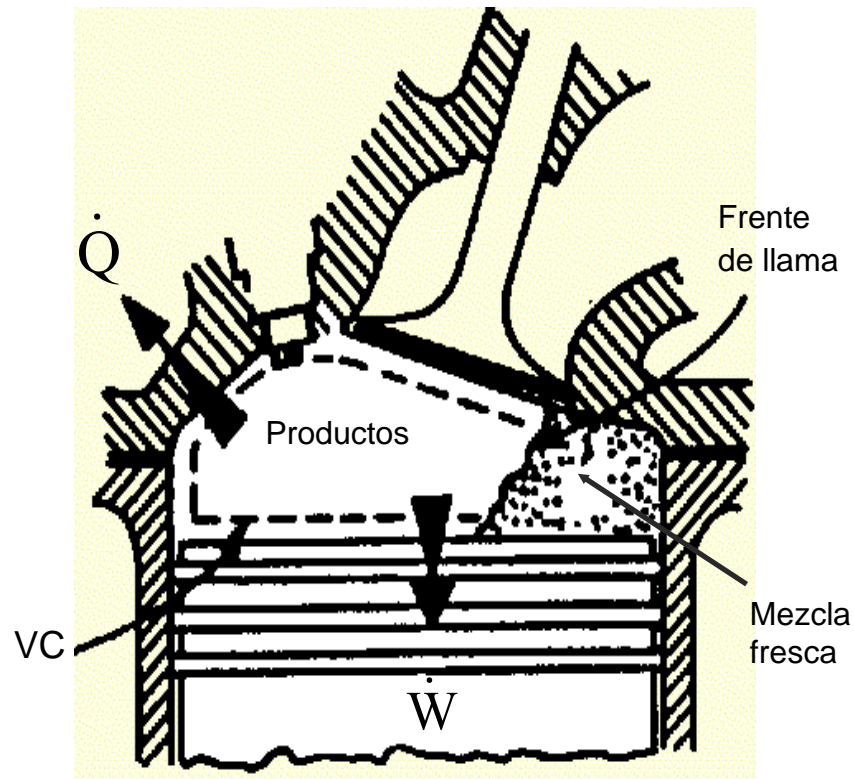


Conferencia No 2

Universidad de Los Andes
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica
Laboratorio de Motores de Combustión Interna

COMBUSTION EN MCIA



DESCRIPCION

Con la finalidad de cualificar el proceso de combustión en MEC y MECH se estudian los diagramas de fracción de masa quemada y liberación de calor respectivamente. Se establecen comparaciones entre el modelo teórico de fracción de masa quemada y los resultados experimentales mostrando correlación entre la velocidad de quemado y el incremento de presión. Una serie de fotografías mostrando el desarrollo de la propagación de la llama, la aparición de zonas brillantes indicando el quemado rápido de una gran cantidad de mezcla y la aparición de zonas oscurecidas mostrando el apagado de la llama. Finalmente se presentan algunos modelos sobre el comportamiento de los principales parámetros que definen la combustión en los MCI: p - V , p - ϕ , temperatura de gas y paredes, formación de contaminantes, etc.

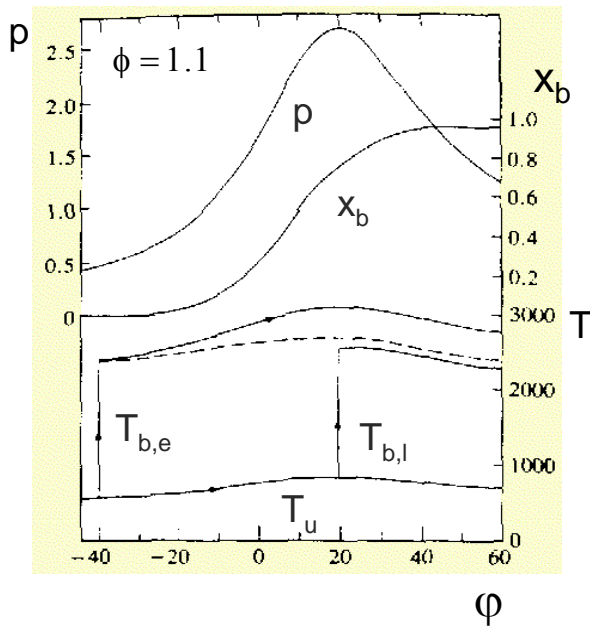
OBJETIVOS

- Instruir al estudiante en el conocimiento de los aspectos básicos que determinan el máximo desarrollo de potencia en un MCIA.
- Mostrar como el desarrollo de presión en el cilindro del motor es una función directa de la velocidad de quemado de la mezcla.
- Estudiar el comportamiento de MCIA utilizando la variación de presión en el interior del cilindro como uno de las características representativas del complicado proceso de combustión.
- Mostrar mediante modelos matemáticos el efecto que tiene el proceso de combustión en parámetros como: temperatura en las paredes de la cámara de combustion, temperatura de llama adiabática y formación de especies contaminantes.

