

## 1.- DATOS DE LA ASIGNATURA

|                           |                               |
|---------------------------|-------------------------------|
| Nombre de la asignatura : | <b>Transferencia de Calor</b> |
| Carrera :                 | <b>Ingeniería Mecánica</b>    |
| Clave de la asignatura :  | <b>MEF-1032</b>               |
| SATCA <sup>1</sup>        | <b>3-2-5</b>                  |

## 2.- PRESENTACIÓN

### **Caracterización de la asignatura.**

Esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero Mecánico la capacidad para utilizar herramientas matemáticas, computacionales y métodos experimentales y 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. Los conocimientos y habilidades adquiridas harán que el alumno sea capaz de formular, gestionar, evaluar y administrar proyectos de diseño de equipo para transferencia de calor, así como para participar en servicios de asesoría, peritaje, certificación o capacitación, relacionados con los procesos de transferencia de calor.

Para su integración se ha tomado en cuenta la aplicación de herramientas matemáticas, computacionales y métodos experimentales, así como un análisis de los temas del campo de la física (particularmente aquellos de mayor utilidad en el quehacer profesional del Ingeniero Mecánico).

Esta asignatura consiste en proporcionar al alumno los conocimientos fundamentales acerca de los mecanismos básicos de transferencia de calor así como las herramientas matemáticas y de computación necesarias para el análisis y simulación de procesos industriales, proporcionando las bases para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas térmicos.

La materia de transferencia de Calor aplica los conocimientos, habilidades y destrezas adquiridas en las asignaturas del área de ciencias de la ingeniería, tales como: termodinámica, mecánica de fluidos, sistemas e instalaciones hidráulicas. Asimismo provee la base para asignaturas del área de ciencias aplicadas, tales como: sistemas de generación de energía, refrigeración y aire acondicionado, entre otras. Por ello, se inserta en la segunda mitad de la trayectoria escolar.

De manera particular, lo trabajado en esta asignatura se aplica en el estudio de los temas de: acondicionamiento de aire y refrigeradores, turbinas de gas y de vapor, compresores, sistemas no convencionales de energía, entre otros.

### **Intención didáctica.**

Se organiza el temario en siete unidades, combinando los contenidos conceptuales de la asignatura con ejemplos y problemas de aplicación en ingeniería de los procesos en los que interviene la transferencia de calor con y sin cambio de fase.

---

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

En primera instancia se abordan los principios y leyes fundamentales que regulan los mecanismos de transferencia de calor. Se analiza la analogía existente entre los sistemas térmicos y los circuitos eléctricos y se aplica a la solución de problemas de transferencia de calor: conducción, convección y radiación (mecanismos simples y combinados).

En la segunda y tercera unidades se presenta el desarrollo analítico (modelado) del problema general de la conducción de calor. Se analizan y aplican los principios de la conducción de calor para la solución de problemas en estado estable (unidimensional y bidimensional). Se estudian los métodos de solución de las ecuaciones de la conducción para los casos más comunes: placas, cilindros y esferas con todas sus variantes. Se describe el procedimiento para la obtención de perfiles de temperatura y gráficas correspondientes. Se dan a conocer herramientas computacionales y software de aplicación para programar y simular numéricamente casos específicos de conducción de calor.

El tema de la conducción en estado estacionario se estudia en la cuarta unidad. Fundamentalmente se analizan tres métodos para la solución de estos casos: analítico, gráfico y métodos numéricos (método de las diferencias finitas). También se utilizan herramientas computacionales y software de aplicación para programar y simular numéricamente casos específicos de conducción de calor en estado transitorio.

En la siguiente unidad se abordan los principios de la convección de calor y su aplicación para la solución de problemas utilizando las correlaciones empíricas disponibles. También se presenta la metodología general para la solución de problemas de convección y como obtener los perfiles de temperatura correspondientes.

La unidad seis describe el proceso de la transferencia de calor con cambio de fase, sus principios y correlaciones empíricas más comúnmente utilizadas en los procesos de condensación y ebullición.

Finalmente y para aplicar de manera concreta los principios y conceptos aprendidos en el curso, se dan a conocer los métodos principales para el análisis de equipo térmico para la transferencia de calor, proveyendo herramientas actualizadas en la selección y diseño termohidráulico de los intercambiadores de calor. Asimismo se analiza la forma de hacer más eficiente la recuperación de calor para controlar y disminuir la contaminación.

