

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Transferencia de Calor
Clave de la asignatura:	ERF-1033
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería en Energías Renovables.

2. Presentación

Caracterización de la asignatura
<p>Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Energías renovables la capacidad de identificar la aplicación de los mecanismos de transferencia de calor para diseñar e implementar sistemas energéticos renovables.</p> <p>La asignatura consiste en la descripción de los mecanismos de transferencia de calor, identificando las ecuaciones que describen estos procesos en los sistemas abiertos y cerrados, analizando desde los más simples a los más complejos de geometría y con interacciones desde uno hasta los tres mecanismos.</p> <p>Transferencia de calor requiere los conceptos de derivadas e integrales que se estudian en cálculo diferencial e integral respectivamente. Termodinámica permitirá relacionar los mecanismos de interacción de energía en sistemas cerrados y abiertos con los mecanismos de transferencia de calor. Esta asignatura sentará las bases para entender los sistemas de refrigeración y aire acondicionado; también tiene una relación primordial con la asignatura de sistemas solares fotovoltaicos y térmicos ya que se puede diseñar de forma eficiente colectores solares aplicando las ecuaciones de conducción, convección y radiación para la elección de materiales y geometría del colector. En simulación de sistemas de energías renovables se pueden realizar proyectos que involucren las ecuaciones de transferencia de calor en el análisis del funcionamiento de sistemas de energías renovables.</p>
Intención didáctica
<p>Se organiza la asignatura, en 5 temas, agrupando los contenidos de una manera lógica que permite comprender y visualizar cada tema obteniendo las competencias más significativas de cada una de ellas, sugiriendo actividades teóricas- prácticas que permitan una integración, desarrollo personal y competencias reales para desarrollar procesos lógicos de inducción- deducción y análisis- síntesis.</p> <p>En el tema 1 se describe el mecanismo de transferencia de calor por conducción en estado estable, es necesario que el docente sea experto en la asignatura para guiar al estudiante en el análisis de la ecuación de Fourier y su aplicación en diversos sistemas.</p>

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

El enfoque en este tema debe ser práctico, aplicando el método de resistencias térmicas en coordenadas rectangular y polar para analizar sistemas sencillos y complejos de conducción y conducción-convección. El estudiante debe comprender la importancia del radio crítico de aislamiento.

En tema 2 se identificarán los tipos de flujos de acuerdo al número de Reynolds, y de acuerdo a la configuración geométrica por donde circula el fluido. Estas características serán importantes para determinar el coeficiente de convección, el número de Pr y el Nuselt. Se requiere que el estudiante sepa identificar que para cada tipo de flujo y de acuerdo al Número de Reynolds se presentan ecuaciones empíricas distintas.

En el tema 3 se aborda la convección natural, en este apartado se requiere que el estudiante analice un sistema termosifón con el fin de calcular sus coeficientes de convección de forma teórica con ecuaciones empíricas y de forma práctica con sensores de temperaturas con el fin de entender el fenómeno.

En el tema 4 se estudia la transferencia de calor con cambio de fase, en este apartado es necesario enfatizar el cálculo del coeficiente de convección es complejo por lo cual el estudiante conocerá tablas en las cuales se encuentran estos coeficientes sin necesidad de aplicar ecuaciones empíricas.

En tema 5 se requiere que el estudiante identifique las propiedades radiativas de los materiales y la relación con la eficiencia de un colector solar. Se aplicarán las ecuaciones de radiación y se calcularán factores de forma de distinta geometría para la determinación de la transferencia de calor por radiación en distintos dispositivos de ingeniería, enfocándose a aquellos que aprovechan las fuentes de energía renovables.

