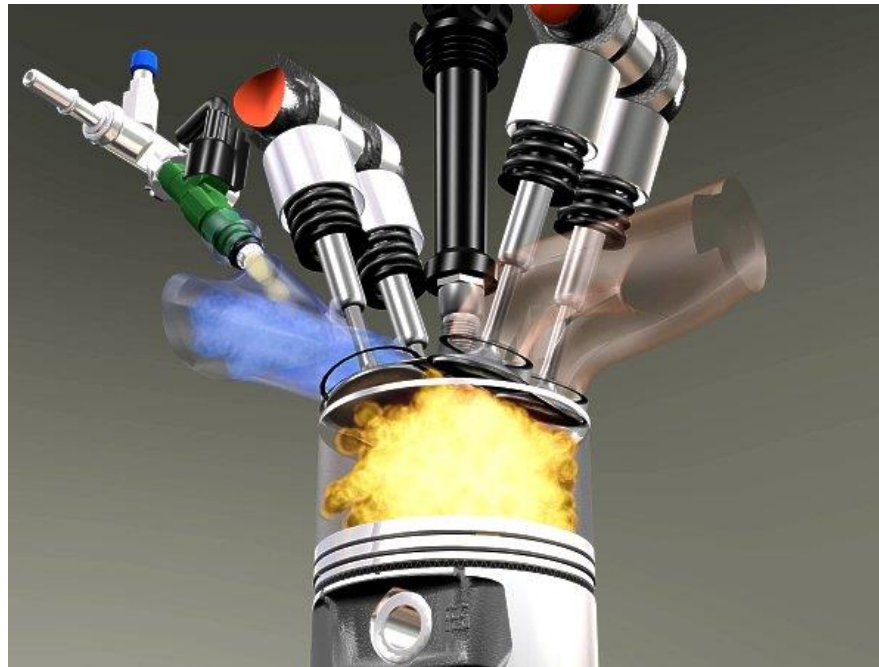


# Motores de Combustión Interna

Universidad Carlos III de Madrid  
Capítulo 7: Combustión en MEP- MIF

Profs.  
Antonio Lecuona  
Pedro Rodríguez  
Mathieu Legrand  
Rubén Ventas



Gentileza de General  
Motors-Opel (El color  
de la llama no es real)

## Ejercicios de aplicación

La información contenida en este trabajo sirve de propósito exclusivo para la enseñanza y la de procedencia externa ha sido obtenida de las mejores fuentes que se han podido encontrar, generalmente de reconocido prestigio. No obstante los autores no garantizan la exactitud o perfección de su contenido. Por ello, no será/n responsable/s de cualquier error, omisión o daño causado por el uso de la información contenida, no tratando con este documento prestar ninguna clase de servicio profesional o técnico; antes bien, se ofrece como simple guía general de apoyo a la docencia. Cualquier indicación de error u omisión será bienvenida. El contenido del documento pudiera estar sujeto a derechos de autor o de propiedad industrial o intelectual.



**COMBUSTIÓN  
EN MIF**

- [Introducción – Fenomenología de la combustión](#)
- [Velocidad de propagación y estructura de la llama](#)
- [Etapas de la combustión.](#)
- [Modelado de la combustión – Influencia de las variables de diseño y operación.](#)
- [Contaminación y mitigación de la contaminación](#)
- [Combustión anormal: detonación y encendido superficial.](#)

**Máquinas y Motores Térmicos**



### 3.- Velocidad de propagación y estructura de la llama laminar (cont.) [volver](#)

**Ejercicio 6.1.-** Considerar un MIF (MEP) funcionando con catalizador de 3 vías ( $F_R = 1$ ) con relación de compresión efectiva  $r_c = 7$ . La tasa de residuales es  $f = 5\%$  y el  $EGR = 15\%$ . La temperatura y presión en el cierre de la admisión son  $T_{1'} = 75\text{ °C}$  y  $p_{1'} = 0,7\text{ atm}$ . Determinar la velocidad de propagación de llama laminar  $S_L$  al iniciar la combustión. Tomar  $\gamma = 1,35$ .

