



# Planificaciones

6719 - Máquinas Alternativas

Docente responsable: ZAMBRANO DANIEL ALBERTO

## OBJETIVOS

Que los alumnos comprendan el funcionamiento de las máquinas alternativas, de manera de poder modificar, diseñar, construir, seleccionar, recibir, ensayar, operar y mantener cualquier máquina de este tipo en una instalación industrial, fija o móvil. Podrá además dirigir la reparación de estas máquinas y aplicarlas en medios fijos o móviles.

Comprender los sistemas mecánicos y el fluido intermediario que opera sobre ellos para convertir en trabajo mecánico la energía interna de los combustibles de distinto origen, aún cuando se enfatiza en los combustibles fósiles, particularmente los derivados del petróleo.

Dentro del ejercicio profesional, los ingenieros están permanentemente utilizando motores de combustión interna en sus distintas versiones (de carburación o encendido por chispa; Diesel o encendido por compresión y turbinas de gas), por lo que resulta de singular interés que los ingenieros estén en condiciones de evaluar con conocimiento y propiedad las máximas posibilidades de aplicación de cada una de esas máquinas en las diferentes condiciones de funcionamiento.

Se incorpora el desarrollo y análisis de nuevos sistemas de conversión de energía, algunos, por el momento, de restringido uso industrial pero que seguramente alcanzarán un alto grado de desarrollo industrial y comercial en un futuro cercano.

## CONTENIDOS MÍNIMOS

-

### PROGRAMA SINTÉTICO

1. Introducción y generalidades.
2. Procesos de Combustión.
  - 2.1 Teorías generales de la Combustión.
  - 2.2 La combustión en procesos a volumen constante.
  - 2.3 La combustión en procesos a presión constante.
3. Teoría de funcionamiento de los motores.
  - 3.1 Metodología del análisis de los procesos de funcionamiento.
  - 3.2 Ciclos ideales.
  - 3.3 Ciclos límites.
  - 3.4 Ciclos indicados.
  - 3.5 Sobrealimentación.
  - 3.6 Características y rendimientos.
4. Motores de carburación/inyección
  - 4.1 Alimentación de combustibles.
  - 4.2 Sistemas de ignición.
  - 4.3 Cámaras de combustión.
  - 4.4 Lubricación en motores de carburador/inyección.
  - 4.5 Refrigeración.
  - 4.6 Combustibles.
5. Motores de ignición por compresión.
  - 5.1 Características de los motores tipo Diesel.
  - 5.2 Sistema de inyección.
  - 5.3 Instalaciones auxiliares.
  - 5.4 Cámaras de Combustión.
  - 5.5 Combustible Diesel.
6. Ensayo de Motores.
7. Motores de dos tiempos.
  - 7.1 Motores de encendido por chispa.
  - 7.2 Motores de encendido por compresión.
8. Sobrealimentación.
  - 8.1 Sobrealimentación mecánica.
  - 8.2 Turboalimentación.

## 9.0 Motores híbridos

### 9.1 Motores bicombustible

### 9.2 Motores DisOtto

### 9.3 Motores combinados con fuente eléctrica

## PROGRAMA ANALÍTICO

### UNIDAD 1 : INTRODUCCION Y GENERALIDADES.

Clasificación general de las Máquinas Térmicas. Síntesis de su evolución. Las etapas de la degradación de la energía de los motores de combustión interna. Rendimientos termodinámicas o de ciclo, cualitativo o de calidad de diseño .

Energía utilizable y el primer principio. Clasificación de los motores alternativos en función de parámetros externos e internos. Motores de cuatro y de dos tiempos. Principio de funcionamiento. Ideas referentes a la sobrealimentación. Análisis comparativo sobre las ventajas e inconvenientes de ambos tipos de maquinas. Parámetros característicos: potencia, par motor y rendimiento. Conceptos generales de selección de motores en función de factores técnico - económicos.

