Guia docent
820765 - MTCM - Motors Tèrmics i Combustió

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).

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

PROFESSORAT

Professorat responsable: Carles David Pérez Segarra

Altres: Jordi Ventosa
Jesús Andrés Álvarez Flórez

CAPACITATS PRÈVIES

Coneixements de dinàmica de fluids i transferència de calor i massa, necessaris per entendre el funcionament dels motors tèrmics.

REQUISITS

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

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:
CEMT-6. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions elèctriques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia elèctrica.
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-9. Dur a terme projectes relacionats amb la gestió de l'energia en diferents sectors productius i de serveis, reconeixent i valorant els avenços i novetats en aquest camp i aportant idees noves.
CEMT-3. Avaluar l'impacte econòmic, social i ambiental de la producció, ús i gestió de l'energia, amb una visió holística del cicle de vida dels diferents sistemes. Reconèixer i valorar les novetats més destacables en els àmbits de l'eficiència energètica i l'ús racional de l'energia.

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).

Dedicació prevista de l?estudiant:
Classes teòriques i conferències (CTC): 20 hores
Classes pràctiques (CP): 20 hores
Pràctiques de laboratori o taller (L/T): 5 hores
Presentacions (PS): 0 hores
Total (Grup Gran/Mitjà/Petit): 45 hores
Tutories de treballs teòric pràctics (TD): 5 hores
Total AD (Activitats Dirigides): 5 hores
Projecte, activitat o treball d?abast reduït (PR): 15 hores
Projecte o treball d?abast ampli (PA): 30 hores
Estudi autònom (EA): 30 hores
Total AA (Aprenentatge Autònom): 75 hores
TOTAL: 125 hores

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'objectiu de l'assignatura és presentar metodologies avançades (semi-analítiques i numèriques) per l'anàlisi i simulació de motors tèrmics, tant de turbomàquines tèrmiques axials com de motors tèrmics alternatius de combustió interna. A partir d'una descripció detallada de les fenomenologies de dinàmica de fluids i transferència de calor i massa presents, es treballa la formulació matemàtica i les tècniques de resolució a diferents nivells. Tots això en el marc d'aquest sistemes tèrmics concrets i dels seus paràmetres de disseny i funcionament característics.
El curs arranca amb l'anàlisi termodinàmic de turbines de gas i de vapor i de diferents sistemes tèrmics on estan integrats (cicles amb regenerador, combinació turbina d'alta i de baixa, cogeneració, etc.). L'anàlisi del cicle és realitza tant en situacions de disseny com de predicció, considerant en ambdós casos els efectes de pèrdues calorífiques en els equips (compressors, turbines, cambres de combustió, conductes, etc.) com de gasos a elevades velocitats.
En una segona part es presenta l'anàlisi detallat dels components del sistema. Aquest nivell d'anàlisi implica aprofundir en els aspectes fluid dinàmics i tèrmics que condicionen cadascun dels components. Primerament l'estudi del flux en conductes de secció constant o variable (toveres i difusors) i els bescanviadors de calor. L'estudi de la formulació matemàtica de la combustió i la seva resolució numèrica ens portarà a l'anàlisi detallat de cambres de combustió a pressió constant. Finalment, es tractarà el flux en l'interior de turbines de gas i de vapor i, en el cas de turbines de gas, els compressors axials, entrant en aspectes de disseny d'àleps i considerant aspectes tals com la seva refrigeració.
La tercera i ultima part del curs estarà dedicada als motors alternatius de combustió interna. La major part de la metodologia utilitzada en el curs fins a aquest moment podrà ser utilitzada en el càlcul i disseny de motors des de un punt de vista fluid dinàmic i tèrmic. Caldrà no obstant introduir aspectes específics com són el procés de càrrega i descàrrega i, especialment, la combustió i propagació del front de flama en la cambra de combustió. Es considerarà tant el cas de cicles Otto com cicles Diesel.

