

## 1. Datos Generales de la asignatura

<b>Nombre de la asignatura:</b>	<b>Transferencia de Calor</b>
<b>Clave de la asignatura:</b>	<b>EME-1030</b>
<b>SATCA<sup>1</sup>:</b>	<b>3-1-4</b>
<b>Carrera:</b>	<b>Ingeniería Electromecánica</b>

## 2. Presentación

<p><b>Caracterización de la asignatura</b></p> <p>Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Electromecánico conocimientos que le permiten adquirir competencias necesarias para analizar los fenómenos de transferencia de calor que intervienen en los diferentes sistemas electromecánicos para, la evaluación, el diseño y mantenimiento, con el fin de hacer un uso eficiente de la energía, evitando en su medida la contaminación del medio ambiente.</p>
<p><b>Intención didáctica</b></p> <p>Se organiza el temario en seis temas, agrupando los contenidos de la asignatura de una manera lógica que permite comprender y visualizar cada tema, obteniendo las competencias más significativas, sugiriendo actividades teóricas y prácticas que permitan una integración, desarrollo personal y competencias reales para desarrollar procesos lógicos de inducción-deducción y análisis-síntesis. Durante el desarrollo de la materia se obtendrán experiencias concretas con base a actividades cotidianas para que el alumno, reconozca y analice los fenómenos de transferencia de calor que existen a su alrededor, con el fin de identificar datos relevantes, de manera autónoma. Es necesario que el profesor ponga un mayor énfasis en los temas que más tienen aplicación en su zona de influencia, para determinar actividades con una aplicación y comprensión de las actividades de esta asignatura. También el profesor debe considerar el desarrollo de prácticas y visitas industriales para el desarrollo del contenido. En el tema uno se analizarán los mecanismo físico de la conducción, de manera que el estudiante comprenda la manera en que ésta se da; se obtendrá la ecuación de conducción de calor y se resolverán problemas en una y dos dimensiones; puede mencionarse el hecho de la existencia de transferencia de calor en tres dimensiones; también se deberán conocer los materiales y sistemas aislantes, de manera que se pueda realizar su selección y diseño. En el tema dos se deberán aclarar al estudiante las necesidades del cálculo de la conducción en estado transitorio en la práctica, analizar la ecuación diferencial de conducción en estado transitorio y aplicar métodos numéricos para el cálculo de los sistemas en estado transitorio que se requiera. En el tema tres, se deberán estudiar los fundamentos físicos de la convección natural y analizar las diferentes geometrías. Deberá hacerse especial énfasis en el caso especial de las aletas, utilizadas en sistemas electrónicos, eléctricos y mecánicos. En el tema cuatro, se ampliará el tema de convección, incluyendo sistemas de convección forzada, estudiando los fundamentos físicos y sus características, las ecuaciones empíricas encontradas en la bibliografía y sus principales aplicaciones. Deberá hacerse especial énfasis en sistemas de flujo externo y flujo interno, y los equipos en los que éstos se presentan, enfocado a la ingeniería. En el tema cinco se analizarán la transferencia de calor con cambio de fase, tales como la condensación y la ebullición. Deberá hacerse especial énfasis en aplicaciones en máquinas térmicas.</p>

<sup>1</sup> Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

En el tema seis se estudiarán a detalle la radiación térmica, su mecanismo físico, las leyes inmiscuidas y los conceptos del tema. Se deberán realizar cálculos de radiación producida por equipos utilizados en ingeniería.

