

## Guia docent

### 2400212 - 240MEI65 - Ús i Gestió de L'Energia

Última modificació: 10/07/2025

**Unitat responsable:** Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona  
**Unitat que imparteix:** **Titulació:** MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA INDUSTRIAL (Pla 2025). (Assignatura optativa).  
**Curs:** 2025      **Crèdits ECTS:** 10.0      **Idiomes:** Català, Castellà, Anglès

#### PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** Xavier Fernandez Francos

**Altres:**

#### REQUISITS

---

Haver cursat i superat les assignatures de Q1 i Q2 en l'àmbit de l'energia.

#### METODOLOGIES DOCENTS

---

Per facilitar que l'alumnat adquireixi els coneixements, habilitats i competències establertes per a l'assignatura, es combinaran activitats com l'exposició de continguts per part del professorat, la resolució d'exercicis, sessions de treball pràctic a l'aula, al taller o al laboratori en grups petits, la discussió de casos pràctics (Case Study) o la realització de projectes (PBL – Project Based Learning). Les activitats formatives poden ser tant de caràcter individual com de tipus cooperatiu. Per reforçar la motivació de l'estudiantat en l'adquisició de coneixements i habilitats, es programaran visites de camp. Les activitats es dissenyaran de manera que siguin inclusives i amb capacitat d'implicar l'estudiantat en els processos d'aprenentatge.

#### OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

---

SEN1.1.1 Dimensionar equips i instal·lacions per a la generació de calor i vapor amb criteris d'eficiència i sostenibilitat.

SEN1.1.2 Dimensionar equips i instal·lacions de climatització i refrigeració amb criteris d'eficiència i sostenibilitat.

SEN1.1.3 Dissenyar xarxes de calor i fred amb criteris d'eficiència i sostenibilitat.

SEN1.1.4 Dissenyar sistemes i instal·lacions energètiques amb perspectiva de gènere.

SEN1.2.1 Analitzar els principis fonamentals de funcionament i les aplicacions pràctiques de la generació de calor i treball amb bioenergia.

SEN1.2.2 Analitzar els principis fonamentals i les aplicacions pràctiques de l'ús de l'hidrogen.

SEN1.3.1 Millorar l'eficiència en l'ús de l'energia tant a nivell domèstic com industrial emprant la termodinàmica aplicada, la termoeconomia, les tècniques d'auditoria i les normatives de certificació energètica.

SEN1.3.2 Gestionar sistemes i instal·lacions de consum energètic amb l'ús de la ciència de dades.

SEN1.3.3 Gestionar sistemes i instal·lacions energètiques amb perspectiva de gènere.

## CONTINGUTS

### Contingut del curs

#### Descripció:

- Generació de calor per combustió: Fonaments de combustió. Tipologia i característiques de combustibles. Descripció de principals equips generació. Introducció a la instrumentació i monitorització d'instal·lacions tèrmiques. Sensors de temperatura. Sensors de pressió. Sensors de cabal.
- Climatització i condicionament d'aire: Cicle simple de compressió de vapor. Refrigerants. Cicle teòric. Diagrama P-h. COP. Cicle real de compressió de vapor. Psicrometria. Bescanviadors de calor en sistemes de climatització. Full de necessitats tèrmiques. Equips i sistemes de climatització. Bombes de Calor. Estalvi d'energia en climatització. Sistemes de distribució. Regulació i control en climatització.
- Refrigeració: Compressors frigorífics. Circuits de pressions múltiples. Cambres frigorífiques. Dispositius de regulació i elements annexes al circuit de refrigeració. Bescanviadors de calor en sistemes de refrigeració.
- Bescanviadors de calor: tipus i característiques.; aplicacions; mètode de càlcul:  $\epsilon$ -NTU i mètode LMTD.
- Biocarburants: caracterització; utilització en motors de combustió interna. Utilització de biomassa per a la generació de calor (bioheat).
- Hidrogen: utilització en motors de combustió interna.
- Anàlisi del potencial de recuperació de calor en processos, aprofitament energètic i tecnologies disponibles. Potencial de recuperació de calor (tecnologies i alternatives) i revalorització. Xarxes de recuperació de calor (PINCH). Integració energètica: cogeneració, trigeneració (aspectes legals, normatius, tècnico-pràctics...). Optimització econòmica: dimensionament, inversió, estalvis.
- Optimització energètica de sistemes i processos mitjançant anàlisi exergètic i econòmic.
- Ciència de dades: sèries de dades; tècniques d'optimització; mineria de dades (arbres de decisió, xarxes neuronals...); emmagatzemament de dades en bases SQL.