Durante el desarrollo de la asignatura se obtendrán experiencias concretas con base a actividades cotidianas para que el estudiante, 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 docente 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 docente debe considerar el desarrollo de práctica visitas industriales para el desarrollo del contenido.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico Superior de Puerto Vallarta del 10 al 14 de agosto de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Chihuahua, Chihuahua II, Chilpancingo, Durango, La Laguna, La Piedad, León, Mexicali, Milpa Alta, Minatitlán, Orizaba, Saltillo, Toluca, Veracruz y	Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Tecnologías de la Información y

	Villahermosa.	Comunicaciones, Ingeniería en Energías Renovables, Ingeniería Petrolera y Gastronomía.
Instituto Tecnológico de Villahermosa del 24 al 28 de mayo de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Chihuahua, La Laguna, León, Mexicali, Milpa Alta, Minatitlán, Toluca, Veracruz y Villahermosa.	Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de las Carreras de Ingeniería en Geociencias, Ingeniería en Energías Renovables, Ingeniería en Tecnologías de la Información y Comunicaciones, y Gastronomía.
Instituto Tecnológico de Cd. Victoria, del 24 al 27 de junio de 2013.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Cd. Victoria, Cintalapa, Huichapan, Mexicali, Motúl, Progreso y Tequila.	Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las Carreras de Ingeniería en Energías Renovables, Ingenierías en Geociencias, Ingeniería en Materiales y Licenciatura en Biología del Sistema Nacional de Institutos Tecnológicos.
Instituto Tecnológico de Toluca, del 10 al 13 de febrero de 2014.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Progreso.	Reunión de Seguimiento Curricular de los Programas Educativos de Ingenierías, Licenciaturas y Asignaturas Comunes del SNIT.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
<p>Aplica, interpreta y evalúa las leyes de transferencia de calor para analizar sistemas de energías renovables donde los mecanismos de transferencia de calor son necesarios para mejorar el diseño y funcionamiento de éstos.</p>

5. Competencias previas

- Plantea y resuelve problemas que impliquen la resolución de derivadas.
- Plantea y resuelve problemas que impliquen la resolución de integrales.
- Plantea y resuelve problemas que impliquen la resolución de ecuaciones diferenciales.
- Comprende los fenómenos de reflexión y refracción que ocurre en los colectores planos para entender como ocurre el fenómeno de invernadero dentro de los colectores planos y para comprender el fenómeno de incidencia de la luz solar sobre los colectores y paneles fotovoltaicos.
- Aplica la primera ley de la Termodinámica para el análisis y evaluación de la energía en dispositivos y equipos que se comportan como sistemas cerrados.
- Aplica los conocimientos básicos de metrología para realizar mediciones considerando la exactitud y precisión.
- Conoce y utiliza las leyes físicas que describen el funcionamiento de los instrumentos de mediciones mecánicas para la elección de éstos para una aplicación específica.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Conducción en estado estable y transitorio	1.1 Mecanismo físico de la conducción. 1.2 Conductividad térmica. 1.3 Ecuación de conducción de calor. 1.4 Conducción unidireccional (pared plana, cilindro, esferas) 1.5 Selección y diseño de aislantes :Radio crítico 1.6 Conducción bidimensional. 1.7 Análisis por parámetros del transitorio. 1.7.1 Pared plana. 1.7.2 Sistemas radiales
2	Convección forzada	4.1 Fundamentos físicos de la convección. 4.2 Números adimensionales.(Re, Pr, Nu) 4.3 Convección forzada externa. 4.3.1 Coeficiente de resistencia al movimiento 4.3.2 Temperatura de película 4.3.3 Flujo paralelo sobre placas (correlaciones) 4.3.4 Flujo uniforme calor en placas (correlaciones) 4.3.5 Flujo a través de cilindros y esferas (correlaciones)

