

## Guia docent

# 390214 - TCSB - Transferència de Calor en Sistemes Biològics

Última modificació: 26/05/2026

**Unitat responsable:** Escola d'Enginyeria Agroalimentària i de Biosistemes de Barcelona

**Unitat que imparteix:** 748 - FIS - Departament de Física.

**Titulació:** GRAU EN ENGINYERIA DE SISTEMES BIOLÒGICS (Pla 2009). (Assignatura obligatòria).

**Curs:** 2026

**Crèdits ECTS:** 6.0

**Idiomes:** Català

### PROFESSORAT

**Professorat responsable:** Lopez Codina, Daniel

**Altres:** Lopez Codina, Daniel

### COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

#### Específiques:

1. Els processos de transferència de calor i de transferència de massa en sistemes biològics.

### METODOLOGIES DOCENTS

Les hores de classe de grup gran consistiran en la introducció, per part del professor, dels conceptes necessaris per assolir els objectius de l'assignatura, es presentaran també exemples d'aplicació d'aquests conceptes a la resolució de problemes tipus. Les classes de grup petit consistiran en sessions de problemes, en aquestes sessions els estudiants treballaran en equips i el professor els dirigirà durant l'activitat. Es potenciarà la capacitat de treball en equip i de resolució de problemes dels estudiants. De forma optativa el student podrà utilitzar programes de càlcul a l'aula d'ordinadors, on seguint un dossier guiat podrà resoldre els problemes plantejats pel professor mitjançant programes adients de càlcul. El material de suport a l'assignatura inclou manuals dels programes, col·leccions de problemes i apunts. Aquest material estarà disponible a ATENEA.

### OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'assignatura pretén que l'estudiant adquireixi les bases científiques i tècniques necessàries para poder calcular i dissenyar els processos que involucren transferència de calor i provoquen canvis físics i químics en el material biològic (conducció, convecció i radiació tèrmica). L'estudiant es familiaritzarà amb les propietats dels gasos, líquids, sòlids, dissolucions i suspensions i canvis de fase en particular en aquells aspectes que impliquen transferència de calor. A més a més, l'estudiant aprendrà els fonaments de la transferència de calor tant estacionaris com no-estacionaris que li aportaran la capacitat de calcular i dissenyar qualsevol procés que involucri transferència de calor. Finalment, l'estudiant aprendrà les bases científiques de les radiacions ionitzants i els seus efectes sobre la matèria biològica sent capaç de calcular la dosis rebuda.

### HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	20,0	13.33
Hores grup gran	40,0	26.67
Hores aprenentatge autònom	90,0	60.00

**Dedicació total:** 150 h



## CONTINGUTS

### INTRODUCCIÓ A LA TRANSFERÈNCIA DE CALOR

**Descripció:**

1. Presentació. Conceptes bàsics.
2. Fenòmens de transport en el material biològic.
3. Mecanismes bàsics de la transferència de calor.
4. Lleis bàsiques de la transferència de calor.

**Activitats vinculades:**

- Activitat 1: Classes d'explicació teòrica  
Activitat 2: Proves individuals d'avaluació  
Activitat 4: Problemes fora de l'aula

**Dedicació:** 5h

Grup gran/Teoria: 2h

Aprenentatge autònom: 3h

### TRANSFERÈNCIA DE CALOR PER CONDUCCIÓ

**Descripció:**

1. Conducció. Llei de Fourier de la conducció. Llei general de la transferència de calor per conducció.
2. Conducció de calor en estat estacionari.
  - 2.1. Geometries simples.
  - 2.2. Aïllament crític.
    - 2.1. Generació de calor interna.
    - 2.2. Superfícies extenses
3. Conducció de calor transitòria. Geometries senzilles.
  - 3.1. Escalfament i refredament de sòlids en geometries unidimensionals simples.
  - 3.2. Refredament i congelació de material biològic.
  - 3.3. Tractaments tèrmics: pasteurització i esterilització de material biològic.
4. Mètodes numèrics.

**Activitats vinculades:**

- Activitat 1: Classes d'explicació teòrica  
Activitat 2: Proves individuals d'avaluació  
Activitat 3: Sessió de problemes a l'aula  
Activitat 4: Problemes fora de l'aula  
Activitat 5: Treball guiat optatiu: Sessions de pràctiques de càlcul a l'aula d'ordinadors

**Dedicació:** 27h

Grup gran/Teoria: 8h

Grup petit/Laboratori: 4h

Aprenentatge autònom: 15h



## TRANSFERÈNCIA DE CALOR PER CONVECCIÓ

### Descripció:

1. Introducció a la convecció.
  - 1.1. Classificació dels tipus de fluxos. Coeficient de transferència de calor convectiu. Numero de Nusselt.
  - 1.2. Equacions bàsiques de la convecció. Aproximació de Prandtl: Capes límit dinàmica i tèrmica, número de Prandtl.
  - 1.3. Equacions de la convecció. Adimensionalització.
2. Convecció forçada.
  - 2.1. Convecció exterior en flux paral·lel: placa plana, tubs i conductes.
  - 2.2. Convecció exterior en flux cruzado: tubs i bancs de tubs.
  - 2.3. Convecció interior: tubs i conductes.
3. Convecció lliure: Superfícies verticals i horitzontals. Superfícies extenses. Superfícies confinades.