#### Objectius específics:

- Que l'estudiantat sàpiga dimensionar, amb criteris d'eficiència i sostenibilitat, equips i instal·lacions per a la generació de calor i vapor; equips i instal·lacions de climatització i refrigeració i xarxes de calor i fred.
- Abordar l'anàlisi dels principis fonamentals de funcionament i les aplicacions pràctiques de la generació de calor i treball amb bioenergia, així com de l'ús de l'hidrogen.
- Treballar des d'un punt de vista pràctic l'optimització energètica de sistemes i processos, així com els sistemes de recuperació de calor.
- Introduir l'estudiantat en la utilització de la ciència de dades en l'àmbit de l'ús i gestió de l'energia.

#### Activitats vinculades:

- Activitat transversal d'aplicació de la perspectiva de gènere
- Anàlisi d'un sistema de calefacció per combustió
- Projecte de climatització d'un edifici
- Projecte de refrigeració
- Anàlisi de processos en un corrent d'aire humit
- Xarxa de calor i fred alimentada amb una font de calor residual
- Disseny dels equips d'intercanvi de calor per a una xarxa de calor centralitzada
- Xarxa de calor i fred alimentada (parcialment) amb biomassa
- Anàlisi de la potència calorífica d'un biocarburant
- Motor de combustió d'hidrogen y biocarburants
- Recuperació de calor i integració de sistemes de calor/fred/potencia
- Anàlisi exergètic de sistemes de producció/conversió de calor i fred

#### Dedicació: 250h

Grup mitjà/Pràctiques: 60h

Grup petit/Laboratori: 30h

Aprenentatge autònom: 160h

## ACTIVITATS

---

### Activitat transversal d'aplicació de la perspectiva de gènere

**Descripció:**

Inclou una formació inicial i la presentació de la guia per a l'aplicació de la perspectiva de gènere en els projectes duts a terme durant el curs. Aquesta presentació es farà a l'assignatura "Projecte integrat d'enginyeria energètica"

**Objectius específics:**

Incorporar la perspectiva de gènere tan en el disseny com en la gestió d'instal·lacions energètiques.

Resultats de l'aprenentatge relacionats:

SEN1.1.4 Dissenyar sistemes i instal·lacions energètiques amb perspectiva de gènere

SEN1.3.3 Gestionar sistemes i instal·lacions energètiques amb perspectiva de gènere.

**Material:**

Guia per a l'aplicació de la perspectiva de gènere.

**Lliurament:**

Annexos o capítols de projectes descriptius de l'aplicació de la perspectiva de gènere i la diversitat funcional.

**Dedicació:** 2h

Aprenentatge autònom: 2h

## Anàlisi d'un sistema de calefacció per combustió

### Descripció:

Comprèn una visita a un sistema amb calderes de generació de calor. Posteriorment, es fa l'anàlisi del funcionament i rendiment de les calderes. Així mateix s'estudia la instrumentació i els sistemes de control.

Continguts relacionats

Fonaments de combustió. Tipologia i característiques de combustibles. Descripció de principals equips generació.

Introducció a la instrumentació i monitorització d'instal·lacions tèrmiques. Sensors de temperatura. Sensors de pressió. Sensors de cabal.

Activitats relacionades:

Visita tècnica a la planta d'Ecoenergies (Veolia) de la Zona Franca.

### Objectius específics:

Analitzar els equips de generació de calor per combustió, les seves característiques, el seu funcionament i el seu control.

Resultats de l'aprenentatge relacionats:

SEN1.1.1 Dimensionar equips i instal·lacions per a la generació de calor i vapor amb criteris d'eficiència i sostenibilitat.

SEN1.1.4 Dissenyar sistemes i instal·lacions energètiques amb perspectiva de gènere.

