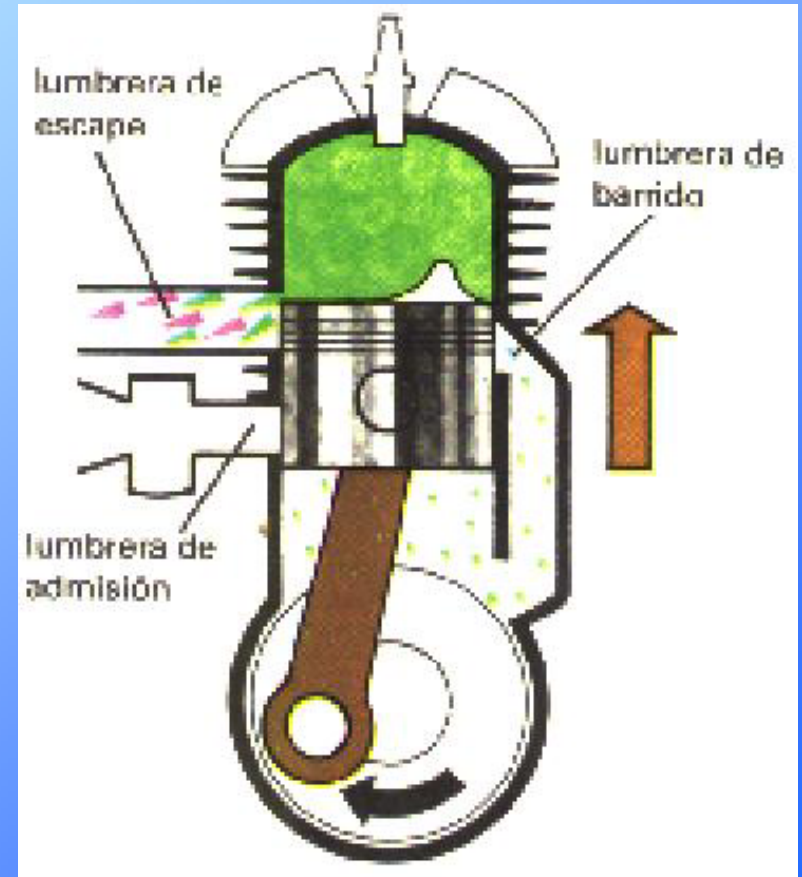


## Conferencia No 1

# GENERALIDADES SOBRE MCIA

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



## DESCRIPCION

---

El material formulado presenta las características básicas de funcionamiento de los motores de combustión interna alternativos, mostrando los aspectos mas importantes que determinan la utilización de mezclas combustible-aire en los cilindros del motor. Inicialmente se hace énfasis en la importancia que tiene el diseño adecuado de la cámara de combustión para obtener el máximo aprovechamiento de energía. Se señalan algunos de los aspectos mas resaltantes que afectan el desarrollo adecuado del proceso de combustión tales como: el proceso de formación de la mezcla, el tipo de combustible, las características de transferencia de calor y el intercambio de gases. Un análisis final sobre las condiciones que definen un adecuado proceso de formación de mezcla en los MCI se presenta para enfatizar su importancia en relación al aprovechamiento de energía.

## OBJETIVOS

---

- Complementar la teoría sobre MCIA impartida en clase y normalizar al grupo de estudiantes respecto a los conocimientos mínimos básicos que los mismos deben tener sobre la teoría dictada.
- Dar una introducción al estudiante sobre la teoría de utilización de mezclas reactivas en mecanismos alternativos cilindro pistón.
- Instruir al estudiante sobre las características más importantes que afectan el proceso de formación de mezcla en los MCIA.
- Instruir al estudiante en el conocimiento de los aspectos básicos que determinan el máximo desarrollo de potencia en un MCIA.
- Introducir al estudiante en la teoría del proceso de combustión y sus conceptos básicos

# CONTENIDO

---

## 1. Definiciones.

- Ciclos termodinámicos: motor 2T y 4T.
- Componentes del sistema alternativo.
- Sistemas del motor alternativo.

## 2. Cámaras de combustión.

- Características estructurales.
- Proceso de mezclado.
- Evaluación de pérdidas.

## 3. Características del proceso de formación de mezcla.

- MECH.
- MEC.

## 4. Aspectos del proceso de combustión.

- MECH.
- MEC.

## CICLO DE TRABAJO, MCIA 4T

La potencia del motor depende altamente de la calidad de llenado.

