Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

32

RELACIÓN DE COMPRESIÓN



$$r_c = \frac{v_1}{v_2} = \frac{v_4}{v_3}$$

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{v_4}{v_3} \right)^{k-1} \Rightarrow \frac{T_3}{T_4} = \frac{T_2}{T_1} \Rightarrow \frac{T_3}{T_2} = \frac{T_4}{T_1}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{k-1}$$

$$\eta = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)}$$

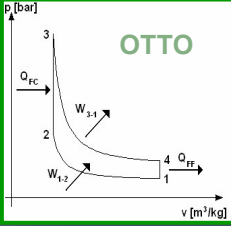
$$\eta = 1 - \frac{T_1 \cdot \left(\frac{T_4}{T_1} - 1 \right)}{T_2 \cdot \left(\frac{T_3}{T_2} - 1 \right)}$$

Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

33



OTTO

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2}$$

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2} \right)^{K-1} \quad r_c = \frac{v_1}{v_2} = \frac{v_4}{v_3}$$

$$\eta = 1 - \frac{1}{r_c^{K-1}}$$

RENDIMIENTO EN FUNCION DEL FLUIDO DE TRABAJO

Termodinamica
2021
Fac Ingenieria - UNCuyo

34

Calor específico variable con T

Cálculo de la variación de entropía para gases ideales:

$$s_2 - s_1 = \int_{T_1}^{T_2} c_p \frac{dT}{T} - R_u \ln \frac{P_2}{P_1} \quad KJ / kmol K$$

Existen tablas que permiten calcular la integral del $c_p(T)$ quedando:

$$s_2 - s_1 = (s_{20} - s_{10}) - R_u \ln \frac{P_2}{P_1} \quad KJ / kmol K$$

Presión relativa y volumen específico relativo

● procesos isentrópicos $s_2 = s_1$ $s_2 - s_1 = 0$

$$s_{20} = s_{10} + R_u \ln \frac{P_2}{P_1} \quad \frac{P_2}{P_1} = e^{\frac{s_{20} - s_{10}}{R_u}} = \frac{e^{(s_{20} / R_u)}}{e^{(s_{10} / R_u)}} = \frac{Pr_2}{Pr_1}$$

Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

35

Calor específico variable con T

Cálculo de la variación de entropía para gases ideales:

$$s_2 - s_1 = \int c_v dT + R_u \ln \frac{v_2}{v_1} \quad \text{KJ / kmol K}$$

Presión relativa y volumen específico relativo

- procesos isentrópicos $s_2 = s_1$

$$s_{20} = s_{10} + R_u \ln \frac{v_2}{v_1} \quad \frac{v_2}{v_1} = \frac{e^{(s_{20} / R_u)}}{e^{(s_{10} / R_u)}} = \frac{vr_2}{vr_1}$$

Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

36

Calor específico variable con T

Presión relativa y volumen específico relativo

- procesos isentrópicos

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{Pr_2}{Pr_1} \quad \frac{v_2}{v_1} = \frac{vr_2}{vr_1}$$

- Existen tablas de aire ideal en donde para cada T se dan valores de: s_0 - P_r - v_r