### 3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico Superior de Irapuato, del 24 al 28 de agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Centla, Ciudad Jiménez, Ciudad Juárez, Delicias, Huichapan, Irapuato, Jocotitlán, La Sierra Norte de Puebla, Lagos de Moreno, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Libres, Linares, Los Mochis, Minatitlán, Occidente del Estado de Hidalgo, Ocotlán, Oriente del Estado de Hidalgo, Parral, Puerto Vallarta, Tamazula De Gordiano, Tijuana, Tlalnepantla, Tlaxco, Toluca, Tuxtepec, Xalapa y Zacatecas.	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de Mexicali, del 25 al 29 de enero del 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Centla, Ciudad Jiménez, Ciudad Juárez, Huichapan, Irapuato, Jocotitlán, La Sierra Norte de Puebla, Lagos de Moreno, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Libres, Los Mochis, Mexicali, Minatitlán, Occidente del Estado de Hidalgo, Ocotlán, Oriente del Estado de Hidalgo, Parral, Puerto Vallarta, Tamazula de Gordiano, Tlaxco, Toluca, Tuxtepec, Xalapa y Zacatecas.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica e Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de la Laguna, del 26 al 29 de noviembre de 2012.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Apizaco, Oriente del Estado de Hidalgo, La Paz, La Región Sierra, Los Cabos, Delicias, Ensenada, Chihuahua, Iguala, Lázaro Cárdenas, Lerdo, Los Ríos, Matamoros, Minatitlán,	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería Eléctrica, Ingeniería Electromecánica, Ingeniería Electrónica, Ingeniería

	Mulegé, Nuevo Casas Grandes, Puerto Progreso, Puerto Vallarta, Tapachula y Zacatepec.	Mecánica e Ingeniería Mecatrónica.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Boca del Río, Celaya, Mérida, Orizaba, Puerto Vallarta y Veracruz.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.
Tecnológico Nacional de México, del 25 al 26 de agosto de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Aguascalientes, Apizaco, Boca del Río, Celaya, Cerro Azul, Cd. Juárez, Cd. Madero, Chihuahua, Coacalco, Coatzacoalcos, Durango, Ecatepec, La Laguna, Lerdo, Matamoros, Mérida, Mexicali, Motúl, Nuevo Laredo, Orizaba, Pachuca, Poza Rica, Progreso, Reynosa, Saltillo, Santiago Papasquiari, Tantoyuca, Tlalnepantla, Toluca, Veracruz, Villahermosa, Zacatecas y Zacatepec. Representantes de Petróleos Mexicanos (PEMEX).	Reunión de trabajo para la actualización de los planes de estudio del sector energético, con la participación de PEMEX.

#### 4. Competencia(s) a desarrollar

<b>Competencia(s) específica(s) de la asignatura</b>
Aplica, interpreta y evalúa, las leyes de transferencia de calor donde intervienen los sistemas electromecánicos

#### 5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar las leyes de la termodinámica en sistemas electromecánicos.</li> <li>• Emplear los conceptos de calor, temperatura y calor específico.</li> <li>• Tener conocimientos de cálculo diferencial e integral para la solución de problemas del área.</li> <li>• Aplicar propiedades térmicas de los materiales y de los fluidos.</li> <li>• Realizar estadísticas en mediciones físicas, mecánicas y de propiedades termodinámicas.</li> </ul>
--

#### 6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Conducción en estado estable.	1.1. Mecanismo físico de la conducción. 1.2. Conductividad térmica. 1.3. Ecuación de conducción de calor. 1.4. Conducción unidireccional.

		1.5. Conducción bidimensional. 1.6. Selección y diseño de aislantes.
2	Conducción en estado transitorio	2.1 Análisis por parámetros del transitorio. 2.2 Pared plana. 2.3 Sistemas radiales. 2.4 Aplicación de análisis numérico (diferencias finitas, volumen finito).
3	Convección natural.	3.1. Fundamentos físicos. 3.2. Convección natural sobre una placa vertical. 3.3. Correlaciones para otras geometrías. 3.4. Aplicaciones en placas, cilindros, esferas y en casos especiales como aletas.
4	Convección forzada.	4.1. Fundamentos físicos. 4.2. Números dimensionales. 4.3. Ecuaciones empíricas. 4.4. Placa plana. 4.5. Tubo circular. Aplicaciones en intercambiadores de calor. 4.6. Correlaciones para flujo externo. 4.7. Correlaciones para flujo interno.
5	Transferencia con cambio de fase.	5.1 Mecanismos físicos de la condensación. 5.2 Mecanismo físico de la ebullición. 5.3 Evaluación de coeficientes locales. 5.4 Aplicación en evaporadores y condensadores.
6	Radiación Térmica	6.1. Mecanismo físico de radiación. 6.2. Leyes de radiación. 6.3. Emisividad, Absorción, Reflexión y Transmisión de Superficiales. 6.4. Factor de forma. 6.5. Intercambio de calor por radiación entre cuerpos negros. 6.6. Intercambio de calor por radiación entre superficies grises. 6.7. Cálculo de radiación en hornos.