Dos vueltas = 1 ciclo

Fases del ciclo

- Admisión
- Compresión
- Expansión
- Escape

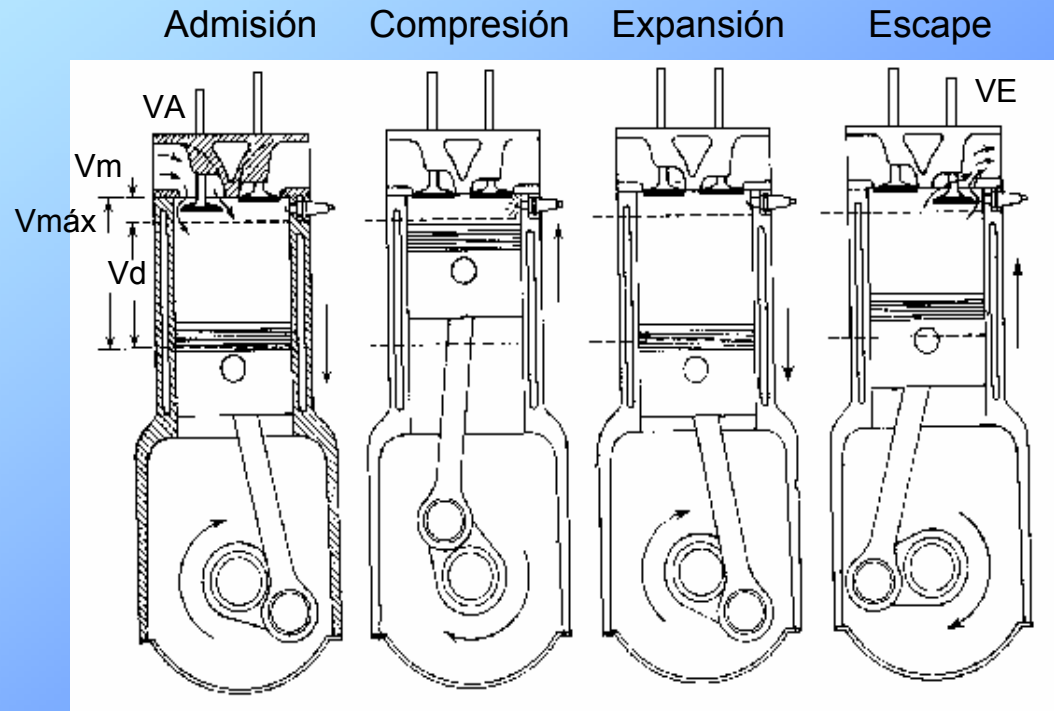


Fig. 1 Fases del ciclo de trabajo en un motor cuatro tiempos

## CICLO DE TRABAJO, MCIA 2T

Una vuelta = 1 ciclo

Fases del ciclo

- Admisión
- Compresión
- Expansión
- Escape

La compresión y la expansión se realizan similarmente al MCIA 4T, mientras que la admisión y el escape ocurren simultáneamente, controlando la potencia que el motor desarrolla.

