



Guia docent

820744 - ESTM - Energia Solar Tèrmica

Última modificació: 23/05/2024

Unitat responsable: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona
Unitat que imparteix: 724 - MMT - Departament de Màquines i Motors Tèrmics.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE L'ENERGIA (Pla 2013). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA INDUSTRIAL (Pla 2014). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE L'ENERGIA (Pla 2022). (Assignatura optativa).

Curs: 2024 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: Ivette Rodríguez

Altres: Ivette Rodríguez

CAPACITATS PRÈVIES

Aspectes fonamentals de termodinàmica, mecànica de fluids i transferència de calor necessaris per a entendre el funcionament dels sistemes d'energia solar tèrmica.

REQUISITS

Coneixements equivalents a haver superat el curs d'anivellament del màster.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

CEMT-1. Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com a font d'energia fins al seu ús com a servei energètic. Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental; i formular judicis valoratius.

CEMT-4. Realitzar de forma eficient l'obtenció de dades de recursos renovables d'energia i el seu tractament estadístic, així com aplicar coneixements i criteris de valoració en el disseny i avaluació de solucions tecnològiques per a l'aprofitament de recursos renovables d'energia, tant per a sistemes aïllats com connectats a xarxa. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de l'aprofitament dels recursos renovables d'energia.

CEMT-5. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip tèrmic més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions tèrmiques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia tèrmica.

CEMT-7. Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica dels mateixos.

METODOLOGIES DOCENTS

Durant el desenvolupament de l'assignatura es faran servir les següents metodologies docents:

- Classe magistral o conferència (EXP): exposició de coneixements per part del professorat mitjançant classes magistrals o bé per persones externes mitjançant conferències convidades.
- Classes participatives (PART): resolució col·lectiva d'exercicis, 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.
- Treball teòric-pràctic dirigit (TD): realització a l'aula d'una activitat o exercici de caràcter teòric o pràctic, individualment o en grups reduïts, amb l'assessorament del professor o professora.
- Projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR): aprenentatge basat en la realització, individual o en grup, d'un treball de reduïda complexitat o extensió, aplicant coneixements i presentant resultats.
- Projecte o treball d'abast ampli (PA): aprenentatge basat en el disseny, la planificació i realització en grup d'un projecte o treball d'àmplia complexitat o extensió, aplicant i ampliant coneixements i redactant una memòria on s'aboca el plantejament d'aquest i els resultats i conclusions.
- Activitats d'Avaluació (EV).

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Conèixer els fenòmens de transferència de calor (radiació, convecció, conducció) que tenen lloc als equips i sistemes solars tèrmics. Conèixer els materials i les seves propietats utilitzats a les aplicacions solars tèrmiques com ara: tractaments selectius, materials d'acumulació per canvi de fase, superfícies transparents aïllants, etc.

Conèixer les diferents metodologies que permeten el càlcul i disseny d'equips i sistemes solars tèrmics. Utilització de diferents software de càlcul tan comercial com a desenvolupat al CTTC-UPC (Centre Tecnològic de Transferència de Calor, Universitat Politècnica de Catalunya).

Realització de diferents practiques per a l'assaig de col·lectors solars tèrmics i sistemes solars tèrmics al CTTC-UPC.

Coneixement de diferents aplicacions de l'energia solar tèrmica com ara: a sistemes de refrigeració per absorció utilitzant l'energia solar tèrmica com a font primària d'energia, sistemes per a la producció d'energia elèctrica amb energia solar tèrmica de concentració (plantes solars termo-elèctriques). Conèixer els fenòmens de transferència de calor (radiació, convecció, conducció) que tenen lloc als equips i sistemes solars tèrmics.

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANT

| Tipus | Hores | Percentatge |
|----------------------------|-------|-------------|
| Hores grup mitjà | 15,0 | 11.54 |
| Hores grup gran | 30,0 | 23.08 |
| Hores aprenentatge autònom | 85,0 | 65.38 |

Dedicació total: 130 h

CONTINGUTS

Introducció.

Descripció:

Disponibilitat d'energia solar. Conceptes bàsics sobre radiació solar i la seva disponibilitat. Estimació del radiació solar disponible en dependència de la localització geogràfica. Introducció a les instal·lacions solars tèrmiques i el seu equipament.

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
- Esser capaç d'estimar la radiació solar sobre una superfície inclinada
- Conèixer diferents instal·lacions que s'utilitzen per aprofitar l'energia tèrmica i la seva classificació en funció del rang de temperatures de treball

Activitats vinculades:

- Classe teòrica
- Classe pràctica
- Treball d'abast reduït

Competències relacionades:

CEMT-4. Realitzar de forma eficient l'obtenció de dades de recursos renovables d'energia i el seu tractament estadístic, així com aplicar coneixements i criteris de valoració en el disseny i avaluació de solucions tecnològiques per a l'aprofitament de recursos renovables d'energia, tant per a sistemes aïllats com connectats a xarxa. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de l'aprofitament dels recursos renovables d'energia.