La idea es abordar reiteradamente los conceptos fundamentales hasta conseguir su comprensión. Se propone abordar los mecanismos básicos de transferencia de calor desde un punto de vista conceptual, partiendo de la identificación de cada uno de dichos procesos en el entorno cotidiano o el de desempeño profesional.

El enfoque sugerido para la materia requiere que las actividades prácticas promuevan el desarrollo de habilidades para la experimentación, 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 compleja; por esta razón varias de las actividades prácticas se han descrito como actividades previas al tratamiento teórico de los temas, de manera que no sean una mera corroboración de lo visto previamente en clase, sino una oportunidad para conceptualizar a partir de lo observado.

En las actividades prácticas sugeridas, es conveniente que el profesor busque sólo guiar a sus alumnos para que ellos hagan la elección de las variables a controlar y registrar. Para

que aprendan a planificar, que no planifique el profesor todo por ellos, sino involucrarlos en el proceso de planeación.

La lista de actividades de aprendizaje no es exhaustiva, se sugieren sobre todo las necesarias para hacer más significativo y efectivo el aprendizaje. Algunas de las actividades sugeridas pueden hacerse como actividad extra clase y comenzar el tratamiento en clase a partir de la discusión de los resultados de las observaciones. Se busca partir de experiencias concretas, cotidianas, para que el estudiante se acostumbre a reconocer los fenómenos físicos en su alrededor y no sólo se hable de ellos en el aula. Es importante ofrecer escenarios distintos, ya sean construidos, artificiales, virtuales o naturales

En las actividades de aprendizaje sugeridas, generalmente se propone la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas; se busca que el alumno tenga el primer contacto con el concepto en forma concreta y sea a través de la observación, la reflexión y la discusión que se dé la formalización; la resolución de problemas se hará después de este proceso. Esta resolución de problemas no se especifica en la descripción de actividades, por ser más familiar en el desarrollo de cualquier curso. Pero se sugiere que se diseñen problemas con datos faltantes o sobrantes de manera que el alumno se ejercite en la identificación de datos relevantes y elaboración de supuestos.

En el transcurso de las actividades programadas es muy importante que el estudiante aprenda a valorar las actividades que lleva a cabo y entienda que está construyendo su hacer futuro y en consecuencia actúe de una manera profesional; de igual manera, aprecie la importancia del conocimiento y los hábitos de trabajo; desarrolle la precisión y la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo y el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

Es necesario que el profesor ponga atención y cuidado en estos aspectos en el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura.

### 3.- COMPETENCIAS A DESARROLLAR

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Competencias específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Aplicar las leyes que gobiernan los mecanismos de transferencia de calor a la solución de problemas de ingeniería.</li><li>▪ Aplicar los principios de la conducción de calor para la solución de problemas en estado estable y transitorio, así como obtener los perfiles de temperatura correspondientes.</li><li>▪ Aplicar los principios de la convección de calor para la solución de problemas utilizando las correlaciones empíricas disponibles, así como obtener los perfiles de temperatura correspondientes.</li><li>▪ Calcular la transferencia de calor y los coeficientes relacionados con los procesos en los que existe cambio de fase.</li><li>▪ Aplicar los principios y herramientas actualizadas en la selección y diseño termohidráulico de los intercambiadores de calor.</li></ul> | <p><b>Competencias genéricas:</b></p> <p><u>Competencias instrumentales</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de análisis y síntesis</li><li>• Capacidad de organizar y planificar</li><li>• Conocimientos básicos de la carrera</li><li>• Comunicación oral y escrita</li><li>• Habilidades básicas de manejo de la computadora</li><li>• Habilidad para buscar y analizar información proveniente de fuentes diversas</li><li>• Solución de problemas</li><li>• Toma de decisiones.</li></ul> <p><u>Competencias interpersonales</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad crítica y autocrítica</li><li>• Trabajo en equipo</li><li>• Habilidades interpersonales</li><li>• Capacidad de comunicarse con profesionales de otras áreas</li><li>• Compromiso ético</li></ul> <p><u>Competencias sistémicas</u></p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica</li><li>• Habilidades de investigación</li><li>• Capacidad de aprender</li><li>• Capacidad de generar nuevas ideas (creatividad)</li><li>• Habilidad para trabajar en forma autónoma</li><li>• Búsqueda del logro</li><li>• Liderazgo.</li></ul> |
|---|--|

