Guia docent
820758 - TETDTM - Tècniques Experimentals i Tractament de Dades en Termoenergètica

Última modificació: 08/04/2026

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 TÈRMICA (Pla 2021). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE L'ENERGIA (Pla 2022). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI EN RECERCA EN ENGINYERIA MECÀNICA (Pla 2024). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI ERASMUS MUNDUS EN SISTEMES DESCENTRALITZATS D'ENERGIA INTEL·LIGENTS (DENSYS) (Pla 2024). (Assignatura optativa).

Curs: 2026 **Crèdits ECTS:** 5.0 **Idiomes:** Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: Joaquim Rigola

Altres: Oliva Llena, Asensio
Castro Gonzalez, Jesus
Oliet Casasayas, Carles

CAPACITATS PRÈVIES

Coneixements de Dinàmica de fluids i Transferència de Calor i Massa, necessaris per entendre els principis bàsics de funcionament dels sensors de mesura. Coneixements elèctrics i electrònics bàsics.

REQUISITS

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

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:
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.

Transversals:
CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

METODOLOGIES DOCENTS

Durant el desenvolupament de l'assignatura es faran servir les següents metodologies docents:
- Classes presencials teorico-pràctiques: exposició de coneixements per part del professorat mitjançant classes magistrals o bé per persones externes mitjançant conferències convidades.
- Classes presencials pràctiques participatives: participar en la resolució col lectiva d'exercicis, així com en debats i dinàmiques de grup, amb el professor o professora i altres estudiants a l'aula
- Classes de laboratori: Realització de practiques de laboratori sobre diferents equipaments específics de recerca incidint sobre les tècniques experimentals de mesura treballades a classe. Aquestes instal.lacions poden estar ubicades en diferents espais de recerca i es programen com a sortides fora de l'aula amb l'acompanyament i assessorament del professorat del curs.
- Activitats dirigides per al desenvolupament del treball, resultats, conclusions, etc.

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Al finalitzar l'assignatura, el/la estudiant haruà d'haver adquirit els següents objectius d'aprenentatge general:
Obtenir una formació bàsica en el coneixement de les tipologies de sensors de mesura, i de la seva integració en un sistema experimental (unitat i software d'adquisició de dades, regulació i control del sistema).
Adquirir una competència molt sòlida en quan als principis físics que determinen la resposta d'un determinat sensor, així com de les possibles interaccions que poden existir entre la presència de la sonda de mesura i la lectura que es vol realitzar (efectes de distorsió del problema per intrusió de la sonda, efectes d'inèrcia tèrmica en mesures transitòries, etc.).
Aprendre a tractar les dades experimentals obtingudes, realitzant filtrats quan sigui necessari, avaluació dels corresponents errors de mesura, etc.

Al finalitzar l'assignatura, el/la estudiant haruà d'haver adquirit els següents objectius d'aprenentatge específics:
Introducció als aspectes bàsics sobre les tècniques experimentals en termoenergètica, buscant el màxim rigor, les seves possibilitats i limitacions. Introducció a l?anàlisi de les dades experimentals, a l'adquisició i el control, així com a l'anàlisi i la mesura.
Aprofundiment en les tècniques experimentals de mesura com: temperatura, pressió, flux, velocitat, humitat, analítica de gasos, etc.
Aplicació a la validació experimental detallada de fenòmens bàsics de transferència de calor i massa. Aplicació a la contrastació de resultats numèrics i d?assajos experimentals sobre sistemes i equips tèrmics de gran importància industrial i social: refrigeració per compressió, bescanviadors de calor, compressors hermètics, refrigeració per absorció, HVAC (ventilació, aire condicionat en edificis, optimització de façanes envidrades, etc.), sistemes solars actius i passius, acumuladors de calor, etc.
Realització de pràctiques de laboratori que permetin a l'estudiant prendre consciència de les aplicacions concretes, de les possibilitats desenvolupades, així com de les tècniques experimentals i de mesura i estimació d?errors experimentals en les unitats experimentals disponibles.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	85,0	65.38
Hores grup gran	45,0	34.62