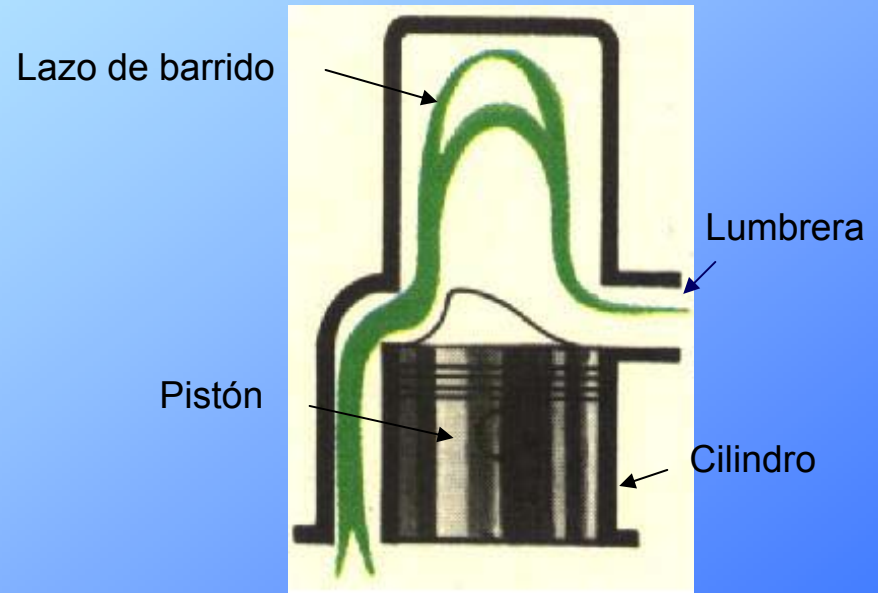


Fig. 2 Intercambio de gases en un motor dos tiempos

# CICLO DE TRABAJO, MCIA 2T

Admisión y Escape

Compresión

Expansión

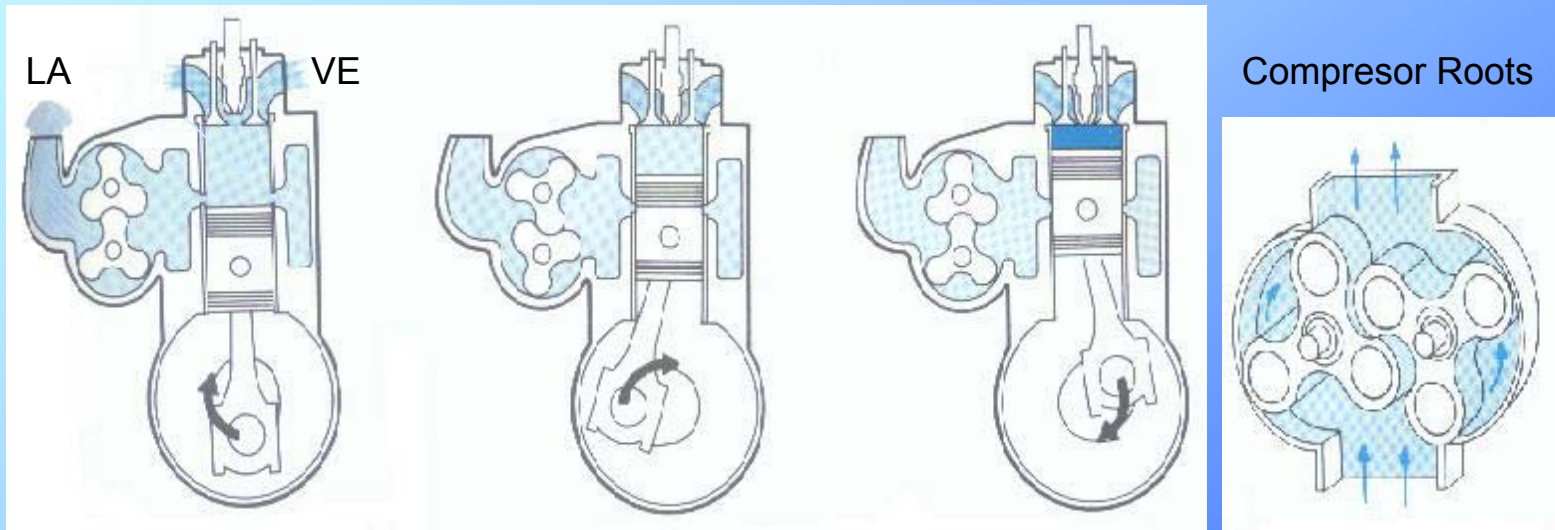


Fig. 3 Fases del ciclo de trabajo en un motor dos tiempos y mecanismo soplador de gases

# SISTEMA ALTERNATIVO, MCIA

Su función consiste en transformar el movimiento alternativo lineal del pistón en rotativo continuo en el eje.

Partes básicas:

- Cilindro
- Pistón
- Pasador
- Biela
- Eje

Conceptos básicos:

$V_d$ ,  $V_{mín}$ ,  $V_{máx}$  y  $r_C$

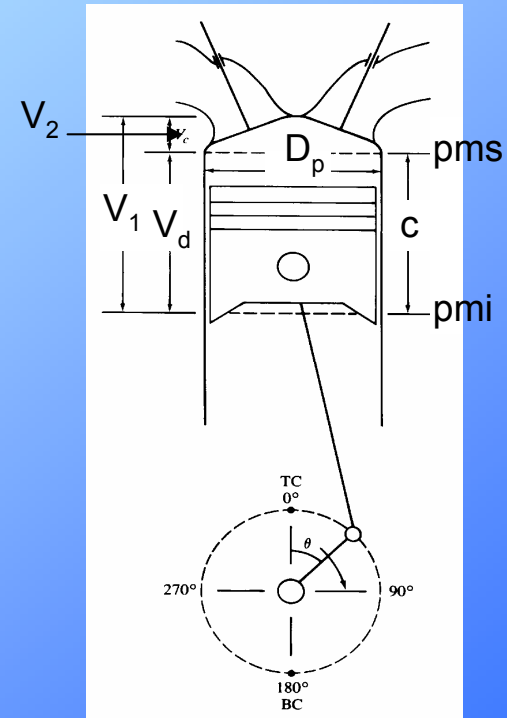


Fig. 4 Esquema simplificado del MCIA indicando  $c$ ,  $D_p$ ,  $pms$ ,  $pmi$ ,  $V_2$ ,  $V_d$  y  $V_1$ .



# SISTEMAS DEL MCIA

Sistemas:

- Alimentación y Escape
- Lubricación
- Enfriamiento
- Encendido

Una gran cantidad de piezas permiten el movimiento continuo y sincronizado del motor.

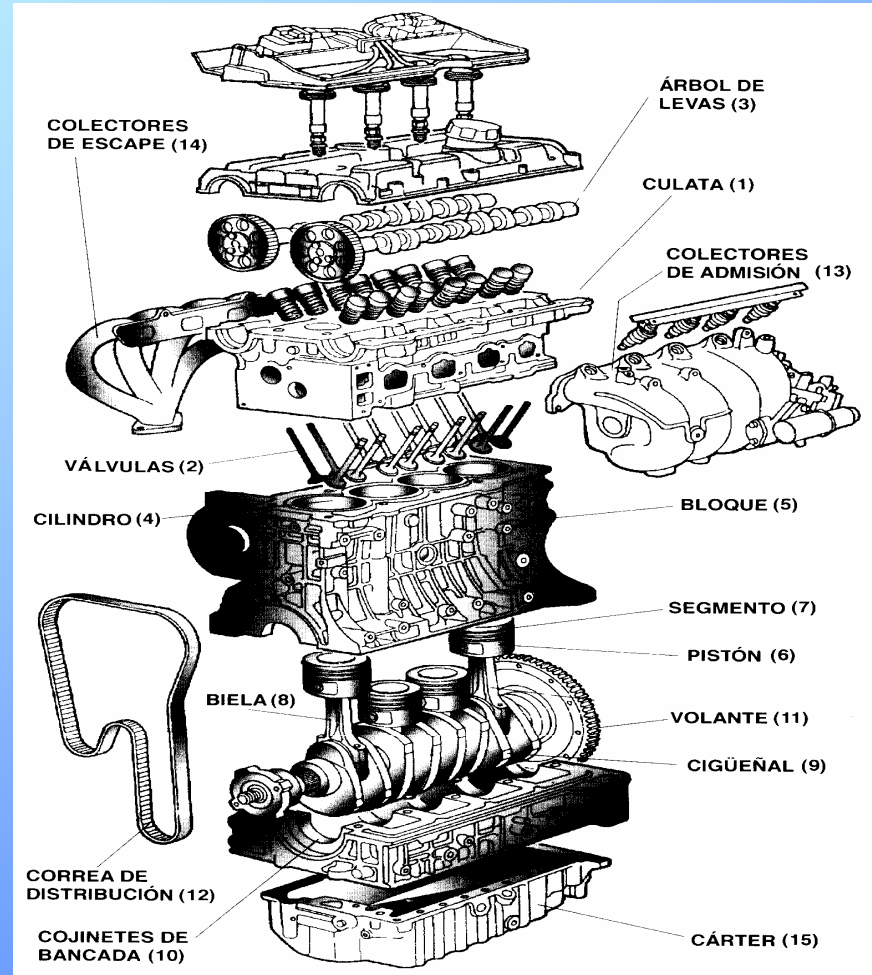


Fig. 5 Piezas del motor de combustión interna alternativo.