Resultats de l?aprenentatge

Al finalitzar l'assignatura, el/la estudiant:
Consolidació d?aspectes bàsics de fenòmens de transferència de calor i massa (formulació matemàtica, tècniques de resolució analítiques i numèriques,...), en el marc d?una aplicació tecnològica de gran importància industrial i social com són els motors tèrmics.
Consolidació dels mètodes convencionals de càlcul d?aquest equips (e.g. triangle de velocitats en turbines de gas i de vapor, combustió en equilibri termodinàmic, etc.) i resolució de sistemes des d?un punt de vista de disseny i també de predicció.
Aplicació de mètodes avançats de simulació numèrica de motors (axials i alternatius de combustió interna) amb anàlisi de tipus multidimensionals. Aplicació a la resolució de combustors a un primer nivell (anàlisis detallat unidimenisonal i transitori).

HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores activitats dirigides	10,0	8.00
Hores aprenentatge autònom	85,0	68.00
Hores grup petit	30,0	24.00

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Contingut 1. Motors tèrmics i el sistema on estan integrats. Anàlisis termodinàmic global

Descripció:
Introducció als motors tèrmics i identificació de les fenomenologies de dinàmica de fluids i transferència de calor presents. Es centra l?atenció a la caracterització de turbines de gas i de vapor. S'arranca amb turbines de gas i amb un anàlisi de tipus global dels diferents components del cicle (anàlisis basat en balanços globals de conservació de la massa, energia i entropia). El tancament de la formulació requereix l'ús de coeficients empírics (rendiment isentròpic i politròpic, rendiment de pèrdues calorífiques, rendiment de la combustió, eficiència dels bescanviadors, etc.). Es planteja tant el cas de disseny com el de predicció. En una segona part es presenta els cicles amb turbines de vapor i les seves particularitats i elements propis d''aquests sistemes (generadors de vapor, condensadors, bombes, etc.).

Objectius específics:
Introducció general a l?assignatura. Anàlisis de cicles amb turbines de gas. Anàlisis termodinàmic del compressor i de la turbina considerant efectes de pèrdues calorífiques, fluxos de gasos a elevades velocitats, i compressió i expansió en multi-etapes. Anàlisi de la cambra de combustió considerant combustió complerta en equilibri termodinàmic i rendiment de la combustió. Tractament dels bescanviadors (recuperadors, intercoolers, etc.) en base a mètodes semi-analítics de tipus e-NTU.
Càlcul del cicle en casos de disseny, analitzant els paràmetres que caracteritzen el comportament del sistema (e.g. relació de compressió, temperatura de sortida de la cambra de combustió, potència calorífica a bescanviar en els recuperadors, etc.).
Definició dels principals paràmetres del cicle (rendiment del cicle, treball específic, consum específic, etc.).
Càlcul del cicle des de un punt de vista de predicció (es tracta de cicles completament definits on es vol avaluar la influència de la variació de les diferents condicions de contorn del sistema (e.g. cabal de combustible o temperatura de l'aire a l'entrada de la cambra de combustió, condicions de l'aire d'admissió al compressor, etc.). Mètodes de resolució d'equacions no-lineals i acoblades.
Aplicació de les metodologies esmentades anteriorment al cas de turbines de vapor i els seus elements més característics (generadors de vapor, condensadors, bombes, economitzadors, etc.).

Activitats vinculades:
Classe teòrica
Classe pràctica
Activitats dirigides

Competències relacionades:
CEMT-6. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions elèctriques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia elèctrica.
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: 18h
Grup gran/Teoria: 4h
Grup mitjà/Pràctiques: 1h
Activitats dirigides: 1h
Aprenentatge autònom: 12h

