

**DOCTORADO EN INGENIERÍA  
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA  
MICROCURRÍCULO**

**INFORMACIÓN DE LA ASIGNATURA**

<b>Programa académico</b>	Doctorado en Ingeniería
<b>Nombre de la asignatura</b>	Ampliación de Motores de combustión interna
<b>Código de asignatura</b>	DV1F29
<b>Semestre y año en que se imparte la asignatura</b>	Segundo semestre del 2022
<b>Profesor de la asignatura</b>	Carlos Alberto Romero Piedrahita
<b>Afiliación institucional del profesor</b>	Facultad de Tecnología
<b>Correo electrónico del profesor</b>	cromero@utp.edu.co

**DESCRIPCIÓN**

**1. Descripción y justificación de la asignatura**

*La asignatura persigue profundizar en los conceptos cursados en los cursos regulares de máquinas de combustión en los programas de Ingeniería Mecánica, teniendo como hilo conductor el diagnóstico de la combustión a partir de la presión medida en la cámara del motor, la asignatura aborda de forma detallada diversos aspectos, a nivel detallado fundamental, relativos a las técnicas (tanto teóricas como experimentales) de estudio de los Motores de combustión interna alternativos – MCIA. En particular se estudian:*

- *Diferentes técnicas experimentales de medida en MCIA, con especial hincapié en la adquisición de la señal de presión en cámara.*
- *El tratamiento de señales instantáneas para su uso en el diagnóstico de la combustión.*
- *El modelado de diversos aspectos termofluidodinámicos en MCIA como son los procesos de inyección, formación de chorro y combustión y renovación de la carga.*
- *Aspectos avanzados de transmisión de calor en motores (medida y modelado de flujos térmicos).*
- *Ajuste de incertidumbres del motor-instalación mediante procedimientos termodinámicos.*

*Con ello, se proporciona al alumno una visión amplia y fundamental, a la altura del estado del arte, de la problemática de la investigación en el campo de los MCIA.*

**2. Objetivo de la asignatura**

**3.**

*Se espera que al finalizar este curso el estudiante esté en la capacidad de explicar los procesos energéticos en los MCIA, aplicando los fundamentos termodinámicos, fluidicos, mecánicos y analíticos de predicción y diagnóstico, siendo capaz de caracterizar y procesar las señales medibles dentro de la cámara de combustión y en los sistemas y mecanismos de los MCIA, relacionando éstas con los parámetros de explotación del motor (particularmente las revoluciones, la carga, el tipo de combustible, la relación aire-combustible y las variables del sistema de encendido). En un contexto práctico, se pretende realizar mediciones de variables en los mecanismos y sistemas en el Laboratorio, en los bancos de ensayos.*

*Competencias específicas y genéricas*

*Genéricas*

- *Capacidad para el análisis y síntesis de resultados*
- *Conocimientos generales ingenieriles*
- *Habilidades informáticas medias*
- *Capacidad crítica y autocrítica*
- *Trabajo en equipo*
- *Capacidad para aplicar los conocimientos en la práctica*
- *Comunicación oral y escrita en la propia lengua*
- *Motivación por la calidad del trabajo*

- *Habilidad para trabajar de forma autónoma*

#### *Específicas*

- *Afianzar los distintos aspectos básicos de la termofluidodinámica que son de interés para comprender los procesos físicos que ocurren en un MCI.*
- *Profundizar en los aspectos termofluidodinámicos claves en un MCI.*
- *Conocer los fundamentos que justifican las soluciones tecnológicas que hoy se utilizan en el campo de los MCI y capacidad para analizarlas, criticarlas, contrastar distintas soluciones y compararla.*
- *Conocer los aspectos metodológicos más relevantes de las tareas experimentales y de modelado teórico asociadas al estudio de los MCI.*
- *Conocer los equipos empleados para la medida de señales en MCI y las incertidumbres principales del proceso de medida.*
- *Conocer las herramientas empleados para el modelado de los diferentes procesos termofluidodinámicos en un MCI, adquiriendo una actitud crítica ante estos modelos que les permita valorar su capacidad y fiabilidad.*
- *Realizar trabajos de síntesis donde apliquen los conocimientos teóricos específicos adquiridos para el modelado de diversos aspectos termofluidodinámicos en un MCI.*
- *Identificar aspectos de funcionamiento, tecnologías, desarrollos o nuevas ideas que requieran una mayor profundización en el conocimiento de los MCI.*