Termodinamica

Fac Ingenieria - UNCuyo

2021

37

YUNUS A. ÇENGEL - MICHAEL A. BOLES

Apellido - Tablas y Diagramas

TABLA A-17

Propiedades de gas ideal del aire

T	h	P _r	u	v _r	s°	T	h	P _r	u	v _r	s°
K	kJ/kg		kJ/kg		kJ/kg · K	K	kJ/kg		kJ/kg		kJ/kg · K
200	199.97	0.3363	142.56	1707.0	1.29559	580	586.04	14.38	419.55	115.7	2.37348
210	209.97	0.3987	149.69	1512.0	1.34444	590	596.52	15.31	427.15	110.6	2.39140
220	219.97	0.4690	156.82	1346.0	1.39105	600	607.02	16.28	434.78	105.8	2.40902
230	230.02	0.5477	164.00	1205.0	1.43557	610	617.53	17.30	442.42	101.2	2.42644
240	240.02	0.6355	171.13	1084.0	1.47824	620	628.07	18.36	450.09	96.92	2.44356
250	250.05	0.7329	178.28	979.0	1.51917	630	638.63	19.44	457.78	92.84	2.46048
260	260.09	0.8405	185.45	887.8	1.55848	640	649.22	20.64	465.50	88.99	2.47716
270	270.11	0.9590	192.60	808.0	1.59634	650	659.84	21.86	473.25	85.34	2.49364
280	280.13	1.0889	199.75	738.0	1.63279	660	670.47	23.13	481.01	81.89	2.50985
285	285.14	1.1584	203.33	706.1	1.65055	670	681.14	24.46	488.81	78.61	2.52589
290	290.16	1.2311	206.91	676.1	1.66802	680	691.82	25.85	496.62	75.50	2.54175
295	295.17	1.3068	210.49	647.9	1.68515	690	702.52	27.29	504.45	72.56	2.55731
298	298.18	1.3543	212.64	631.9	1.69528	700	713.27	28.80	512.33	69.76	2.57277
300	300.19	1.3860	214.07	621.2	1.70203	710	724.04	30.38	520.23	67.07	2.58810
305	305.22	1.4686	217.67	596.0	1.71865	720	734.82	32.02	528.14	64.53	2.60319
310	310.24	1.5546	221.25	572.3	1.73498	730	745.62	33.72	536.07	62.13	2.61803
315	315.27	1.6442	224.85	549.8	1.75106	740	756.44	35.50	544.02	59.82	2.63280
320	320.29	1.7375	228.42	528.6	1.76690	750	767.29	37.35	551.99	57.63	2.64737
325	325.31	1.8345	232.02	508.4	1.78249	760	778.18	39.27	560.01	55.54	2.66176
330	330.34	1.9352	235.61	489.4	1.79783	780	800.03	43.35	576.12	51.64	2.69013