Ubicación de los motores térmicos alternativos y su campo de utilización dentro del cuadro general de los transformadores de energía. Perspectivas de progreso en el diseño y fabricación, teniendo en cuenta factores de contaminación ambiental y de desarrollo de otros tipos de maquinas primarias o de nuevas formas de transformación de la energía.

### UNIDAD 2 : PROCESOS DE COMBUSTION.

#### 2.1 : Teorías generales de la combustión.

Las reacciones exotérmicas como fuentes de liberación de energía térmica con intervención de oxígeno. Ecuaciones de reacción y relaciones aire - combustible. Análisis de los productos de la combustión. Métodos e instrumental de medición. Entalpías de formación y de combustión. Temperaturas de combustión. Diagramas de combustión. Equilibrio químico y fenómenos asociados de disociación. Entropía de reacción. Temperaturas de equilibrio químico. Expansiones adiabáticas reversibles con equilibrio químico. Combustión de mezclas con distintas relaciones de aire.

#### 2.2 : La combustión en procesos a volumen constante.

El proceso real de la combustión en cámaras. Reacciones previas. Etapas de la combustión. El retardo a la liberación completa de la energía térmica.

Influencias físico - químicas que afectan al desarrollo de la combustión. Proceso de pos - combustión. Técnica e instrumental para la investigación de los fenómenos de la combustión. Combustiones normales y anormales. Autoignición. Detonancia. Factores pro-detonantes. Relaciones de compresión. Temperaturas y presiones. Riquezas de mezcla. Composición de los combustibles. Numero octano. Rumble. Factores de influencia. Sistemas y factores de clasificación de combustiones normales y anormales. Influencias de las combustiones anormales en el normal funcionamiento de los motores. Rudeza de marcha.

#### 2.3 : La combustión en procesos a presión constante.

Los problemas de la inyección de combustible líquido en las cámaras de combustión. Procesos termoquímicos originados por las gotas de combustible. Factores de influencia. Retardo a la combustión. Detonancia Diesel. Teorías sobre la combustión en motores Diesel. Numero Cetano.

### UNIDAD 3 : TEORIAS DE FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES.

#### 3.1 : Metodología del análisis de los procesos de funcionamiento.

#### 3.2 : Ciclos ideales.

Condiciones previas simplificadoras. Ciclo de Carnot, Beau de Rochas, Diesel, Sabathê, Stirling, Atkinson. Rendimientos y trabajo útil. Optimización de ciclos. Análisis comparativo. Cálculo de puntos característicos. Presiones medias.

#### 3.3 : Ciclos límites.

Elementos de juicios diferenciales respecto de los ciclos ideales y factores modificativos de su trazado en el plano P - V. Pérdidas. Rendimiento y trabajo útil. Cálculo de ciclos límites. Trazado de ciclos límites.

#### 3.4 : Ciclos indicados.

Introducción de factores modificativos a los ciclos límites. Análisis de los procesos. Métodos e instrumental para la determinación de los ciclos indicados.

Trabajo útil. Rendimientos. Presiones medias. Su determinación por cálculo y con instrumentos de medición. Rendimientos volumétricos. Sistemas de variación y control de los estados de carga. Ventajas e inconvenientes. Optimización del trabajo indicado por el reglaje de la distribución y la variación del encendido. Diagramas

circulares. Influencia de los colectores o múltiples de admisión en el desarrollo del trabajo indicado. Estudio o análisis de las pérdidas. Potencia de salida. Influencia del rendimiento mecánico. Ciclos indicados en motores de dos tiempos.

### 3.5 : Sobrealimentación.

Ventajas e inconvenientes. Ciclos sobrealimentados. Esquemas de sobrealimentación. Tipos. Energía aprovechable en los gases de escape. Cálculo de sobrealimentación. Control de la sobrealimentación. Post-enfriamiento. Variación en la potencia y rendimiento en los motores sobrealimentados.