### Material:

Documentació explicativa dels fonaments científics i tècnics de la combustió i de les característiques dels combustibles.

Documentació descriptiva dels principals equips de generació de calor i vapor per combustió.

Documentació descriptiva de la instrumentació de calderes de combustió.

Documentació descriptiva dels equips de l'edifici a estudiar, així com dades de funcionament.

### Lliurament:

Informe d'anàlisi del sistema de calefacció amb calderes de combustió i propostes de inversió per a millorar el seu rendiment.

### Dedicació: 33h

Grup mitjà/Pràctiques: 9h

Aprenentatge autònom: 21h

Grup petit/Laboratori: 3h

## Projecte de climatització d'un edifici

### Descripció:

Estudi de la temàtica de climatització a partir del plantejament del repte de fer el disseny bàsic del sistema de climatització d'un edifici.

Continguts relacionats:

Cicle simple de compressió de vapor. Refrigerants. Cicle teòric. Diagrama P-h. COP. Cicle real de compressió de vapor. Psicrometria. Bescanviadors de calor en sistemes de climatització. Full de necessitats tèrmiques. Equips i sistemes de climatització. Bombes de Calor. Estalvi d'energia en climatització. Sistemes de distribució. Regulació i control en climatització

### Objectius específics:

Estudiar dels principis científics i tècnics en els que es basen els sistemes de climatització. Desenvolupar les habilitats de l'estudiantat per al càlcul d'equips i instal·lacions, així com per a dur a terme projectes d'instal·lacions en edificis. Analitzar els dissenys amb perspectiva de gènere.

Resultats de l'aprenentatge relacionats:

SEN1.1.2 Dimensionar equips i instal·lacions de climatització i refrigeració amb criteris d'eficiència i sostenibilitat.

SEN1.1.4 Dissenyar sistemes i instal·lacions energètiques amb perspectiva de gènere.

SEN1.3.2 Gestionar sistemes i instal·lacions de consum energètic amb l'ús de la ciència de dades.

### Material:

Ruiz, Rafael. Procesos de tratamiento de aire en climatización. Psicrometría

### Lliurament:

Proves individuals sobre l'adquisició de coneixements (teoria).

Proves individuals sobre l'adquisició d'habilitats per resoldre exercicis de càlcul (problemes).

Memòria del projecte dut a terme.

Avaluació dels companys (peers assessment).

### Dedicació: 58h

Grup petit/Laboratori: 3h

Grup mitjà/Pràctiques: 18h

Aprenentatge autònom: 37h

### Projecte de refrigeració

**Descripció:**

Estudi de la temàtica de refrigeració a partir del plantejament del repte de fer el disseny bàsic d'una cambra de refrigeració a la indústria o al sector serveis.

Continguts relacionats:

Compressors frigorífics. Circuits de pressions múltiples. Cambres frigorífiques. Dispositius de regulació i elements annexes al circuit de refrigeració. Bescanviadors de calor en sistemes de refrigeració.

**Objectius específics:**

Estudiar dels principis científics i tècnics en els que es basen els sistemes i equips de refrigeració. Desenvolupar les habilitats de l'estudiantat per al càlcul d'equips i instal·lacions, així com per a al·lugar a terme projectes d'instal·lacions frigorífiques. Analitzar els dissenys amb perspectiva de gènere.

Resultats de l'aprenentatge relacionats:

SEN1.1.2 Dimensionar equips i instal·lacions de climatització i refrigeració amb criteris d'eficiència i sostenibilitat.

**Material:**

Ruiz, Rafael. Refrigeración

**Lliurament:**

Proves individuals sobre l'adquisició de coneixements (teoria).

Proves individuals sobre l'adquisició d'habilitats per resoldre exercicis de càlcul (problemes).

Memòria del projecte dut a terme.

Avaluació dels companys (peers assessment).

**Dedicació:** 33h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 21h

Grup mitjà/Pràctiques: 9h

### Anàlisi de processos en un corrent d'aire humit

**Descripció:**

Estudi experimental de diferents processos a què es pot sotmetre un corrent d'aire humit.