## 7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Conducción en estado estable.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Analizar la distribución de temperatura y la transferencia de calor por conducción en estado estable unidimensional y bidimensional, y aplicarlos en la solución de problemas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Describir el mecanismo físico de la conducción de calor mediante un modelo didáctico.</li> <li>• Exponer el modelo matemático de la conducción de calor (Ley de Fourier).</li> <li>• Elaborar un resumen que explique la conductividad y difusividad térmica</li> </ul>

<p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>• Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión.</li> <li>• Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>• Capacidad para formular y gestionar proyectos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar la 1ra ley de la termodinámica a un cuerpo sólido para deducir la ecuación general de conducción de calor y expresarla en coordenadas cartesianas y cilíndricas e Identificar las diferentes condiciones iniciales y de frontera.</li> <li>• Calcular la distribución de temperatura y la transferencia de calor unidimensional en estado estable, sin generación interna de calor en una pared plana.</li> <li>• Usar la analogía eléctrica-térmica y definir el concepto de resistencia térmica, para resolver problemas en cilindros compuestos.</li> <li>• Aplicar el concepto de circuito térmico para resolver problemas en paredes compuestas.</li> <li>• Calcular la distribución de temperatura y la transferencia de calor unidimensional, sin generación interna de calor en un cilindro.</li> <li>• Resolver problemas donde utilice el concepto de radio crítico de aislamiento.</li> <li>• Definir mediante una ecuación matemática el coeficiente global de transferencia de calor en cilindros.</li> <li>• Deducir la transferencia de calor unidireccional en estado estable con generación interna de calor en una pared plana y en un cilindro.</li> <li>• Investigar los métodos para analizar sistemas bidimensionales en estado estable.</li> <li>• Evaluar y diseñar aislamientos térmicos a baja y a alta temperatura.</li> <li>• Determinar con los estudiantes el o los proyectos de asignatura que desarrollará(n) durante la clase.</li> </ul>
<p>2. Conducción en estado transitorio.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Competencias</b></p> <p>Específica(s): Aplicar las soluciones analíticas, gráficas o numéricas para resolver problemas de transferencia de calor por conducción en estado transitorio, en una o más dimensiones.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>• Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión.</li> </ul>	<p style="text-align: center;"><b>Actividades de aprendizaje</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar y mediante un diagrama formular el problema general de conducción en estado transitorio.</li> <li>• Analizar y resolver problemas en sistemas transitorios donde la resistencia interna es despreciable.</li> <li>• Elaborar un diagrama y explicar la analogía eléctrica de fenómenos transitorios.</li> <li>• Investigar, resumir y presentar la solución exacta y aproximada de una pared plana infinita, un cilindro infinito y una esfera y aplicar a diversos problemas.</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades en el uso de las tecnologías de la información y de la comunicación</li> <li>• Habilidades para buscar, procesar y analizar información procedente de fuentes diversas.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar la solución al problema del sólido semi-infinito, interpretarla y aplicarla a diversas situaciones prácticas.</li> <li>• Aplicar los resultados de los problemas unidimensionales a situaciones multidimensionales.</li> <li>• Utilizar un software para el análisis de problemas.</li> </ul>
<b>3. Convección natural.</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p>Específica(s): Calcular el coeficiente de transferencia de calor por convección natural o libre para diferentes situaciones prácticas.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Discutir los fundamentos físicos relacionados con la convección natural.</li> <li>• Analizar la convección natural sobre una placa vertical.</li> <li>• Aplicar las correlaciones para otras geometrías.</li> <li>• Resolver problemas de diferentes situaciones prácticas.</li> <li>• Realizar estudio de casos reales sobre el cálculo de convección natural.</li> <li>• Discutir en clase los distintos tipos de aletas y sus usos.</li> <li>• Analizar el balance de energía en una aleta de perfil rectangular.</li> <li>• Obtención de una ecuación diferencial general que describa la transferencia de calor en una aleta.</li> <li>• Analizar las distintas condiciones de frontera presentadas en las aletas.</li> <li>• Cálculo de la transferencia de calor de distintos tipos de aletas y distintos arreglos de aletas.</li> <li>• Segunda revisión del proyecto de la asignatura.</li> </ul>
<b>4. Convección forzada.</b>	
<b>Competencias</b>	<b>Actividades de aprendizaje</b>
<p>Específica(s): Calcular el coeficiente de transferencia de calor por convección forzada para diferentes ejemplos prácticos de flujo externo e interno.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>• Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>• Capacidad crítica y autocrítica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Describir el mecanismo físico de la transferencia de calor por convección.</li> <li>• Analizar la convección forzada en una placa con régimen laminar.</li> <li>• Calcular la convección forzada en un tubo circular con diferentes regímenes de flujos.</li> <li>• Interpretar y aplicar las correlaciones para flujo externo.</li> <li>• Interpretar y aplicar las correlaciones para flujo interno.</li> <li>• Inducir diferentes situaciones prácticas en problemas de convección forzada.</li> <li>• Tercera revisión del proyecto de la asignatura.</li> </ul>