38

LIMITACIONES EN LA RELACIÓN DE COMPRESIÓN PARA EL OTTO

FÍSICAS

RESISTENCIA DE LOS MATERIALES

QUÍMICAS

CALIDAD DEL COMBUSTIBLE

AUTOENCENDIDO

DETONANCIA

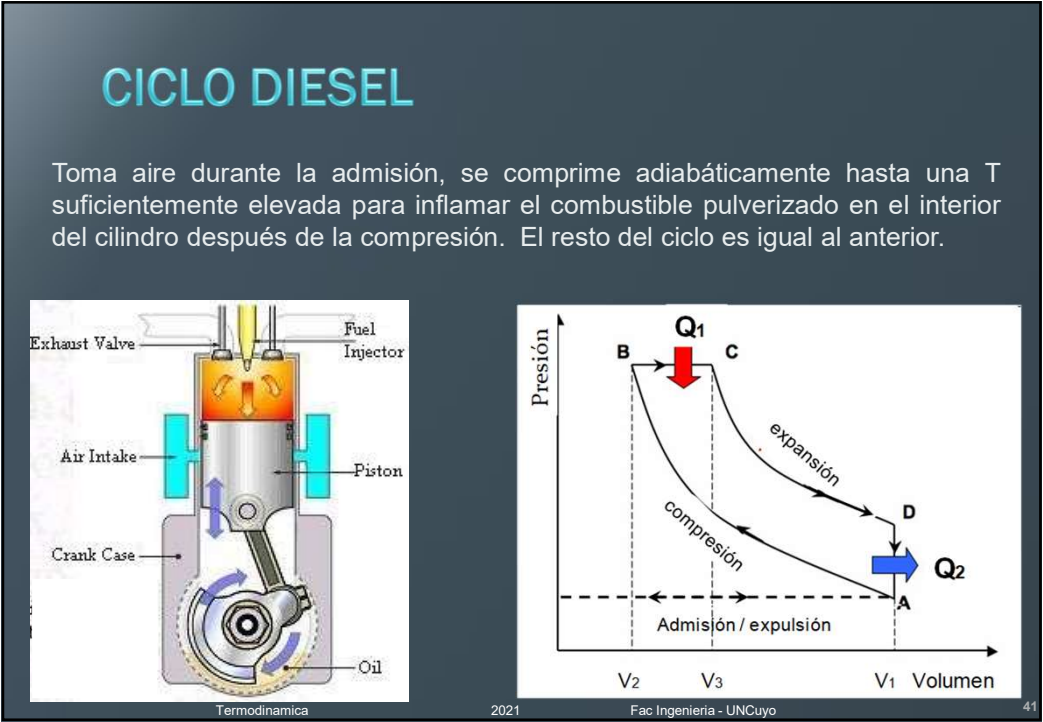
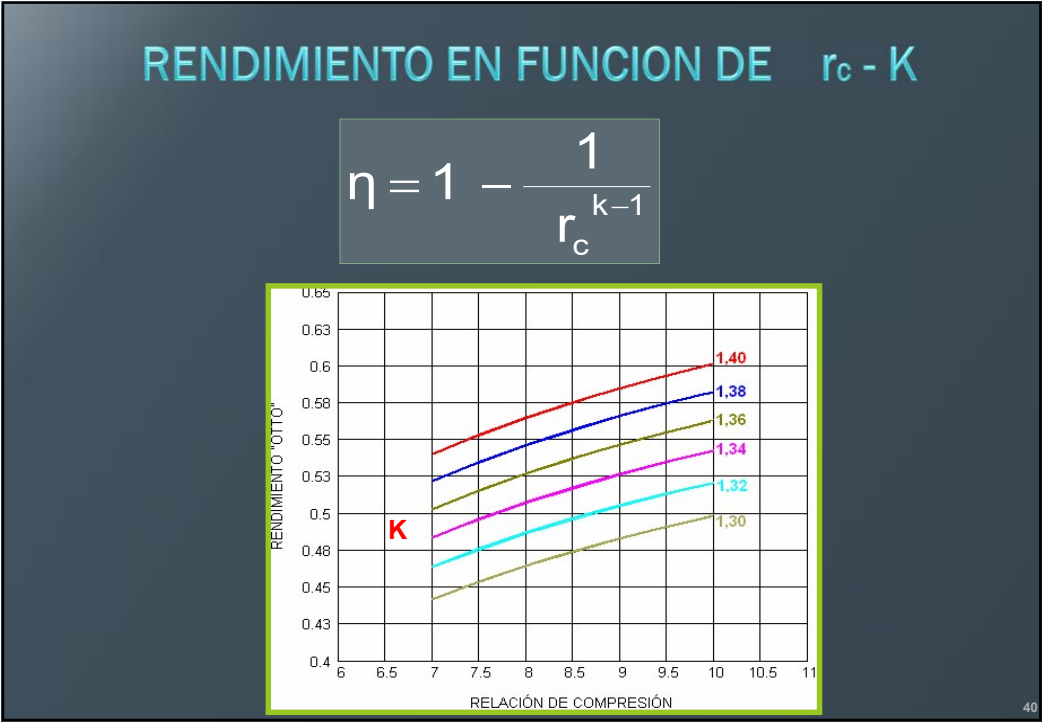
PARA COMBUSTIBLES DE USO NORMAL Y MATERIALES COMUNES (MOTORES DE GASOLINA - NAFTA), LA RELACIÓN DE COMPRESIÓN ESTA COMPRENDIDA ENTRE **7 y 10**

Termodinamica

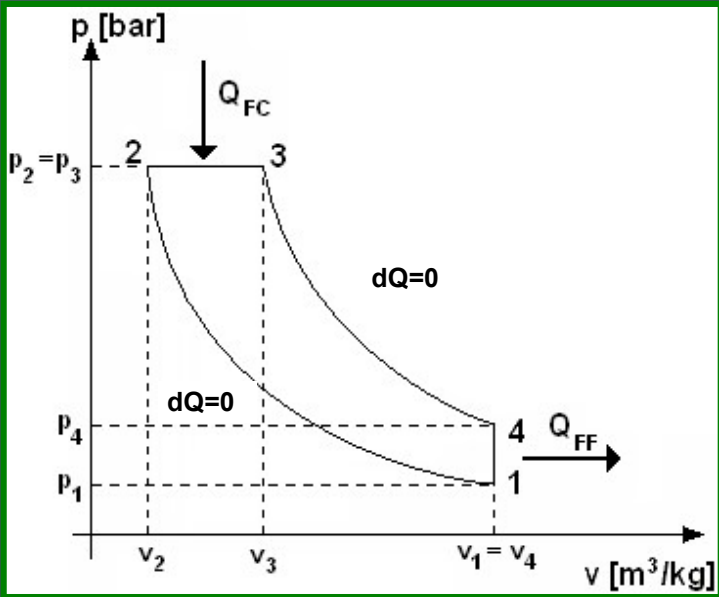
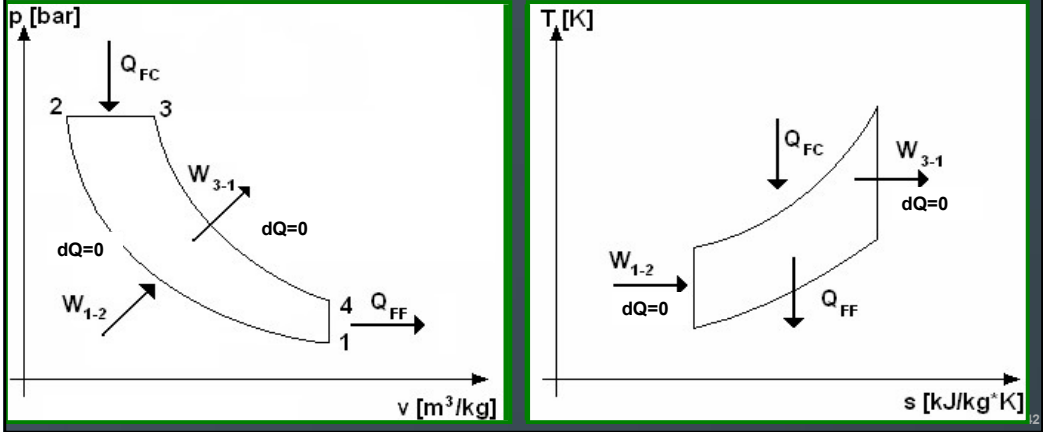
2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