Activitats relacionades:

Projecte de climatització d'un edifici

**Objectius específics:**

Analitzar l'efecte de diversos dispositius sobre les propietats d'un corrent d'aire humit.

Resultats de l'aprenentatge relacionats:

SEN1.1.2 Dimensionar equips i instal·lacions de climatització i refrigeració amb criteris d'eficiència i sostenibilitat.

**Material:**

Dispositiu experimental per a determinar propietats d'un corrent d'aire humit que es pot sotmetre a diferents processos com escalfament simple, humidificació i refredament amb deshidratació i posterior escalfament. Les determinacions experimentals permeten aplicar balanços de massa i d'energia. Guió explicatiu de l'experiment. Plantilla per la realització de l'informe.

**Lliurament:**

Informe de resultats

**Dedicació:** 8h

Aprenentatge autònom: 5h

Grup petit/Laboratori: 3h

## Xarxa de calor i fred alimentada amb una font de calor residual

### Descripció:

Visita tècnica a la planta "Forum" de Districlima (Barcelona)

### Objectius específics:

Fer l'anàlisi crític de la utilització de residus sòlids urbans com a combustible per a xarxes de distribució de calor i fred.

Resultats de l'aprenentatge relacionats:

SEN1.1.3 Dissenyar xarxes de calor i fred amb criteris d'eficiència i sostenibilitat.

SEN1.3.2 Gestionar sistemes i instal·lacions de consum energètic amb l'ús de la ciència de dades.

### Material:

Lectures sobre la incineració de RSU (residus sòlids urbans)

Descripció de la planta a visitar.

Lectures sobre els equips emprats a la planta objecte de la visita per a l'aprofitament de les fonts residual de calor:

-Intercanviadors d'aigua de mar / aigua refrigeració màquines.

-Intercanviadors vapor/aigua.

-Equips d'absorció per a la producció de fred.

-Refredadores elèctriques.

### Lliurament:

Informe valoratiu de les instal·lacions visitades.

### Dedicació: 8h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 5h

## Disseny dels equips d'intercanvi de calor per a una xarxa de calor centralitzada

### Descripció:

Agafant com a estudi de cas la xarxa de distribució de calor visitada, dur a terme l'anàlisi d'un bescanviador de calor concret. Analitzar el sistema d'instrumentació i control i el dimensionat dels equips de bescanvi de calor.

Continguts relacionats:

Bescanviadors de calor: tipus i característiques.; aplicacions; mètode de càlcul:  $\epsilon$ -NTU i mètode LMTD.

Activitats relacionades:

Visita tècnica a la planta "Forum" de Districlima (Barcelona)

Visita tècnica a la planta d'Ecoenergies (Veolia) de la Zona Franca.

### Objectius específics:

Desenvolupar les habilitats de l'estudiantat per al dimensionament de bescanviadors de calor. Estudiar les seves característiques principals i els sistemes d'instrumentació.

Resultats de l'aprenentatge relacionats:

SEN1.1.3 Dissenyar xarxes de calor i fred amb criteris d'eficiència i sostenibilitat.

SEN1.1.4 Dissenyar sistemes i instal·lacions energètiques amb perspectiva de gènere.

### Material:

Lectures descriptives dels intercanviadors de calor i dels mètodes de càlcul.

### Lliurament:

Proves individuals sobre l'adquisició de coneixements (teoria).

Proves individuals sobre l'adquisició d'habilitats per resoldre exercicis de càlcul (problemes).

Memòria del projecte dut a terme.

Avaluació dels companys (peers assessment).

### Dedicació: 33h

Grup mitjà/Pràctiques: 9h

Aprenentatge autònom: 21h

Grup petit/Laboratori: 3h

### Xarxa de calor i fred alimentada (parcialment) amb biomassa

**Descripció:**

Visita tècnica a la planta d'Ecoenergies (Veolia) de la Zona Franca.

**Objectius específics:**

Fer l'anàlisi crític de la utilització de biomassa com a combustible per a xarxes de distribució de calor i fred.

Resultats de l'aprenentatge relacionats:

SEN1.2.1 Analitzar els principis fonamentals de funcionament i les aplicacions pràctiques de la generació de calor i treball amb bioenergia.