#### 4.- HISTORIA DEL PROGRAMA

| Lugar y fecha de elaboración o revisión   | Participantes   | Evento   |
|---|---|--|
| <p>Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Ecatepec del 9 al 13 de noviembre de 2009.</p>   | <p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de:<br/>                     Aguascalientes, Superior de Alvarado, Boca del Río, Campeche, Celaya, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Superior de Ciudad Serdán, Ciudad Victoria, Superior de Coahuila de Zaragoza, Culiacán, Durango, Estudios Superiores de Ecatepec, Hermosillo, La Laguna, Mérida, Superior de Monclova, Orizaba, Pachuca, Saltillo, San Luis Potosí, Superior de Tepexi de Rodríguez y Tuxtla Gutiérrez.</p>           | <p>Reunión Nacional de Diseño e Innovación Curricular para el Desarrollo y Formación de Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Mecánica.</p> |
| <p>Desarrollo de Programas en Competencias Profesionales por los Institutos Tecnológicos del 16 de noviembre de 2009 al 26 de mayo de 2010.</p> | <p>Academias de Ingeniería Mecánica de los Institutos Tecnológicos de:<br/>                     Pachuca, Superior de Alvarado, Ciudad Juárez, La Laguna, Tuxtla Gutiérrez, Ciudad Victoria y Celaya.</p>  | <p>Elaboración del programa de estudio propuesto en la Reunión Nacional de Diseño Curricular de la Carrera de Ingeniería Mecánica.</p>                       |
| <p>Instituto Tecnológico de Zacatecas del 12 al 16 de abril de 2010.</p>  | <p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de:<br/>                     Aguascalientes, Superior de Alvarado, Boca del Río, Campeche, Celaya, Ciudad Guzmán, Ciudad Juárez, Superior de Ciudad Serdán, Ciudad Victoria, Superior de Coahuila de Zaragoza, Culiacán, Durango Estudios Superiores de Ecatepec, Hermosillo, La Laguna, La Piedad, Mérida, Superior de Monclova, Orizaba, Pachuca, Saltillo, San Luis Potosí, Superior de Tepexi de Rodríguez y Tuxtla Gutiérrez.</p> | <p>Reunión Nacional de Consolidación de los Programas en Competencias Profesionales de la Carrera de Ingeniería Mecánica.</p>                                |

## 5.- OBJETIVO GENERAL DEL CURSO

Aplicar las leyes de los diversos mecanismos de transferencia de calor para el análisis y simulación de procesos, proporcionando las bases para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas térmicos.

## 6.- COMPETENCIAS PREVIAS

- Realizar balances de Energía, Entropía y Exergía.
- Aplicar el concepto de capa límite en el análisis de flujo interno y externo.
- Conocer y aplicar las funciones paramétricas, vectoriales y de varias variables, así como los métodos de y análisis dimensional, en los procesos de transferencia de calor.
- Conocer y aplicar los métodos matemáticos de solución para: ecuaciones lineales, determinantes, espacios vectoriales, transformaciones y ecuaciones diferenciales.
- Conocer y aplicar los métodos numéricos para resolver problemas en donde intervengan: ecuaciones lineales, diferenciación e integración numérica.
- Manejar instrumentos de medición de propiedades termodinámicas.

## 7.- TEMARIO

| Unidad | Temas  | Subtemas  |
|--------|--|---|
| 1.     | Mecanismos básicos de la transferencia de calor  | 1.1. Conducción.<br>1.2. Convección.<br>1.3. Radiación.<br>1.4. Analogía Eléctrica.<br>1.5. Mecanismos Combinados de Transferencia de Calor.  |
| 2.     | Conducción unidimensional en estado estacionario | 2.1. Ecuación general de la conducción de calor.<br>2.2. Conducción unidimensional en estado estacionario en paredes planas, cilindros y esferas.<br>2.3. Conducción unidimensional en elementos con generación de calor (placas, cilindros y esferas).<br>2.4. Superficies extendidas. |
| 3.     | Conducción bidimensional en estado estacionario  | 3.1. Solución analítica.<br>3.2. Análisis gráfico (factores de forma).<br>3.3. Métodos numéricos: Diferencias finitas.  |
| 4.     | Conducción en estado transitorio                 | 4.1. Análisis de parámetros concentrados.<br>4.2. Métodos numéricos: Diferencias finitas.<br>4.3. Gráficas de temperatura transitoria: placa infinita, cilindros infinitos, esferas, sólidos semiinfinitos.   |
| 5.     | Análisis de la convección                        | 5.1. Convección forzada.<br>5.1.1. Introducción<br>5.1.2. Capa límite hidrodinámica y térmica.<br>5.1.3. Convección forzada en placa plana en régimen laminar y turbulento.   |