## CAMARA DE COMBUSTION DE MECH

Liberación de energía:  
EQ → EM

Factores que influyen:

- Tipo de combustible
- Formación de la mezcla
- Inicio de la combustión
- Grado de turbulencia
- Transferencia de calor
- Intercambio de gases
- Estructura

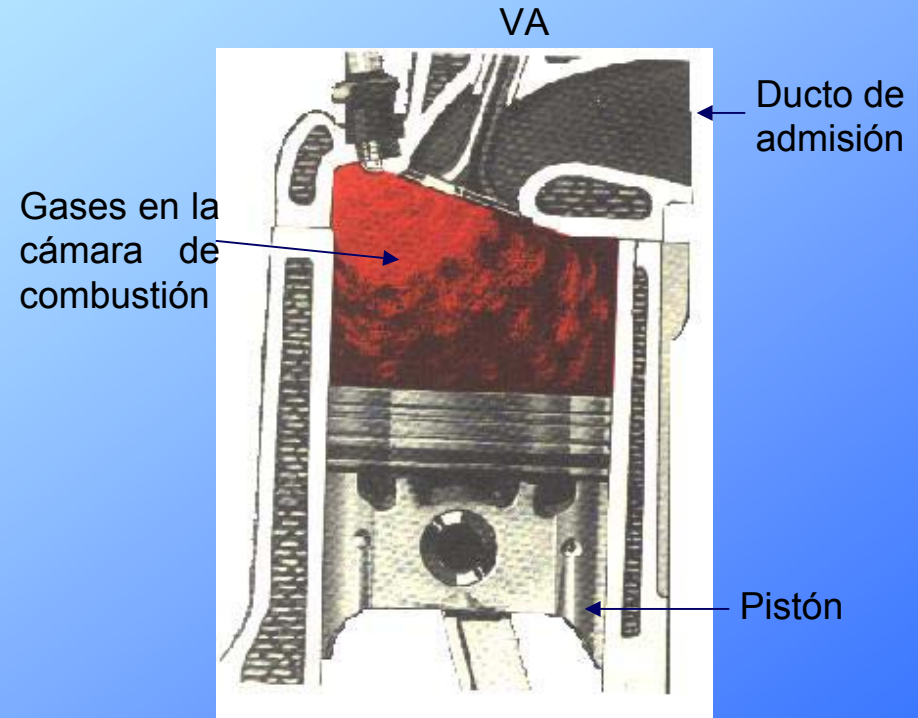


Fig. 6 Cámara de combustión de MECH tipo expulsor.

# CAMARAS DE COMBUSTION DE MEC

## Formación de mezcla

- Interna
- Grado de turbulencia
- Presión de inyección

## Tipos de motor:

- Inyección directa, ID
- Inyección indirecta, IDI

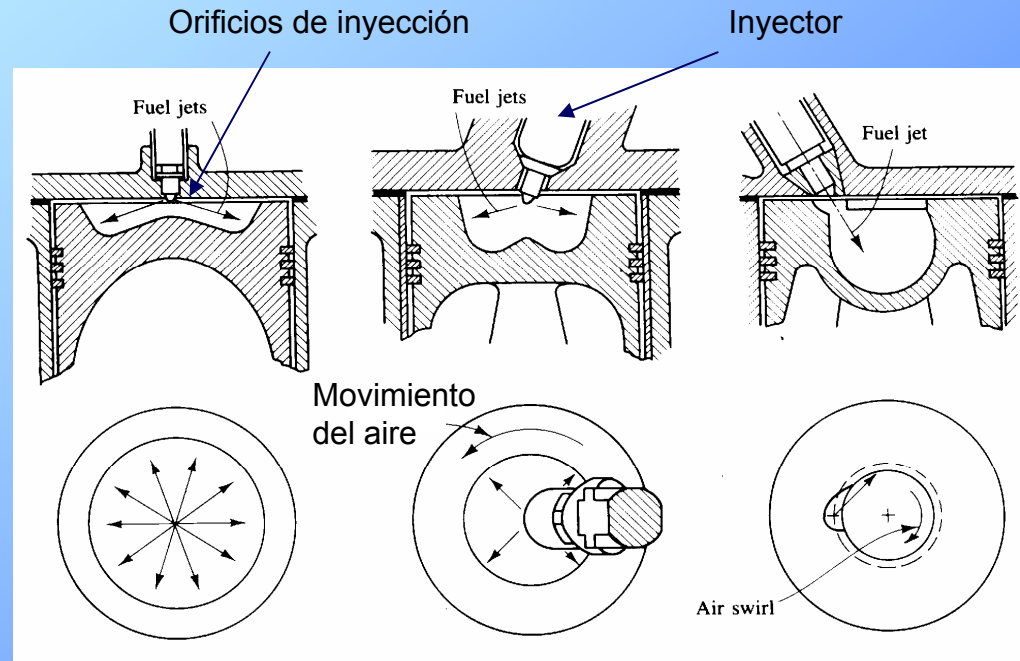


Fig. 7 Cámaras de combustión de MEC mostrando geometría, tipo y posición de inyector y características de movimiento de aire.