#### 4. Contenido de la asignatura

##### *Tema 1. Técnicas para el estudio de MCI (2 horas)*

- 1.1. *Introducción*
- 1.2. *Metodología de la investigación*
- 1.3. *Clasificación de las técnicas*
- 1.4. *Técnicas experimentales*
- 1.5. *Modelado en MCI*
  - 1.5.1. *Modelos predictivos*
  - 1.5.2. *Modelos de diagnóstico*

##### *Tema 2. Diagnóstico de la combustión a partir de la presión (2 horas)*

- 2.1. *Introducción*
- 2.2. *Proceso de diagnóstico*
- 2.3. *Incertidumbres principales*

##### *Tema 3. Instalación experimental (2 horas)*

- 3.1. *Introducción*
- 3.2. *La celda de ensayo*
- 3.3. *El motor*
  - 3.3.1. *Tipología de motores*
  - 3.3.2. *Parámetros relevantes para el diagnóstico*

##### *Tema 4. Adquisición y tratamiento de señales (4 horas)*

- 4.1. *Introducción*
- 4.2. *Señales instantáneas*
  - 4.2.1. *Presión en cámara*
  - 4.2.2. *Señal de inyección (encendido)*
- 4.3. *Variables medias*

##### *Tema 5. Modelo termodinámico de diagnóstico (4 horas)*

- 5.1. *Introducción*
- 5.2. *Cálculo del volumen instantáneo*
- 5.3. *Balance de masa instantánea*
- 5.4. *Propiedades termodinámicas*
- 5.5. *Balance de energía en arrastre y combustión*

5.6. *Cálculo de la temperatura adiabática y de productos quemados*

*Tema 6. Ajuste de incertidumbres (3 horas)*

- 6.1. *Introducción*
- 6.2. *Métodos de ajuste*
- 6.3. *Caracterización del motor-instalación*
  - 6.3.1. *Selección de incertidumbres*
  - 6.3.2. *Procedimiento de ajuste*
  - 6.3.3. *Obtención de parámetros medios*
  - 6.3.4. *¿Cuándo caracterizar?*

*Tema 7. Cálculo de la masa atrapada y pérdidas por blow-by (2 horas)*

- 7.1. *Introducción*
- 7.2. *Modelo de llenado-vaciado*
- 7.3. *Modelo de blow-by*

*Tema 8. Inyección y encendido provocado (2 horas)*

- 8.1. *Introducción*
- 8.2. *Fenomenología del proceso de inyección (encendido provocado)*
- 8.3. *Simulación de la tasa de inyección*
- 8.4. *Modelado de la de atomización – evaporación y de la formación de la mezcla*

*Tema 9. Transmisión de calor (4 horas)*

- 9.1. *Introducción*
- 9.2. *Técnicas experimentales para el estudio de la TC*
- 9.3. *Transmisión de calor por convección*
  - 9.3.1. *Modelado de la TC en el cilindro*
  - 9.3.2. *Modelado de la TC en múltiples de admisión y escape*
- 9.4. *Transmisión de calor por radiación*
- 9.5. *Cálculo de la temperatura de las paredes*

*Tema 10. Diagnóstico de las pérdidas mecánicas (2 horas)*

- 10.1. *Introducción*
- 10.2. *Diagrama indicado*
- 10.3. *Cálculo de las pérdidas por bombeo, fricción y auxiliares*

*Tema 11. Aplicación al análisis del proceso de combustión Diesel y de encendido provocado (4 horas)*

- 11.1. *Introducción*
- 11.2. *Modelado de la combustión (ACT)*
- 11.3. *Análisis a partir de la ley de liberación de calor*
  - 11.3.1. *Descripción de la sucesión temporal de procesos*
  - 11.3.2. *Parametrización del proceso de combustión*
  - 11.3.3. *Relación con formación de contaminantes y prestaciones*
  - 11.3.4. *Procesos de combustión no convencionales*
- 11.4. *Potencial y limitaciones*

