

## IB-0007. TRANSFERENCIA DE CALOR EN BIOSISTEMAS

Carta al estudiante (I ciclo 2023)

### 1. Información general

Ciclo en programa de estudios: VIII

Número de créditos: 3

Requisitos: IM-0313 Termodinámica I; IM-0423 Mecánica de Fluidos

Correquisitos: No tiene

Tiempo de dedicación semanal:

Horario de clase	L 13:00 a 14:50 y J 13:00 a 15:50	
Horas en clase	teoría 3 h	práctica 2 h
Horas fuera de clase	4 h	
Tiempo de dedicación	9 h	

Modalidad: Presencial

Profesora:

*Dra. Kattia Solís Ramírez, [kattia.solis@ucr.ac.cr](mailto:kattia.solis@ucr.ac.cr), teléfono 2511 5683, oficina AA2-506, horario de atención a estudiantes: lunes de 8:00 a 9:30 y martes de 13:00 a 14:00, por medio de 1) Correo electrónico, 2) Zoom (por invitación/previa cita), 3) Teléfono de oficina y 4) Oficina (previa coordinación).*

Atributos de egreso evaluados en el curso:

Atributo	Indicador	Nivel	Código
Conocimientos de ingeniería (CI)	2	Introdutorio	CI02I
Análisis de problemas (AP)	2	Introdutorio	AP02I
Investigación (IN)	2	Introdutorio	IN02I

Unidades de acreditación del curso:

Rubro	UA declaradas
Ciencias de la Ingeniería	X
Diseño en Ingeniería	X
Matemáticas	
Ciencias naturales	
Estudios complementarios	

**ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible (agenda 2030)):**

ODS 4. Educación de calidad.

ODS 9. Industria, innovación e infraestructura.

Fecha de última revisión: 9 de marzo de 2023.

## 2. Justificación del curso

El curso está concebido con el propósito de que los y las estudiantes adquieran conocimientos que les permitan solucionar problemas de Ingeniería Agrícola y de Biosistemas relacionados con los fenómenos de transferencia de calor.

## 3. Objetivos

**Objetivo general:** Comprender los diferentes mecanismos de transferencia de calor.

### Objetivos específicos:

1. Desarrollar la habilidad de solucionar problemas típicos del ingeniero agrícola y de biosistemas vinculados con procesos de transferencia de calor por conducción, convección y radiación.
2. Conocer las bases de los métodos numéricos más utilizados para la solución de problemas de la transferencia de calor.
3. Adquirir conocimientos de la transferencia de calor para su utilización en otras áreas aplicadas de la Ingeniería Agrícola y de Biosistemas.

## 4. Contenido del curso y cronograma:

El contenido descrito está distribuido según los temas. La distribución de los temas es tentativa y sujeta a modificaciones.

Semana (fecha)	Tema	Actividades
1 (13 al 17 de marzo)	Presentación del curso.  <b>Tema 1.</b> Mecanismos de transferencia de calor. 1.1 Conducción. 1.2 Convección. 1.3 Radiación. 1.4 Mecanismos simultáneos de transferencia de calor.	
2 (20 al 24 de marzo)	<b>Tema 2.</b> Ecuación de la conducción de calor. 2.1 Ecuación unidimensional de la conducción de calor. 2.2 Ecuación general de conducción de calor. 2.3 Condiciones de frontera e iniciales.	Examen corto 1 (23 de marzo)



3 (27 al 31 de marzo)	<b>Tema 2.</b> Ecuación de la conducción de calor. 2.4 Resolución de problemas de conducción de calor en régimen estacionario. 2.5 Generación de calor en un sólido. 2.6 Conductividad térmica variable.	Laboratorio 1 (27 de marzo)  Examen corto 2 (30 de marzo)
4 (10 al 14 de abril)	<b>Tema 3.</b> Conducción de calor en estado estacionario. 3.1 Conducción de calor en estado estacionario en paredes planas. 3.2 Resistencia térmica por contacto. 3.3 Redes generalizadas de resistencias térmicas.	Entrega informe Laboratorio 1 (11 de abril)  Examen corto 3 (13 de abril)  Laboratorio 2 (13 de abril)
5 (17 al 21 de abril)	<b>Tema 3.</b> Conducción de calor en estado estacionario. 3.4 Conducción de calor en cilindros y esferas. 3.5 Radio crítico de aislamiento. 3.6 Transferencia de calor desde superficies con aletas. 3.7 Transferencia de calor en configuraciones comunes.	Laboratorio 3 (20 de abril)  Laboratorio 4 (20 de abril)  Examen corto 4 (20 de abril)  Entrega informe Laboratorio 2 (20 de abril)
6 (24 al 28 de abril)	<b>Tema 4.</b> Conducción de calor en régimen transitorio. 4.1 Análisis de sistemas concentrados. 4.3 Conducción de calor en régimen transitorio en paredes planas grandes.	Examen corto 5 (27 de abril)
7 (1 al 5 de mayo)	<b>Tema 4.</b> Conducción de calor en estado transitorio. 4.4 Conducción de calor en estado transitorio en cilindros largos. 4.5 Conducción de calor en estado transitorio en esferas con efectos espaciales. 4.6 Conducción de calor en estado transitorio en sólidos semiinfinitos. 4.7 Conducción de calor en estado transitorio en sistemas multidimensionales.	Entrega informe Laboratorio 3 (2 de mayo)  Examen parcial 1 (4 de mayo)