39

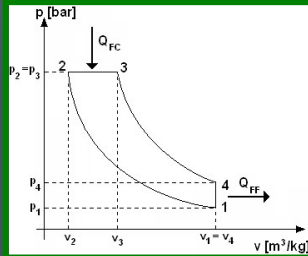


ESTUDIO DE UN CICLO DIESEL NORMAL DE AIRE



Calor cedido por la Fuente Caliente: $Q_{FC} = m c_P (T_3 - T_2)$

Calor recibido por la Fuente Fría: $|Q_{FF}| = m c_V (T_4 - T_1)$



$$\eta = \frac{W_{neto}}{Q_{FC}}$$

$$\eta = \frac{Q_{FC} - Q_{FF}}{Q_{FC}} = 1 - \frac{Q_{FF}}{Q_{FC}}$$

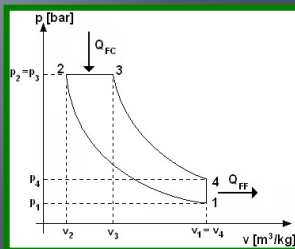
$$\eta = 1 - \frac{m c_V (T_4 - T_1)}{m c_P (T_3 - T_2)}$$

Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

44



RELACIÓN DE COMPRESIÓN

$$r_c = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_4}{V_3}$$

RELACIÓN DE INYECCIÓN

$$r_i = \frac{V_3}{V_2}$$

- PROCESO (1 – 2) : COMPRESIÓN ISOENTRÓPICA

$$T_1 \cdot V_1^{k-1} = T_2 \cdot V_2^{k-1} \Rightarrow T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} \Rightarrow T_2 = T_1 r_c^{k-1}$$

- PROCESO (3 – 4) : EXPANSIÓN ISOENTRÓPICA

$$T_3 \cdot V_3^{k-1} = T_4 \cdot V_4^{k-1} \Rightarrow T_4 = T_3 \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{k-1}$$

Termodinamica

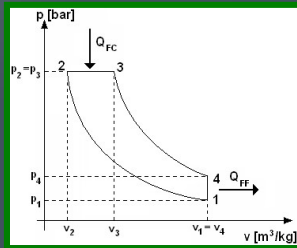
2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

45

ISÓBARA CON SUMINISTRO DE Q_{FC}

$$P_2 = P_3 \quad \frac{T_3}{T_2} = \left(\frac{v_3}{v_2} \right) \Rightarrow T_3 = T_2 \left(\frac{v_3}{v_2} \right) \Rightarrow \boxed{T_3 = T_2 r_i}$$



$$T_4 = T_3 \left(\frac{v_3}{v_4} \right)^{K-1} \Rightarrow \boxed{T_4 = T_2 r_i \left(\frac{v_3}{v_4} \right)^{K-1}}$$

$$\begin{aligned} v_3 &= r_i v_2 \\ v_4 &= r_c v_2 \end{aligned} \Rightarrow \boxed{T_4 = T_2 r_i \left(\frac{r_i}{r_c} \right)^{K-1}}$$

$$\boxed{T_4 = T_2 \left(\frac{r_i^K}{r_c^{K-1}} \right)}$$

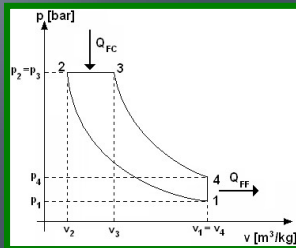
Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

