Guia docent
820762 - TFSA - Turbulència: Fenomenologia, Simulació, Aerodinàmica

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 DE L'ENERGIA (Pla 2013). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA INDUSTRIAL (Pla 2014). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA TÈRMICA (Pla 2021). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE L'ENERGIA (Pla 2022). (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: Xavier Trias i Carlos-David Pérez Segarra

Altres: Ivette Rodríguez, Aleix Baez, Jordi Ventosa

CAPACITATS PRÈVIES

Aspectes fonamentals de termodinàmica, mecànica de fluids i transferència de calor necessaris per a entendre el funcionament de les màquines tèrmiques motores.

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.

CT4. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

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).

Activitats formatives:

Durant el desenvolupament de l'assignatura es faran servir les següents activitats formatives:

Presencials:
Classes magistrals i conferències (CM): conèixer, comprendre i sintetitzar els coneixements exposats pel professorat mitjançant classes magistrals o bé per conferenciants (presencial).
Classes participatives (CP): 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 (presencial).
Presentacions (PS): presentar a l'aula una activitat realitzada de manera individual o en grups reduïts (presencial).
Treball teòric pràctic dirigit (TD): realitzar a l'aula una activitat o exercici de caràcter teòric o pràctic, individualment o en grups reduïts, amb l'assessorament del professor o professora (presencial).
No Presencials:
Projecte, activitat o treball d'abast reduït (PR): dur a terme, individualment o en grup, un treball de reduïda complexitat o extensió, aplicant coneixements i presentant resultats (no presencial).
Projecte o treball d'abast ampli (PA): dissenyar, planificar i dur a terme individualment o en grup 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 (no presencial).
Estudi autònom (EA): estudiar o ampliar els continguts de la matèria de forma individual o en grup, comprenent, assimilant, analitzant i sintetitzant coneixements (no presencial).

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

Objectius:
Conèixer i entendre la fenomenologia dels fluxes turbulents.
Conèixer i interpretar correctament les eines de tractament estadístic per a fluxes turbulents.
Conèixer els aspectes bàsics sobre modelització de la turbulència.
Realització de diferents pràctiques numèriques per a tal d'entendre millor els diferents aspectes teòrics de l'assignatura.

Resultats de l?aprenentatge:
Podeu consultar a l?arxiu Excel els resultats que es van posar a la memòria VERIFICA
Podeu ampliar i concretar.
Al finalitzar l'assignatura, el/la estudiant:
Tindrà coneixements bàsics de turbulència y del seu espectre d'energia.
Tractament estadístic de fluxes turbulents.
Modelització i resolució de fluxes turbulents.
Aplicació dels coneixements bàsics de mètodes numèrics i turbulència a la millora de l'eficiència energética per mitja de dissenys aerodinàmics eficients.

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores grup gran	45,0	32.51
Hores aprenentatge autònom	93,4	67.49

Dedicació total: 138.4 h

CONTINGUTS

Contingut 1. Introducció-repàs de les equacions governants: equacions de Navier-Stokes i conservació de l'energia. Conceptes bàsics. Teoria de la capa límit

Descripció:
Repàs general de les equacions de Navier-Stokes. Principis bàsics, simetríes i invariants. Breu introducció a la teoria de la capa límit.

Objectius específics:
Conèixer els principis bàsics de les equacions de Navier-Stokes i el significat físic de cadascun dels seus termes.
Aprendre la relació entre les simetries dels operadors i els invariants.
Conèixer els conceptes bàsics sobre teoria de la capa límit necessaris per poder dur a terme simulacions numèriques.

Activitats vinculades:
Classe teòrica

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.

Dedicació: 11h
Grup gran/Teoria: 3h
Aprenentatge autònom: 8h

Contingut 2. Introducció a la turbulència. Espectre d'energia. Equacions de Navier-Stokes promitjades. Fluxe promig i termes del tensor de Reynolds. Tractament estadístic: autocorrelacions, PDF,...

Descripció:
A partir de les equacions de Navier-Stokes introduir la fenomenologia de la turbulència i el seu tractament estadístic. Introducció del concepte de d'espectre d'energia a partir d'un senzill exercici pràctic.

