



# Guia docent

## 220283 - 220283 - Alternatives Energètiques

Última modificació: 17/07/2024

**Unitat responsable:** Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa  
**Unitat que imparteix:** 724 - MMT - Departament de Màquines i Motors Tèrmics.

**Titulació:** MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA INDUSTRIAL (Pla 2013). (Assignatura optativa).

**Curs:** 2024      **Crèdits ECTS:** 7.5      **Idiomes:** Català

### PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** ASENSIO OLIVA LLENA

**Altres:** IVETTE MARIA RODRIGUEZ PEREZ - YOLANDA CALVENTUS SOLE - JESUS CASTRO GONZALEZ

### CAPACITATS PRÈVIES

---

Aspectes fonamentals de termodinàmica, mecànica de fluids i transferència de calor necessaris per a entendre el funcionament dels diferents sistemes estudiats al curs.

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

---

#### Específiques:

1. Coneixements i capacitat per a l'anàlisi dels processos de transferència de calor que permeten el disseny i càlcul de equips i aplicacions tèrmiques.
2. Coneixements i capacitat per al disseny i càlcul d'equips i instal·lacions frigorífiques (refrigeració i climatització).
3. Coneixements i capacitat per a l'anàlisi, disseny, càlcul i aplicacions de cicles de potència i motors tèrmics alternatius.
4. Coneixements i capacitat de fonaments, tecnologia i aplicacions de diferents alternatives energètiques no convencionals (Energia geotèrmica, energia solar tèrmica i piles de combustible).

### METODOLOGIES DOCENTS

---

- 1.- Classes en grups grans: en aquestes classes es desenvolupen les classes de teoria, part de les classes de problemes. S'utilitzarà el mètode expositiu que el professor cregui més convenient per assolir els objectius fixats a l'assignatura.
- 2.- Classes en grups mitjans: En aquestes classes es desenvolupen sessions de problemes per part del professor o bé els proposats als alumnes per a la seva resolució i que formen part de l'aprenentatge autònom. Realització de debats i dinàmiques de grup amb el professor o professora i altres estudiants a l'aula; presentació a l'aula d'una activitat realitzada de manera individual o en grups reduïts. També es poden fer pràctiques amb suport informàtic així com a pràctiques de laboratori.

La plataforma ATENEA s'utilitzarà com a suport en els dos tipus de classes que s'han descrit. S'utilitzarà com a transmissor i comunicador amb els alumnes.

#### a) Professor a estudiants:

- 1.- Programació d'activitats i informació
- 2.- Material d'aprenentatge
- 3.- Avaluacions de les activitats

#### b) Estudiants a professors:

- 1.- Preguntes i comentaris sobre el temari
- 2.- Entrega d'exercicis avaluables

#### c) Entre estudiants

- 1.- Utilització del FORUM com a lloc d'informació i debat



## OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

---

- Adquirir coneixements sobre la disponibilitat d'energia solar, així com l'aprofitament i ús d'aquesta energia en instal·lacions tèrmiques. Conèixer l'equipament i les instal·lacions més utilitzades tant per a baixa temperatura (aigua calenta sanitària, calefacció, etc.) com per a alta temperatura per a la producció d'energia elèctrica amb energia solar de concentració. Adquirir els coneixements per avaluar i dissenyar equips i sistemes d'energia solar tèrmica. Adquirir coneixement sobre els diferents estàndards d'assaig d'equips i sistemes solars tèrmics, així com les diferents legislacions i normatives mediambientals.
- Adquirir una visió àmplia sobre les piles de combustible, els tipus de piles, els fonaments termodinàmics i elèctrics, les causes per les quals hi ha pèrdues d'eficiència i caigudes de fem així com l'estat de la tecnologia en els diferents tipus de piles de combustible, tant de baixa temperatura com d'intermediació i alta. Incidir en les seves aplicacions i tendències actuals i futures de desenvolupament.
- Adquirir coneixements sobre sistemes de refrigeració per absorció i la capacitat per analitzar el comportament d'un cicle, avaluar el comportament d'una màquina d'absorció.

## HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANT

---

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup petit	22,5	12.00
Hores aprenentatge autònom	120,0	64.00
Hores grup gran	45,0	24.00

**Dedicació total:** 187.5 h

## CONTINGUTS

### MÒDUL 1 - ENERGIA SOLAR TÈRMICA

#### Descripció:

1. Introducció. Disponibilitat d'energia solar: Conceptes bàsics sobre radiació solar i la seva disponibilitat. Estimació del radiació solar disponible en dependència de la localització geogràfica.
2. Materials més utilitzats a energia solar tèrmica i les seves propietats: Conceptes bàsics de les propietats radiants dels materials i la seva avaluació.
3. Captadors solars tèrmics: Captadors solars tèrmics per a baixa, mitjana i alta temperatura (receptors solars d'alta temperatura). Principis d'operació. Estudi dels diferents mecanismes de transferència de calor. Definició del rendiment d'un captador solar. Assaig d'un captador solar de baixa temperatura.
- 4.-Acumulació d'energia tèrmica a les instal·lacions solars: Estudi de les tecnologies més utilitzades per a l'acumulació d'energia tèrmica a instal·lacions de baixa, mitjana i alta temperatura. Estudi de l'estratificació tèrmica i la seva influència al rendiment dels sistemes solars tèrmics.
- 5- Instal·lacions solars tèrmiques: Instal·lacions solars de baixa, mitjana i alta temperatura, plantes termo-solars. Càlcul, dimensionat i simulació de instal·lacions: i) sistemes domèstics per a l'escalfament d'aigua i calefacció; ii) instal·lacions amb refrigeració solar (absorció) tan domèstic com a industrial; iii) plantes termo-solars.

#### Objectius específics:

- Conèixer quina és la disponibilitat d'energia solar per tal d'optimitzar el seu aprofitament. Esser capaç d'avaluar la posició angular del Sol i d'estimar la radiació solar sobre una superfície inclinada.
- Aprofundir en els materials més utilitzats als diferents tipus de captadors solars i les seves propietats. Avaluar les propietats espectrals dels materials.
- Conèixer les diferents tecnologies utilitzades per a la captació de l'energia solar en dependència del rang de temperatures d'operació. Esser capaç d'avaluar des de un punt de vista tèrmic tant l'energia útil com al rendiment d'un captador amb independència de la tecnologia utilitzada. Coneixer les normatives per a l'assaig d'un captador solar.
- Conèixer les diferents tecnologies utilitzades per a l'emmagatzement d'energia tèrmica. Conèixer les propietats fonamentals dels diferents mitjans d'acumulació més utilitzats segons el tipus de tecnologia. Importància i avaluació de l'estratificació tèrmica a uns sistema d'acumulació tèrmic. Conèixer les normatives per a l'assaig d'un sistema d'acumulació d'energia tèrmica de baixa temperatura.
- Conèixer les diferents tecnologies utilitzades depenent del rang de temperatures de treball. Conèixer els diferents aspectes medio-ambientals i les normatives vigents relacionades amb les instal·lacions solars tèrmiques tan de baixa com d'alta temperatura. Conèixer les diferent metodologies i programes per al càlcul de instal·lacions solars tèrmiques. Esser capaç de realitzar el càlcul i dimensionat de diferents tipus de instal·lacions solars tèrmiques com ara: instal·lacions per a l'escalfament d'aigua sanitària, instal·lacions de refrigeració per absorció, plantes termo-solars.

#### Activitats vinculades:

- Activitat 1: Classe d'explicació teòrica i problemes
- Activitat 2: Lliurables de problemes (2) durant el mòdul puntuables
- Activitat 3: Pràctiques de laboratori, entregables i puntuables (2)
- Activitat 4: Examen Final