		<p>4.3.6 Efecto de la aspereza sobre la superficie</p> <p>4.4 Convección forzada interna.</p> <p>4.4.1 Velocidad media y temperatura media</p> <p>4.4.2 Flujo laminar y turbulento en tubos</p> <p>4.4.3 Región de entrada: Longitud de entrada</p> <p>4.4.3 Análisis térmico: Flujo constante de calor y temperatura superficial constante.</p> <p>4.7.4 Correlaciones para flujo laminar y turbulento en tubos de distinta geometría.</p>
3	Convección natural.	<p>3.1 Fundamentos físicos.</p> <p>3.2 Convección natural sobre una placa vertical.</p> <p>3.3 Número de Grashof, Rayleigh</p> <p>3.3 Correlaciones empíricas del número promedio de Nusselt</p>
4	Transferencia con cambio de fase.	<p>5.1 Mecanismos físicos de la condensación.</p> <p>5.2 Mecanismo físico de la ebullición.</p> <p>5.3 Calor latente de vaporización</p>
5	Radiación Térmica	<p>6.1 Mecanismo físico de radiación.</p> <p>6.2 Leyes de radiación.</p> <p>6.3 Emisividad, Absorción, Reflexión y Transmisión de Superficiales.</p> <p>6.4 Factor de forma.</p> <p>6.5 Intercambio de calor por radiación entre cuerpos negros.</p> <p>6.6 Intercambio de calor por radiación entre superficies grises.</p>

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Conducción en estado estable y transitorio	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Analiza la distribución de temperatura y la transferencia de calor por conducción en estado estable unidimensional para determinar las resistencias térmicas sistemas de pared plana o radiales y para analizar el comportamiento de la</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Describir el mecanismo físico de la conducción de calor mediante un modelo didáctico. • Investigar y exponer el modelo matemático de la conducción de calor (Ley de Fourier). • Investigar y elaborar un resumen que explique la conductividad y difusividad

<p>transferencia de calor en tecnologías con fuentes renovables de energía.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas</p> <p>Capacidad crítica y autocrítica</p> <p>Capacidad de investigación</p>	<p>térmica, elaborando un resumen</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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. • Calcular la distribución de temperatura y la transferencia de calor unidimensional en estado estable, sin generación interna de calor en una Pared plana. • Usar la analogía eléctrica-térmica y definir el concepto de resistencia térmica. • Aplicar el concepto de circuito térmico para resolver problemas en paredes compuestas. • Calcular la distribución de temperatura y la transferencia de calor unidimensional, sin generación interna de calor en un Cilindro. • Usar la analogía eléctrica-térmica y definir la resistencia térmica de un cilindro y utilizar para resolver problemas en cilindros compuestos. • Resolver problemas donde utilice el concepto de radio crítico de aislamiento. • Definir mediante una ecuación matemática el coeficiente global de transferencia de calor en cilindros. • Deducir la transferencia de calor unidireccional en estado estable con generación interna de calor en una pared plana y en un cilindro • Investigar en diferentes fuentes de información los métodos para analizar sistemas bidimensionales. • Elaborar un diagrama y explicar la analogía eléctrica de fenómenos transitorios. • Investigar, resumir y presentar la solución exacta y aproximada de una pared plana infinita, un cilindro infinito y • una esfera y aplicar a diversos
---	---

	<p>problemas.</p> <ul style="list-style-type: none"> Investigar la solución al problema del sólido semi-infinito, interpretarla y aplicarla a diversas situaciones prácticas.
Convección forzada.	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Calcula el coeficiente de transferencia de calor por convección forzada para diferentes ejemplos prácticos de flujo externo e interno.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de abstracción, análisis y síntesis</p> <p>Capacidad para identificar, plantear y resolver problemas</p>	<ul style="list-style-type: none"> Describir el Mecanismo físico de la transferencia de calor por convección. Analizar la convección forzada en una placa régimen laminar. Calcular la convección forzada en un tubo circular con diferentes regímenes de flujos. Interpretar y aplicar las correlaciones para flujo externo. Interpretar y aplicar las correlaciones para flujo interno. Inducir diferentes situaciones prácticas en problemas de convección forzada.
Convección Natural	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Calcula el coeficiente de transferencia de calor por convección natural en diferentes configuraciones de fluido-geometría para su aplicación en efecto termosifón de colectores solares.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de abstracción, análisis y síntesis</p> <p>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</p>	<ul style="list-style-type: none"> Discutir los fundamentos físicos relacionados con la convección natural. Analizar la convección natural sobre una placa vertical. Aplicar las correlaciones para otras geometrías Resolver problemas de diferentes situaciones prácticas. Realizar estudio de casos reales sobre el cálculo de convección natural. Analiza la transferencia de calor del efecto termosifón en colectores realizando una práctica de laboratorio y comparando con el análisis teórico.