## FORMACION DE MEZCLA (MECH)

### Características:

- Tipos:
  - Externa e interna
- Limitaciones:
  - Mezclado
- Variación de F/A
- Calor intercambiado

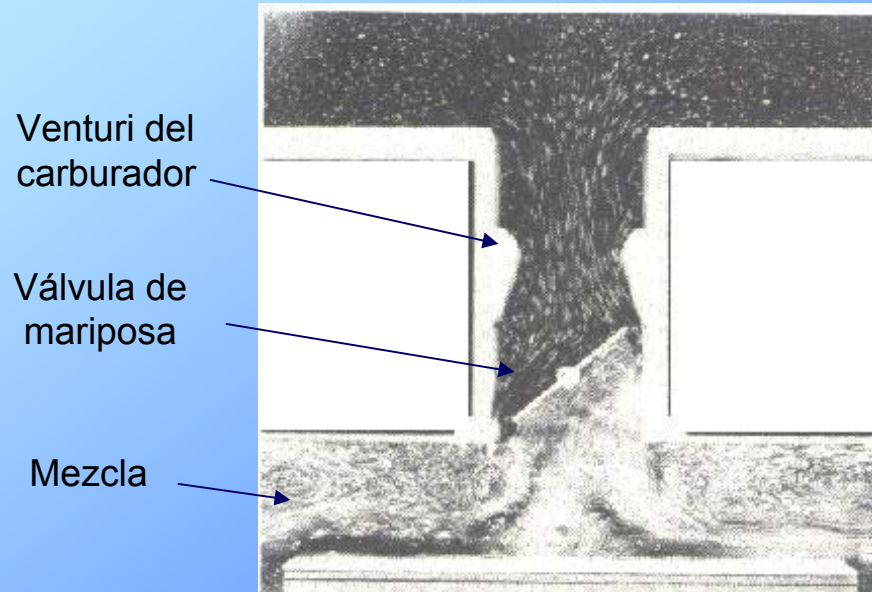


Fig. 8 Flujo de agua + partículas en el sistema de admisión de MECH.

# FLUJO DE AIRE A TRAVES DE LA VALVULA

## Torbellinos

- Formación:  
Geometría
- Tipos:  
Principales  
Secundarios

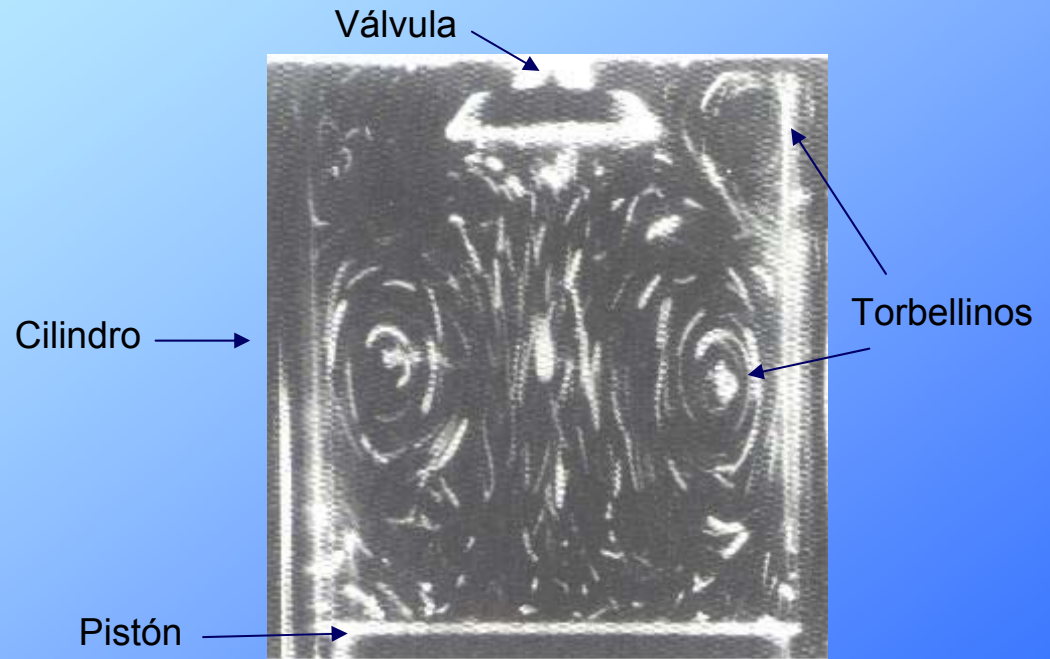


Fig. 9 Modelo plástico del cilindro de un MCI mostrando la formación de torbellinos

## MODELADO DEL FLUJO DE AIRE

En el caso de remolinos se toman en cuenta dos aspectos:

Su desarrollo: influenciado tanto por condiciones geométricas como por el propio movimiento del pistón.

Las características del giro: el giro del remolino en la esquina superior es opuesto al inducido en la corriente de entrada lo que crea una restricción que impide el llenado adecuado del cilindro.

