

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Transferencia de Calor
Clave de la asignatura:	AOF-1326
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería Aeronáutica

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Aeronáutico la capacidad para utilizar herramientas matemáticas, computacionales y métodos experimentales para aplicarlos a la resolución de problemas de transferencia de calor. Asimismo le provee las herramientas necesarias para formular y desarrollar sistemas integrales para el aprovechamiento racional de fuentes diversas de energía.

Específicamente para la Ingeniería Aeronáutica, esta asignatura aporta al perfil del egresado en los puntos que se refieren a continuación:

- Identifica y comprende los procesos de intercambio de calor en los sistemas, subsistemas y diversas partes que conforman las aeronaves.
- Utiliza herramientas computacionales para análisis, diseño o simulación de componentes, sistemas y dispositivos aplicados en la industria aeronáutica.
- Implementa y administra los programas de mantenimiento de los sistemas de las aeronaves y sus componentes para asegurar su óptima operación.
- Evalúa el comportamiento de los materiales, partes y sistemas para la Industria aeronáutica a través de equipos especializados de laboratorio.

Intención didáctica

La asignatura consta de siete temas y combina los contenidos conceptuales con ejemplos y problemas de aplicación, en ingeniería de procesos térmicos y aeronáuticos; en los que interviene la transferencia de calor con y sin cambio de fase. El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas, promuevan el desarrollo de habilidades tales como: identificación, manejo y control de variables y datos relevantes, planteamiento de hipótesis, trabajo en equipo, asimismo, propicien procesos intelectuales como inducción-deducción y análisis-síntesis con la intención de generar una actividad intelectual que sea integral.

Es necesario que el docente ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

de las actividades de aprendizaje de esta asignatura.

En el primer tema se estudian los mecanismos fundamentales de la transferencia de calor y se discute la analogía entre un sistema térmico y uno eléctrico.

En el segundo tema se estudia el fenómeno de conducción de calor unidimensional en estado estacionario y su aplicación a geometrías sencillas.

En el tercer tema se estudia el fenómeno de conducción de calor bidimensional en estado estacionario aplicando el método analítico y también el método de diferencias finitas.

En el cuarto tema se presenta la conducción de calor en estado transitorio y se resuelven problemas aplicando los métodos de parámetros concentrados, de sólido semi-infinito y las gráficas de temperatura transitoria.

En el quinto tema se estudian los fundamentos de la convección natural y forzada. A partir del concepto de capa límite hidrodinámica de la mecánica de fluidos se aborda la teoría de la capa límite térmica para el análisis de la convección. Se definen los números adimensionales de importancia y se presentan correlaciones empíricas para casos representativos de convección forzada y natural.

En el sexto tema se aborda la convección de calor con cambios de fase haciendo énfasis en los procesos de licuefacción y congelación del agua sobre superficies de aeronaves.

En el séptimo tema se presentan elementos para la selección de intercambiadores de calor y estudian los métodos de diseño y de análisis de los mismos. Se discute la necesidad de equipos de transferencia de calor más esbeltos y más ligeros para aeronáutica.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Observaciones
Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec, del 5 al 8 de noviembre de 2012	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Celaya, de Estudios Superiores de Ecatepec, Tlalnepantla, Saltillo, Apizaco, Tijuana, Superior de Irapuato, Hermosillo, Mexicali, Querétaro, Superior de Coacalco, Superior de Chalco, Superior de Matamoros, León, Chihuahua, San Luís Potosi, IPN, UNAQ,UANL,	Reunión Nacional De Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Aeronáutica
Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 12 de noviembre 2012 al 22 de febrero de 2013	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Querétaro, Superiores de Ecatepec, Matamoros, Hermosillo, Mexicali	Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para la Formación y Desarrollo de Competencias Profesionales de Ingeniería Aeronáutica del SNIT.
Instituto Tecnológico de Querétaro, del 25 al 28 de febrero de 2013	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Estudios Superiores de Ecatepec, Tlalnepantla, Saltillo, Apizaco, Tijuana, Superior de Irapuato, Hermosillo, Mexicali, Querétaro, Superior de Coacalco, Superior de Chalco, Superior de Matamoros, León, Chihuahua, IPN, UNAQ	Reunión Nacional de Consolidación del Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Aeronáutica.