### 3.6 : Características y rendimientos.

Análisis de los trabajos y potencias indicados, de bombeo, útiles y al freno de los motores. Trabajos y potencias de arrastre. Estudio particularizado de los rendimientos. Efectos de los estrangulamientos. Curvas características de potencia, par motor, presiones medias consumos específicos y rendimientos. Factores que influyen sobre la potencia desarrollada. Parametros característicos. Optimización de las características de los motores. Los principios de semejanza y su aplicación a la predicción de las características de los motores. Comportamiento general de los motores en función de conocimiento de sus curvas y parámetros característicos. Criterios de selección en función de las necesidades operativas.

## UNIDAD 4 : MOTORES DE CARBURACION /Inyección.

### 4.1 : Alimentación de combustible.

El problema de la carburación según las características de funcionamiento del motor. Requerimientos de mezcla A/C. Posibilidades, ventajas e inconvenientes de mezclas pobres, estequiométricas y ricas. El carburador y funciones que debe satisfacer. Teoría del carburador elemental. Coeficiente de descarga. Riqueza de mezcla suministrada. Métodos y sistemas de compensación. Condiciones transitorias de funcionamiento. Mecanismos para su solución. Retrocesos de llama, explosiones en el carburador y en los sistemas de escape. Influencia de filtros y silenciadores. Efectos de la altitud, humedad y temperatura sobre la relación A/C y el comportamiento del motor. Carburadores de gas. Colectores y múltiples de admisión. Velocidades y presiones de la mezcla. Sistemas de calefacción. Efectos de la longitud y diámetro de las conducciones de alimentación sobre el rendimiento volumétrico. Diseño de sistemas. Filtros. Tipos. Selección. Colectores y múltiples de escape. Tipos. Frecuencias de pulsaciones. Estudio de las pérdidas. Diseño. Silenciadores. Frecuencias fundamentales. Sistemas de atenuación. Cámaras de resonancia. Diseño de sistemas de escape y silenciadores. Alimentación por inyección. Sistemas. Bombas de inyección. Ventajas e inconvenientes respecto al carburador. Análisis de gases de escape. emisiones, tratamiento de gases.

### 4.2 : Sistemas de ignición.

Procesos y teorías del encendido por chispa. Factores que determinan el valor de la tensión de encendido. Esquemas de conexiones. Tensiones primarias. Análisis de los elementos integrantes de un sistema de encendido. Orden de encendido. Dispositivos para la variación del encendido en función de la velocidad y estado de carga del motor. Curvas características. Aplicación de los semiconductores a los sistemas de encendido. Esquemas transistorizados, electrónicos y por descargas capacitivas. Sistemas integrados de ignición. Ventajas e inconvenientes.

### 4.3 : Cámaras de combustión.

El proceso de combustión en los motores reales de volumen constante. Variación de las temperaturas. Avance del frente de llama. Superficies de frentes en función de la ubicación de las bujías. Velocidades de reacción. Turbulencias. Diseños de cámaras en función de su grado de turbulencia. Efectos de las turbulencias elevadas en la irregularidad de la combustión. Efectos de la ubicación de las bujías en las condiciones de la combustión. Optimización de cámaras para máximas potencias. Ubicación de las válvulas.

### 4.4 : Lubricación en motores de carburador / Inyección.

Condiciones a satisfacer. Sistemas utilizados. Sistemas de refrigeración. Bombas. Filtros. Reguladores de presión. Diseño de sistemas.

### 4.5 : Refrigeración.

Análisis de las pérdidas térmicas a introducir para un correcto funcionamiento mecánico. Radiadores. Sistemas circulación natural y forzada de los fluidos refrigerantes. Características de los radiadores en los sistemas agua-aire. Temperaturas medias del agua. Diseño de radiadores. Control termostático. Conducciones. Bombas de agua. Refrigeración por aire. Sistemas natural y forzado.

### 4.6 : Carburantes.

Calificación de combustibles para fijar su aptitud como carburantes. Orígenes. Influencia de la composición

química. Comportamiento. Ensayos. Destilación. Curvas características. Poder calorífico. Escala de números octanos. Aditivos. Susceptibilidad. Combustibles primarios y de referencia. Curvas límites de detonancia. combustibles. Biocombustibles, hidrógeno GNC y GLP.