#### Dedicació: 86h

- Grup gran/Teoria: 20h
- Grup petit/Laboratori: 10h
- Aprenentatge autònom: 56h



## MÒDUL 2 - REFRIGERACIÓ/CALEFACCIÓ PER ABSORCIÓ

### Descripció:

- Introducció: breu repàs històric, principi físic, anàlisi termodinàmic dels cicles d'absorció: definició dels rendiments, anàlisi dels cicles per absorció.
- Anàlisi termodinàmic del cicle d'absorció: definició de COP, diagrames T-s i p-h, comparativa amb el cicle de Rankine.
- Fluids de treball: sistemes amb absorbent volàtil (H<sub>2</sub>O-NH<sub>3</sub>) i no volàtil (LiBr-H<sub>2</sub>O). Implicacions tecnològiques: simple efecte, doble efecte, múltiple efecte (LiBr-H<sub>2</sub>O), cicle d'absorció dual, cicles GAX (H<sub>2</sub>O-NH<sub>3</sub>). Altres parelles refrigerant-absorbent. Refrigeració de les màquines d'absorció: torres de refredament i refrigeració per aire.
- Anàlisi completa del sistema i cicle d'absorció: disseny i predicció. Ús de models zero-dimensionals i de balanços globals en règim permanent i transitori. Estudi de la influència de les condicions externes sobre el sistema.
- Anàlisi component a component del circuit d'absorció: absorbidors, generadors, condensadors, evaporadors, bescanviadors interns i sistemes auxiliars.
  - Estudi de la transferència de calor i massa en els bescanviadors de màquines d'absorció: revisió de les fenomenologies implicades i d'empirismes de càlcul.
  - Model zero-dimensional de càlcul de transferència de calor i massa simultània en absorbidors i generadors
- Visió global d'aplicacions de la refrigeració per absorció, juntament amb configuracions avançades de cicle que s'adaptin.

### Objectius específics:

- Adquirir coneixements sobre sistemes de refrigeració per absorció i la capacitat per analitzar el comportament d'un cicle, avaluar el comportament d'una màquina d'absorció.

### Activitats vinculades:

- Activitat 1: Classe d'explicació teòrica i problemes
- Activitat 2: Lliurables de problemes (2) durant el mòdul puntuables
- Activitat 4: Examen Final

### Dedicació: 51h

- Grup gran/Teoria: 12h 30m
- Grup petit/Laboratori: 6h 30m
- Aprenentatge autònom: 32h

### MÒDUL 3 - DISPOSITIUS ELECTROQUÍMICS PER LA CONVERSIÓ I GENERACIÓ D'HIDRÒGEN

#### Descripció:

1.- Fonaments de les piles de combustible. Característiques generals. Tipus de piles. Piles alcalines, piles d'àcid fosfòric, piles amb membranes d'intercanvi de protons, piles de carbonats fosos i piles d'òxids sòlids. Piles regeneratives. Aplicacions. Impacte medi-ambiental.-

2.- Fonaments teòrics de les piles de combustible. Força electromotriu d'una pila. F.E.M. treball i calor. Efecte de la temperatura i la pressió sobre la f.e.m. Efecte de la concentració. Eficiència d'una pila de combustible. Dependència de la eficiència amb la temperatura. Eficiència pràctica.

3.-: Pila de combustible operacional. Irreversibilitats. Pèrdues d'activació. Pèrdues degudes al pas de combustible. Pèrdues degudes a corrents interns. Pèrdues per transport de massa o variació de la concentració. Pèrdues òhmiques. Mecanismes d'electrode. Electrocatàlisi. Determinació dels fluxes d'aire, d'oxigen, d'aigua i consum de combustible. Calor produïda.

4.-: Desenvolupament tecnològic. Pila alcalina amb electròlit estàtic i en moviment. Piles amb membrana d'intercanvi de protons: principi operatiu, electrodes, membranes, electròlit. Gestió de l'aigua en una PEMFC. Efecte de la pressió sobre les PEMFC. Aplicacions pràctiques.

5.-: Piles de combustible de mitjana i alta temperatura. Piles d'àcid fosfòric: fonaments i aplicacions. Aplicació a la cogeneració. Piles de carbonats fosos: fonaments. Components d'una MCFC. Reforma interna. Efecte de la composició del gas oxidant, de la temperatura i de la pressió. Aplicacions de les MCFC. Piles d'òxids sòlids: fonaments i components. Disseny pràctic. Característiques de funcionament: efecte de la pressió i de la temperatura. Cicles combinats: piles-turbines de gas.