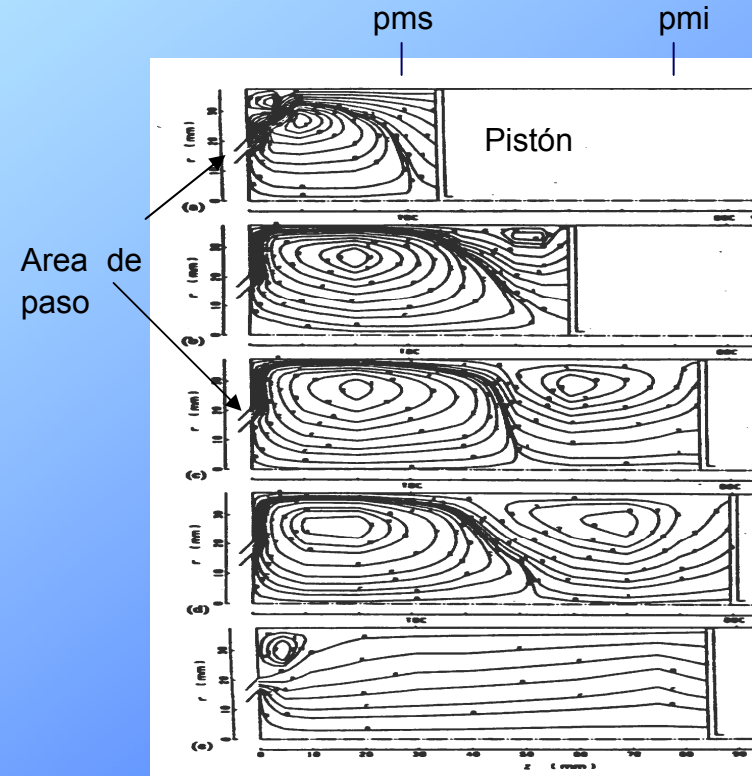


Fig. 10 Formación de remolinos al pasar aire a través de la VA

## MOVIMIENTO DE REMOLINO EN EL CILINDRO

Es inducido al aire en su paso a través de la tubería y válvula de admisión.

Para estudiar su efecto de torbellino se emplean molinetes.

Coefficiente de giro

$$C_{\text{GIRO}} = \frac{\omega_{\text{paletas}} D_p}{v_o}$$

Radio de giro en un motor

$$R_{\text{GIRO}} = \frac{\omega_{\text{flujo en rotación}}}{2\pi\pi}$$

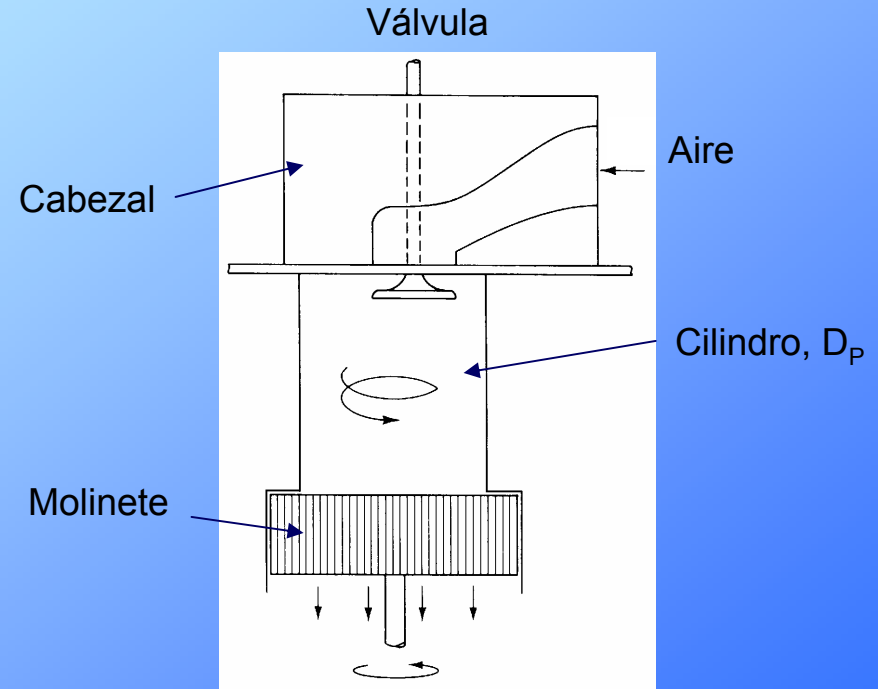


Fig. 11 Molinete montado aguas abajo de VA

# TORBELLINO EN EL INTERIOR DEL CILINDRO

Inducido:  
Cuando el pistón se aproxima al pms, para mejorar las condiciones de mezclado

- Geometría:
- a) Cámara combustión con expulsor
  - b) Cara del pistón tipo vaso profundo

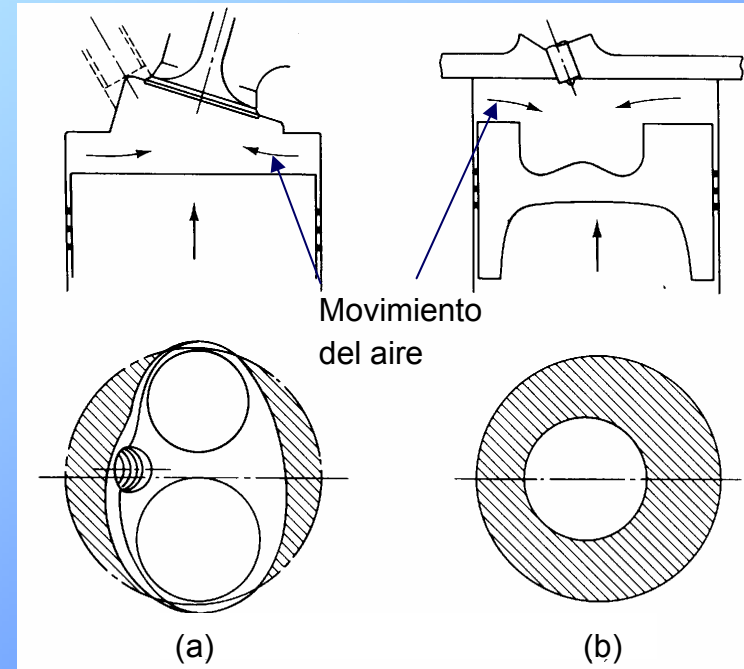
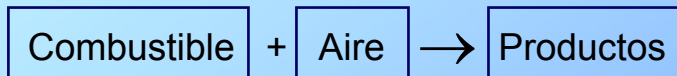
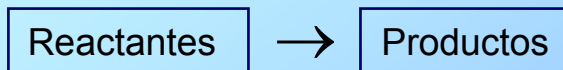


Fig. 12 Geomtría de la cc y cara del pistón que ayudan con la orientación del fluido de trabajo



## LA COMBUSTION EN MECH

Es una reacción química entre el aire y el combustible que ocurre a alta velocidad y con gran desprendimiento de calor.