CONTENIDO

1. Proceso de combustión en MECH.
 - Diagrama de fracción de masa quemada.
 - Relación fracción de masa quemada a volumen de productos.
 - Propagación de la llama.
2. Proceso de combustión en MEC
 - Diagrama de liberación de calor.
 - Inyección de combustible.
3. Teoría sobre el proceso de combustión.
 - Diagramas p - V y p - ϕ .
 - Variación de temperatura superficial.
 - Temperatura de llama adiabática
4. Especies en equilibrio químico.
 - Formación de contaminantes en MCI

CARACTERISTICAS DE LA COMBUSTION EN MECH



$$X_b = \frac{p_f^{\frac{1}{n}} V_f - p_o^{\frac{1}{n}} V_o}{p_f^{\frac{1}{n}} V_f - p_o^{\frac{1}{n}} V_o}$$

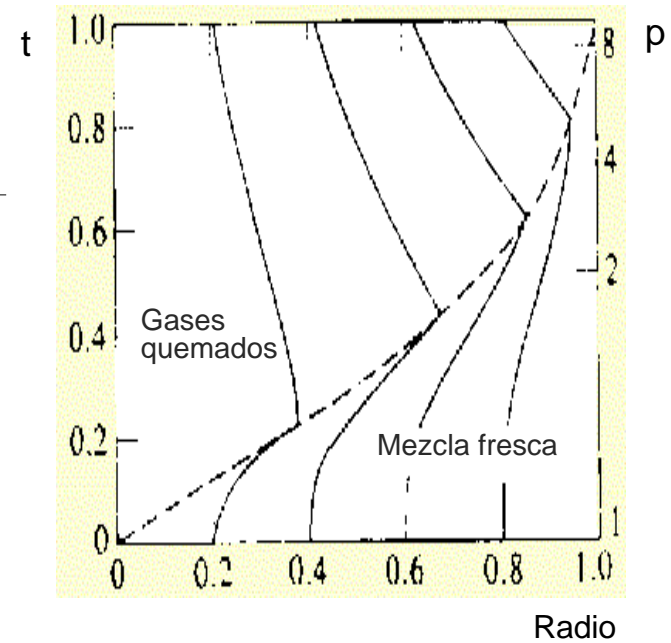


Fig. 1 Variación de p , T_b y T_u en el cilindro en función de la masa quemada.

Fig. 2 Relación entre el avance del frente de llama y el incremento de presión en el cilindro.

PERFIL REAL DE LA FRACCION DE MASA QUEMADA

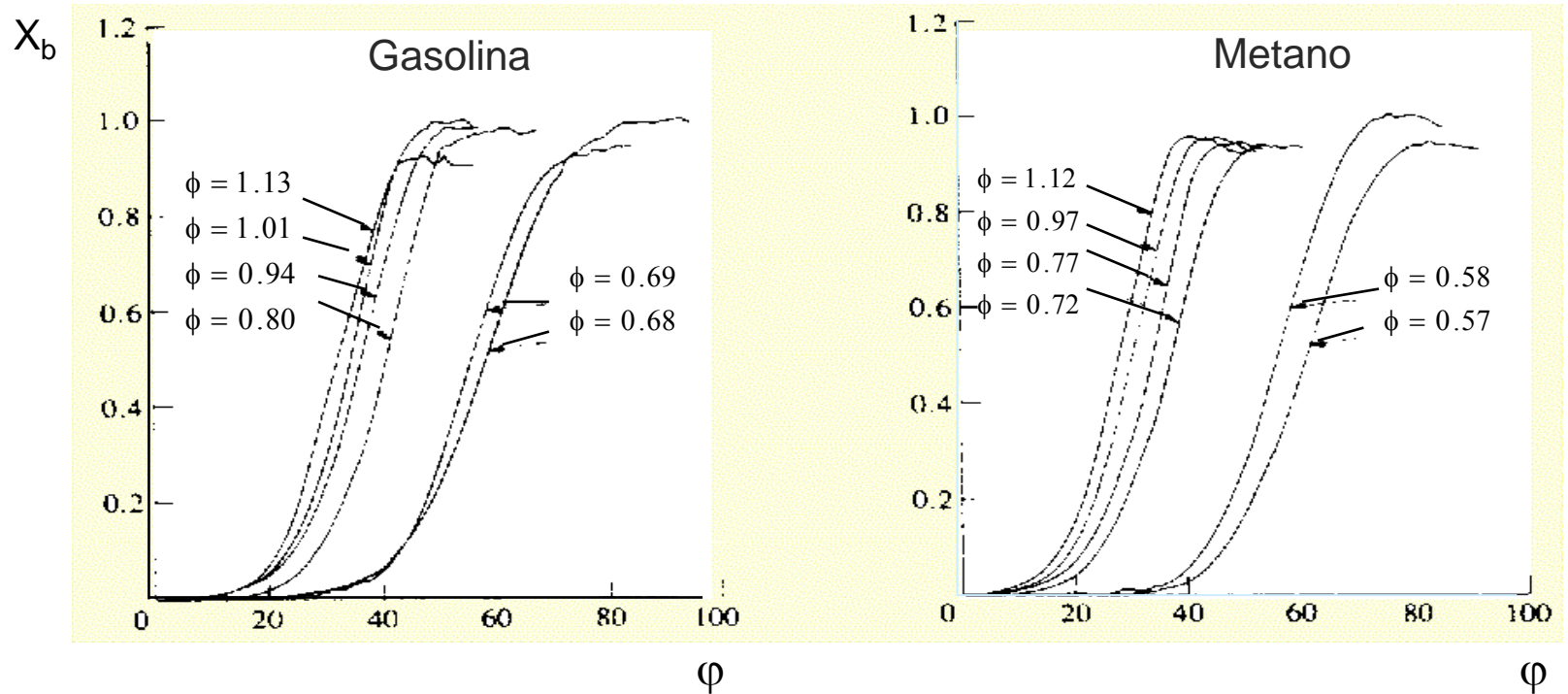
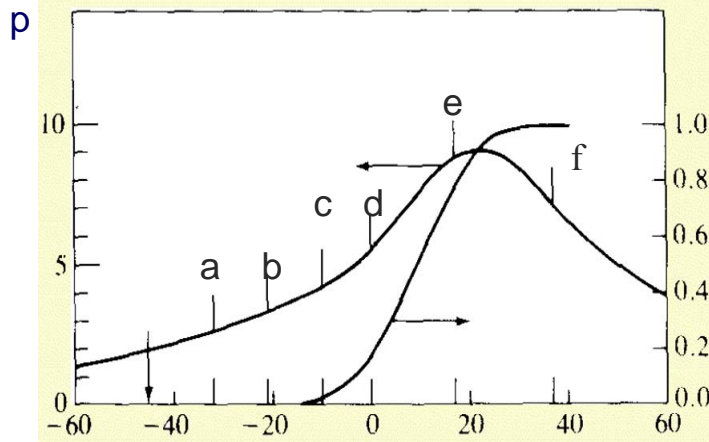
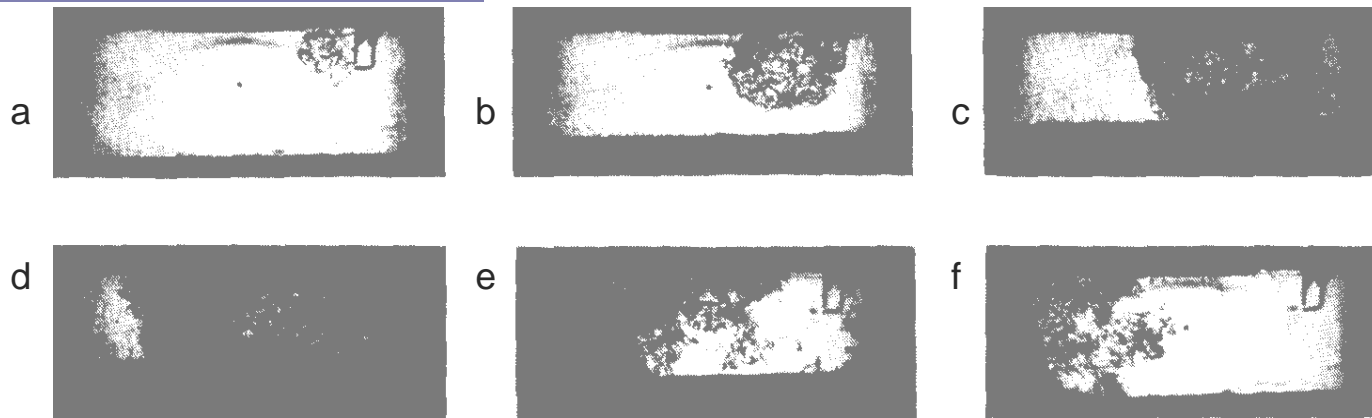