### Activitats vinculades:

- Activitat 1: Classes d'explicació teòrica  
Activitat 2: Proves individuals d'avaluació  
Activitat 3: Sessió de problemes a l'aula  
Activitat 4: Problemes fora de l'aula  
Activitat 5: Treball guiat optatiu: Sessions de pràctiques de càlcul a l'aula d'ordinadors

### Dedicació: 27h

- Grup gran/Teoria: 8h  
Grup petit/Laboratori: 4h  
Aprentatge autònom: 15h

## TRANSFERÈNCIA DE CALOR AMB CANVIS DE FASE: EBULLICIÓ I CONDENSACIÓ

### Descripció:

1. Transferència de calor amb canvi de fase.
2. Ebullició de líquids tant en recipient como en convecció forçada. Sobreescalfament Màxim flux de calor. Mínim flux de calor i ebullició pel·licular. Producció de vapor.
3. Condensació de vapors. Condensació en gota i en pel·lícula. Subrefredament crític. Condensació de vapors sobreescalfats.

### Activitats vinculades:

- Activitat 1: Classes d'explicació teòrica  
Activitat 2: Proves individuals d'avaluació  
Activitat 3: Sessió de problemes a l'aula  
Activitat 4: Problemes fora de l'aula

### Dedicació: 23h

- Grup gran/Teoria: 6h  
Grup petit/Laboratori: 2h  
Aprentatge autònom: 15h

## BESCANVIADORS DE CALOR

### Descripció:

1. Definició. Classificació. Coeficient global de transferència de calor.
2. Distribució de temperatures en els bescanviadors de calor. Diferència de Temperatures mitjana logarítmica (LMTD).
3. Eficiència d'un bescanviador. Mètode e-NTU. Optimització.
4. Criteris de selecció de bescanviadors.
5. Evaporadors. Tipus. Evaporadors d'efecte simple. Evaporadors d'efecte múltiple. Evaporació en material biològic.

### Activitats vinculades:

- Activitat 1: Classes d'explicació teòrica  
Activitat 2: Proves individuals d'avaluació  
Activitat 3: Sessió de problemes a l'aula  
Activitat 4: Problemes fora de l'aula

### Dedicació: 25h

- Grup gran/Teoria: 6h  
Grup petit/Laboratori: 4h  
Aprentatge autònom: 15h

## TRANSFERÈNCIA DE CALOR PER RADIACIÓ

### Descripció:

1. Introducció a la radiació tèrmica.
2. Radiació del cos negre. Lleis de Planck i Stefan Boltzmann.
3. Propietats de la radiació. Classificació de las superfícies.
  - 3.1. Absorbància, reflectància, transmitància. Propietats.
  - 3.2. Emissivitat.
  - 3.3. Llei de Kirchhoff.
4. Intensitat de la radiació. Angle sòlid. Factors de forma de la radiació.
5. Bescanvi de calor entre superfícies per radiació.
  - 5.1. Entre superfícies negres.
  - 5.2. Entre superfícies grises.
  - 5.3. Amb gasos que emeten i absorbeixen radiació.
  - 5.4. Escuts per a la radiació.
6. Transport de calor combinada por conducció, convecció i radiació.
7. Escalfament mitjançant microones.

### Activitats vinculades:

- Activitat 1: Classes d'explicació teòrica  
Activitat 2: Proves individuals d'avaluació  
Activitat 3: Sessió de problemes a l'aula  
Activitat 4: Problemes fora de l'aula  
Activitat 5: Treball guiat optatiu: Sessions de pràctiques de càlcul a l'aula d'ordinadors

### Dedicació: 25h

- Grup gran/Teoria: 6h  
Grup petit/Laboratori: 4h  
Aprentatge autònom: 15h



## RADIACIONS IONITZANTS

### Descripció:

1. Definició. Tipus.
2. Llei de la desintegració radioactiva.
3. Dosis. Dosis efectiva biològica.
4. Efectes de les radiacions ionitzants sobre la matèria.
5. Efectes biològics de les radiacions ionitzants.
6. Aplicacions: esterilització i pasteurització de material biològic. Producció de varietats genètiques.