Objectius específics:
Repàs de conceptes estadístis bàsics. Introducció del tractament estadístic de les equacions de Navier-Stokes.
Introducció del concepte d'espectre d'energia i el seu lligam amb la realitat més quotidiana.
Introducció a la turbulència i la seva complexitat matemàtica.

Activitats vinculades:
Classe teòrica

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.

Dedicació: 35h
Grup gran/Teoria: 9h
Activitats dirigides: 3h
Aprenentatge autònom: 23h

Contingut 3. Mètodes numèrics per a la resolució de les equacions governants. Discretització conservativa. Integració temporal de les equaciones. Solvers.

Descripció:
Introducció als mètodes numèrics per a la resolució de fluxes turbulents. Anàlisis de les propietats conservatives de les equacions discretes i deducció que quines propietats han de complir els esquemes numèrics per ser-ne consistents.

Objectius específics:
Esser capaç de representar de manera algebraica un sistema d'equacions discretitzat.
Entendre el lligam entre les simetries del operadors discrets i els continuus.
Esser capaç de deduir les propietats dels operadors discrets a fi que mantinguin els mateixos invariants que els continuus.
Implementar-ho en un codi propi i verificar-ne les propietats conservatives.

Activitats vinculades:
Classe teòrica
Classe pràctica
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.
CT4. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

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: 31h
Grup gran/Teoria: 8h
Activitats dirigides: 2h
Aprenentatge autònom: 21h

Contingut 4. Resolució directa de la turbulència (DNS). Diferents formes de modelització de la turbulència: LES i models de regularització

Descripció:
Introducció a la simulació directa de la turbulència. Entendre'm els seus potencials i les seves limitacions. Introducció a les tècniques de modelització de la turbulència de tipus Large-Eddy Simulation (LES) i els models de regularització del terme convectiu.

Objectius específics:
Conèixer què implica fer simulacions directes de la turbulència. Quina n'és la seva utilitat i quines són les seves limitacions.
Conèixer els principis bàsics que hi han darrera de les tècniques de modelització de la turbulència tipus Large-Eddy Simulation (LES). Breu explicació dels models més emprats en l'actualitat.
Conèixer els principis bàsics que hi han darrera de les tècniques de modelització de la turbulència basades en la regularització del terme convectiu.

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.
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.
CT4. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

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: 5h
Activitats dirigides: 2h
Aprenentatge autònom: 14h

Contingut 5. Aplicació de tècniques de simulació a l'estudi de fluxes al voltant d'obstacles, al voltant d'un cilindre, al voltant d'un perfil aerodinàmic i al voltant d'un cotxe simplificat..

Descripció:
Aplicació dels coneixements adquirits a algú cas pràctic.

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 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:
Classe teòrica
Classe pràctica
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.
CT4. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

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: 27h
Grup gran/Teoria: 5h
Activitats dirigides: 8h
Aprenentatge autònom: 14h

ACTIVITATS

1. Classes de teoria

Descripció:
Metodologia en grup gran. Exposició dels continguts de l'assignatura seguint un model de classe expositiva i participativa. La matèria de l'assignatura s'ha organitzat en 5 àrees temàtiques o temes.

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. Els coneixements adquirits s'aplicaran a la resta d'activitats/problemes dirigits.

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

Lliurament:
Aquesta activitat s'avalua conjuntament mitjançant la resta dels treballs del 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.
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: 93h
Grup gran/Teoria: 28h
Activitats dirigides: 5h
Aprenentatge autònom: 60h

2. Resolució numèrica de l'equació de Burgers en l'espai de Fourier

Descripció:
Treball d?abast ampli on l?estudiant posarà en pràctica els coneixements adquirits. El problema consisteix en resoldre numèricament l'equació de Burgers en l'espai de Fourier.

Objectius específics:
Ésser capaç de resoldre numèricament el problema plantejat.
Consolidar els coneixements teòrics adquirits mitjantçant el problema pràctic plantejat: espectre d'energia, anàlisis estadística del resultats, propietats conservatives de les equacions...
Entendre la dependència física i numèrica dels diferents paràmetres presents en el problema plantejat.