Contingut 2. Anàlisis detallat de components auxiliars dels cicles de potència

Descripció:
Aquest tema està dedicat a l'anàlisi detallat d'alguns dels components auxiliars presents en turbines de gas i de vapor. Primerament s'analitza el flux de gasos en canals de secció constant, considerant tant el cas de baix número de Mach com el cas de flux compressible. La metodologia de resolució considerarà la transferència de calor del flux amb el medi que l'envolta. El tractament permetrà l'anàlisi de pèrdues de calor del conductes a l'exterior. En un segon pas es generalitzarà l'anàlisi a conductes de secció variable, específicament toveres i difusors.
Una aplicació immediata d'aquesta metodologia serà el tractament de bescanviadors de calor amb tècniques més generals i versàtils que les indicades en el tema anterior (mètode e-NTU). Serà possible fer tant casos en règim permanent com transitoris. També es presentarà una tercera situació corresponent a geometries de secció i volum variable: els compressors alternatius. Aquest tema permetrà consolidar les explicacions del flux en canals i serà una preparació al tema 5 de motors alternatius (sense la complicació que representa la combustió). S'explicarà la discretització de les equacions governants (massa, momentum i energia) i el seu acoblament en el marc d'un algorisme de resolució global.

Objectius específics:
Objectius específics:
Anàlisi de fluxos en l'interior de canals de secció transversal constant. Discretització de les equacions de massa, momentum i energia. Resolució en mitjançant mètodes de tipus ?step-by-step?. Cas de flux crític i sortida sub-expansionada. Extensió a l'estudi de la transferència de calor en les parets del conducte i de les pèrdues calorífiques a l'exterior.
Extensió de l'anàlisi anterior al cas de toveres i difusors. Possibilitat de flux crític i presència d'ones de xoc. Cas de tovera sobre-expansionada i sub-expansionada. Refrigeració de toveres.
Anàlisis d'aplicacions d'interès tecnològic en el camp de motors. D'una part el càlcul avançat de bescanviadors de calor amb tècniques que permetran l'anàlisi tant en situacions de règim permanent com transitori. D'altre banda els compressors alternatius, on es presentarà la fenomenologia específica (flux a través de vàlvules, transferència de calor en la cambra de compressió, etc.) i la discretització de les equacions i la seva resolució transitòria amb anàlisis zonal (línia d'aspiració, vàlvula aspiració, cambra de compressió, vàlvula descàrrega, línia de descàrrega). Es consideraran els efectes de la refrigeració.

Activitats vinculades:
Classe teòrica
Classe pràctica
Treball d?abast reduït
Treball d?abast ampli

Competències relacionades:
CEMT-6. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions elèctriques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia elèctrica.
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-3. Avaluar l'impacte econòmic, social i ambiental de la producció, ús i gestió de l'energia, amb una visió holística del cicle de vida dels diferents sistemes. Reconèixer i valorar les novetats més destacables en els àmbits de l'eficiència energètica i l'ús racional de l'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.
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: 17h
Grup gran/Teoria: 2h
Grup mitjà/Pràctiques: 2h
Activitats dirigides: 1h
Aprenentatge autònom: 12h

Contingut 3. Fenomenologia de la combustió i anàlisis de cambres de combustió

Descripció:
En el primer tema d'aquest curs el tractament de les cambres de combustió va ser mitjançant combustió complerta en equilibri termodinàmic amb un coeficient empíric, el rendiment de la combustió, que apropa el tractament ideal al real. Aquest tipus d'anàlisi no és adequat per estudiar l'efecte de fluxos de bypass per la refrigeració dels gasos de combustió, l'estudi de la influència de la geometria, l'encesa, la formació dels NOx, etc.
Així, un segon nivell d'anàlisi serà la consideració de combustió incomplerta en equilibri termodinàmic (selecció de reaccions d'equilibri, avaluació termodinàmica de les constants d'equilibri Kp, resolució de sistemes d'equacions no lineals). A partir d'aquí, es farà un salt mostrant el tractament matemàtic de la combustió en la seva globalitat: difusió màssica en barreja de gasos, equacions de transport de les espècies químiques i lleis constitutives (especialment llei de Fick), equacions de conservació de momentum i energia (per barreges amb reaccions químiques), cinètica química (avaluació dels termes de generació/destrucció d'espècies en les equacions de les espècies). Es presentaran diferents mecanismes de reacció i l'avaluació de les constants cinètiques (llei d'Arrehnius).
Finalment, i pel cas de combustors de turbines de gas, es presentarà un anàlisi avançat de tipus unidimensional transitori que permetrà a l'alumne una primera aproximació detallada a aquests equips.