Durante el desarrollo del proceso en la cámara de combustión se observa una zona muy delgada denominada frente de llama desplazándose con cierta velocidad. Esta zona de reacción química esta a elevada T.

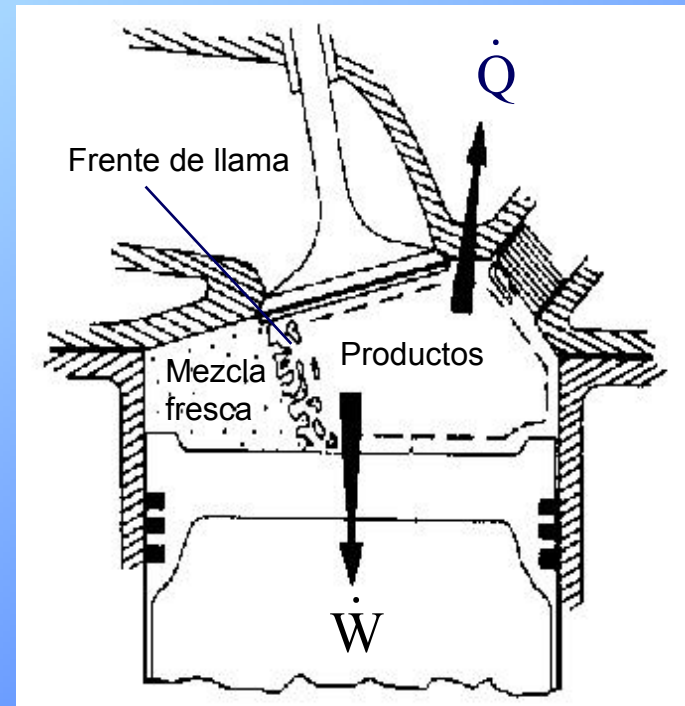
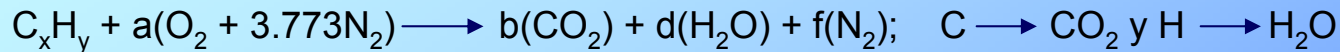


Fig. 13 Modelo de trabajo para el estudio de la combustión en un MECH

## PARAMETROS DE LA COMBUSTION EN MCIA

- Reacción química: se acelera cuando los reactantes están en fase gaseosa.



- Riqueza:

$\phi$  permite avance de la llama sin interrupciones

- Velocidad de combustión

$$U_L = \sqrt{\left(\frac{k}{\rho C_p}\right) \left(\frac{T_{ad} - T_{enc}}{T_{enc} - T_0}\right)} V_{reacción}$$

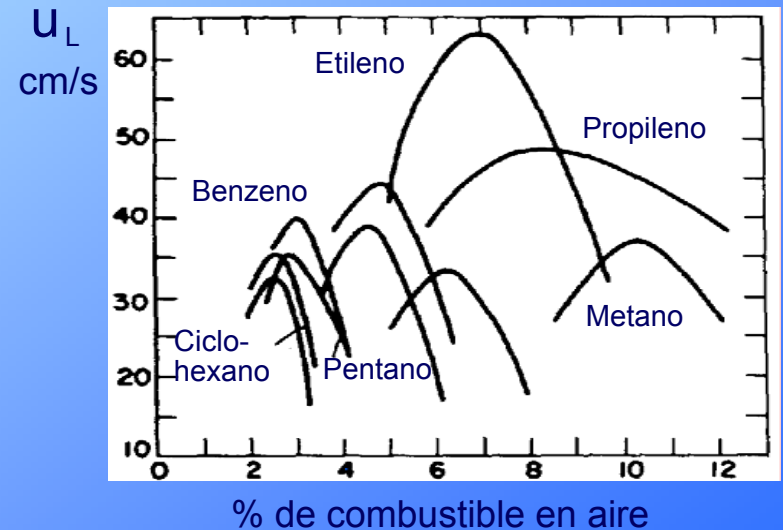


Fig. 14 Velocidad de combustión laminar para varios combustibles

# PARAMETROS DE LA COMBUSTION EN MCIA

- Espesor del frente de llama

Ej.:  $\text{CH}_4 \approx 1 \text{ mm}$

(80% calentamiento, 20% reacción)

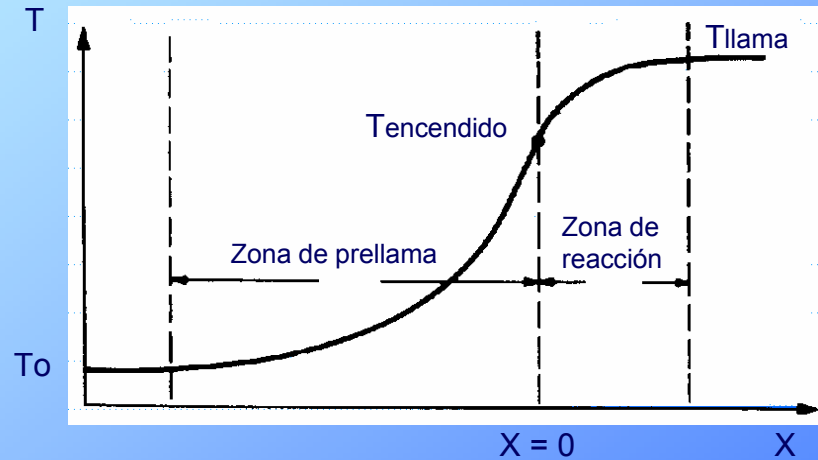


Fig. 15 Perfil de temperatura del fernte de llama

- Temperatura de llama

$T_{\max}$ : sin pérdidas de calor, combustión perfecta, sin disociación

Combustible	Formula	Hi (kJ/kg)	$T_{\text{ad}}$ (K, $\phi = 1.0$ )
Metano	$\text{CH}_4$	50016	2226
Acetileno	$\text{C}_2\text{H}_2$	48225	2539
n-Octano	$\text{C}_8\text{H}_{18}$	44791	2275
n-Dodecano	$\text{C}_{12}\text{H}_{26}$	44467	2277