Fig. 3 Efectos del tipo de combustible y la riqueza de la mezcla sobre la velocidad de quemado.

VARIACION DE p y dm_b/dt vs ANGULO DE GIRO



- a - Superficie de la llama (Turbulencia).
- b, c - Crecimiento masa quemada (forma esférica).
- d - Aumento de p (combustión 2/3 a 3/4 volumen).
- e - $P_{máx.}$ (llama cerca de las paredes)
- f - Quemado final de mezcla fresca.

Fig. 4 Propagación de la llama y elevación de la presión en el cilindro de un MECH.

RELACION ENTRE X_b y Y_b

- Se usan las relaciones de fracción másica y volumétrica
- Se toma en cuenta que la relación entre las densidades de la mezcla fresca y los productos es aproximadamente constante

$$m = m_u + m_b; \quad X_b = \frac{m_b}{m}$$

$$V = V_u + V_b; \quad Y_b = \frac{V_b}{V}$$

$$\frac{\rho_u}{\rho_b} \cong 4. = f(\varphi, X_b, Tg, p); \quad \rightarrow \quad X_b = \left[1. + \frac{\rho_u}{\rho_b} \left(\frac{1.}{Y_b} - 1. \right) \right]^{-1}.$$

EL PROCESO DE COMBUSTION EN MECH

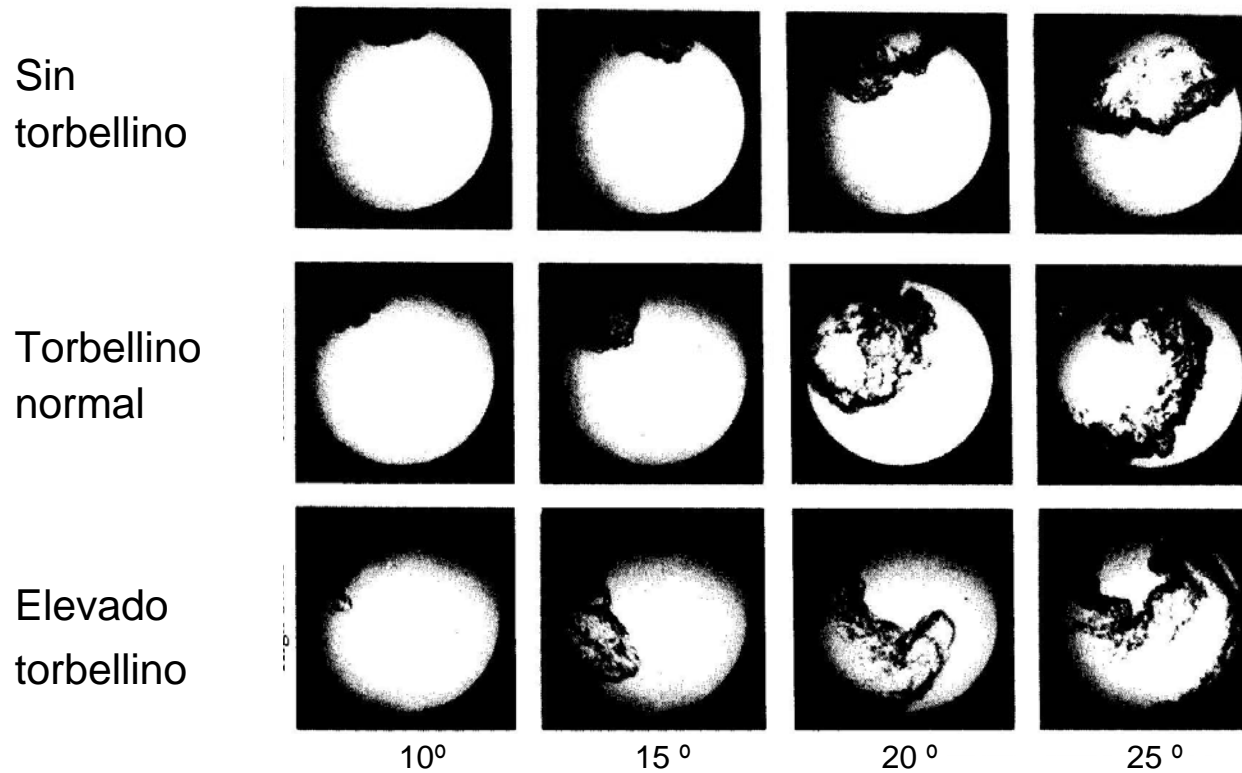
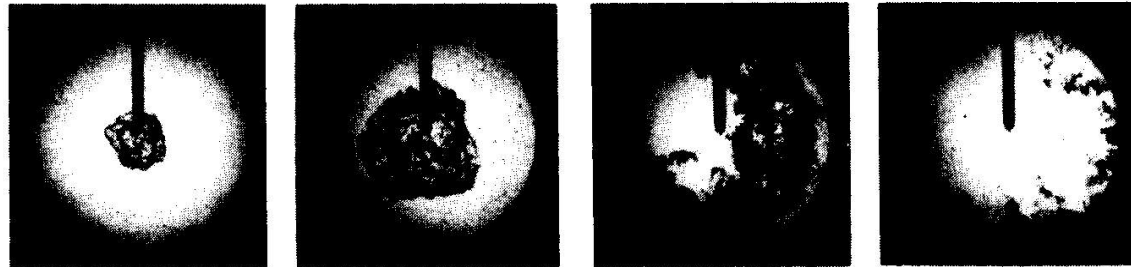


Fig. 5 Influencia del torbellino en la propagación de la llama.