Transferencia de calor con cambio de fase	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Evalúa los coeficientes locales de transferencia de calor en la condensación y en la ebullición y calcula los flujos de calor en modelos prácticos para solucionar problemas que involucren fenómenos de ebullición y condensación.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Capacidad de abstracción, análisis y síntesis</p> <p>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Describir los mecanismos físicos de la condensación. • Describir los mecanismos físicos de la Ebullición. • Analizar y evaluar la condensación y la ebullición. • Describir los mecanismos físicos de la ebullición. • Interpretar y aplicar las relaciones empíricas para evaluar la ebullición y condensación a través de experimentos prácticos. • Observar y realizar un estudio de casos reales de la condensación y ebullición
Radiación térmica	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Analiza y evalúa los mecanismos y las leyes de la radiación térmica en intercambio de energía entre superficies y en presencia de gases para realizar el diseño de colectores solares o el balance de energía de un sistema de energía renovable.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Conocimientos sobre el área de estudio y la profesión</p> <p>Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Definir y explicar el mecanismo físico de la transferencia de calor por radiación. • Definir Intensidad de radiación y relacionar con la emisión, irradiación y la radiosidad. • Evaluar la radiación del cuerpo negro, • Definir absorción, reflexión y transmisión sus propiedades respectivas. • Interpretar la Ley de Kirchhoff. • Describir el fenómeno de la radiación solar. • Determinar los factores de forma para configuraciones sencillas, utilizando gráficas y aplicando el álgebra del factor de forma. • Evaluar el intercambio de calor por radiación entre cuerpos negros para diferentes situaciones prácticas. • Evaluar el intercambio de calor por radiación entre cuerpos grises para

	<p>diferentes situaciones prácticas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definir el coeficiente de transferencia de calor por radiación
--	---

8. Práctica(s)

- 1.- Medir la conductividad térmica de diferentes materiales utilizados en ingeniería.
- 2.- Evaluar la conducción de calor de aislamientos térmicos
- 3.- Verificar experimentalmente la ley de Fourier de la conducción de calor.
- 4.- Evaluar correctamente las pérdidas y ganancias de calor provocadas por el mecanismo de convección natural.
- 5.- Calcular coeficientes de transferencia de calor por convección forzada en geometrías sencillas.
- 6.- Medir la absorptancia, emitancia, reflectancia, y transmitancia de diferentes superficies.
- 7.- Verificar la ley de Stefan – Boltzmann de la radiación de los cuerpos negros.
8. Estudiar los sistemas con generación interna de calor, en conducción y radiación.
9. Comprobar el radio crítico para la selección de aislamientos.
10. Verificar el modelo de parámetros concentrados en conducción es estado transitorio.

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

Proyecto de asignatura
Examen escrito
Manual de Problemas
Trabajos en equipo
Prácticas de laboratorio
Reporte de laboratorio
Rúbricas de exposiciones
Portafolio de evidencias.

11. Fuentes de información

1. Cengel Y. A. (2011) *Transferencia de calor y masa*. México. Mc Graw-Hill.
2. Manrique V. (2007) *Transferencia de calor*. Alfa-omega-Oxford
3. Kreith y Bohn, (2013). *Principios de transferencia de calor*. Cengage Learning
4. Bergman, T., Lavine, A.S., Incropera, F.P. & DeWitt D. (2011) *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. USA: Wiley
5. Moran, M.J., Shapiro, J.H., Munson, B.R., DeWitt, D.P. (2003) *Introduction to Thermal Systems Engineering: Thermodynamics, Fluid Mechanics, and Heat Transfer*. USA: Wiley
6. Holman J.P. (1990) *Heat Transfer/Book and Software*. McGrawHill.