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

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.
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.
CT4. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

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: 7h
Grup gran/Teoria: 1h
Activitats dirigides: 2h
Aprenentatge autònom: 4h

3. Implementació d'un codi estructurat bidimensional per a la resolució de les equacions de Navier-Stokes incompressibles

Descripció:
Treball d?abast ampli on l?estudiant posarà en pràctica els coneixements adquirits. El problema consisteix en implementar un codi propi per poder resoldre les equacions de Navier-Stokes per a fluxes incompressibles. Estarà limitat a malles estructurades cartesianes i fluxes bidimensionals. Es plantejaran almenys un parell de problems a resoldre: un per convecció forçada i un altre per convecció natural.

Objectius específics:
Ésser capaç d'implementar un codi propi per a la resolució de les equacions de Navier-Stokes incompressibles.
Entendre el rol que juguem els diferents tipus de discretitzacions espaials. En particular, es demanarà que és verifiquin diferents propietats conservatives: massa, momentum, energia cinètica,...
Implementar almenys un solver linial per a la resolució de l'equació de Poisson per a la pressió.
Verificar amb les eines donades durant el curs les diferents parts del codi.
Consolidar els coneixements teòrics adquirits mitjantçant el problema pràctic plantejat: simetries dels operadors discrets, solvers linials, discretitzacions temporals, ...
Entendre la dependència física i numèrica dels diferents paràmetres presents en els problemes plantejats.

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

Lliurament:
Report amb els resultats i el seu anàlisi. Lliurament del codi font.

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.
CT4. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

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: 6h
Activitats dirigides: 2h
Aprenentatge autònom: 4h

4. Simulació directa de la turbulència (DNS) en el codi propi

Descripció:
Treball d?abast ampli on l?estudiant posarà en pràctica els coneixements adquirits. El problema consisteix en realitzar una simulació directa d'un cas turbulent (DNS), fer-ne el corresponent anàlisis estadístic i comparar-ho amb les solucions de referència aportades. Aquesta es farà sobre la base del codi que el/la alumne haurà implementat prèviament.

Objectius específics:
Sobre la base del codi de simulació numèrica de les equacions de Navier-Stokes per a fluxes bidimensionals ser capaç de realitzar una simulació DNS d'un cas turbulent.
Millorar l'eficiència del codi; probablement millorar l'eficiència del solver linial per a l'equació de Poisson per a la pressió.
Ésser capaç d'implementar les eines d'anàlisi estadístic necessàries per extreure els resultats demanats.
Consolidar els coneixements teòrics adquirits mitjantçant el problema pràctic plantejat: anàlisis estadística del resultats, teoria de la capa límit, càlcul del elements del tensor de Reynolds,...
Entendre la dependència física i numèrica dels diferents paràmetres presents en el problema plantejat.

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

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.
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.
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.

CT4. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

Dedicació: 6h
Activitats dirigides: 2h
Aprenentatge autònom: 4h

5. Resolució numèrica d'un cas de modelització LES per a l'equació de Burgers en l'espai de Fourier

Descripció:
Treball d?abast ampli on l?estudiant posarà en pràctica els coneixements adquirits. El problema consisteix en resoldre numèricament l'equació de Burgers en l'espai de Fourier mitjançant un model de turbulència tipus Large-Eddy Simulation (LES). Aquesta simulació es farà sobre la base del codi implementat anteriorment.

Objectius específics:
Ésser capaç de resoldre numèricament el problema plantejat.
Consolidar els coneixements teòrics adquirits mitjantçant el problema pràctic plantejat: espectre d'energia, anàlisis estadística del resultats, propietats conservatives de les equacions, modelització de la turbulència, concepte de Large-Eddy Simulation (LES),...
Entendre la dependència física i numèrica dels diferents paràmetres presents en el problema plantejat. En especial, les constant presents en el model de turbulència LES.

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

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.
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.
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.