|    |   |   |
|----|---|---|
|    |   | <p>5.1.4. Analogía de la transferencia de calor y la fricción.</p> <p>5.1.5. Fórmulas empíricas: ductos, cilindros, esferas, bancos de tubos y en metales líquidos.</p> <p>5.2. Convección Natural</p> <p>5.2.1. Definiciones.</p> <p>5.2.2. Convección natural en: placa plana vertical, tubos verticales, placas inclinadas, placa horizontal, cilindro horizontal y esferas.</p> <p>5.2.3. Convección natural en espacios cerrados.</p> <p>5.2.4. Convección mixta</p> |
| 6. | Transferencia de calor con cambio de fase | <p>6.1. Definiciones.</p> <p>6.2. Condensación pelicular sobre placas verticales.</p> <p>6.3. Condensación pelicular en cilindros verticales y placas inclinadas.</p> <p>6.4. Condensación pelicular en cilindros horizontales.</p> <p>6.5. Ebullición, ebullición en núcleo y punto de quemado.</p>  |
| 7. | Intercambiadores de calor                 | <p>7.1. Clasificación.</p> <p>7.2. El coeficiente global de transferencia de calor.</p> <p>7.3. Factores de suciedad.</p> <p>7.4. Método de la diferencia media logarítmica de temperatura.</p> <p>7.5. Método de la Efectividad.</p> <p>7.6. Análisis y diseño de intercambiadores.</p>  |

## **8.- SUGERENCIAS DIDÁCTICAS**

El docente debe:

- Exposición de conceptos clave por parte del profesor así como del alumno.
- Investigación documental y de campo por parte del alumno.
- Utilizar el pensamiento creativo y crítico en el análisis de situaciones, en la formulación y solución de problemas de transferencia de calor.
- Formar parte de grupos interdisciplinarios en proyectos integrales.
- Observar las normas y especificaciones nacionales e internacionales relacionadas con los procesos termohidráulicos.
- Proponer sistemas integrales de gestión en disposición del medio ambiente, seguridad e higiene, y calidad para el diseño, fabricación, instalación y mantenimiento de sistemas termohidráulicos.
- Elaborar y aplicar un programa de simulación para el diseño térmico de un intercambiador de calor.
- Resolver problemas prácticos utilizando programas de cómputo.
- Invitar a un profesionalista especialista a exponer temas a fines a la materia.
- Asistir y participar en foros de discusión sobre la importancia, usos y aplicaciones de la transferencia de calor (simposios, congresos, seminarios, conferencias).
- Diseñar y resolver problemas prácticos relativos a cada uno de los mecanismos de transmisión de calor.
- Elaborar un paquete de visualización de elementos dañados de intercambiadores de calor, tales como: tuberías erosionadas y obstruidas, elementos con fracturas y perforaciones, etc.
- Elaborar modelos físicos, experimentos, diapositivas y otras estrategias didácticas para propiciar la discusión en plenarios.
- Visitar empresas relacionadas con procesos de transferencia de calor y el diseño de equipo térmico.



## 9.- SUGERENCIAS DE EVALUACIÓN

La evaluación de la asignatura se hará con base en siguiente desempeño del alumno:

- Presentar examen escrito para la solución de problemas de transferencia de calor.
- Manejo de Software para el análisis y diseño de procesos de transferencia de calor: aletas, intercambiadores de calor, entre otros.
- Elaborar una antología de problemas resueltos de cada unidad del curso.
- Exposiciones por parte del alumno.
- Participación activa y crítica en clase.
- Presentaciones en equipos de trabajo.
- Participar en el desarrollo de las prácticas de laboratorio y presentar un reporte que se discutirá en el grupo.
- Reportes de visitas industriales realizadas durante el curso.
- Solución de casos prácticos, participación individual y en grupo.
- Participar en ensayos y proyectos térmicos.
- Asistencia a tutorías.