CEMT-1. Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com a font d'energia fins al seu ús com a servei energètic. Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental; i formular judicis valoratius.

Dedicació: 17h

Grup gran/Teoria: 6h

Grup petit/Laboratori: 1h

Aprenentatge autònom: 10h

Materials més utilitzats a energia solar tèrmica i les seves propietats

Descripció:

Conceptes bàsics de les propietats radiants dels materials i la seva avaluació.

Objectius específics:

- Fer un repàs de les propietats radiants tant de superfícies opaques com de superfícies transparents.
- Aprofundir en els materials més utilitzats als diferents tipus de captadors solars i les seves propietats.
- Avaluar les propietats espectrals dels materials.
- Avaluar els guanys a l'absorbidor d'un captador solar

Activitats vinculades:

Classe teòrica

Classe pràctica

Competències relacionades:

CEMT-7. Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica dels mateixos.

Dedicació: 11h

Grup gran/Teoria: 3h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 6h



Captadors solars tèrmics

Descripció:

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.

Objectius específics:

- 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.
- Conèixer les normatives per a l'assaig d'un captador solar.
- Realitzar l'assaig d'un captador solar.

Activitats vinculades:

- Classe teòrica
- Classe pràctica
- Treball teòric pràctic dirigit
- Treball d'abast reduït

Competències relacionades:

CEMT-7. Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica dels mateixos.

CEMT-5. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip tèrmic més adequat per a una determinada aplicació.

Dimensionar equips i instal·lacions tèrmiques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia tèrmica.

CEMT-4. Realitzar de forma eficient l'obtenció de dades de recursos renovables d'energia i el seu tractament estadístic, així com aplicar coneixements i criteris de valoració en el disseny i avaluació de solucions tecnològiques per a l'aprofitament de recursos renovables d'energia, tant per a sistemes aïllats com connectats a xarxa. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de l'aprofitament dels recursos renovables d'energia.

Dedicació: 30h

Grup gran/Teoria: 8h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 20h



Acumulació d'energia tèrmica a les instal·lacions solars

Descripció:

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.

Objectius específics:

- 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

Activitats vinculades:

- Classe teòrica
- Classe pràctica
- Treball teòric pràctic dirigit

Competències relacionades:

CEMT-7. Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica dels mateixos.

CEMT-5. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip tèrmic més adequat per a una determinada aplicació.

Dimensionar equips i instal·lacions tèrmiques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia tèrmica.

CEMT-4. Realitzar de forma eficient l'obtenció de dades de recursos renovables d'energia i el seu tractament estadístic, així com aplicar coneixements i criteris de valoració en el disseny i avaluació de solucions tecnològiques per a l'aprofitament de recursos renovables d'energia, tant per a sistemes aïllats com connectats a xarxa. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de l'aprofitament dels recursos renovables d'energia.

Dedicació: 21h

Grup gran/Teoria: 4h

Grup petit/Laboratori: 2h

Aprenentatge autònom: 15h



Instal·lacions solars tèrmiques.

Descripció:

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 ii) plantes termo-solars.

Objectius específics:

- 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 diferents metodologies i programes per al càlcul de instal·lacions solars tèrmiques
- Estar 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, plantes termo-solars

Activitats vinculades:

- Classe teòrica
- Classe pràctica
- Treball teòric pràctic dirigit
- Treball d'abast reduït
- Treball d'abast ampli

Competències relacionades:

CEMT-7. Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica dels mateixos.

CEMT-5. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip tèrmic més adequat per a una determinada aplicació.

Dimensionar equips i instal·lacions tèrmiques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia tèrmica.

CEMT-4. Realitzar de forma eficient l'obtenció de dades de recursos renovables d'energia i el seu tractament estadístic, així com aplicar coneixements i criteris de valoració en el disseny i avaluació de solucions tecnològiques per a l'aprofitament de recursos renovables d'energia, tant per a sistemes aïllats com connectats a xarxa. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de l'aprofitament dels recursos renovables d'energia.

CEMT-1. Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com a font d'energia fins al seu ús com a servei energètic. Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental; i formular judicis valoratius.

Dedicació: 46h

Grup gran/Teoria: 9h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprentatge autònom: 34h

ACTIVITATS

Classes teòriques i conferències

Descripció:

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 amb la participació dels estudiants

Competències relacionades:

CEMT-1. Entendre, descriure i analitzar, de forma clara i àmplia tota la cadena de conversió energètica, des del seu estat com a font d'energia fins al seu ús com a servei energètic. Identificar, descriure i analitzar la situació i característiques dels diferents recursos energètics i dels usos finals de l'energia, en les seves dimensions econòmica, social i ambiental; i formular judicis valoratius.