8 (8 al 12 de mayo)	<b>Tema 5.</b> Métodos numéricos en la conducción de calor.	Entrega Avance proyecto final (8 de mayo)  Entrega informe Laboratorio 4 (11 de mayo)  Examen corto 6 (11 de mayo)
9 (15 al 19 de mayo)	<b>Tema 6.</b> Fundamentos de la convección. 6.1 Mecanismo físico de la convección. 6.2 Capa límite de la velocidad. 6.3 Capa límite térmica. 6.4 Flujos laminar y turbulento. 6.5 Transferencia de calor y de cantidad de movimiento en el flujo turbulento. 6.6 Soluciones de las ecuaciones de convección para una placa plana. 6.7 Ecuaciones adimensionales de la convección y semejanza. 6.8 Formas funcionales de los coeficientes de fricción y de convección. 6.9 Analogía entre la cantidad de movimiento y la transferencia de calor.	Toma de datos Proyecto final (15 al 19 de mayo)  Examen corto 7 (18 de mayo)
10 (22 al 26 de mayo)	<b>Tema 7.</b> Convección externa forzada. 7.1 Fuerza de resistencia al movimiento y transferencia de calor en el flujo externo. 7.2 Flujo paralelo sobre placas planas. 7.3 Flujo alrededor de cilindros y esferas. 7.4 Flujo sobre bancos de tubos.	Examen corto 8 (25 de mayo)
11 (29 de mayo al 2 de junio)	<b>Tema 8.</b> Convección interna forzada. 8.1 Velocidad y temperatura promedios. 8.2 La región de entrada. 8.3 Análisis térmico general.	Examen corto 9 (1 de junio)

	8.4 Flujo laminar en tubos. 8.5 Flujo turbulento en tubos.	
12 (5 al 9 de junio)	<b>Tema 9.</b> Convección natural. 9.1 Mecanismo físico de la convección natural. 9.2 Ecuación del movimiento y número de Grashof. 9.3 Convección natural sobre superficies. 9.4 Convección natural desde superficies con aletas y tableros de circuitos impresos. 9.5 Convección natural dentro de recintos cerrados. 9.6 Convección natural y forzada combinadas.	Examen parcial 2 (8 de junio)
13 (12 al 16 de junio)	<b>Tema 10.</b> Intercambiadores de calor. 10.1 Tipos de intercambiadores de calor. 10.2 El coeficiente total de transferencia de calor. 10.3 Análisis de los intercambiadores de calor.	Entrega Proyecto final (15 de junio)  Laboratorio 5 (15 de junio)
14 (19 al 23 de junio)	<b>Tema 10.</b> Intercambiadores de calor. 10.4 Método de la diferencia media logarítmica de temperatura. 10.5 Método de la efectividad NTU. 10.6 Selección de intercambiadores de calor.	Presentación oral Proyecto final (19 de junio)  Entrega informe Laboratorio 5 (22 de junio)
15 (26 al 30 de junio)	<b>Tema 11.</b> Fundamentos de la radiación térmica. 11.1 Radiación térmica. 11.2 Radiación de cuerpo negro. 11.3 Intensidad de radiación. 11.4 Propiedades de radiación. 11.5 Radiación atmosférica y solar.	Examen corto 10 (29 de junio)  Laboratorio 6 (26 de junio)
16 (3 al 7 de julio)	<b>Tema 12.</b> Transferencia de calor por radiación. 12.1 El factor de visión. 12.2 Relaciones del factor de visión. 12.3 Transferencia de calor por radiación: superficies negras.	Entrega informe Laboratorio 6 (3 de julio)

	12.4 Transferencia de calor por radiación: superficies grises y difusas. 12.5 Blindajes contra la radiación y el efecto de la radiación.	
17		Examen parcial 3 (13 de julio, 8:00 a.m.)