## 10.- UNIDADES DE APRENDIZAJE

### Unidad 1: Mecanismos Básicos de la transferencia de Calor

| <i>Competencia específica a desarrollar</i>  | <i>Actividades de Aprendizaje</i>  |
|--|--|
| <p>Aplicar las leyes que gobiernan los mecanismos de transferencia de calor a la solución de problemas de ingeniería.</p> <p>Resolver problemas de aplicación de los mecanismos básicos de la transferencia de calor (conducción, convección y radiación).</p> <p>Comprender y aplicar la analogía de los circuitos eléctricos a los circuitos térmicos para la solución de problemas de transferencia de calor.</p> | <ul style="list-style-type: none"><li>• Investigar acerca de los principios y conceptos relacionados con los mecanismos básicos para la transferencia de calor (conducción, convección y radiación): conductividad térmica, resistencia térmica, conductancia térmica, resistencia de contacto, ley de Fourier, radio crítico del aislamiento, ley del enfriamiento de Newton, capa límite térmica, perfil de temperaturas, potencia emisiva, irradiación, emisividad, absorptividad, cuerpo gris y cuerpo negro, ley de Stefan-Boltzmann.</li><li>• Investigar acerca de la influencia de la temperatura en la conductividad térmica de los materiales.</li><li>• Resolver problemas que involucren los tres principales mecanismos de transferencia de calor.</li><li>• Analizar la analogía de los sistemas térmicos con los circuitos eléctricos y resolver problemas básicos de conducción, convección y radiación, utilizando dicho concepto.</li><li>• Resolver problemas que involucren mecanismos combinados de transferencia de calor.</li><li>• Elaborar un trabajo por escrito sobre la conservación de la energía (primera ley de la termodinámica) aplicada al análisis de transferencia de calor.</li></ul> |

|  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolver problemas de mecanismos básicos de transferencia de calor en donde se apliquen balances de energía.</li> <li>• Participar en discusiones grupales de los temas investigados.</li> </ul> |
|--|---|

### Unidad 2: Conducción Unidimensional en Estado Estacionario

| <i>Competencia específica a desarrollar</i>   | <i>Actividades de Aprendizaje</i>   |
|---|---|
| <p>Modelar el Problema General de la Conducción de Calor: Programar y Simular Numéricamente.</p> <p>Aplicar los principios de la conducción de calor unidimensional para la solución de problemas en estado estable, así como obtener los perfiles de temperatura correspondientes.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar la expresión analítica de la Ecuación General de la Conducción de calor, en coordenadas rectangulares.</li> <li>• 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.</li> <li>• Explicar los diferentes tipos de condiciones de frontera existentes para el planteamiento de un problema de conducción de calor.</li> <li>• Describir el desarrollo analítico para la obtención de la Ecuación de la conducción de calor en superficies extendidas y elaborar un resumen de los cuatro casos más comunes que se presentan en aletas.</li> <li>• Resolver problemas de conducción de calor unidimensional estacionaria en placas planas, cilindros, esferas y superficies extendidas (aletas).</li> <li>• Utilizar software de aplicación para la solución de problemas de conducción de calor unidimensional estacionaria.</li> </ul> |

### Unidad 3: Conducción Bidimensional en Estado Estacionario

| <i>Competencia específica a desarrollar</i>   | <i>Actividades de Aprendizaje</i>   |
|---|---|
| <p>Aplicar los principios de la conducción de calor para la solución de problemas de conducción bidimensional en estado estable, así como obtener los perfiles de temperatura correspondientes.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollar la expresión analítica de la Ecuación General de la Conducción de Calor Bidimensional estacionaria para un caso de aplicación específico.</li> <li>• Explicar los diferentes métodos de solución para un problema de conducción de calor bidimensional estacionaria.</li> <li>• Elaborar un trabajo por escrito para describir el concepto de factor de forma y el método gráfico.</li> <li>• Resolver problemas específicos de conducción bidimensional estacionaria utilizando el método de las gráficas de flujo.</li> <li>• Resolver problemas de conducción de calor</li> </ul> |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>bidimensional estacionaria utilizando el método de las diferencias finitas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilizar software de aplicación para la solución de problemas de conducción de calor bidimensional estacionaria (Star-CD, Ansys, FLUENT).</li> </ul> |
|--|--|