5. Transferencia con cambio de fase.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Evaluar los coeficientes locales de transferencia de calor en la condensación y en la ebullición así como calcular los flujos de calor en modelos prácticos.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica.</li> <li>• Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Describir los mecanismos físicos de la condensación.</li> <li>• Describir los mecanismos físicos de la ebullición.</li> <li>• Analizar y evaluar la condensación y la ebullición.</li> <li>• Describir los mecanismos físicos de la ebullición.</li> <li>• Interpretar y aplicar las relaciones empíricas para evaluar la ebullición y condensación a través de experimentos prácticos.</li> <li>• Observar y realizar un estudio de casos reales de la condensación y ebullición.</li> <li>• Cuarta revisión del proyecto de la asignatura.</li> </ul>
6. Radiación Térmica.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s): Analizar y evaluar los mecanismos y las leyes de la radiación térmica en intercambio de energía entre superficies y en presencia de gases.</p> <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacidad de abstracción, análisis y síntesis.</li> <li>• Capacidad de comunicación oral y escrita.</li> <li>• Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión.</li> <li>• Capacidad creativa.</li> <li>• Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas.</li> <li>• Capacidad de trabajo en equipo.</li> <li>• Habilidades interpersonales.</li> <li>• Capacidad para formular y gestionar proyectos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Definir y explicar el mecanismo físico de la transferencia de calor por radiación.</li> <li>• Definir intensidad de radiación y relacionar con la emisión, irradiación y la radiosidad.</li> <li>• Evaluar la radiación del cuerpo negro.</li> <li>• Definir absorción, reflexión y transmisión y sus propiedades respectivas.</li> <li>• Interpretar la ley de Kirchhoff.</li> <li>• Describir el fenómeno de la radiación solar.</li> <li>• Determinar los factores de forma para configuraciones sencillas, utilizando gráficas y aplicando el álgebra del factor de forma.</li> <li>• Evaluar el intercambio de calor por radiación entre cuerpos negros para diferentes situaciones prácticas.</li> <li>• Evaluar el intercambio de calor por radiación entre cuerpos grises para diferentes situaciones prácticas.</li> <li>• Definir el coeficiente de transferencia de calor por radiación.</li> <li>• Evaluar el coeficiente de radiación en diferentes tipos de hornos.</li> <li>• Presentación en pleno del proyecto de la asignatura y entrega del documento correspondiente.</li> </ul>