CEMT-4. Realitzar de forma eficient l'obtenció de dades de recursos renovables d'energia i el seu tractament estadístic, així com aplicar coneixements i criteris de valoració en el disseny i avaluació de solucions tecnològiques per a l'aprofitament de recursos renovables d'energia, tant per a sistemes aïllats com connectats a xarxa. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de l'aprofitament dels recursos renovables d'energia.

CEMT-7. Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica dels mateixos.

CEMT-5. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip tèrmic més adequat per a una determinada aplicació.

Dimensionar equips i instal·lacions tèrmiques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia tèrmica.

Dedicació: 40h

Aprenentatge autònom: 10h

Grup gran/Teoria: 30h



classes pràctiques

Descripció:

Durant aquestes activitats es realitzaran problemes i exercicis seguint un model de classe participatiu

Objectius específics:

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

Material:

apunts i problemes a ATENEA. Bibliografia de l'assignatura

Lliurament:

Es duran a terme exercicis presencials a classe, de forma individual o en grups reduïts i a on els alumnes hauran d'exposar els seus resultats

Competències relacionades:

CEMT-7. Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica dels mateixos.

CEMT-5. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip tèrmic més adequat per a una determinada aplicació.

Dimensionar equips i instal·lacions tèrmiques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia tèrmica.

CEMT-4. Realitzar de forma eficient l'obtenció de dades de recursos renovables d'energia i el seu tractament estadístic, així com aplicar coneixements i criteris de valoració en el disseny i avaluació de solucions tecnològiques per a l'aprofitament de recursos renovables d'energia, tant per a sistemes aïllats com connectats a xarxa. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de l'aprofitament dels recursos renovables d'energia.

Dedicació: 25h

Aprenentatge autònom: 15h

Grup petit/Laboratori: 10h

treball d'abast reduït

Descripció:

Realització per part de l'estudiant de treballs amb l'objectiu de consolidar temàtiques tractades a classe. Els treballs es podran fer en grups reduïts i o de forma individual.

Objectius específics:

-Esser capaç d'aplicar els coneixements adquirits tant a les classes teòriques com a pràctiques per a portar a terme el treball.

-El/la alumne ha d'esser capaç de demostrar i aplicar els seus coneixements de transferència de calor i d'aplicar-los als càlculs d'equips solars tèrmics.

- A partir dels resultats obtinguts, proposar solucions teòriques i pràctiques per a millorar el comportament d'equips solars tèrmics.

Material:

Bibliografia recomanada. Apunts i transparències. Material a ATENEA

Lliurament:

Report amb els resultats i el seu anàlisi

Competències relacionades:

CEMT-7. Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica dels mateixos.

Dedicació: 30h

Aprenentatge autònom: 30h



treball d'abast ampli

Descripció:

Treball d'abast ampli on l'estudiant posarà en pràctica els coneixements adquirits i els integrarà per a realitzar l'estudi d'un sistema solar. Aquest treball es pot realitzar a qualsevol de les tecnologies estudiades en el curs.

Objectius específics:

- El/la alumne ha d'esser capaç de demostrar i aplicar els seus coneixements adquirits pel càlcul d'una instal·lació.
- Comprendre la dependència dels diferents paràmetres i equips en el resultat obtingut com ara la cobertura solar, el rendiment de la instal·lació i, en general, les pèrdues tèrmiques als diferents equips.
- Ésser capaç de aportar solucions per millorar el funcionament de la instal·lació solar.

Material:

Bibliografia recomanada. Apunts i transparències. Articles de revistes relacionades amb la temàtica.

Lliurament:

Report amb els resultats i el seu anàlisi. Solucions per tal de millorar tan la cobertura solar com el rendiment de la instal·lació.

Competències relacionades:

CEMT-5. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip tèrmic més adequat per a una determinada aplicació.

Dimensionar equips i instal·lacions tèrmiques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia tèrmica.

CEMT-7. Analitzar el comportament d'equips i instal·lacions en operació per tal d'elaborar un diagnòstic valoratiu sobre el seu règim d'explotació i d'establir mesures dirigides a millorar l'eficiència energètica dels mateixos.

CEMT-4. Realitzar de forma eficient l'obtenció de dades de recursos renovables d'energia i el seu tractament estadístic, així com aplicar coneixements i criteris de valoració en el disseny i avaluació de solucions tecnològiques per a l'aprofitament de recursos renovables d'energia, tant per a sistemes aïllats com connectats a xarxa. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de l'aprofitament dels recursos renovables d'energia.