46

$$\eta = 1 - \frac{m c_v (T_4 - T_1)}{m c_P (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{\frac{c_P}{c_v} (T_3 - T_2)} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{k (T_3 - T_2)}$$



$$T_2 = T_1 r_c^{K-1}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{r_c^{K-1}}$$

$$\eta = 1 - \frac{T_1 \left(\frac{T_4 - T_1}{T_1} \right)}{k T_2 \left(\frac{T_3 - T_2}{T_2} \right)}$$

$$T_3 = T_2 r_i$$

$$\frac{T_3}{T_2} = r_i$$

$$T_4 = T_2 \left(\frac{r_i^K}{r_c^{K-1}} \right) = T_1 r_c^{K-1} \left(\frac{r_i^K}{r_c^{K-1}} \right) \Rightarrow T_4 = T_1 r_i^K$$

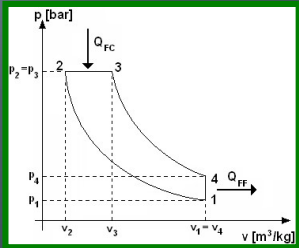
$$\boxed{\frac{T_4}{T_1} = r_i^K}$$

Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

RENDIMIENTO DE UN CICLO DIESEL



$$\eta = 1 - \frac{T_1 \left(\frac{T_4}{T_1} - 1 \right)}{k T_2 \left(\frac{T_3}{T_2} - 1 \right)}$$

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{1}{r_c^{K-1}}$$

$$\frac{T_3}{T_2} = r_i$$

$$\frac{T_4}{T_1} = r_i^K$$

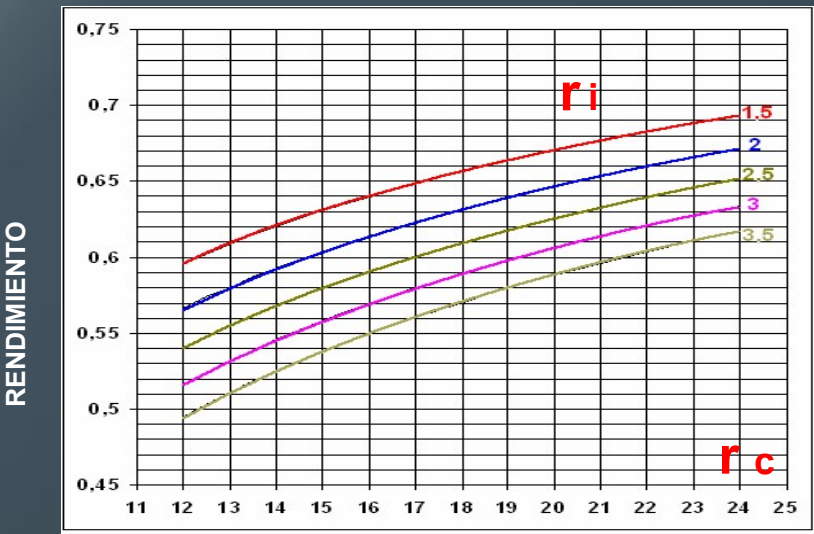
$$\eta = 1 - \frac{r_i^k - 1}{k r_c^{k-1} (r_i - 1)}$$

Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

RENDIMIENTO DE UN CICLO DIESEL



RELACIÓN DE INYECCIÓN r_i

RELACIÓN DE COMPRESIÓN r_c

49

Comparación rendimientos

$$\eta = 1 - \frac{1}{r_c^{k-1}}$$

RENDIMIENTO OTTO

$$\eta = 1 - \frac{1}{r_c^{k-1}} \frac{r_i^k - 1}{k(r_i - 1)}$$

RENDIMIENTO DIESEL

Termodinamica

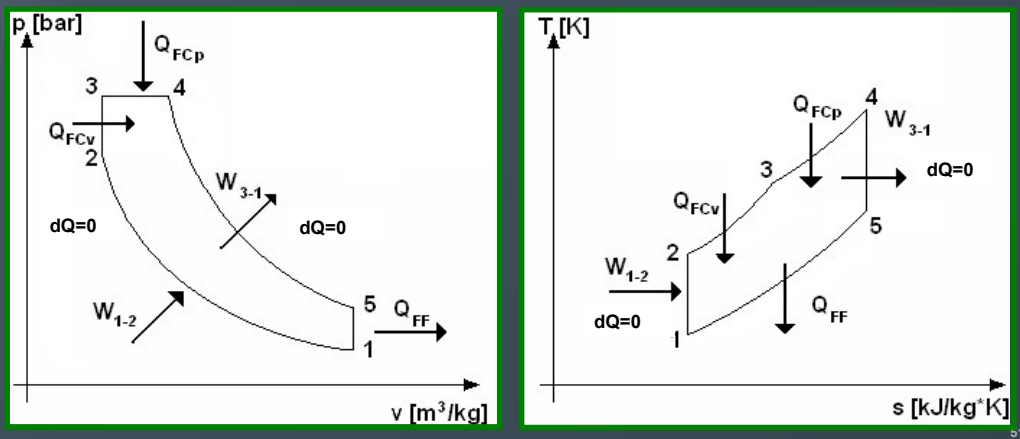
2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

50

CICLO SEMIDIESEL

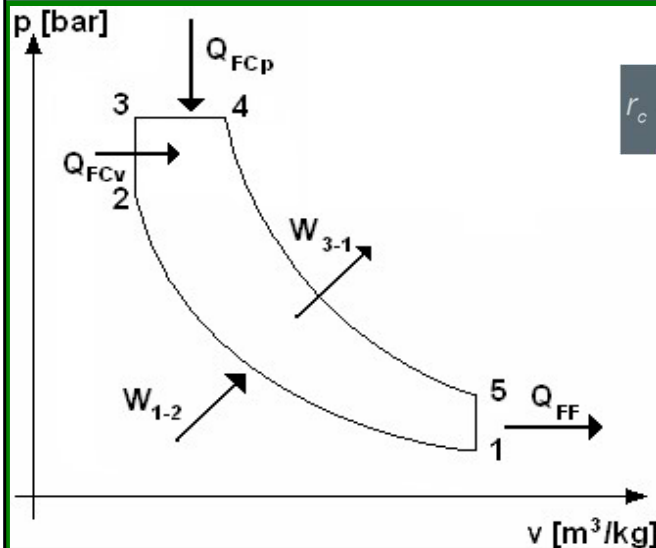
NORMAL DE AIRE



3-1

CICLO SEMIDIESEL

$$\eta = \frac{Q_{FCv} + Q_{FCp} - Q_{FF}}{Q_{FC}}$$



RELACIÓN DE COMPRESIÓN

$$r_c = \frac{V_1}{V_2} = \frac{V_5}{V_3} = \frac{V_1}{V_3} = \frac{V_5}{V_2}$$

RELACIÓN DE INYECCIÓN

$$r_i = \frac{V_4}{V_3} = \frac{V_4}{V_2}$$

RELACIÓN DE PRESIÓN

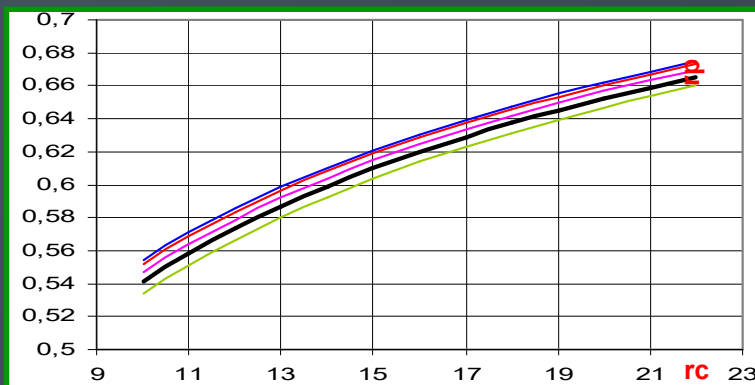
$$r_p = \frac{P_3}{P_2} = \frac{P_4}{P_2}$$

52

RENDIMIENTO CICLO SEMI-DIESEL

$$\eta = 1 - \frac{1}{r_c^{k-1}} \cdot \frac{r_p \cdot r_i^k - 1}{(r_p - 1) + k \cdot r_p \cdot (r_i - 1)}$$