## MODELOS CD y QD DE COMBUSTION EN MECH

Los modelos CD requiere de funciones empíricas para simular la razón de masa quemada a partir de datos experimentales.

$$\frac{dm_b}{d\theta} = \frac{1}{2} \left\{ 1 - \cos \pi \left[ \frac{(\theta - \theta_0)}{\Delta \theta_b} \right] \right\}$$

$$\frac{dm_b}{d\theta} = 1 - e^{-a \left[ \frac{(\theta - \theta_0)}{\Delta \theta_b} \right]^{m+1}}$$

Los modelos QD usan condiciones reales del proceso para determinar la masa quemada: la intensidad y escala de turbulencia, características del chorro, cinemática del proceso de oxidación

$$\frac{dm_b}{dt} = \rho_u A_f U_T; U_T = k U_L$$

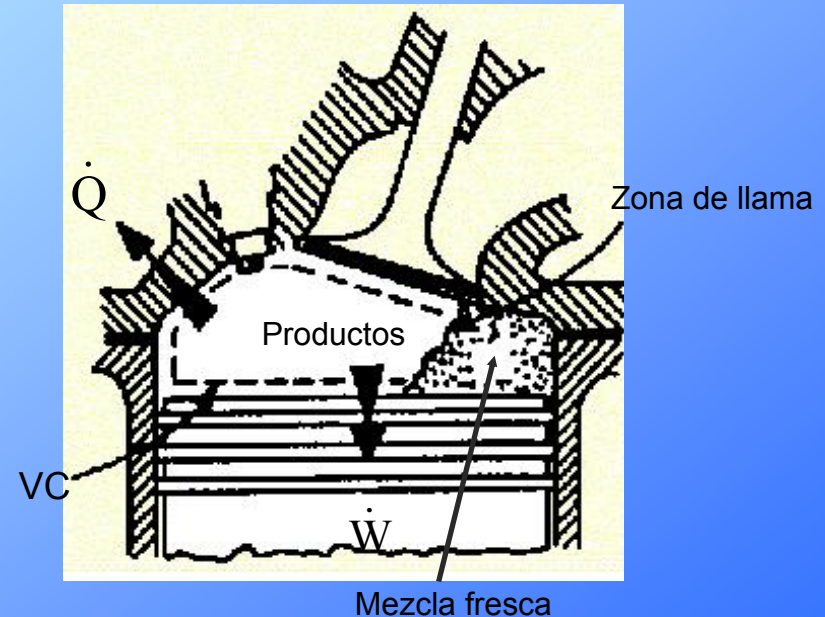
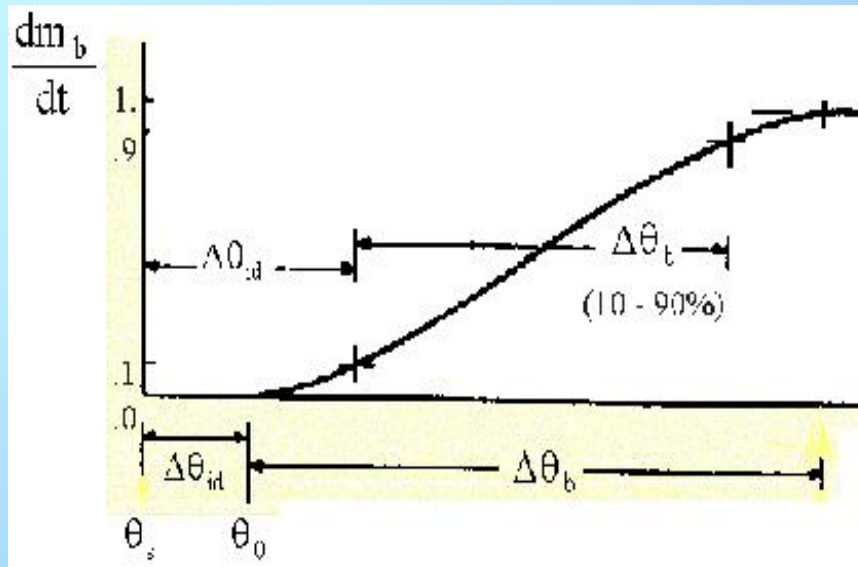


Fig. 16 Modelo de combustión de dos zonas

## PERFIL DE FRACCION DE MASA QUEMADA, MECH



$$\frac{dm_b}{dt} = 1. - \exp\left[-a\left(\frac{\theta - \theta_0}{\Delta\theta}\right)^{m+1}\right]$$

$$a = 5$$
$$m = 2$$

Fig. 17 Modelo de Wiebe para la variación de la masa quemada en función del ángulo de giro.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

---

- Arias -Paz., Manual de Automóviles. Editorial Dossat. 1981.
- Benson, R. S., Advanced Engineering Thermodynamics. 1977.
- Capetti, A., Motori Termici. 1967.
- 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.