4. Competencia(s) a desarrollar

Competencia(s) específica(s) de la asignatura
Aplica los conocimientos fundamentales de los mecanismos de transferencia de calor así como las herramientas matemáticas y de computación necesarias en el análisis y simulación de procesos de intercambio de calor; para proporcionar las bases del diseño,

instalación y mantenimiento de los sistemas térmicos.

5. Competencias previas

Realiza balances de energía y entropía en sistemas térmicos para resolver problemas.

Aplica el concepto de capa límite hidrodinámica en el análisis de flujo interno como antecedente para obtener correlaciones de convección en sistemas térmicos.

Comprende y aplica las funciones paramétricas, vectoriales y de varias variables, así como los métodos de solución y análisis dimensional para aplicarlos en la modelación de los procesos de transferencia de calor

Comprende y aplica los métodos matemáticos para la solución de: ecuaciones lineales, determinantes, espacios vectoriales, transformaciones y ecuaciones diferenciales.

Emplea los instrumentos de medición de propiedades termodinámicas para instrumentar sistemas térmicos.

6. Temario

No.	Temas	Subtemas
1	Mecanismos básicos del transporte de calor	1.1 Conducción 1.2 Convección 1.3 Radiación 1.4 Analogía Eléctrica 1.5 Mecanismos combinados de transferencia de calor
2	Conducción unidimensional estado estable	2.1 Ecuación general de la conducción de calor 2.2 Conducción unidimensional en estado estacionario en paredes planas, cilindros y esferas 2.3 Conducción unidimensional en elementos con generación de calor (placas, cilindros y esferas) 2.4 Superficies extendidas
3	Conducción bidimensional estado estable	3.1 Solución analítica 3.2 Análisis gráfico (factores de forma) 3.3 Introducción al método de diferencias finitas
4	Conducción en estado transitorio	4.1 Análisis de parámetros concentrados

		4.2 Introducción al método de diferencias finitas en conducción transitoria 4.3 Uso de gráficas de temperatura transitoria: placa infinita, cilindros infinitos, esferas, sólidos semi-infinitos
5	Análisis de la convección	5.1 Convección forzada en flujo interno 5.2 Convección forzada en flujo externo 5.2 Convección natural
6	Transferencia de calor con cambio de fase	6.1 Definiciones 6.2 Condensación pelicular sobre placas y cilindros 6.3 Solidificación sobre placas (congelación de agua) 6.4 Licuefacción sobre placas (descongelamiento de agua)
7	Equipo para transferencia de calor	7.1 Clasificación 7.2 El coeficiente global de transferencia de calor 7.3 Factores de suciedad 7.4 Método de la diferencia media logarítmica de temperatura 7.5 Método de la efectividad (NTU) 7.6 Análisis y diseño de intercambiadores 7.7 Procesos de intercambio de calor en aeronáutica 7.8 Intercambiadores de calor en aeronáutica

7. Actividades de aprendizaje de los temas

Tema 1: Mecanismos básicos del transporte de calor	
Competencias	Actividades de aprendizaje
Específica(s): Aplica las leyes de transferencia de calor para la solución de problemas de ingeniería. Comprende y aplica la analogía de los circuitos eléctricos a los circuitos térmicos para la solución de problemas de transferencia de calor. Genéricas:	Investigar y ejemplificar acerca de los principios y conceptos relacionados con los mecanismos básicos para la transferencia de calor Investigar acerca de la influencia de la temperatura en la conductividad térmica de los materiales Resolver problemas que involucren los tres principales mecanismos de transferencia de calor Analizar la analogía de los sistemas térmicos con los circuitos eléctricos y