- RENDIMIENTO EN FUNCION DE r_c



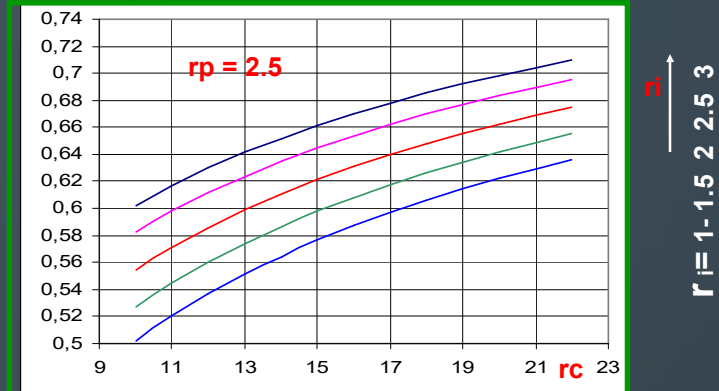
$r_p = 1 - 1.2 - 1.5 - 2 - 2.5$

57

RENDIMIENTO CICLO SEMI-DIESEL

$$\eta = 1 - \frac{1}{r_c^{k-1}} \cdot \frac{r_p \cdot r_i^k - 1}{(r_p - 1) + k \cdot r_p \cdot (r_i - 1)}$$

- RENDIMIENTO EN FUNCION DE r_c Y $r_p = 2.5$



58

Comparación rendimientos

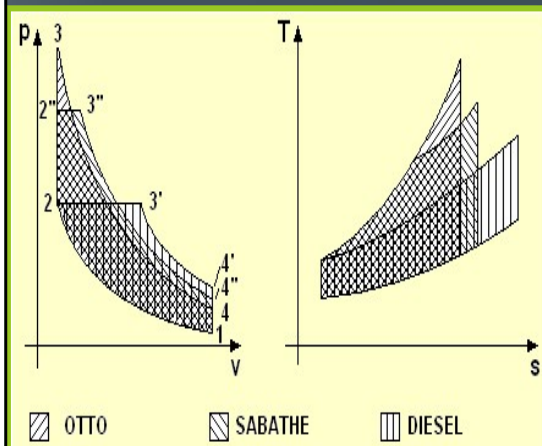
$$\eta = 1 - \frac{1}{r_c^{k-1}} \quad \text{OTTO}$$

$$\eta = 1 - \frac{1}{r_c^{k-1}} \cdot \frac{r_i^k - 1}{k(r_i - 1)} \quad \text{DIESEL}$$

$$\eta = 1 - \frac{1}{r_c^{k-1}} \cdot \frac{r_p \cdot r_i^k - 1}{(r_p - 1) + k \cdot r_p \cdot (r_i - 1)} \quad \text{SEMI DIESEL}$$

RENDIMIENTO COMPARATIVO

Otto, Diesel y Semi-Diesel

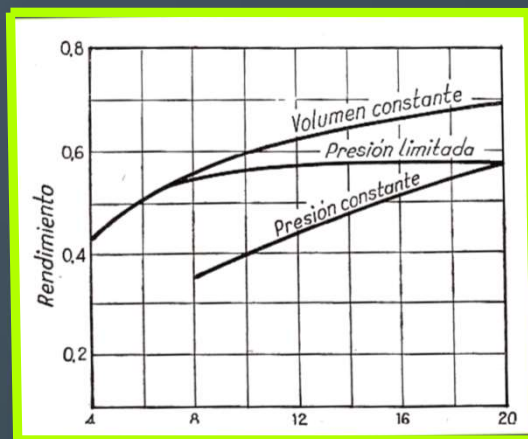


- Potencia de los 3 ciclos funcionando con igual relación de compresión y calor recibido. Para el semi-Diesel la $P_{\max} = 68 \text{ kg/cm}^2$

60

RENDIMIENTO COMPARATIVO

Otto, Diesel y Semi-Diesel



- Rendimiento para los 3 ciclos funcionando con igual compresión y calor recibido. Para el semi-Diesel la $P_{\max} = 68 \text{ kg/cm}^2$

61

Motor Ideal – Real: DIFERENCIAS MAS IMPORTANTES

- PÉRDIDAS DE CALOR
- COMBUSTIÓN NO INSTANTÁNEA
- TIEMPO DE APERTURA DE LA VÁLVULA DE ESCAPE
- VARIACIÓN DE LOS CALORES ESPECÍFICOS CON LA TEMPERTAURA
- DISOCIACIÓN DE LOS PRODUCTOS DE LA COMBUSTIÓN (CO_2 Y H_2O)
- PÉRDIDA POR BOMBEO: Trabajo de admisión - escape