### Activitats vinculades:

- Activitat 1: Classes d'explicació teòrica  
Activitat 2: Proves individuals d'avaluació  
Activitat 3: Sessió de problemes a l'aula  
Activitat 4: Problemes fora de l'aula

### Dedicació: 18h

- Grup gran/Teoria: 4h  
Grup petit/Laboratori: 2h  
Aprentatge autònom: 12h

## ACTIVITATS

### ACTIVITAT 1: CLASSES D'EXPLICACIÓ TEÒRICA

#### Descripció:

Presentació i desenvolupament del tema. Exemples i aplicacions desenvolupats per el mateix professor

#### Dedicació: 38h

Grup gran/Teoria: 38h

### ACTIVITAT 2: PROVES INDIVIDUALS D'AVALUACIÓ

#### Descripció:

Una prova escrita de exercicis curts : 40 %  
Una prova escrita de problemes : 45 %

#### Objectius específics:

Els alumnes han de ser capaços de resoldre problemes de grau divers de dificultat.

#### Material:

Taules

#### Lliurament:

Primera prova : 40 % de la nota  
Segona prova : 45 % de la nota

#### Dedicació: 2h

Grup gran/Teoria: 2h



### ACTIVITAT 3: SESSIÓ DE PROBLEMES A L'AULA

**Descripció:**

Resolució de problemes per part del professor. Es proposen problemes per que els resolguin els alumnes, també a l'aula.

**Objectius específics:**

Els alumnes han de ser capaços de reproduir els processos de resolució dels problemes i arribar a la solució correcta.

**Material:**

Presentacions i resums dels temes.

Col·lecció de Taules de dades.

El professor prepararà els exercicis escrits i guiarà als alumnes sobre els procediments de resolució.

**Lliurament:**

Els alumnes entregaran els exercicis resolts.

**Dedicació:** 40h

Grup petit/Laboratori: 20h

Aprenentatge autònom: 20h

### ACTIVITAT 4: PROBLEMES FORA DE L'AULA

**Descripció:**

Els alumnes tenen que realitzar problemes de la col·lecció de problemes.

**Material:**

Una col·lecció de anunciats de exercicis i problemes dels diferents temes.

**Dedicació:** 30h

Aprenentatge autònom: 30h

### ACTIVITAT 5: TREBALL GUIAT OPTATIU: SESSIONS DE PRÀCTIQUES DE CÀLCUL A L'AULA D'ORDINADORS

**Descripció:**

Solució de problemes que precisen l'ús de programes de càlcul numèric. El professor explicarà els fonaments i realitzarà alguns exemples.

**Objectius específics:**

Que els alumnes es familiaritzin amb els programes de càlcul de transmissió de calor, en particular en la seva aplicació a sistemes biològics

**Material:**

Un dossier amb un conjunt de casos a estudiar.

Manuais dels diferents programes a utilitzar.

**Lliurament:**

Els alumnes entregaran un petit resum dels càlculs i resultats obtinguts.

**Dedicació:** 10h

Grup petit/Laboratori: 10h



## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

---

N1: Una prova escrita de exercicis curts.

N2: Una prova escrita de problemes.

N3: Participació i exercicis entregats de les sessions dirigides de problemes.

$$N_{\text{final}} = 0,45N1 + 0,45N2 + 0,1N3$$

## BIBLIOGRAFIA

---

### Bàsica:

- Çengel, Yunus A. Transferencia de calor y masa : un enfoque práctico [en línia]. 3a ed. México [etc.]: McGraw-Hill, 2007 [Consulta: 26/07/2022]. Disponible a : [https://www.ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB\\_BooksVis?cod\\_primaria=1000187&codigo\\_libro=10213](https://www.ingebook-com.recursos.biblioteca.upc.edu/ib/NPcd/IB_BooksVis?cod_primaria=1000187&codigo_libro=10213). ISBN 9789701061732.

- Kreith, Frank; Bohn, Mark S. Principios de transferencia de calor. 6a ed. Madrid: International Thomson, 2002. ISBN 8497320611.

### Complementària:

- McCabe, Warren L.; Smith, Julian C.; Harriott, Peter. Unit operations of chemical engineering. 7a ed. Boston: McGraw-Hill, 2005. ISBN 0071247106.

- Pascual España, Bernardo. Riegos de gravedad y a presión [en línia]. Valencia: UPV, 2007 [Consulta: 17/11/2022]. Disponible a : <https://lectura-unebook-es.recursos.biblioteca.upc.edu/viewer/9788490489505>. ISBN 9788483630839.

- Griskey, Richard G. Transport phenomena and unit operations : a combined approach. Hoboken, N.J.: Wiley-Interscience, 2006. ISBN 9780471998143.

- Geankoplis, Christie J. Transport processes and unit operations. 3rd ed. Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall International, 1993. ISBN 013045253X.

- Doran, Pauline M. Principios de ingeniería de los bioprocesos. Zaragoza: Acribia, 1998. ISBN 8420008532.