EL PROCESO DE COMBUSTION EN MECH

Bujía
central
sin
torbellino



Bujías
laterales
sin
torbellino



10°

15°

20°

25°

Fig. 6 Avance de la llama desde el foco de inflamación en ausencia de torbellino

EL PROCESO DE COMBUSTION EN MECH

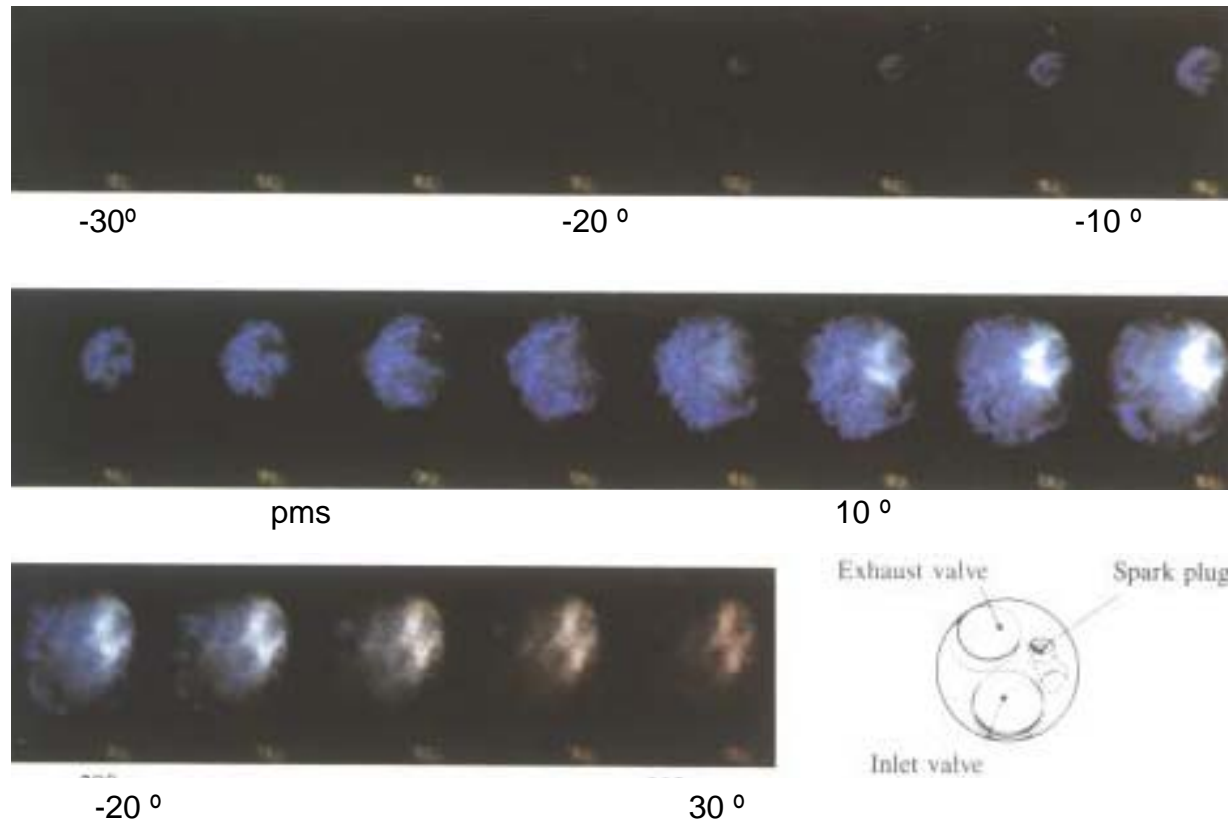


Fig. 7 Propagación de la llama desde el momento en que salta la chispa en la bujía.

CARACTERISTICAS DE LA COMBUSTION EN MEC

La complejidad del proceso crece con la no uniformidad en la formación de mezcla. El desarrollo del chorro de combustible, su evaporación y mezclado con aire determinan la razón de liberación de calor.

Las altas temperaturas, su no uniformidad y la riqueza originan la presencia de NO.

La carbonilla se forma en zonas con exceso de combustible. El HC se forma en zonas donde la llama se extingue.

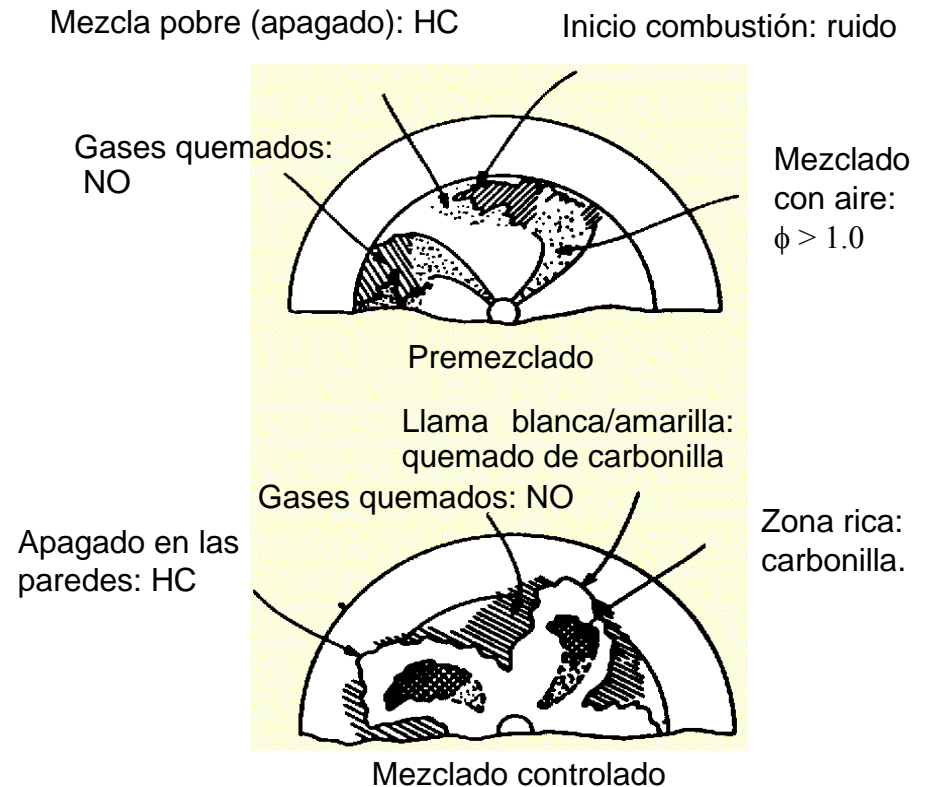


Fig. 8 Tipos de combustión en la cc de MEC.

EL DIAGRAMA DE LIBERACION DE CALOR EN MEC

Durante el retardo a la inflamación se acumula el combustible que se evapora para formar la mezcla.

La cantidad de combustible acumulada origina que gran cantidad de calor sea liberada con características de quemado dominadas por el premezclado.

En el resto del proceso el combustible que aún ingresa se quema en un período de tiempo mas prolongado, el mezclado es dominante durante la combustión.