Termodinamica

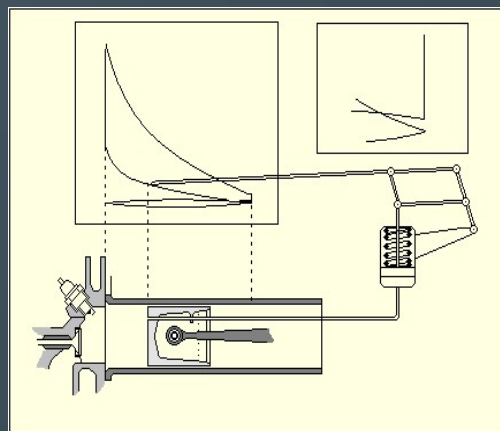
2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

64

Motor Ideal – Real

CICLO INDICADO



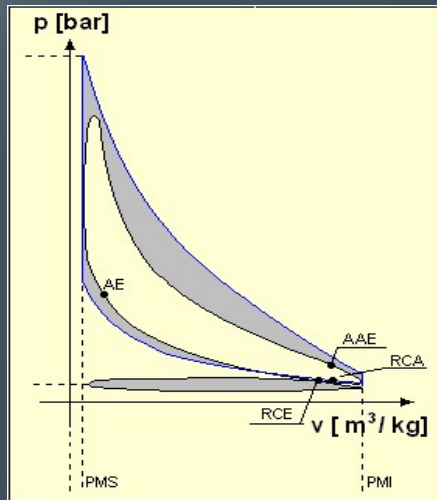
Termodinamica

2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

65

Motor Ideal – Real



POTENCIA INDICADA

Es la potencia desarrollada en el interior del cilindro

PRESION MEDIA EFECTIVA

Es la presión constante que durante una carrera proporciona un trabajo igual a un ciclo

Termodinamica

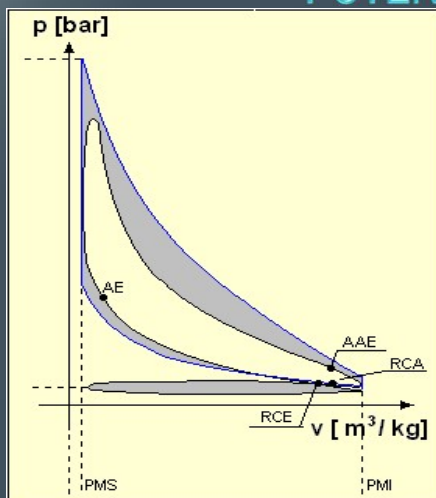
2021

Fac Ingenieria - UNCuyo

66

MOTORES ALTERNATIVOS

POTENCIA INDICADA



$$N_i = \frac{V \cdot p_i \cdot n}{60 \cdot v} \cdot \text{kW}$$

V: Cilindrada [litros]

Pi: Presión media Indicada [Mpa]

n : velocidad de giro motor [rpm]

v: Tiempos del ciclo descriptos [n°]

Termodinamica

2021

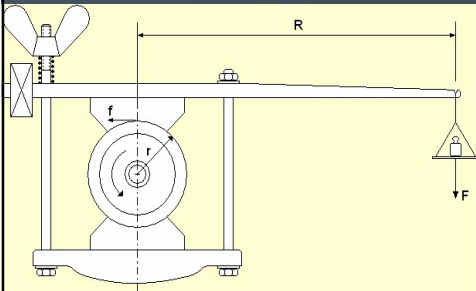
Fac Ingenieria - UNCuyo

67

MOTORES ALTERNATIVOS

POTENCIA EFECTIVA

La potencia desarrollada en el interior del cilindro (potencia indicada) no se transmite íntegramente al eje motor de salida (potencia efectiva), si no que parte de esta potencia se pierde por rozamientos de las partes mecánicas del motor;



$$N_e = \frac{2 \cdot \pi}{60} \cdot \tau \cdot n \cdot \text{kW}$$

n: velocidad de giro motor [rpm]

τ : Par motor (torque) [KJ]

Estos datos surgen de un banco de ensayo

68

MOTORES ALTERNATIVOS

POTENCIA PERDIDA

$$N_p = N_i - N_e$$

N_i : Potencia indicada

N_e : Potencia efectiva

RENDIMIENTO MECÁNICO DEL MOTOR

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i}$$