

<b>Asignatura:</b>	<b>FUNDAMENTOS DE COMBUSTION</b>			<b>Código:</b>	IM-075
<b>Prelaciones:</b>	MOTORES DE COMBUSTION INTERNA TRANSFERENCIA DE CALOR			<b>Período:</b>	9° SEM
<b>Tipo:</b>	ELECTIVA				
<b>Carrera:</b>	INGENIERIA MECANICA				
<b>Departamento de adscripción de asignatura:</b>	CIENCIAS TERMICAS				
	<b>Teoría</b>	<b>Práctica</b>	<b>Laboratorio</b>	<b>Total</b>	<b>Unidades Crédito</b>
<b>Horas / semana</b>	3	2	0	5	
<b>Horas / semestre</b>	54	36	0	90	4

### JUSTIFICACION

La materia esta orientada para reforzar los conocimientos generales de combustión que debe tener un ingeniero mecánico que desee desempeñarse en el campo de la generación de energía. El objetivo principal es mejorar conocimiento del proceso de combustión de manera que pueda entender la complejidad del proceso a partir de las ecuaciones que rigen dicho fenómeno. El curso se orienta empezando con el estudio de las propiedades básicas de los combustibles, documentando los aspectos mas importantes del proceso, planteando la derivación de las ecuaciones que rigen la combustión y buscando la capacidad para desarrollar algunos modelos que permitan estudiar la combustión. Con la finalidad de que el futuro ingeniero mecánico entienda los procesos de combustión en diversos tipos de quemadores industriales, se estudian las características de quemado de llamas laminares premezcladas y difusivas.

### REQUERIMIENTOS

- Conocimientos sobre Termodinámica, Transferencia de Calor, Mecánica de los Fluidos y Motores de Combustión Interna.
- Dominio general de algún lenguaje de programación.
- Manejo de técnicas de cálculo basada en métodos numéricos.
- Habilidad en el manejo de herramientas como: hojas de cálculo, paquetes para graficar, etc.

### OBJETIVOS GENERALES

- Dominar los términos relacionados con propiedades de los combustibles.
- Dominar los términos y definiciones empleados en reacciones químicas.
- Manejar los conceptos básicos de transferencia de masa.
- Conocer y manejar los mecanismos de reacción elementales y globales.
- Manejar y aplicar las ecuaciones para conservación de flujos reactantes.
- Conocer y aplicar la teoría de los diversos tipos de llamas.
- Dominar y aplicar los conceptos de combustión con llamas premezcladas y difusivas.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Diferenciar los tipos de combustibles basándose en sus propiedades físicas.
- Conocer las características de emisión de los combustibles.
- Conocer las limitaciones de uso de los diversos combustibles.
- Aplicar el principio de la Primera Ley a procesos a volumen y presión constantes.
- Determinación de poder calorífico y temperatura de llama adiabática.
- Entender el proceso de transferencia de masa.
- Definir la ley que rige el fenómeno de transferencia de masa.
- Definir la expresión de conservación de especies químicas de la combustión.

- 
- Aplicar los conceptos de transferencia de masa a problemas físicos.
  - Entender y aplicar el principio de formación de especies químicas.
  - Desarrollar expresiones para el cálculo de la producción neta de especies químicas.
  - Calcular la constante de reacción a partir de la constante de equilibrio químico.
  - Determinar la formación de especies químicas usando mecanismos globales de combustión.
  - Entender las condiciones ideales bajo las cuales se estudian los sistemas de reacción.
  - Adquirir habilidad para realizar estudios de los sistemas de combustión en función del tiempo.
  - Entender la esencia física y química de la combustión.
  - Adquirir habilidad para la obtención de las ecuaciones que gobiernan el proceso de combustión.
  - Entender la teoría sobre propagación de llamas premezcladas.
  - Determinar la ecuación que gobierna la velocidad de combustión laminar.
  - Analizar los factores que afectan la velocidad de combustión laminar.
  - Estar en capacidad de modelar la velocidad de combustión.
  - Entender la teoría sobre llamas difusivas.
  - Determinar la ecuación que gobierna la presencia del jet.
  - Analizar los factores que afectan la longitud de la llama.
  - Estar en capacidad de obtener las condiciones que definen una llama difusiva.