#### 4.7 : Lubricantes.

Calificación para definir su aptitud. Orígenes químicos. Propiedades. Campos de utilización. Aditivos. Escalas de propiedades físico - químicas.

### UNIDAD 5 : MOTORES DE IGNICION POR COMPRESION.

#### 5.1 : Características de los motores tipo Diesel.

Temperaturas de encendido. Relación de compresión. Características exigibles a los sistemas de inyección. Arranque de motores Diesel.

#### 5.2 : Sistemas de inyección.

Principios básicos. Forma de pulverización. Grado de pulverización. Presiones de inyección. Penetración. Dispersión. Velocidades de inyección. Regulación. Clasificación de los sistemas de inyección : campos de aplicación. Toberas inyectoras : clasificación, campos de aplicación. Ventajas e inconvenientes. Campos de aplicación. Trabajo y potencia de operación. Cañerías : problemas de alta compresión. Ondas de presión. Cálculo y diseño de sistemas de inyección. Sistema multifuel. Inyección piloto. Inyección PLD, sistema Common rail. Sistemas TDi. Sistema DiesOtto. Sistemas de tratamiento de gases y retención de partículas.

#### 5.3 : Instalaciones auxiliares.

Refrigeración. Análisis de las pérdidas térmicas. Clasificación de los sistemas de refrigeración. Campos de aplicación. Calificación de las aguas de refrigeración. Tratamientos físico-químicos. Cálculo y selección de torres de enfriamiento, Intercambiadores, bombas de circulación, filtros y cañerías. Vasos de expansión. Lubricación : condiciones exigibles. Filtros. Almacenamiento de combustibles : tratamientos previos. Arranque de motores: sistemas. Esquemas de arranque.

#### 5.4 : Cámaras de combustión.

Objetivos a cumplir. Procesos de combustión. Dispositivos auxiliares de encendido. Remolinos y turbulencia. Clasificación de cámaras de combustión. Ventajas e inconvenientes. Campos de aplicación. Cámaras especiales.

#### 5.5 : Combustibles Diesel.

Orígenes. Destilación. Tipos. Ventajas e inconvenientes. Ensayos. Poder calorífico. Escalas de calificación. Numero Cetano. Índice Diesel. Números complejos para determinar la aptitud. Aditivos. Combustibles pesados. Tratamientos. Combustibles gaseosos. Condiciones de utilización.

### UNIDAD 6 : ENSAYO MOTORES

Determinación experimental de las características de los motores. Clasificación de los ensayos. Metodología. Medición de la potencia. Frenos. Tipos. Ventajas e inconvenientes. Curvas características. Campos de aplicación. Medición del consumo. Tipos. Campos de aplicación. Pérdidas mecánicas: sistemas. Campos de aplicación. Medición del caudal de aire aspirado: sistemas. Ventajas e inconvenientes. Factores de corrección.

### UNIDAD 7 : MOTORES DE DOS TIEMPOS

Motores de dos tiempos. Características operativas. Comparación con motores de 4 tiempos. Definición de parámetros operativos particulares. Sistemas de barrido. Características funcionales de cada uno de ellos. Adaptación a determinadas condiciones operativas. Lumbreras y válvulas. Sistemas de admisión y escape. Sintonía de los múltiples de admisión y/o escape. Aumento del rendimiento.

### UNIDAD 8 : SOBREALIMENTACION

Distintos tipos. Sobrealimentación mecánica. Turbo-sobrealimentación. Sistema Compound. Características funcionales de cada uno de ellos. Aplicaciones. Ventajas y desventajas en motores de encendido por compresión vs. motores de encendido por chispa. Aprovechamiento energético. Tipos de compresores empleados. Diferentes sistemas adoptados. Acoplamiento según los estados de carga del motor. Adaptación a determinadas condiciones operativas. Motores de 4 tiempos y 2 tiempos. Campos de aplicación. La sobrealimentación como aplicación en compresión variable.