<p>Habilidad para analizar y sintetizar para facilitar la comprensión de los fenómenos físicos</p> <p>Plantea y resuelve problemas</p> <p>Comunica sus investigaciones en forma oral y escrita</p> <p>Usa tecnologías de la información y la comunicación</p>	<p>resolver problemas básicos de conducción, convección y radiación, utilizando dicho concepto</p> <p>Resolver problemas que involucren mecanismos combinados de transferencia de calor</p> <p>Elaborar un trabajo por escrito sobre la conservación de la energía (primera ley de la termodinámica) aplicada al análisis de transferencia de calor</p> <p>Resolver problemas de mecanismos básicos de transferencia de calor en donde se apliquen balances de energía</p> <p>Participar en discusiones grupales de los temas investigados</p>
<p>Tema 2: Conducción unidimensional en estado estacionario</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Modela el Problema General de la Conducción de Calor para aplicarla en la solución de problemas reales.</p> <p>Aplica los principios de la conducción de calor unidimensional para la solución de problemas en estado estable e interpreta los perfiles de temperatura.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Plantea y resuelve problemas</p> <p>Busca, procesa y analiza información procedente de fuentes diversas</p> <p>Comunica sus investigaciones en forma oral y escrita</p>	<p>Desarrollar la expresión analítica de la ecuación general de la conducción de calor, en coordenadas rectangulares</p> <p>Elaborar un trabajo por escrito en donde desarrolle la transformación de la ecuación general de la conducción de calor, de coordenadas rectangulares a coordenadas cilíndricas y coordenadas esféricas</p> <p>Explicar los diferentes tipos de condiciones de frontera existentes para el planteamiento de un problema de conducción de calor</p> <p>Resolver problemas de conducción de calor unidimensional estacionaria en placas planas, cilindros, esferas y superficies extendidas (aletas)</p> <p>Describir el desarrollo analítico para la obtención de la ecuación de la conducción de calor en superficies extendidas</p>

	Resolver problemas de aplicación de los casos más comunes de geometrías que se presentan en aletas
Tema 3: Conducción bidimensional en estado estacionario	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Aplica los principios de la conducción de calor para la solución de problemas de conducción bidimensional en estado estable e interpreta los perfiles de temperatura correspondientes.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Plantea y resuelve problemas</p> <p>Busca, procesa y analiza información procedente de fuentes diversas</p> <p>Comunica sus investigaciones en forma oral y escrita</p> <p>Usa tecnologías de la información y la comunicación</p>	<p>Explicar los diferentes métodos de solución para un problema de conducción de calor bidimensional estacionaria.</p> <p>Elaborar un trabajo por escrito para describir el concepto de factor de forma y el método gráfico.</p> <p>Resolver problemas de conducción de calor bidimensional estacionaria utilizando el método de las diferencias finitas.</p> <p>Utilizar software de aplicación para la solución de problemas de conducción de calor bidimensional estacionaria.</p>
Tema 4: Conducción en estado transitorio	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Aplica los principios de la conducción de calor para la solución de problemas de conducción en estado transitorio y obtiene los perfiles de temperatura correspondientes.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Plantea y resuelve problemas</p> <p>Busca, procesa y analiza información procedente de fuentes diversas</p>	<p>Investigar los métodos de solución para un problema de conducción de calor transitoria. Discutirlos en dinámica de grupos</p> <p>Elaborar un trabajo por escrito para describir el método de la resistencia interna despreciable (parámetros concentrados)</p> <p>Resolver problemas específicos de conducción transitoria utilizando los métodos de la resistencia interna despreciable y de las diferencias finitas</p> <p>Investigar acerca de los casos de: la placa infinita y sólido semi-infinito, que se</p>