## **CONTENIDOS**

### **CONTENIDO PROGRAMATICO TEORICO PRACTICO**

#### **Tema 1. Teoría sobre Combustibles.**

Combustibles gaseosos. Propiedades de los combustibles gaseosos: análisis volumétrico, densidad, poder calorífico. Combustibles líquidos. Propiedades de los combustibles líquidos: poder calorífico, gravedad específica, viscosidad, punto de evaporación, temperatura de autoencendido, número de Octano, retardo a la inflamación, número de Cetano. Tipos de combustible líquido. Calidad de la gasolina. Emisiones de la gasolina. Calidad del combustible diesel. Emisiones del combustible diesel. Combustibles sólidos: biomasa, carbón, residuos.  
8 horas (4 teóricas y 4 prácticas).

#### **Tema 2. Termodinámica de la Combustión.**

Repaso de relación entre propiedades: extensivas e intensivas, ecuación de estado, ecuaciones energía interna y entalpía, mezcla de gases ideales, calor latente de vaporización. Usos de la primera ley para sistemas a volumen y presión constante. Estequiometría de la combustión. Entalpía de formación. Entalpía de combustión y poder calorífico. Temperatura de llama adiabática. Equilibrio químico: función de Gibbs, sistemas complejos. Productos de combustión en equilibrio: equilibrio total, reacción agua-gas, efectos de presión. Aplicaciones.  
10 horas (6 teóricas y 4 prácticas).

#### **Tema 3. Transferencia de Masa.**

Herramientas de transferencia de masa: Ley de difusión de Fick: condiciones de restricción, coeficiente de difusión. Conservación de especies: para un volumen de control, condiciones iniciales y de borde. Comparaciones con el proceso de transferencia de calor por conducción. Aplicaciones de transferencia de masa: condiciones de frontera líquido-vapor, evaporación de una gota.  
8 horas (4 teóricas y 4 prácticas).

#### **Tema 4. La Cinética Química de la Combustión.**

Razón de formación de especies químicas. Ley de Acción de Masa. Ecuación de Arrhenius. Razón de reacción. Reacciones elementales de combustión: reacción de primer orden, reacción bimolecular, reacción de tercer orden. Reacciones consecutivas. Razón de reacción para mecanismos multietápicos: producción neta, relación entre las constantes de reacción y de equilibrio químico, aproximación de estado estable. Reacciones globales de combustión: un paso y dos pasos. Oxidación del monóxido de carbono. Cinemática de los óxidos de nitrógeno: mecanismos de Zeldovich.  
10 horas (6 teóricas y 4 prácticas).

---

---

### **Tema 5. Relación Química Termodinámica de los Sistemas Reactantes.**

Reactor con masa fija y presión constante: aplicación de la Ley de Conservación de Masa. Reactor con masa fija y volumen constante: aplicación de la Ley de Conservación de Masa. Reactor ideal (Well-Stirred): aplicación de la Ley de Conservación de Masa. Reactor de flujo: aplicación de la Ley de Conservación de Masa.

8 horas (4 teóricas y 2 prácticas).

### **Tema 6. Ecuaciones de Conservación para Flujos Reactantes.**

Ecuación de conservación de masa. Ecuación de conservación de especies. Ecuaciones de conservación de momento: unidimensional y bidimensional. Ecuación de conservación de energía: forma general unidimensional, formas de Shvad-Zeldovich. Propiedad escalar: fracción de mezcla, conservación de fracción de mezcla, ecuación de energía escalar.

10 horas (10 teóricas).