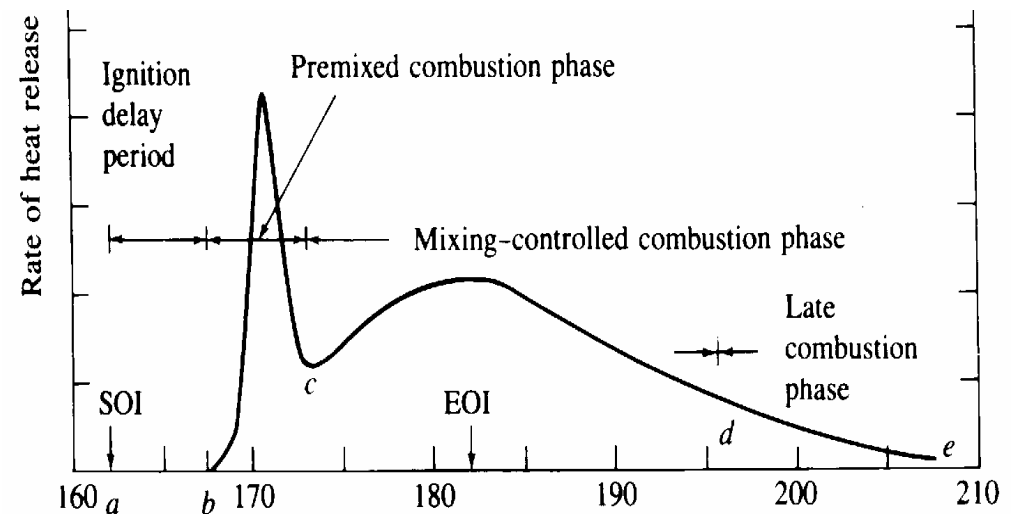


Fig. 9 Diagrama de razón de calor liberado para MEC.

EL PROCESO DE COMBUSTION EN MEC

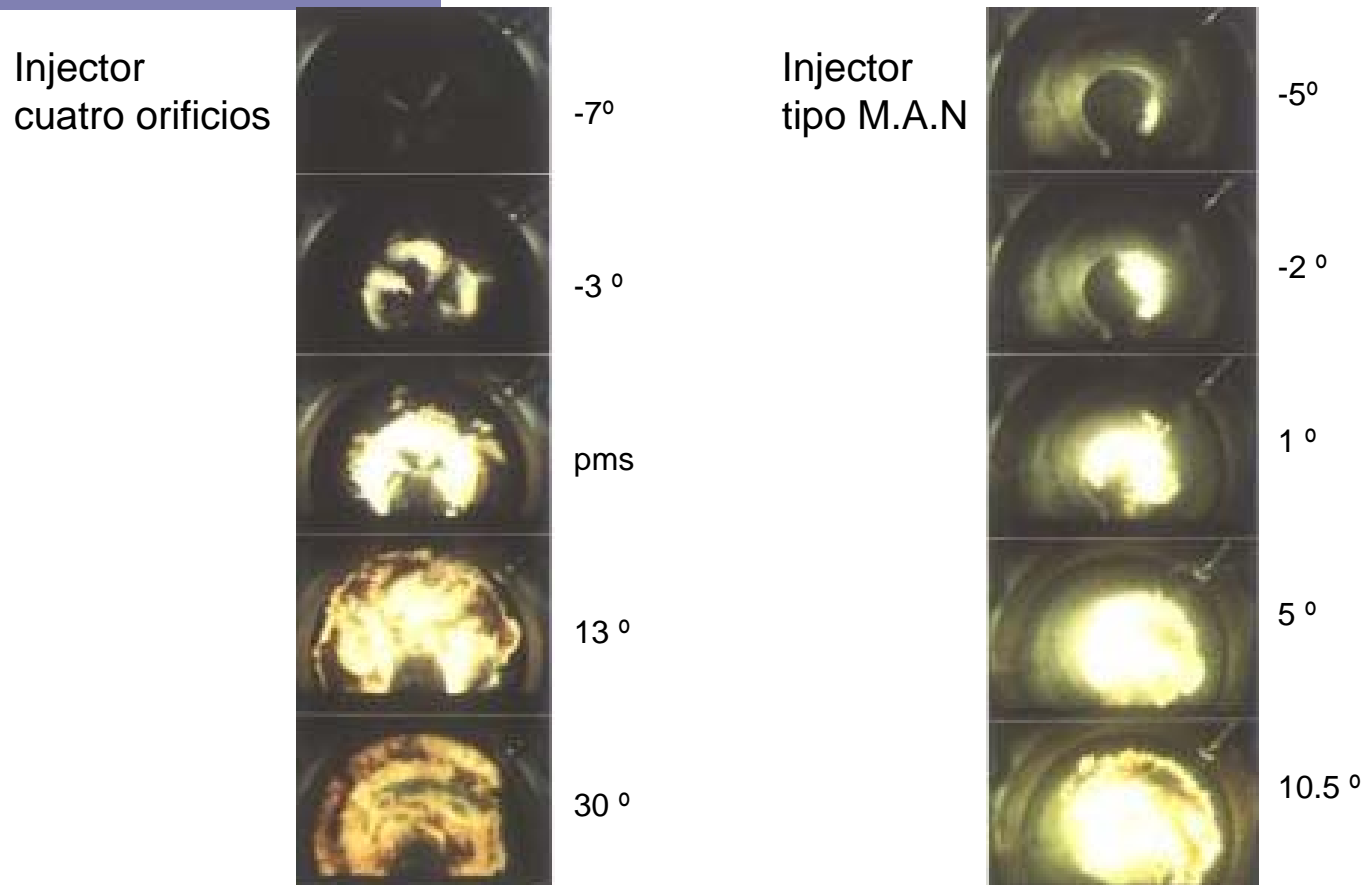


Fig. 10 Aparición y avance de la llama después de la inyección del combustible en MEC.