#### Unidad 4: Conducción en Estado Transitorio

| <i>Competencia específica a desarrollar</i>   | <i>Actividades de Aprendizaje</i>   |
|---|---|
| <p>Aplicar los principios de la conducción de calor para la solución de problemas de conducción en estado transitorio, así como obtener los perfiles de temperatura correspondientes.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar acerca de los diferentes métodos de solución para un problema de conducción de calor transitoria. Discutirlos en dinámica de grupos.</li> <li>• Elaborar un trabajo por escrito para describir el método de la resistencia interna despreciable (parámetros concentrados).</li> <li>• Resolver problemas específicos de conducción transitoria utilizando el método de la resistencia interna despreciable.</li> <li>• Resolver problemas de conducción de calor transitoria utilizando el método de las diferencias finitas.</li> <li>• Investigar acerca de los casos de: losa infinita y sólido semi-infinito, que se presentan en la conducción de calor transitoria. Presentar un caso específico desarrollado analíticamente.</li> <li>• Resolver problemas de conducción de calor transitoria, utilizando el método gráfico para los casos unidimensionales: placa infinita, cilindro largo y esfera (Heissler, Schmidt).</li> <li>• Utilizar software de aplicación para la solución de problemas de conducción de calor transitoria (Star-CD, Ansys, FLUENT).</li> </ul> |

#### Unidad 5: Análisis de la Convección

| <i>Competencia específica a desarrollar</i>  | <i>Actividades de Aprendizaje</i>  |
|--|--|
| <p>Aplicar los principios de la convección de calor para la solución de problemas utilizando las correlaciones empíricas disponibles, así como obtener los perfiles de temperatura correspondientes.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explicar los principios básicos y ecuaciones que gobiernan la transferencia de calor por convección.</li> <li>• Investigar acerca del significado físico de la capa límite térmica y sus ecuaciones fundamentales. Organizar una dinámica grupal para discutir los resultados de la investigación.</li> <li>• Comprender y explicar el significado físico de los parámetros adimensionales más comunes utilizados en la transferencia de</li> </ul> |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>calor por convección.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar los casos más comunes en donde se presenta la transferencia de calor por convección en procesos reales.</li> <li>• Conocer y explicar las correlaciones empíricas utilizadas en el análisis de la convección (natural y forzada) para aplicarlas en la solución de problemas relacionados en todos los casos de aplicación.</li> <li>• Resolver problemas en donde se evalúen los coeficientes de transferencia de calor por convección.</li> <li>• Elaborar una antología de problemas de convección, clasificando conforme a casos y tipo de correlación aplicada.</li> <li>• Utilizar software de aplicación para la solución de problemas de transferencia de calor por convección (Star-CD, Ansys, FLUENT).</li> <li>• Investigar acerca de la solución del problema de Convección-Conducción de Calor Estacionario.</li> <li>• Participar en discusiones grupales de los temas investigados.</li> </ul> |
|--|--|

**Unidad 6: Transferencia de Calor con Cambio de Fase**

| <i>Competencia específica a desarrollar</i>  | <i>Actividades de Aprendizaje</i>  |
|--|--|
| <p>Calcular la transferencia de calor y los coeficientes relacionados con los procesos en los que existe cambio de fase.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Investigar acerca de los procesos de transferencia de calor en los que se presenta un cambio de fase.</li> <li>• Analizar y explicar los conceptos fundamentales y los mecanismos básicos involucrados en los procesos de ebullición.</li> <li>• Investigar acerca de los regímenes de ebullición en recipientes.</li> <li>• Investigar acerca de los regímenes de ebullición en convección forzada.</li> <li>• Analizar y explicar los conceptos fundamentales y los mecanismos básicos involucrados en los procesos de condensación.</li> <li>• Investigar acerca de los regímenes de condensación.</li> <li>• Conocer y explicar las correlaciones empíricas utilizadas en el análisis de la convección con cambio de fase (ebullición y condensación) para aplicarlas en la solución</li> </ul> |

|  |  |
|--|--|
|  | <p>de problemas relacionados.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Resolver problemas en donde se evalúen los coeficientes de transferencia de calor en procesos de ebullición y condensación.</li> <li>• Participar en discusiones grupales de los temas investigados.</li> </ul> |
|--|--|