## 8. Práctica(s)

- Medir la conductividad térmica de diferentes materiales utilizados en ingeniería.
- Estudiar los factores que afectan la conductividad térmica.
- Medir el coeficiente global de transferencia de calor para un sistema electromecánico.
- Evaluar la conducción de calor de aislamientos térmicos.
- Verificar experimentalmente o comprobar la ley de Fourier de la conducción de calor.
- Evaluar correctamente las pérdidas y ganancias de calor provocadas por el mecanismo de convección natural.
- Calcular coeficientes de transferencia de calor por convección forzada en geometrías sencillas.
- Medir la absorptancia, emitancia, reflectancia, y transmitancia de diferentes superficies.
- Analizar diferentes situaciones de protección contra radiación térmica.
- Verificar la ley de Stefan – Boltzmann de la radiación de los cuerpos negros.
- Estudiar los sistemas con generación interna de calor, en conducción y radiación.
- Comprobar el radio crítico para la selección de aislamientos.
- Verificar el modelo de parámetros concentrados en conducción en estado transitorio.
- Analizar la transferencia de calor en cambios de fase, condensación y evaporación.

## 9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que planteé el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

## 10. Evaluación por competencias

Debe aplicarse evaluaciones:

- *Diagnóstica,*
- *Formativa,* herramientas que se señalan a continuación.
- *Sumativa,*

Se recomienda el uso de la coevaluación, autoevaluación y heteroevaluación.

Todos los productos deben de estar contenidos en el portafolio de evidencias que el alumno integrará durante el desarrollo de la asignatura. El docente tendrá en resguardo dicho portafolio al finalizar el curso. El portafolio de evidencias puede ser electrónico.

Instrumentos y herramientas:

- Mapa conceptual
- Problemario
- Examen
- Esquemas
- Representaciones gráficas o esquemáticas
- Mapas mentales
- Ensayos
- Reportes de prácticas
- Resúmenes
- Rúbrica
- Lista de cotejo
- Matriz de valoración
- Guía de observación

## 11. Fuentes de información

1. Çengel, Y. A., Ghajar, A. J. (2011). *Transferencia de calor y masa. Fundamentos y aplicaciones* (4ª Ed.). Editorial McGraw Hill.
2. Çengel, Y. A. (2007). *Transferencia de calor y masa* (3ª Ed.). Editorial McGraw Hill.
3. Brid, R. B., Stewart, W. E., Lightfoot, E. N. (2002). *Fenómenos de transporte* (2ª Ed.). México: Editorial Reverté.
4. Incropera, F. (2007). *Fundamentos de transferencia de calor* (3ª Ed.). Mc Graw- Hill.
5. Kern, D. Q. (1999). *Procesos de transferencia de calor*. Editorial CECSA.
6. Kreith, F., Manglik, R. M., Bohn, M. S. (2012). *Principios de transferencia de calor* (7ª Ed.). México: Cengage Learning Editores.
7. Manrique, J. A. (2007). *Transferencia de calor* (2ª Ed.). Editorial Alfa-omega.
8. Shames, I. H. (1995). *Mecánica de Fluidos* (3ª Ed.). Mc Graw-Hill.
9. Welty, J. (1999). *Fundamentos de transferencia de momento, calor y masa* (2ª Ed.). México: Editorial Limusa.
10. <http://bc.unam.mx/index-alterno.html> (base de datos de tesis de la UNAM).
11. <http://www.universia.net.mx/> (portal de universidades mexicanas).