Dedicació total: 130 h

CONTINGUTS

Contingut 1. Adquisició de dades i control

Descripció:
Aquest contingut pretén ésser una introducció necessària en el que refereix a la adquisició de dades i el seu control. Un primer punt a tractar és revisar els principis de l'electrònica que tracta i condiciona les senyals emeses pels diferents tipus de sensor (resposta elèctrica a una pertorbació tèrmica/mecànica). Seguidament es presentarà el software i el hardware d'adquisició de dades com a forma de convertir les pertorbacions que vol mesurar l'usuari en informació interpretable en un arxiu de dades. Finalment es presentarà el software (control PID) i el hardware bàsic de control per fixar les condicions d'operació que interessin en cada cas (control de nivell de temperatura, de cabal, etc.). Es treballa també la gestió de dades i postprocesament de la informació obtinguda.

Objectius específics:
Aportar els coneixements bàsics en adquisició de dades per poder realitzar un experiment tipus en el camp tèrmic.
Aportar els coneixements bàsics en control i regulació per poder realitzar un experiment tipus en el camp tèrmic.

Activitats vinculades:
Classe teòrica
Classe pràctica
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.
CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

Dedicació: 24h
Grup gran/Teoria: 5h
Grup mitjà/Pràctiques: 4h
Aprenentatge autònom: 15h

Contingut 2. Sensors de temperatura

Descripció:
Estudi dels sensors de temperatura més habituals en funció del principi físic en el què es basen (efectes mecànics, efectes elèctrics, efecte de la radiació). S?insistirà especialment en els sensors de més àmplia utilització (termoresistències, termoparells). Es treballaran aspectes relacionats amb la precisió de les mesures en funció de l?emplaçament i construcció de les sondes (efectes de transferència de calor que modifiquin la temperatura real sense el sensor) o la transitorietat de les mesures respecte la inèrcia tèrmica pròpia del sensor

Objectius específics:
Conèixer els tipus de sensor de temperatura més habituals i el seu marc d'aplicació.
Aportar criteri en quan a la gestió dels errors de mesura associats a la instal·lació i la inèrcia tèrmica dels sensors de temperatura.

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.
CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

Dedicació: 24h
Grup gran/Teoria: 5h
Grup petit/Laboratori: 4h
Aprenentatge autònom: 15h

Contingut 3. Sensors de pressió i cabalímetres

Descripció:
Com a segon grup de sensors a estudiar, aquest contingut engloba els sensors de pressió i de cabal, per estar basats en principis semblants, amb base en la mecànica de fluids. Es presentaran els tipus de sensor més habituals per la mesura de pressió absoluta, relativa i diferencial. Es descriuran els tipus de cabalímetre més usuals (Coriolis, magnètic, turbina, vòrtex, etc.), explicant el fonament físic en el que es basen i el seu marc d?aplicació.

Objectius específics:
Descripció dels fonaments físics i marc d'aplicació dels sensors de pressió més habituals.
Descripció dels fonaments físics i marc d'aplicació dels sensors de cabal més habituals.

Activitats vinculades:
Classe teòrica
Classe pràctica
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.
CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

Dedicació: 24h
Grup gran/Teoria: 5h
Grup petit/Laboratori: 4h
Aprenentatge autònom: 15h

Contingut 4. Anemòmetre de fil calent

Descripció:
Presentació dels principis de mesura per anemometria de fil calent i dels paràmetres que caracteritzen les mesures (nivell de turbulència, mostreig, etc.). Presentació de diferents tipus de sensor (materials, geometria, uni/multi direccionals, etc.). Explicació detallada del funcionament d?una unitat i presa de mesures. Tractament estadístic de les dades obtingudes i estimació del error de mesura.

Objectius específics:
Comprendre el principi i el funcionament d'una unitat de mesura per anemometria de fil calent.
Interpretar i tractar correctament els resultats obtinguts.

Activitats vinculades:
Classe teòrica
Classe pràctica
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.
CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

Dedicació: 21h
Grup gran/Teoria: 3h
Grup petit/Laboratori: 3h
Aprenentatge autònom: 15h

Contingut 5. Sensors d'humitat/concentració

Descripció:
Context històric dels sensors d'humitat. Fonaments de psicrometria. Tipus de sensors d'humitat més comuns (psicròmetre, higròmetre de mirall fred, sensors polimèrics d'humitat relativa, sensors d'òxid d'alumini per detecció de traces, sensors òptics), presentant el seu principi físic, la seva operativa i el seu marc d'utilització.