*Tema 12. Control del motor basado en la presión en cámara (2 horas)*

- 12.1. *Introducción*
- 12.2. *Principios del control*
- 12.3. *Estrategias de control*
  - 12.3.1. *Control de la renovación de la carga*
  - 12.3.2. *Control de la inyección-combustión*
- 12.4. *Potencial y limitaciones*

Práctica 1. Simulación de ciclos reales (2 horas)

Práctica 2. Sistema de adquisición de datos (2 horas)

Práctica 4. Sensibilidad del diagnóstico de la combustión a incertidumbres (2 horas)

Práctica 3. Caracterización del motor-instalación (2 horas)

Práctica 5. Modelado de temperatura de paredes (2 horas)

Práctica 6. Análisis de la combustión (2 horas)

Prácticas de aula y trabajos tutelados: trabajo en pequeños grupos para la elaboración de un modelo completo de diagnóstico de la combustión o desarrollo detallado de submodelos específicos

## 5. Requisitos

Recomendable: Conocimientos recomendados para el aprendizaje de la asignatura

Asignaturas previas:

- Mecánica Teórica
- Mecánica de maquinaria
- Mecánica de fluidos
- Termodinámica
- Fenómenos de transporte de masa y energía
- Máquinas de combustión interna

## 6. Evaluación de la asignatura

La evaluación se realiza mediante la presentación de pruebas escritas y trabajos prácticos que cubren cada una de las grandes áreas de estudio. Se realiza además trabajos de indagación y profundización.

- Evaluación 1 (15 %): capítulos 1-4.
- Evaluación 2 (15 %): capítulos 5-8.
- Evaluación 3 (15 %): capítulos 9-12.

Trabajos en laboratorio y proyectos

- Diseño de una maqueta de sistema de encendido y análisis de los circuitos primario, secundario, realizando modificaciones de componentes (15%)
- Diseño de un sistema básico de diagnóstico de combustión (15%)
- Evaluación de las prácticas (25%)

## 7. Recursos

Herramientas técnicas de soporte para la enseñanza

- Presentación de trabajos relacionados con los temas transitados en clase
- Presentación y discusión de bancos de ensayos
- Valoración de la funcionalidad de los bancos de ensayos
- Presentación de trabajo de investigación formativa, aplicación al área de investigación.
- Se cuenta con presentaciones y archivos de soporte a clase dispuestos por el profesor

Recursos bibliográficos, herramientas computacionales y recursos en línea.

- Libros de texto

- [1] Notas facilitadas por el profesor
- [2] Internal combustion engines: A detailed introduction to the thermodynamics of spark and compression ignition engines, their design and development. Benson, Rowland Seider. 1979
- [3] Internal combustion engine fundamentals. Heywood, John B. Mc Graw Hill, 2018
- [4] Motores de combustión interna alternativos. Muñoz Torralbo, Manuel. Universidad Politécnica de Valencia, 2011.
- [5] Internal combustion engine modeling. Ramos, J.I.
- [6] Internal combustion engine handbook: basics, components, systems, and perspectives. Schäfer, Fred; Basshuysen, Richard van. SAE International, 2016.
- [7] Introduction to internal combustion engines. Stone, Richard. Society Automotive Engineers, 1993.
- [8] The internal-combustion engine in theory and practice. Taylor, Charles Fayette. John Wiley & Sons: New York & London, 1960.

- [9] An introduction to computational fluid dynamics: the finite volume methods Versteeg, H.K., Malalasekera W. Pearson Education Limited, 2007
  - [10] Turbocharging the internal combustion engine. Watson, N, Janota, M. S. The McMillan Pres LTD, 1982.
  - [11] Aportación al diagnóstico de la combustión en motores Diesel de inyección directa. Martín, J. Tesis doctoral, UPV, 2007.
  - [12] Contribución al conocimiento del comportamiento térmico y la gestión térmica de los motores de combustión interna alternativos. Romero, P. C. A. Tesis doctoral, UPV, 2009.
- Herramientas computacionales
    - Python
    - Matlab™
    - Herramientas ofimáticas
  - Recursos en línea
    - Bases de datos suscritas por la Universidad Tecnológica de Pereira