Dedicació: 30h

Aprentatge autònom: 30h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Prova escrita de control de coneixements (PE): 50%

Treballs realitzats en forma individual o en grup al llarg del curs (TR): 40%

Assistència i participació en classes i laboratoris (AP): 5%

Qualitat i rendiment del treball en grup (TG): 5%

Durant el semestre de tardor del curs 2020-2021 i, com a conseqüència de la crisi sanitària deguda a Covid19, el mètode de qualificació serà:

Al llarg del curs es desenvoluparan tres exercicis d'avaluació. El final (el tercer) implicarà aspectes desenvolupats durant el curs. A més d'això, també es considera una prova final

La nota final s'obté de l'avaluació contínua i de l'examen final seguint la fórmula:

$$\text{nota final} = 0,4 (\text{avaluació}_1 + \text{avaluació}_2) / 2 + 0,35 \times \text{avaluació}_3 + 0,25 \times \text{final_examen}$$

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

- Prova escrita de control de coneixements (PE). Es farà un examen final de l'assignatura. L'alumne haurà de completar tant preguntes teòriques com problemes relacionats amb els continguts teòric i pràctic de l'assignatura. Les revisions i/o reclamacions en referència als exàmens es realitzaran d'acord a les dates i horaris establerts al calendari acadèmic.

- Treball realitzat en forma individual o en grup al llarg del curs (TR): L'estudiant haurà de seguir les instruccions explicades a classe i contingudes a l'arxiu corresponent al treball que es proposarà a l'alumne en relació al diferents continguts docents de l'assignatura. Com a resultat d'aquestes activitats, l'estudiant haurà d'entregar un report (preferiblement en format pdf) al professor, amb la data límit que es fixi per a cada activitat. L'avaluació del treball comportarà tant la seva realització, com la seva possible defensa.

- Assistència i participació en classes i laboratoris (AP): Les pràctiques de laboratori es valoraran tant durant la seva realització com en l'execució dels exercicis de pràctiques que es proposaran; que poden iniciar-se durant l'horari de classes previst per aquest tipus d'activitat i que es completaran (se s'escau) com una activitat autònoma, seguint les instruccions donades a classe. Els resultats dels exercicis de pràctiques s'entregaran al professor seguint les instruccions donades a classe. L'avaluació de la pràctica comportarà tant la seva realització, com la seva possible defensa.

- Qualitat i rendiment del treball en grup (TG): Els informes de les pràctiques i/o els treballs en grup es valoraran a nivell individual sobre la defensa oral si s'escau i en conjunt sobre l'informe únic.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Kalogirou, Soteris A. Solar energy engineering : processes and systems [en línia]. 1st. ed. Burlington, MA: Elsevier/Academic Press, 2009 [Consulta: 19/04/2023]. Disponible a: <https://www-sciencedirect-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/9780123745019/solar-energy-engineering#book-info>. ISBN 9780123745019.
- Duffie, J. A.; Beckman, W. A. Solar engineering of thermal processes [en línia]. 4th ed. Chichester: Wiley, 2013 [Consulta: 20/09/2022]. Disponible a: <https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/book/10.1002/9781118671603>. ISBN 9781118671603.
- Tiwari, G. N. Solar energy : fundamentals, design, modelling and applications. Pangbourne, UK: Alpha Science International, cop. 2002. ISBN 9781842651063.
- Vogel, Werner; Kalb, Henry. Large-scale solar thermal power : technologies, costs and development [en línia]. Weinheim: Wiley-VCH, cop. 2010 [Consulta: 27/05/2020]. Disponible a: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9783527629992>. ISBN 9783527405152.

Complementària:

- Winter, C.-J; Sizmann, Rudolf L; Vant-Hull, Lorin L. Solar power plants : fundamentals, technology, systems, economics. Berlin [etc.]: Springer-Verlag, cop. 1991. ISBN 3540188975.
- Beckman, William A; Klein, Sanford A; Duffie, John A. Solar heating design : by the f-chart method. New York [etc.]: John Wiley & Sons, cop. 1977. ISBN 0471034061.
- Gordon, Jeffrey. Solar energy : the state of the art : ISES position papers [en línia]. James & James: London, cop. 2001 [Consulta: 15/11/2024]. Disponible a: <https://www-taylorfrancis-com.recursos.biblioteca.upc.edu/books/edit/10.4324/9781315074412/solar-energy-jeffrey-gordon>. ISBN 1902916239.

RECURSOS

Material audiovisual:

- Transparències. Material informàtic, transparències, problemes proposats que es faran servir a classe

Material informàtic:

- Apunts i articles. Apunts, articles de revistes, problemes proposats, dades dels assatjos