### **Tema 7. Teoría sobre Llamas Laminas Premezcladas.**

Descripción física: definición, características principales, llamas de laboratorio. Análisis simplificado sobre la teoría de llamas laminas: suposiciones, leyes de conservación (masa, especies y energía). Factores que afectan la velocidad y espesor de las llamas laminas: temperatura, presión, riqueza, combustible. Correlaciones de velocidad de llama laminar. Apagado de llama. Límites de inflamabilidad. Encendido: análisis simplificado, efectos de la presión y temperatura.

10 horas (6 teóricas y 4 prácticas).

### **Tema 8. Teoría sobre Llamas Laminas Difusivas.**

Jet de densidad constante no reaccionante: descripción física, suposiciones, leyes de conservación (masa, especies y energía), condiciones de borde. Descripción física del jet. Suposiciones iniciales, leyes de conservación (masa, especies y energía), relaciones adicionales, intento de solución empleando el método escalar: fracción de mezcla, entalpía absoluta, ecuaciones adimensionales, suposiciones adicionales, relaciones de estado. Métodos de solución. Longitud de la llama. Factores que afectan la longitud de la llama: geométricos, razón de flujo, Estequiometría de la mezcla.

10 horas (6 teóricas y 4 prácticas).

## **ESTRATEGIAS METODOLOGICAS**

- Estudio dirigido, no independiente, mediante el dictado de clases teóricas presenciales y participativas, apoyadas por contenidos en la Web y herramientas de Internet.
- La participación activa del estudiante es fundamental para el avance conceptual del curso.
- Desarrollo de ejercicios dirigidos por el profesor en el salón de clase.
- Empleo de programas y otras herramientas para la resolución de problemas.
- Resolución de tareas.
- Debates presenciales sobre los temas relacionados con el contenido programático del curso.

## **ESTRATEGIAS DE EVALUACION**

- Resolución de ejercicios. El estudiante debe ejercitarse realizando los ejercicios propuestos por temas. Puede consultar dudas al profesor y debe entregarlos para su evaluación.
  - Participación activa del estudiante en debates que permitan aclarar las dudas presentadas en el momento de la exposición.
  - Evaluaciones teórico prácticas: se realizan seis evaluaciones parciales, sin examen diferido.
    - 1<sup>er</sup> parcial: temas 1 y 2.
    - 2<sup>do</sup> parcial: temas 3 y 4.
    - 3<sup>er</sup> parcial: tema 5.
    - 4<sup>to</sup> parcial: tema 6.
    - 5<sup>to</sup> parcial: tema 7.
    - 6<sup>to</sup> parcial: tema 8.
  - La nota definitiva es el promedio de los parciales.
-

## **BIBLIOGRAFIA**

- Desantes, J. M. y Lapuerta, M., *Fundamentos de Combustión*. Universidad Politécnica de Valencia., 1991.
- Gary L. B. and Kenneth W. R., *Combustion Engineering*. 1998.
- Heywood, J. B., *Internal Combustion Engines Fundamentals*. Mc. GrawHill 1988.
- Jovaj, M. S., *Motores de Automóvil*. Editorial MIR. 1982.
- Kuo, K. K., *Principles of Combustion*. John Wiley & Sons. 1986.
- Lapuerta, M. A. y Hernández J. J., *Tecnologías de la Combustión*. Universidad Castilla de la Mancha. 1998.
- L. R. Lilly., *Diesel Engine Reference Book*. 1985.
- Obert, E. F., *Internal Combustion Engines*. 1980.
- Salvi, G., *La Combustión Teoría y Aplicaciones*. Editorial Dossat. 1984.
- Stephen R. Turns., *An Introduction to Combustion Concepts and Applications*. 1996.
- Taylor, C. F., *The internal Combustion Engine*. 1961.
- Wark, K., *Termodinámica*. Mc GrawHill. 1984.

**Fecha de elaboración del programa: 14 de Junio de 2004.**

**Programa Elaborado por: Jesús O. Araque**

**Firma y Sello del Departamento.**

**Firma y sello de Escuela.**