SEN1.3.2 Gestionar sistemes i instal·lacions de consum energètic amb l'ús de la ciència de dades.

**Material:**

Lectures sobre la utilització de biomassa per generar calor. Descripció de la planta a visitar.

Lectures sobre els equips emprats a la planta objecte de la visita:

- Fred convencional: 38,5 MW.
- Fred de recuperació: 30 MW.
- Acumulació de gel: 320 MWh.
- Fred industrial: 12 MW.
- Calor convencional: 90 MW.
- Calor a partir de biomassa: 10 MW.
- Combustibles: Biomassa, gas i electricitat.
- Generació elèctrica: 2 MWh amb una turbina de vapor.

**Lliurament:**

Informe valoratiu de les instal·lacions visitades.

**Dedicació:** 8h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 5h

### Anàlisi de la potència calorífica d'un biocarburant

**Descripció:**

Determinació experimental de la potència calorífica de una mostra de biocarburant.

**Objectius específics:**

Fer una introducció a la utilització de biocarburants com a combustible. Introduir el concepte de potència calorífica. Desenvolupar habilitats per a la mesura experimental de la potència calorífica de combustibles.

Resultats de l'aprenentatge relacionats:

SEN1.2.1 Analitzar els principis fonamentals de funcionament i les aplicacions pràctiques de la generació de calor i treball amb bioenergia.

**Material:**

Mostra o mostres de biocarburant. Bomba de calor per a la mesura de potències calorífiques. Lectures relatives a biocarburants. Guió explicatiu de l'experiment. Plantilla per la realització de l'informe.

**Lliurament:**

Test de preguntes sobre biocarburants (online). Test de preguntes sobre els objectius i mètodes de l'experiment. Informe de resultats.

**Dedicació:** 8h

Aprenentatge autònom: 5h

Grup petit/Laboratori: 3h

### Motor de combustió d'hidrogen y biocarburants

**Descripció:**

Experiment per identificar les adaptacions necessàries d'un motor per treballar amb hidrogen i amb un biocarburant.

**Objectius específics:**

Entendre el funcionament d'un motor de combustió amb gas.

Entendre les particularitats de l'hidrogen com a combustible.

Entendre el funcionament d'un motor de combustió amb biocarburants.

Resultats de l'aprenentatge relacionats:

SEN1.2.1 Analitzar els principis fonamentals de funcionament i les aplicacions pràctiques de la generació de calor i treball amb bioenergia.

SEN1.2.2 Analitzar els principis fonamentals i les aplicacions pràctiques de la producció i ús de l'hidrogen.

**Material:**

Laboratori d'hidrogen a l'ETSEIB (motors)

**Lliurament:**

Test de preguntes sobre motors de combustió d'hidrogen (online). Test de preguntes sobre objectius i mètodes de l'experiment.  
Informe de resultats.

**Dedicació:** 17h

Aprenentatge autònom: 11h

Grup mitjà/Pràctiques: 3h

Grup petit/Laboratori: 3h

### Recuperació de calor i integració de sistemes de calor/fred/potencia

**Descripció:**

Anàlisi del potencial de recuperació de calor en processos, aprofitament energètic i tecnologies disponibles.

Continguts relacionats:

Potencial de recuperació de calor (tecnologies i alternatives) i revalorització. Xarxes de recuperació de calor (PINCH). Integració energètica (cogeneració, trigeneració i poligeneració). Anàlisi econòmic: selecció i optimització de sistemes, rendibilitat.

**Objectius específics:**

Aplicar mètodes d'anàlisi per a identificar oportunitats d'estalvi i integració energètica mitjançant recuperació de calor, quantificar el seu efecte i avaluar el seu impacte econòmic i ambiental, en diferents escenaris.

Resultats de l'aprenentatge relacionats:

SEN1.1.1 Dimensionar equips i instal·lacions per a la generació de calor i vapor amb criteris d'eficiència i sostenibilitat.

SEN1.1.3 Dissenyar xarxes de calor i fred amb criteris d'eficiència i sostenibilitat.

SEN1.3.3 Gestionar sistemes i instal·lacions energètiques amb perspectiva de gènere.