Para gasolina:

$$a \sim 2,4 - 0,27 F_R^{3,51}$$

$$b \sim 0,357 - 0,14 F_R^{2,77}$$

$$c \sim 2,1$$

$$\left. \begin{aligned}
 S_L &= S_{L,0} \left( \frac{T_r}{T_0} \right)^a \left( \frac{p_r}{p_0} \right)^{-b} (1 - c \cdot y_p) \\
 T_r &= T_{1'} \cdot r_c^{\gamma-1} = 688\text{ K} \\
 p_r &= p_{1'} \cdot r_c^\gamma = 9,68\text{ atm}
 \end{aligned} \right\} S_L$$

Asumimos igual peso molecular de reactantes que de productos, con lo que

$$x_p = y_p \frac{PM_p}{PM_r} \approx y_p$$

**Fig 5. I. 1:** 
$$y_p = \frac{m_r + m_{EGR}}{m} = f + EGR = 0,05 + 0,15 = 0,2$$

**Fig.6.4**

$$S_L = 0,3 \frac{\text{m}}{\text{s}} \left( \frac{688}{300} \right)^{2,13} \left( \frac{9,68}{1} \right)^{-0,217} (1 - 2,1 \cdot 0,2) = 0,62\text{ m/s}$$

Se duplica la velocidad de propagación de llama laminar  $S_L$ . Se verá que con aproximadamente las mismas consecuencias en la turbulenta  $S_T$ .

Al ir progresando la combustión  $T_r$  y  $p_r$  aumentan, hasta que llega la expansión, después del PMS.



## COMBUSTIÓN EN MIF

[Introducción –  
Fenomenología  
de la combustión](#)

[Velocidad de  
propagación y  
estructura de la  
llama](#)

[Etapas de la  
combustión.](#)

[Modelado de la  
combustión –  
Influencia de las  
variables de  
diseño y  
operación.](#)

[Contaminación y  
mitigación de la  
contaminación](#)

[Combustión anormal:  
detonación y  
encendido  
superficial.](#)

Máquinas y  
Motores  
Térmicos



## 5.- Etapas de la combustión en un MEP (cont.) [volver](#)

**Ejercicio 6.2a.-** En un MEP a plena carga (asumir  $F_R = 1$ ,  $f \sim 0$ ,  $EGR = 0$ ) girando a  $n_1 = 2.000$  rpm, la fase lenta de la combustión ocupa un ángulo  $\Delta\alpha_{lam,1} = 10^\circ$ . Determinar cuanto tiempo duraría esta fase si el motor girase a  $n_2 = 4.000$  rpm.

$$\left. \begin{aligned} \Delta\alpha_{lam,2} &= \Delta\alpha_{lam,1} \frac{n_2}{n_1} \\ \Delta t_2 &= \frac{60 \frac{s}{min} \Delta\alpha_{lam,2}}{360^\circ n_2} \end{aligned} \right\} \Delta t_1 = \Delta t_2 = \frac{\Delta\alpha_{lam,1}}{6n_1} \frac{s}{^\circ min} = \frac{10^\circ}{6 \frac{2.000}{min} ^\circ min} \frac{s}{min} = 0,83 \text{ ms}$$

El ángulo ocupado por la fase lenta aumenta con  $n$ , pero el tiempo es constante

**Ejercicio 6.2b.-** En el mismo MEP, operando ahora a carga parcial, y girando a  $n_1 = 2.000$  rpm, se recirculan gases de escape con  $EGR+f = 25\%$  para mitigar emisiones de  $NO_x$ . Estimar el ángulo ocupado por la fase lenta y las repercusiones sobre el adelanto al encendido  $AE$ .

$$\left. \begin{aligned} \Delta\alpha_{lam,3} &= \Delta\alpha_{lam,1} \frac{S_{L,1}}{S_{L,3}} \\ \frac{S_{L,3}}{S_{L,1}} &\sim 1 - c \cdot (EGR + f) \\ c &= 2,1 \end{aligned} \right\} \Rightarrow \Delta\alpha_{lam,3} = \frac{\Delta\alpha_{lam,1}}{1 - c(EGR + f)} = 21^\circ > 10^\circ$$

Este mayor ángulo hace que convenga saltar la chispa antes del PMS  $\equiv$  aumentar el  $AE$ .