6.-: Mètodes d'obtenció de l'hidrogen. Reforma amb vapor. Mètode d'oxidació no catalítica i catalítica. Reforma autotèrmica. Descomposició catalítica. Mètodes de reforma interna del combustible.

#### Objectius específics:

Adquirir una visió àmplia sobre les piles de combustible, els tipus de piles, els fonaments termodinàmics y elèctrics, les causes per les quals hi ha pèrdues d'eficiència i caigudes de f.e.m. així com l'estat de la tecnologia en els diferents tipus de piles de combustible, tant de baixa temperatura com d'intermedia i alta. Incidir en les seves aplicacions i tendències actuals i futures de desenvolupament.

#### Activitats vinculades:

Activitat 1 : Classe d'explicació teòrica i problemes

Activitat 2: Lliurables de problemes (4) durant el mòdul puntuables

Activitat 4: Examen Final

**Dedicació:** 50h 30m

Grup gran/Teoria: 12h 30m

Grup petit/Laboratori: 6h

Aprenentatge autònom: 32h



## ACTIVITATS

### Classes de teoria i problemes

**Descripció:**

Metodologia en grup gran.

Exposició dels continguts de l'assignatura seguint un model de classe expositiu i participatiu.

**Objectius específics:**

Transferir els coneixements necessaris per a una correcta interpretació dels continguts desenvolupats a les sessions de grups grans, resolució de dubtes en relació al temari de l'assignatura i desenvolupament de les competències genèriques.

**Material:**

Apunts disponibles a la plataforma Atenea.

Bibliografia general de l'assignatura.

**Lliurament:**

Durant algunes de les sessions es duran a terme exercicis presencials a classe, de forma individual o en grups reduïts.

**Dedicació:** 128h 30m

Aprenentatge autònom: 76h

Grup gran/Teoria: 42h

Grup petit/Laboratori: 10h 30m

### Pràctiques de laboratori

**Descripció:**

Durant aquestes activitats es realitzaran activitats de laboratori per a l'assaig d'equips i sistemes estudiats a l'assignatura, així com també activitats amb suport informàtic.

**Objectius específics:**

Adquirir les habilitats necessàries per a una correcta avaluació d'equips i sistemes.

**Material:**

apunts i material facilitat pel professor a atenea

**Lliurament:**

Informe amb els resultats de la pràctica

**Dedicació:** 36h

Aprenentatge autònom: 24h

Grup petit/Laboratori: 12h



### Sessions d'activitats dirigides

**Descripció:**

Preparació prèvia y posterior de las sessions d'activitates dirigides.

**Objectius específics:**

Adquirir les habilitats necessàries per a una correcta interpretació dels problemes de l'assignatura, així como una satisfactòria resolució Desenvolupament de les competències genèriques.

**Material:**

Apunts disponibles a la plataforma Atenea.  
Bibliografia general del mòdul  
Exercicis disponibles a la plataforma Atenea

**Lliurament:**

Durant aquestes sessions es desenvoluparien per part l'estudiantat exercicis pràctics

**Dedicació:** 20h

Aprenentatge autònom: 20h

### Exàmens

**Descripció:**

Prova individual i per escrit sobre els continguts dels mòduls

**Objectius específics:**

La prova ha de demostrar que l'estudiant/a ha adquirit i assimilat els conceptes, principis i fonaments bàsics relacionats el mòdul

**Material:**

Enunciat de la prova final.

**Lliurament:**

resolució de la prova

**Dedicació:** 3h

Grup gran/Teoria: 3h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

- Exercicis i/o pràctiques de laboratoris en l'àmbit de l'energia solar tèrmica: 16.7%
- Exercicis i/o pràctiques de laboratoris en l'àmbit de refrigeració per absorció: 23.3%
- Exercicis i/o pràctiques de laboratoris en l'àmbit de piles de combustible: 10%
- Examen final de l'assignatura: 50%. Durant l'examen final es donarà l'opció que l'alumne pugui recuperar els exercicis i/o pràctiques de laboratori.