Objectius específics:
Conèixer els sensors d'humitat més comuns, els seus principis físics i el seu marc d'aplicació.
Relacionar els sensors i les mesures proporcionades amb els fonaments de psicrometria corresponents.

Activitats vinculades:
Classe teòrica
Classe pràctica
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.
CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

Dedicació: 21h
Grup gran/Teoria: 3h
Grup mitjà/Pràctiques: 3h
Aprenentatge autònom: 15h

Contingut 6. Instrumentació i mesura en el camp del buit

Descripció:
Algunes aplicacions tecnològiques en què es fa necessari la gestió de certs nivells de buit, es necessiten uns instruments de mesura específics i una certa tecnologia per controlar-lo i quantificar-lo. Descripció de la tecnologia de construcció d'equips tèrmics que han de gestionar un nivell de buit elevat (soldadures, unions a pressió, materials, etc.), i dels instruments de mesura particulars d?aquesta aplicació (sensors de pressió de molt baix rang, espectròmetre de masses). Explicació detallada del funcionament d'un espectròmetre de masses dedicat a avaluar la qualitat del buit generat en una certa aplicació.

Objectius específics:
Tecnologia del buit (construcció, control, etc.)
Instruments de mesura en aplicacions de buit; èmfasi en l'espectròmetre de masses.

Activitats vinculades:
Classe teòrica
Classe pràctica
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.
CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

Dedicació: 16h
Grup gran/Teoria: 3h
Grup mitjà/Pràctiques: 3h
Aprenentatge autònom: 10h

ACTIVITATS

Classes de teoria

Descripció:
Metodologia en grup gran. Exposició dels continguts de l'assignatura seguint un model de classe expositiva i participativa. La matèria s'ha organitzat en diferents grups de continguts d?acord a les àrees de coneixement de l?assignatura.

Objectius específics:
En finalitzar aquesta activitat, l'alumne ha de ser capaç de dominar els coneixements adquirits, consolidar-los i aplicar-los correctament a diferents problemes tècnics. A més a més, essent una assignatura tecnocientífica aplicada, les classes de teoria han de servir com a complement d'altres assignatures tècniques de l'àmbit tèrmic relacionades, com HAVC&R (Heating Ventilation, Air Conditioning and Refrigeartion), Motors Tèrmics, Energia Solar o Acumulació d'Energia Tèrmica.

Material:
Bibliografia recomanada. Apunts del professorat (ATENEA).

Lliurament:
Aquesta activitat s'avalua conjuntament amb l'activitat 2 (pràctiques) mitjançant el treball de curs i les proves de coneixement.

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.
CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

Dedicació: 36h
Grup gran/Teoria: 24h
Aprenentatge autònom: 12h

Classes pràctiques

Descripció:
Metodologia de grup gran i grup mitjà, sempre que la disponibilitat de professorat ho permeti. De cadascun dels temes, es realitzaran uns problemes a classe per tal de què els alumnes adquireixin les pautes necessàries per a portar a terme aquesta resolució: hipòtesis simplificadores, plantejament, resolució numèrica, discussió dels resultats.

Objectius específics:
En finalitzar aquesta activitat, l'alumne ha de ser capaç d'aplicar els coneixements teòrics a la resolució de diferents tipus de problemes. Atenent a la metodologia l'alumne ha de ser capaç de:
1.- Entendre l'enunciat i analitzar el problema.
2.- Plantejar i desenvolupar un esquema de resolució del mateix.
3.- Resoldre el problema emprant les equacions platejades, amb un adequat algoritme de resolució.
4.- Interpretar críticament els resultats.

Material:
Bibliografia recomanada. Apunts del professorat (ATENEA).

Lliurament:
Aquesta activitat s'avalua conjuntament amb l'activitat 1 (teoria) mitjançant el treball de curs i les proves de coneixement.