<p>Comunica sus investigaciones en forma oral y escrita</p> <p>Usa tecnologías de la información y la comunicación</p>	<p>presentan en la conducción de calor transitoria. Presentar un caso específico desarrollado analíticamente.</p> <p>Resolver problemas de conducción de calor transitoria, utilizando el método gráfico para los casos unidimensionales</p> <p>Utilizar software de aplicación para la solución de problemas de conducción de calor transitoria</p>
<p>Tema 5: Análisis de la Convección</p>	
<p>Competencias</p>	<p>Actividades de aprendizaje</p>
<p>Específica(s):</p> <p>Aplica los principios de la convección de calor para la solución de problemas utilizando las correlaciones empíricas.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Plantea y resuelve problemas</p> <p>Busca, procesa y analiza información procedente de fuentes diversas</p> <p>Comunica el resultado de sus investigaciones en forma oral y escrita</p> <p>Usa tecnologías de la información y la comunicación</p> <p>Investiga y trabaja en equipo</p>	<p>Explicar los principios básicos y ecuaciones que gobiernan la transferencia de calor por convección.</p> <p>Investigar el significado físico de las capas límites (hidrodinámica y térmica). Organizar una dinámica grupal para discutir los resultados de la teoría.</p> <p>Explicar el significado físico de los parámetros adimensionales más comunes utilizados en la transferencia de calor por convección</p> <p>Resolver problemas de convección empleando las correlaciones empíricas</p> <p>Resolver problemas en donde se evalúen los coeficientes de transferencia de calor por convección</p> <p>Utilizar software de aplicación para la solución de problemas de transferencia de calor por convección</p> <p>Investigar los procesos de congelación y descongelamiento de agua sobre placas</p> <p>Participar en discusiones grupales de los temas investigados</p>

Tema 6: Transferencia de Calor con Cambio de Fase	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Calcula el calor intercambiado y los coeficientes de convección para aplicarlos en los equipos con procesos de cambio de fase.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Plantea y resuelve problemas</p> <p>Busca, procesa y analiza información procedente de fuentes diversas</p> <p>Comunica el resultado de sus investigaciones en forma oral y escrita</p> <p>Trabaja en equipo</p>	<p>Investigar acerca de los procesos de transferencia de calor en los que se presenta un cambio de fase</p> <p>Analizar y explicar los conceptos fundamentales y los mecanismos básicos involucrados en los procesos de condensación</p> <p>Aplicar las correlaciones empíricas en el análisis de la convección con cambio de fase (ebullición y condensación) en la solución de problemas relacionados</p> <p>Investigar la transferencia de calor en procesos de congelación y descongelamiento de agua y su efecto sobre los elementos aeronáuticos.</p> <p>Participar en discusiones grupales de los temas investigados</p>
Tema 7: Intercambiadores de calor	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <p>Aplica los principios y herramientas actualizadas en la selección y diseño termo-hidráulico para la evaluación de los intercambiadores de calor.</p> <p>Genéricas:</p> <p>Plantea y resuelve problemas</p> <p>Busca, procesa y analiza información procedente de fuentes diversas</p> <p>Comunica sus investigaciones en forma oral y escrita</p>	<p>Elaborar un cuadro sinóptico acerca de los tipos y características constructivas de los intercambiadores de calor, destacando los aplicados a la aeronáutica</p> <p>Calcular el coeficiente global de transferencia de calor, tomando en cuenta el factor de suciedad.</p> <p>Explicar el análisis térmico de los intercambiadores de calor utilizando la Diferencia Media Logarítmica de Temperatura (DTML) y Número de Unidades de Transferencia (NUT)</p> <p>Resolver problemas de dimensionamiento de los intercambiadores de calor para</p>

Trabaja en equipo	<p>aplicaciones específicas</p> <p>Investigar y proponer una solución al problema de acumulación de hielo en algunas partes aerodinámicas</p> <p>Participar en discusiones grupales de los temas investigados</p>
-------------------	---

8. Práctica(s)

<ol style="list-style-type: none"> 1 Determinar experimentalmente la conductividad térmica de un material sólido 2 Obtener experimentalmente el coeficiente de convección sobre placas y cilindros 3 Calcular la MLDT en un intercambiador de pruebas 4 Calcular el coeficiente global de transferencia de calor en un intercambiador de calor experimental 5 Determinar la superficie de transferencia de calor en un intercambiador de calor experimental 6 Determinar la eficiencia del intercambio de calor

9. Proyecto de asignatura

<p>El objetivo del proyecto es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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 realidad/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 formar.