VARIACION DE LA T_{PARED} EN EL INTERIOR DEL CILINDRO

La temperatura en las paredes varía al acercarse el frente de llama dependiendo de las características de transferencia de calor.

Aunque este comportamiento es similar para todas las paredes aunque su magnitud no es la misma.

Su máximo valor se alcanza durante la combustión. Los máximos valores se consiguen cuando el motor trabaja con mezclas con riqueza cercana 1.0.

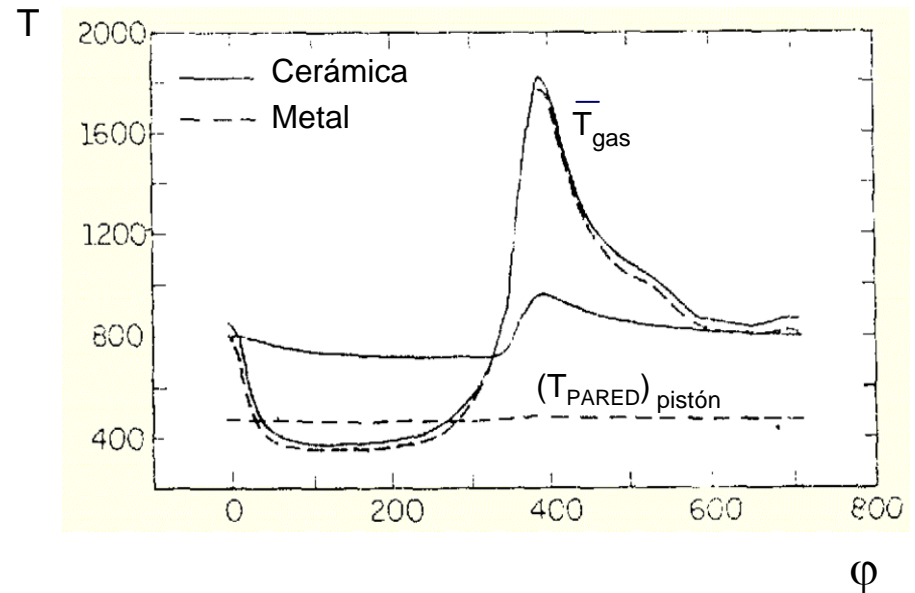


Fig. 11 Variación de la temperatura de pared de la cc de un MCO con y sin recubrimiento cerámico.

LA TEMPERATURA DE LLAMA ADIABATICA

$T_{\text{máx}}$ que se puede alcanzar en la cámara de combustión de MCIA si: la es combustión perfecta, sin pérdidas de calor y sin disociación.

Su máximo valor se alcanza con ϕ ligeramente superiores a 1.0, para los cuales se observa máximo desarrollo de potencia en el motor.

Por debajo y por encima de este valor los problemas de estabilidad y propagación de la llama hacen que su valor disminuya.

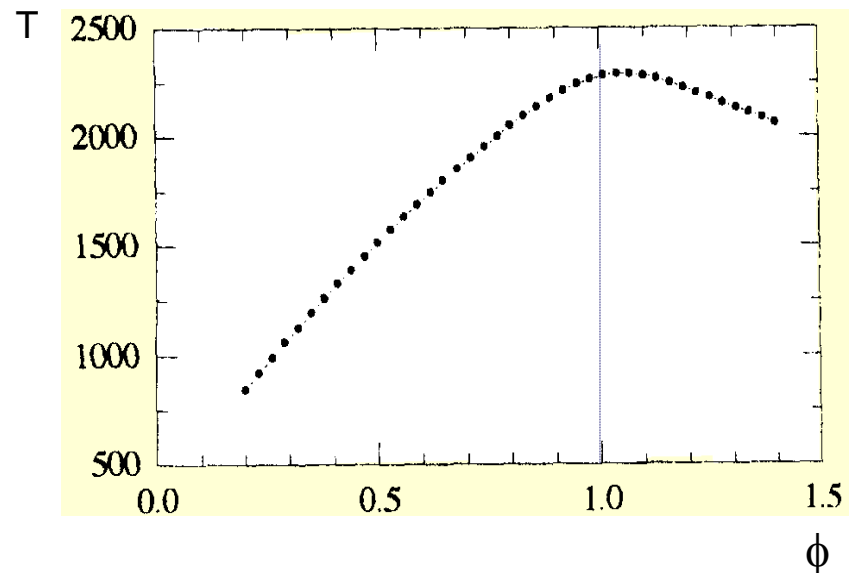


Fig. 12 Variación de la temperatura de llama en función de la riqueza de la mezcla