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.
CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

Dedicació: 42h
Grup mitjà/Pràctiques: 10h
Grup petit/Laboratori: 11h
Aprenentatge autònom: 21h

Treball teòric-pràctic dirigit

Descripció:
Els estudiants hauran de fer treballs teòrics-pràctics dirigits. Els treballs consistiran en resoldre petits problemes, dels quals les dades de partida podran ser tant els resultats d?un experiment de laboratori com dades plantejades pel professor. L'estructura a seguir serà:
Preparació de la pràctica mitjançant un manual de pràctiques.
Grups de 2 ó 3 persones amb una durada màxima de 3 hores.
Discussió dels resultats obtinguts i dels problemes que han sorgit durant la realització de la pràctica.
Realització d'un informe relatiu a la pràctica realitzada amb resultats, qüestions i conclusions. Aquest informe s'avaluarà juntament amb la realització de la pràctica.

Objectius específics:
Consolidar els coneixements adquirits a classe de teoria i pràctiques.

Material:
Bibliografia recomanada. Apunts guia del professorat (ATENEA).

Lliurament:
Es faran informes seguint unes pautes donades a classe.

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.
CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

Dedicació: 30h
Aprenentatge autònom: 30h

Treball d'abast reduït

Descripció:
Resolució de fins dos problemes basats en situacions plantejades pel professor.

Objectius específics:
Consolidar els coneixements adquirits a classe de teoria i pràctiques.

Lliurament:
Es farà un informe seguint unes pautes donades a classe.

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.
CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

Dedicació: 11h
Aprenentatge autònom: 11h

Treball d'abast ampli

Descripció:
Resolució d'un problema basats en situacions plantejades pel professor o pel alumne.

Objectius específics:
Ampliar i consolidar els coneixements adquirits a classe de teoria i pràctiques.

Lliurament:
Es farà un informe seguint unes pautes donades a classe.

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.
CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

Dedicació: 11h
Aprenentatge autònom: 11h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Qualsevol acte de frau acadèmic, plagi, ús o tinença a l'abast de mitjans no autoritzats en qualsevol activitat d'avaluació comportarà la qualificació de zero (0) en la prova o lliurament afectat. A més, d'acord amb la normativa de la Universitat, la possible derivació dels fets per a l'obertura d'un expedient disciplinari implicarà que l'assignatura quedi en l'estat provisional de "pendent d'avaluació" fins a la resolució de l'expedient. La gestió d'aquestes incidències es desplega d'acord amb el **Marc d'actuació per a la integritat acadèmica en l'avaluació de la UPC**.

Prova escrita de control de coneixements: 25%
Treball realitzat en forma individual o en grup al llarg del curs: 75%

NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Normes del sistema d'avaluació de les activitats formatives de l'assignatura:
- Prova escrita de control de coneixements: 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.
- Treball realitzat en forma individual o en grup al llarg del curs: 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. L'avaluació de la pràctica comportarà tant la seva realització, com la seva possible defensa.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:
- Benedict, Robert P. Fundamentals of temperature, pressure and flow measurements. 3a ed. New York: Wiley, cop. 1984. ISBN 0471893838.
- Holman, J. P. (Jack Philip). Experimental methods for engineers. 8th ed. New York: McGraw-Hill, 2012. ISBN 9780071326483.
- Northrop, Robert B. Introduction to instrumentation and measurements [en línia]. 3rd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2014 [Consulta: 19/09/2022]. Disponible a: https://www-taylorfrancis-com.recursos.biblioteca.upc.edu/books/mono/10.1201/9781315275239/introduction-instrumentation-measurements-robert-northrop. ISBN 1000055132.
- Baker, Henry Dean; Ryder, E. A.; Baker, N. H. Temperature measurement in engineering. Stamford: Omega Press, cop. 1975.
- Wiederhold, Pieter R. Water vapor measurement. New York: Marcel Dekker, 1997. ISBN 0824793196.
- American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. ASHRAE handbook. Fundamentals.... SI edition. iRELAND: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2025. ISBN 15237230.
- Herold, Keith E. [et al.]. Absorption chillers and heat pumps [en línia]. 2 nd ed. Bosa Roca, US: CRC Press, 2016 [Consulta: 12/06/2025]. Disponible a: https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=4497372. ISBN 9781498714358.

RECURSOS

Material audiovisual:
- Notes made by the professors of the course. Recurs
- Transparencies, proposed problems to be used in class. Recurs