CT4. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

Dedicació: 5h
Activitats dirigides: 2h
Aprenentatge autònom: 3h

6. Resolució de les equacions de Navier-Stokes per al fluxe al voltant d'un obstacle

Descripció:
Treball d?abast ampli on l?estudiant posarà en pràctica els coneixements adquirits. El problema consisteix en resoldre el fluxe al voltant d'un obstacles. Aquest treball es farà sobre la base del codi implementat prèviament.

Objectius específics:
Ésser capaç de resoldre numèricament el problema plantejat.
Sobre la base del codi propi desenvolupat i verificat anteriorment, implementar les eines de càlcul necessàries pel problema concret: càlcul dels coeficients d'arrossegament i sustentació, anàlisi freqüencial de les senyals per a diferents punts del domini físic,...
Consolidar els coneixements teòrics adquirits mitjantçant el problema pràctic plantejat.
Entendre la dependència física i numèrica dels diferents paràmetres presents en els problemes plantejats. En concret les transicions de estacionari cap a no-estacionari i la transició cap a la turbulència.

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

Lliurament:
Report amb els resultats i el seu anàlisi. Lliurament del codi font final.

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.
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.

CT4. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

Dedicació: 6h
Activitats dirigides: 2h
Aprenentatge autònom: 4h

7. Prova de coneixement

Descripció:
Desenvolupament de proves de coneixement de l'assignatura dels continguts. Inclou aspectes teòrics i desenvolupament de problemes.

Objectius específics:
Mostrar el nivell de coneixements assolit en les activitats teòriques i de problemes.

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

Lliurament:
Els exàmens es desenvoluparan lliurement i s'entregaran juntament amb l'enunciat degudament emplenat amb les dades personals requerides.

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.

CT4. ÚS SOLVENT DELS RECURSOS D'INFORMACIÓ: Gestionar l'adquisició, l'estructuració, l'anàlisi i la visualització de dades i informació de l'àmbit d'especialitat, i valorar de forma crítica els resultats d'aquesta gestió.

Dedicació: 2h
Grup gran/Teoria: 2h

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**.

Examen escrito: 35%
Trabajos realizados individualmente o en grupos: 55%
Asistencia y participación en las actividades prácticas: 10%

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:
- Pope, S. B. Turbulent flows. Repr. with corr. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. ISBN 0521591252.
- Berselli, L.C.; Iliescu, T.; Layton, W. J. Mathematics of large eddy simulation of turbulent flows [en línia]. Berlin: Springer, cop. 2006 [Consulta: 15/09/2026]. Disponible a: https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/b137408. ISBN 3540263160.
- Patankar, Suhas V. Numerical heat transfer and fluid flow [en línia]. New York: McGraw-Hill, 1980 [Consulta: 30/06/2025]. Disponible a: https://www-taylorfrancis-com.recursos.biblioteca.upc.edu/books/mono/10.1201/9781482234213/numerical-heat-transfer-fluid-flow-suhas-patankar. ISBN 0891165223.
- Sagaut, Pierre. Large eddy simulation for incompressible flows : an introduction [en línia]. 3rd ed. Berlin [etc.]: Springer, cop. 2006 [Consulta: 19/06/2025]. Disponible a: https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=304365. ISBN 3540263446.

Complementària:
- Saad, Yousef. Iterative methods for sparse linear systems. 2nd ed. Philadelphia: SIAM, cop. 2003. ISBN 0898715342.
- Foias, Ciprian [et al.]. Navier-Stokes equations and turbulence [en línia]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001 [Consulta: 12/09/2025]. Disponible a: https://www-cambridge-org.recursos.biblioteca.upc.edu/core/books/navierstokes-equations-and-turbulence/F183F2E2116DF34CE771B3622469BF22. ISBN 9780521064606.
- Frisch, Uriel. Turbulence : the legacy of A.N. Kolmogórov. Cambridge: Cambridge University Press, cop. 1995. ISBN 0521457130.
- Wendt, John F. (ed.) ; Anderson, John D., Jr. ... [et al.]. Computational fluid dynamics : an introduction. 3rd ed. Berlin: Springer, cop. 2009. ISBN 9783540850557.

RECURSOS

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