### UNIDAD 9: Motores nueva generación

Motores disotto. Concepto. Funcionamiento. motores de inyección directa en cámara tipo Otto. Mezcla pobre no homogénea. Motores híbridos. Motores a hidrógeno. Combinación motores alternativos y motores eléctricos (híbrido).

## BIBLIOGRAFÍA

### A) Básica

- \* Motores de combustión interna alternativos. Payri, Desantes. editorial REVERTE. 2011
- \* Internal Combustion Engine Fundamentals. John Heywood. McGraw-Hill.
- \* Teoría de los motores térmicos. Martínez de Vedia y Martínez. Editorial CEI.
- \* Motores de Combustión interna. E.F. Obert. Editorial CECSA.
- \* Internal Combustion Engines. V.L.Maleev. Mc Graw-Hill International Editions.
- \* Manual de la técnica del automovil. Bosch. Reverté
- \* Internal combustion engines. V. Ganesan. Mc Graw-Hill
- \* Bombas de inyección diesel en línea. Bosch.
- \* Sistema de inyección de gasolina K-jetronic. Bosch.
- \* Sistema de inyección de gasolina KE-Jetronic. Bosch
- \* Sistema de inyección common rail. Bosch

### B) De consulta

- \* Turbocharging. The Internal Combustión Engine. N.Watson, M.S. Janota. Editorial MacMillan.
- \* Traite de Machines a Combustión Interne. Serruys. Editorial DUNOD.
- \* Motores de nafta. Mesny. Editorial CEILP.
- \* Motores Diesel. Mesny. Editorial ALSINA.
- \* Thermo-Dynamic Charts for Combustión Processes. Hottel

### C) Publicaciones Complementarias

- \* SAE Journal.
- \* ASTM Transactions.

## RÉGIMEN DE CURSADA

### Metodología de enseñanza

Se utilizarán metodologías activas que permitan la participación de los alumnos, mediante estudio de problemas abiertos y trabajos prácticos, donde se demuestren las capacidades adquiridas. Se realizarán clases teóricas del tipo expositivas participativas y la aplicación de videos y presentaciones multimediales que permiten la comprensión de los fenómenos estudiados. Se utilizará además las instalaciones del laboratorio, que permite la utilización de piezas reales y la realización de ensayos que permitan al alumno tomar contacto con lo real.

- Durante el desarrollo del curso se realizarán dos trabajos prácticos (T.P.).

Cada T.P. vence a las tres semanas de su explicación. Para la firma el alumno debe aprobar el interrogatorio sobre el tema que versa dicho T.P.

Durante el curso lectivo se efectuará, como mínimo, el ensayo de un motor de encendido por compresión, dependiendo de las posibilidades del Departamento para efectuar otros ensayos.

La asistencia a estos ensayos de media hora de duración es obligatoria .

### Modalidad de Evaluación Parcial

-El alumno debe realizar dos Trabajos Prácticos sobre Motores de Combustión Interna (2).

-El alumno debe aprobar una Evaluación Parcial sobre las Unidades Temáticas de 1 a 5 (clases de 1 a 9)

-La Evaluación Integradora contiene temas de las Clases 10 a 15 y los temas de las Clases 1 a 9. Si el alumno aprueba todos los temas entonces aprueba el examen como Segundo Parcial y Coloquio Integrador. Si desaprueba los temas de las clases 1 a 9, pero aprueba el resto, aprueba la cursada.

-El alumno que apruebe la cursada debe finalmente aprobar un Coloquio Integrador consistente en un exámen oral/escrito sobre dos temas de las clases teóricas y/o de la teoría de los trabajos prácticos. Se le dan los temas al estudiante y se la otorga tiempo para ordenar sus ideas y escribir/dibujar fórmulas, gráficos y esquemas.