**Unidad 7: Intercambiadores de Calor**

| <i>Competencia específica a desarrollar</i>  | <i>Actividades de Aprendizaje</i>  |
|--|--|
| <p>Aplicar los principios y herramientas actualizadas en la selección y diseño termohidráulico de los intercambiadores de calor.</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar un cuadro sinóptico acerca de los tipos y características constructivas de los intercambiadores de calor más comunes utilizados en la industria de procesos termohidráulicos.</li> <li>• Investigar acerca del coeficiente global de transferencia de calor, su significado y la forma de obtenerlo. Tomar en cuenta y aplicar los factores de suciedad para su determinación.</li> <li>• Analizar y explicar los métodos más comúnmente utilizados en el análisis térmico de los intercambiadores de calor (Diferencia Media Logarítmica de Temperatura-DMLT y Número de Unidades de Transferencia o Efectividad-NUT).</li> <li>• Utilizar las gráficas para evaluar la eficiencia de un intercambiador de calor.</li> <li>• Resolver problemas de dimensionamiento de los intercambiadores de calor para aplicaciones específicas.</li> <li>• Elaborar por escrito un proyecto de selección y diseño termohidráulico de un intercambiador de calor que resuelva una aplicación real.</li> <li>• Participar en discusiones grupales de los temas investigados.</li> </ul> |

## 11.- FUENTES DE INFORMACIÓN

1. Yunus A. Cengel. Transferencia de Calor. Ed. Mc Graw Hill.
2. Frank P. Incropera & David P. De Witt. Fundamentos de Transferencia de Calor (4ª Edición) Ed. Prentice Hall, México, 1999.
3. J. A. Manrique. Transferencia de Calor (2ª Edición) Ed. Alfaomega, México 2002.
4. J. R. Welty. Transferencia de Calor aplicada a la ingeniería. Ed. LIMUSA, 1988.
5. Y. Pysmenny, G. Polupan, I. Carvajal, F. Sánchez. Manual para el cálculo de Intercambiadores de calor y bancos de tubos aletados. Ed. Reverté. México, 2007.
6. Donald Q. Kern, Procesos de Transferencia de Calor. C.E.C S.A., México 1981 (ISBN 968-26-1040-0)
7. Necati Özisik, M., Transferencia de Calor. Ed. McGraw Hill Latinoamericana S.A, 1975. (ISBN 0-07-091944-5)
8. B. V. Karlekar & R. M. Desmond. Transferencia de Calor. Ed. Interamericana. México, 1985.
9. Alan J. Chapman. Transmisión de Calor. Ed. Bellisco (3ª ed. amp. y act.).
10. ISBN: 8485198425
11. Anthony F. Mills. Transferencia de Calor. Ed. Irwin. ISBN: 8480861940.
12. Holman, J. P. Transferencia de Calor. Editorial CECSA. México, 1989.
13. Octave Levenspiel. Engineering flow and heat exchange. Editorial Plenum (). ISBN: 0306415992.
14. Frank Kreith, Mark S. Bond. Principios de Transferencia de Calor. Ed. Thomson Learning. 2001. ISBN: 970-686-063-0
15. W.M. Kays, A.L. London. Compact Heat Exchangers. Ed. McGraw-Hill (3rd Ed.)
16. ISBN: 0070334188
17. G. E. Myers. Analytical Methods in Conduction Heat Transfer. Ed. Mc Graw Hill. USA, 1971.
18. H. Schlichting. Boundary Layer Theory (6<sup>th</sup> Edition). Ec. Mc Graw Hill, USA 1968.
19. Perry's Chemical Engineers' Handbook 6ª Ed. McGraw Hill Book Co. 1984 (ISBN 0-07-049479-7)
20. W. M. Rohsenow y J. P. Hartnett, Handbook of Heat Transfer, McGraw Hill Book Co. 1973 (ISBN 0-07-053576-0)
21. Eric C. Guyer, Handbook of Applied Thermal Design, McGraw Hill Book Co. 1989 (ISBN 0-07-025353-6).

## 12.- PRÁCTICAS PROPUESTAS

- Resolver problemas prácticos utilizando programas de cómputo, después de lo cual podrá realizarse el análisis de resultados y conclusiones en grupos de discusión.
- Realizar experimentos sencillos de determinación experimental de coeficientes de transferencia de calor en convección forzada y libre, y compararlos con las correlaciones ya existentes .
- Utilizar programas de simulación disponibles en el mercado para el análisis de aplicaciones diversas tales como Aletas, intercambiadores de calor.
- Diseño termohidráulico y construcción de un intercambiador de calor.

El profesor deberá preparar los materiales necesarios para realizar las prácticas en el laboratorio o en el aula. Se deberán elaborar las Guías de Prácticas correspondientes.