Per aquells estudiants que compleixin els requisits i es presentin a l'examen de reavaluació, la qualificació de l'examen de reavaluació substituirà les notes de tots els actes d'avaluació que siguin proves escrites presencials (controls, exàmens parcials i finals) i es mantindran les qualificacions de pràctiques, treballs, projectes i presentacions obtingudes durant el curs.

Si la nota final després de la reavaluació és inferior a 5.0 substituirà la inicial únicament en el cas que sigui superior. Si la nota final després de la reavaluació és superior o igual a 5.0, la nota final de l'assignatura serà aprovat 5.0.

## NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Prova individual i per escrit sobre els continguts dels mòduls. La prova ha de demostrar que l'estudiant/a ha adquirit i assimilat els conceptes, principis i fonaments bàsics relacionats amb els mòduls de l'assignatura.



## BIBLIOGRAFIA

---

### Bàsica:

- Kalogirou, Soteris. Solar energy engineering: processes and systems [en línia]. Burlington, MA: Elsevier/Academic Press, 2009 [Consulta: 03/10/2022]. Disponible a: <https://www.sciencedirect-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/9780123745019/solar-energy-engineering>. ISBN 9780080922874.
- Herold, K.E.; Radermacher, R.; Klein, S.A. Absorption chillers and heat pumps. Boca Raton[etc.]: CRC, 1996. ISBN 0849394279.
- Duffie, J.A.; Beckman, W.A. Solar engineering of thermal processes [en línia]. 4th ed. Chichester: Wiley, 2013 [Consulta: 03/10/2022]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9781118671603>. ISBN 9781118671603.
- Kordesch, K.; Simader, G. Fuel cells and their applications. Weinheim [etc.]: VCH, cop. 1996. ISBN 3527285792.
- Dicks, Andrew L.; Rand, David A.J. Fuel cell systems explained [en línia]. 3rd ed. Hoboken, NJ: Wiley, cop. 2018 [Consulta: 31/05/2023]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9781118706992>. ISBN 9781118706992.
- Tiwari, G.N. Solar energy: fundamentals, design, modelling and applications. Pangbourne, UK: Alpha Science International, cop. 2002. ISBN 9781842651063.
- Vogel, W.; Kalb, H. Large-scale solar thermal power: technologies, costs and development. Weinheim: Wiley-VCH, cop. 2010. ISBN 9783527405152.

### Complementària:

- Stobart, Richard (ed.). Fuel cell technology for vehicles. Warrendale, PA: Society of Automotive Engineers, Inc, cop. 2001. ISBN 0768007844.
- Hoogers, Gregor (ed.). Fuel cell technology: handbook. Boca Raton [etc.]: CRC, cop. 2003. ISBN 0849308771.
- Srinivasan, Supramaniam. Fuel cells: from fundamentals to applications. New York [etc.]: Springer, cop. 2006. ISBN 9780387251165.
- Gordon, Jeffrey (ed.). Solar energy: the state of the art: ISES position papers. London: James & James, cop. 2001. ISBN 1902916239.
- Winter, C.J.; Sizmann, R.L.; Vant-Hull, L.L. (eds.). Solar power plants: fundamentals, technology, systems, economics. Berlin [etc.]: Springer-Verlag, cop. 1991. ISBN 3540188975.
- Alefeld, G.; Radermacher, R. Heat conversion systems. 2nd ed. Boca Raton: CRC Press, 2019. ISBN 9780367449759.
- Beckman, W.A.; Klein, S.A.; Duffie, J.A. Solar heating design: by the f-chart method. New York [etc.]: John Wiley & Sons, cop. 1977. ISBN 0471034061.
- Bogart, Marcel. Ammonia absorption refrigeration in industrial processes. Houston [etc.]: Gulf Publishing Company, 1981. ISBN 0872010279.

## RECURSOS

---

### Material audiovisual:

- Transparències, problemes proposats que es faran servir a classe

### Material informàtic:

- Apunts d'energia solar tèrmica per a l'assignatura d'Alternatives Energètiques
- Apunts de piles de combustibles per a l'assignatura d'alternatives energètiques