MODELO CHON PARA FORMACION DE ESPECIES

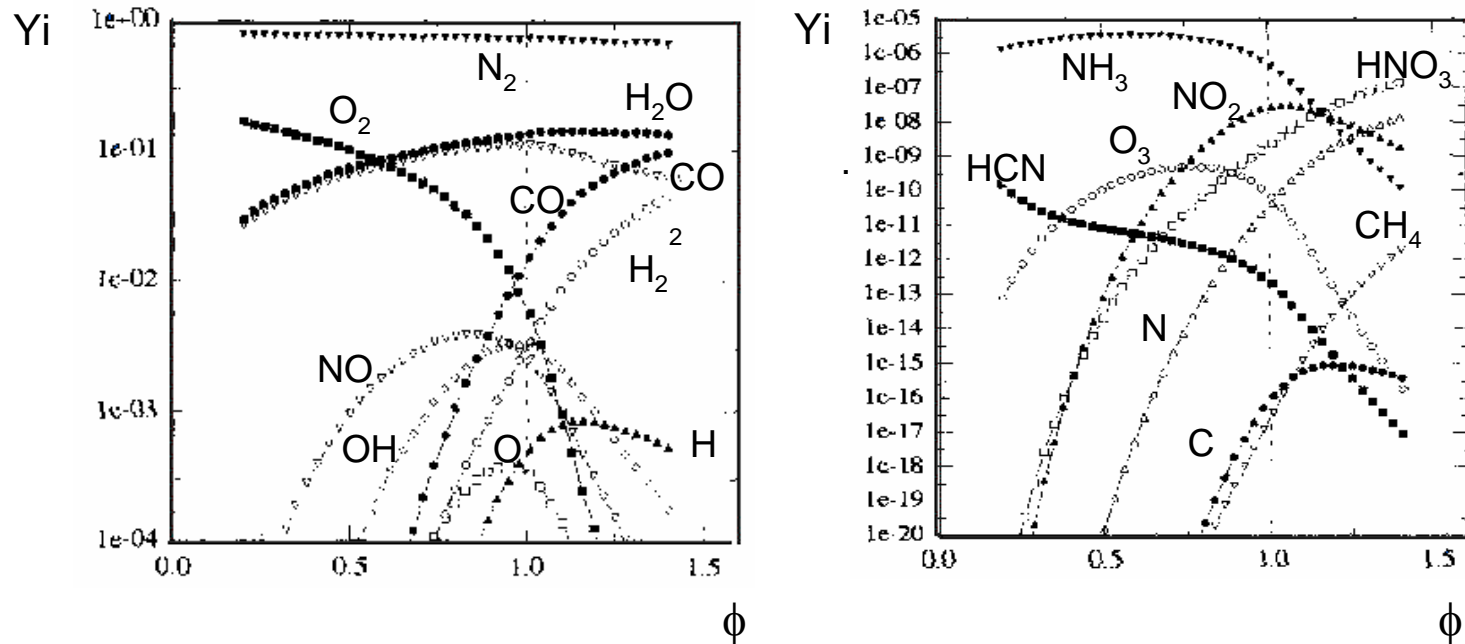


Fig. 13 Resultados del modelo CHON para la formación de productos de combustión en MCIA en función de ϕ . Su mayor concentración se observa en las cercanías de $\phi = 1.0$

FORMACION DE PRINCIPALES CONTAMINANTES EN MCIA

Aspectos importantes:

- Riqueza de la mezcla.
- Presencia de oxígeno.
- Apagado de llama.
- Control de contaminantes

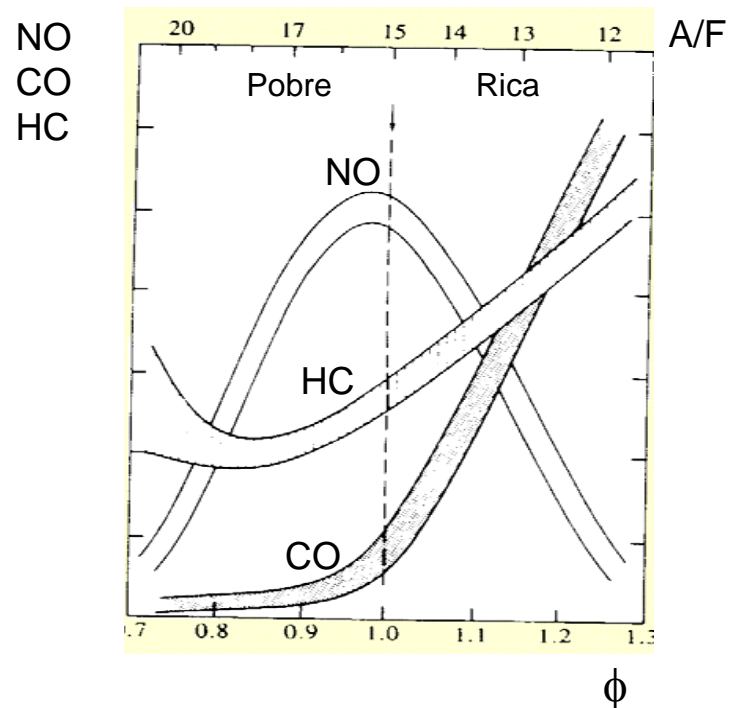


Fig. 14 Formación de los principales contaminantes en MCIA en función de la riqueza de la mezcla.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Benson, R. S., Advanced Engineering Thermodynamics. 1977.
- Heywood, J. B., Internal Combustion Engines Fundamentals. Mc. GrawHill 1988.
- Jovaj, M. S., Motores de Automóvil. Editorial MIR. 1982.
- Lukanin, V. N., Motores de Combustión Interna. Editorial MIR 1982.
- Motores Diesel. Editorial Blume. Segunda Edición. 1973.
- Obert, E. F., Internal Combustion Engines. 1980.
- Taylor, C. F., The internal Combustion Engine. 1961.
- Wark, K., Termodinámica. Mc GrawHill. 1984.