- 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.

Proyectos propuestos:

1. Selección y diseño termohidráulico de un intercambiador de calor de flujo continuo para una aplicación específica

10. Evaluación por competencias

Falta considerar la evaluación por competencias

Se sugiere que la evaluación se realice mediante las actividades enlistadas y se evalúe de la manera siguiente:

- 1 Reporte de investigación dirigida.....rúbrica
- 2 Exámenes.....calificación
- 3 Reporte de prácticas realizadas.....lista de cotejo
- 4 Reporte de visitas industriales.....lista de cotejo
- 5 Exposición oral.....rúbrica
- 6 Proyecto.....matriz de valoración

11. Fuentes de información

Básica

1. Cengel, Y. A. (2007). *Transferencia de Calor y de Masa* (3a edición). México: McGraw-Hill.
2. Holman, J. P. (1989). *Transferencia de Calor* (10a edición). México: CECSA.
3. Incropera, F. P. y De Witt, D. P. (1999). *Fundamentos de Transferencia de Calor* (4a edición). México: Prentice Hall.
4. Manrique, J. A. (2002). *Transferencia de Calor* (2a edición). México: Alfaomega.
5. Mills, A. F. (1999). *Transferencia de Calor*. México: McGraw-Hill.
6. Özisik, N. (1975). *Transferencia de Calor*. México: McGraw-Hill.
7. Welty, J. R. (1988). *Transferencia de Calor Aplicada a la Ingeniería*. México: Limusa.

Complementarias

1. Abernathy, F. (s. f.). Fundamentals of Boundary Layers. Video recuperado de <http://www.youtube.com/watch?v=fiPYDIVu4mo>, consultado en febrero de 2013.
2. Chapman, A. J. (1990). *Transmisión de Calor* (3a edición). Ed. Bellisco.
3. Kreith, F., Manglik, R. M., Bond, M. S. (2011). *Principles of Heat Transfer*. USA: Cengage Learning.

4. Green, D. W., Perry, R. H. (2008). *Perry's Chemical Engineers' Handbook* (8a edición). New York: McGraw-Hill.
5. Guyer, E. C. (1989). *Handbook of Applied Thermal Design*. New York: McGraw-Hill.
6. Karlekar, B. V. y Desmond, R. M. (1985). *Transferencia de Calor*. México: Interamericana.
7. Kays, W. M. y London, A. L. (1984). *Compact Heat Exchangers* (3a edición). New York: Krieger Publishing Company.
8. Kern, D. Q. (1981). *Procesos de Transferencia de Calor*. México: CECOSA.
9. Levenspiel, O. (1996). *Flujo de Fluidos e Intercambio de Calor*. Barcelona: Reverté.
10. Myers, G. E. (1971). *Analytical Methods in Conduction Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill.
11. MYTUSA (s. f.). Intercambiador de calor tipo coraza y tubos. Video recuperado de <http://www.youtube.com/watch?v=XLxYr9M3xrs>, consultado en febrero de 2013.
12. Pysmenny, Y., Polupan, G., Carvajal, I. y Sánchez, F. (2007). *Manual para el cálculo de intercambiadores de calor y bancos de tubos aletados*. Barcelona: Reverté.
13. Rohsenow, W. M. y Hartnett, J. P. (1973). *Handbook of Heat Transfer*. New York: McGraw-Hill.
14. Schlichting, H. (1968). *Boundary Layer Theory* (6a edición). New York: McGraw-Hill.