**CALENDARIO DE CLASES**

| Semana                 | Temas de teoría  | Resolución de problemas   | Laboratorio                           | Otro tipo              | Fecha entrega Informe TP | Bibliografía básica |
|------------------------|--|---|---------------------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|
| <1><br>09/03 al 14/03  | Introducción a las máquinas alternativas. Marco histórico. evolución                   |   |                                       |                        |                          |                     |
| <2><br>16/03 al 21/03  | Termodinámica en máquinas alternativas. procesos de combustión                         |   | Partes de un motor térmico            |                        |                          |                     |
| <3><br>23/03 al 28/03  | Procesos a volumen constante y presión constante. Ciclos combinados                    | problemas de ciclos térmicos                                    |                                       | Trabajo práctico 1     | Semana 6                 |                     |
| <4><br>30/03 al 04/04  | Ciclos límites y ciclos ideales. Rendimientos. Ciclo indicado                          | Problemas ciclos límite, indicado y rendimientos                |                                       |                        |                          |                     |
| <5><br>06/04 al 11/04  | Ciclos de bombeo. Sistema de admisión y escape   | Problemas abiertos  |                                       |                        |                          |                     |
| <6><br>13/04 al 18/04  | Introducción sobrealimentación. Procesos de combustión                                 | Problemas   | Visita laboratorio                    |                        |                          |                     |
| <7><br>20/04 al 25/04  | Sistemas de alimentación de combustible. Ciclo Otto y Diesel                           | Videos/Problemas<br>Sistemas de alimentación motores ciclo Otto | Visita laboratorio                    |                        |                          |                     |
| <8><br>27/04 al 02/05  | Sistemas de ignición. Cámaras de combustión. Lubricación y refrigeración               | Sistemas de lubricación. Cálculo. Lubricantes                   |                                       |                        |                          |                     |
| <9><br>04/05 al 09/05  | Sistemas de refrigeración, combustibles. Ciclo diesel                                  | Problemas abiertos  |                                       | Motores a GNC          |                          |                     |
| <10><br>11/05 al 16/05 | Repaso.  | 1er Parcial   |                                       |                        |                          |                     |
| <11><br>18/05 al 23/05 | Motores diesel. Bombas inyectoras. cámaras de combustión                               | Introducción banco prueba bomba inyectoras                      | Visita laboratorio y bancos de prueba | TP2                    | semana 14                |                     |
| <12><br>25/05 al 30/05 | Curvas características Curvas de utilización. análisis de motores en bancos de prueba. |   | Banco de pruebas bomba inyectora      | Ensayo Bomba inyectora |                          |                     |

| Semana                 | Temas de teoría  | Resolución de problemas            | Laboratorio | Otro tipo                      | Fecha entrega Informe TP | Bibliografía básica |
|------------------------|--|------------------------------------|-------------|--------------------------------|--------------------------|---------------------|
|                        | recepción de un motor  |                                    |             |                                |                          |                     |
| <13><br>01/06 al 06/06 | Otros tipos de inyección. Common rail  | Videos/Problemas                   |             |                                |                          |                     |
| <14><br>08/06 al 13/06 | Motores de dos tiempos Sobrealimentación. Motores rotativos (Wankel) y ciclo stirling) | Recuperatorio                      |             | Ensayo de motor                |                          |                     |
| <15><br>15/06 al 20/06 | Inyección electrónica  | Problemas motores turbocomprimidos |             | Ensayo sobre motor electrónico |                          |                     |
| <16><br>22/06 al 27/06 | Recuperatorio Parcial 2 o integrador   |                                    |             |                                |                          |                     |



## CALENDARIO DE EVALUACIONES

### Evaluación Parcial

| Oportunidad | Semana | Fecha | Hora  | Aula       |
|-------------|--------|-------|-------|------------|
| 1º          | 10     | 14/05 | 15:00 | a designar |
| 2º          | 14     | 11/06 | 15:00 | a designar |
| 3º          | 16     | 25/06 | 15:00 | a designar |
| 4º          |        |       |       |            |