## 5. Metodología del curso

El contenido del curso está orientado a que los y las estudiantes adquieran conocimientos teóricos y prácticos de los diferentes contenidos impartidos, realicen diferentes prácticas de laboratorio y elaboren un proyecto. El curso se llevará a cabo mediante la presentación de los contenidos teóricos y el desarrollo de ejercicios. Además, se realizarán exámenes parciales, exámenes cortos, prácticas de laboratorio y un proyecto.

Se utilizará la plataforma institucional Mediación Virtual para colocar indicaciones del curso y recibir cualquier entrega de evaluaciones de parte de los y las estudiantes.

## 6. Evaluación

Detalle	%
3 Exámenes parciales	60
10 Exámenes cortos	10
6 Laboratorios	15
Proyecto final	15
Total	100

El o la estudiante que obtenga una calificación final de 6,0 o 6,5, tiene derecho a realizar una prueba de ampliación (examen, trabajo, práctica o prueba especial). El y la estudiante que obtenga en la prueba de ampliación una nota de 7,0 o superior, tendrá una nota final de 7,0. En caso contrario, mantendrá 6,0 o 6,5; según corresponda.

### 6.1 Exámenes parciales

Se realizarán tres exámenes parciales de forma presencial en el horario de la clase, según lo establecido en el cronograma y serán de carácter individual. La materia por evaluar se indicará con al menos cinco días hábiles previo a su realización.

### 6.2 Exámenes cortos

Se realizarán diez exámenes cortos, según lo establecido en el cronograma. Los exámenes cortos podrán realizarse de forma presencial en el horario de la clase o virtual asincrónica. La materia por evaluar se indicará con al menos cinco días hábiles previo a su realización.

### 6.3 Laboratorios

Se realizarán seis prácticas de laboratorio. Debe entregarse un informe escrito en la fecha establecida. La guía de la práctica, así como otros aspectos de interés se indicará con al menos cinco días hábiles previo a su realización.

#### **6.4 Proyecto final**

Se darán instrucciones generales sobre el proyecto, se entregará y explicará un documento donde se describa en detalle el proyecto a realizar. El proyecto final será de carácter grupal y debe entregarse un avance, un documento final escrito en formato de artículo y realizar una presentación oral.

#### **7. Bibliografía**

Y. A. Çengel y A. J. Ghajar, *Transferencia de calor y masa*, 4 ed. México: McGraw-Hill; 2011.

#### **8. Información adicional**

- a. Recuerde las medidas sanitarias que prevalecen durante la presencialidad debido a la pandemia.
- b. Conforme con el reglamento, los y las estudiantes tendrán derecho a prueba de ampliación si la nota final del curso es mayor o igual a 6,0; sin excepciones.
- c. El plagio es totalmente inadmisibles, y cualquier similitud de forma o fondo del material evaluado anulará la calificación y se considerará como no entregado sin derecho a reposición. Además, se aplicarán las sanciones y procedimientos del Reglamento de Orden y Disciplina de los Estudiantes de la Universidad de Costa Rica.
- d. La ausencia a cualquier evaluación deberá ser debidamente justificada de acuerdo con lo estipulado en el artículo 24 del Reglamento de Régimen Académico Estudiantil.
- e. Los y las estudiantes deberán revisar el sitio del curso en Mediación Virtual-UCR (<http://mediacionvirtual.ucr.ac.cr>), esta plataforma va a ser el medio de comunicación oficial del curso y se utilizará para colocar cualquier material del curso y recibir las evaluaciones por parte de los y las estudiantes.
- f. El cronograma es tentativo, por lo que estará sujeto a cambios con previo aviso, los cuales responderán al desarrollo del curso.
- g. El correo electrónico institucional funcionará como medio de comunicación alternativo.
- h. Todo trabajo (informe de laboratorio, proyecto, etc.) deberá entregarse en la fecha acordada. De no hacerlo se rebajará un 10% de la nota de la asignación por cada día de retraso.
- i. No se permite el uso del teléfono celular durante las evaluaciones.