**Material:**

Lectures sobre els principis científics i tecnològics de recuperació de calor i integració energètica.

Lectures (apunts / llibres) sobre mètode PINCH per disseny de xarxes de recuperació de calor

Exercicis i casos pràctics/escenaris a analitzar.

**Lliurament:**

Resultats del casos pràctics desenvolupats.

**Dedicació:** 25h

Aprenentatge autònom: 16h

Grup petit/Laboratori: 3h

Grup mitjà/Pràctiques: 6h

## Anàlisi exergètic de sistemes de producció/conversió de calor i fred

### Descripció:

Optimització energètica de sistemes i processos mitjançant anàlisi exergètic i econòmic

Continguts relacionats

Balanços d'energia i exergia. Optimització. Exergia química: combustió, gasos de combustió, aire humit. Cost exergètic. Anàlisi termoeconòmic. Anàlisi de casos pràctics:

- 1) Generació de calor: combustió/calderes, combustibles fòssils/renovables, bombes de calor i alternatives
- 2) Generació de fred
- 3) Integració energètica calor/fred/potència: cogeneració i trigeneració
- 4) Recuperació de calor, xarxes i distribució.
- 5) Climatització d'edificis

### Objectius específics:

A partir de la descripció dels principis i mètodes de l'anàlisi exergètic i de la termoeconomia, es pretén que l'estudiantat adquireixi l'habilitat d'identificar i determinar els punts crítics de processos i instal·lacions i proposar millores en la seva eficiència energètica.

Resultats de l'aprenentatge relacionats:

SEN1.3.1 Millorar l'eficiència en l'ús de l'energia emprant anàlisis exergètiques i termoeconòmiques.

SEN1.3.3 Gestionar sistemes i instal·lacions energètiques amb perspectiva de gènere.

### Material:

Lectures sobre els principis científics i tecnològics de l'avaluació exergètic i la termoeconomia.

Lectures, apunts / llibres sobre exergia combustibles i combustió, aire humit

Exercicis i problemes dels diferents casos i conceptes

Dades dels casos pràctics a analitzar o dissenyar.

### Lliurament:

Resultats dels casos pràctics desenvolupats.

**Dedicació:** 17h

Grup mitjà/Pràctiques: 6h

Aprenentatge autònom: 11h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

La nota final de l'assignatura serà la mitjana ponderada de la qualificació obtinguda a cadascuna de les activitats.

La ponderació estarà en funció del temps assignat, tant el presencial com el d'estudi autònom.

## NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Les normes per a la realització de les activitats, així com els criteris d'avaluació, es comunicaran a l'alumnat conjuntament amb la descripció de l'activitat.

## RECURSOS

### Altres recursos:

- Ruiz, Rafael. Procesos de tratamiento de aire en climatización. Psicrometría [en línia]. Barcelona: L'autor, 2022 [Consulta: 23/05/2024]. Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/373852>. />- Ruiz, Rafael. Refrigeración [en línia]. Barcelona: L'autor, 2022 [Consulta: 23/05/2024]. Disponible a: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/375902>. />- Dincer, Ibrahim; Marc Rosen. Exergy analysis of heating, refrigerating, and air conditioning: methods and applications [en línia]. Amsterdam: Elsevier, 2015. ISBN 9780124172036. [Consulta: 23/05/2024]. a:



<https://www.sciencedirect-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/9780124172036/exergy-analysis-of-heating-refrigerating-and-air-conditioning>. />- Amidpour, Majid ; Mohammad Hasan. Cogeneration and Polygeneration Systems [en línia]. Amsterdam: London [et al.], 2021. ISBN 978012817249. [Consulta: 23/05/2024]. Disponible a: <https://www.sciencedirect-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/9780128172490/cogeneration-and-polygeneration-systems>.  
- Webster, John G.; Halit Eren. Measurement, Instrumentation, and Sensors Handbook [en línia]. 2nd ed. New York: CRC Press, 2014 [Consulta: 23/05/2024]. Disponible a: <https://www.taylorfrancis-com.recursos.biblioteca.upc.edu/books/mono/10.1201/9781315217109/measurement-instrumentation-sensors-handbook-john-webster-halit-eren>. ISBN 9781439848890.