Objectius específics:
Anàlisis de la combustió incompleta en equilibri termodinàmic. Possibles propostes de productes de la reacció i d'equacions de reacció. Avaluació de les constants d'equilibri Kp y Kc. Mètodes de resolució de sistemes d'equacions no lineals (mètodes tipus Newton).
Formulació matemàtica de la combustió. Flux de barreja de gasos: fenòmens de difusió màssica, equació de transport de les espècies, lleis constitutives pels fluxos màssics de difusió (llei de Fick, efecte Soret, efecte Duffour). Generalització de l'equació de momentum i de l'equació de l'energia amb fluxos amb reaccions químiques. Cinètica química: reaccions elementals i mecanismes de reacció, avaluació de les constants cinètiques directa (llei d'Arrehinus) i inversa, avaluació del rati de producció/destrucció d'espècies per unitat de volum i temps. Equació integro-diferencial de la radiació i problemàtica de resolució en gasos reactius. Combustió turbulenta: possibilitats i limitacions dels diferents nivells de modelització (RANS, LES, DNS). Introducció a la resolució numèrica de les equacions governants: discetització d'equacions genèriques de convecció-difusió i algoritmes globals de resolució basats en la pressió (implícits de tipus SIMPLEC). Exemples de resolució i aspectes fenomenològics.
Finalment, i després de la presentació general de la formulació matemàtica de fluxos reactius, es plantejarà un cas perfectament abordable pel estudiant amb un temps raonable i sense la necessitat d'uns requeriments de càlcul grans. Es tracta d'un combustor amb anàlisi unidimensional i transitori. En aquest cas no s'utilitzarà les metodologies de tractament de la convecció del tema 2 (tram a tram), donat que els efectes de difusió màssica i d'energia són importants (les equacions tenen un caràcter el·líptic). El tractament serà més general aplicant la metodologia de discretització de les equacions ja presentada i amb tècniques d'acoblament de les equacions de tipus SIMPLEC. Pel cas de combustible líquid es comentaran models de transport i evaporació de les gotes.

Activitats vinculades:
Classe teòrica
Classe pràctica
Treball d?abast reduït
Treball d?abast ampli

Competències relacionades:
CEMT-6. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions elèctriques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia elèctrica.
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-3. Avaluar l'impacte econòmic, social i ambiental de la producció, ús i gestió de l'energia, amb una visió holística del cicle de vida dels diferents sistemes. Reconèixer i valorar les novetats més destacables en els àmbits de l'eficiència energètica i l'ús racional de l'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-9. Dur a terme projectes relacionats amb la gestió de l'energia en diferents sectors productius i de serveis, reconeixent i valorant els avenços i novetats en aquest camp i aportant idees noves.

Dedicació: 36h 30m
Grup gran/Teoria: 5h
Grup mitjà/Pràctiques: 4h 30m
Activitats dirigides: 3h
Aprenentatge autònom: 24h

Contingut 4. Turbomàquines axials: turbines de gas i de vapor

Descripció:
En aquest tema es realitzarà l'anàlisi dels elements compressor i turbina en detall. El nivell d'estudi d'aquest contingut permetrà dissenyar i analitzar les característiques mecàniques d'ambdues turbomàquines a partir d'un estudi fluido-tèrmic, caracteritzant el fluid mitjançant els triangles de velocitats i les condicions d'estancament. Això permetrà a l'alumnat caracteritzar geomètricament els àleps (angles d'atac i de sortida), velocitat de rotació i potència extreta de la turbomàquina. Es consideraran aspectes relacionats amb la refrigeració dels àleps.

Objectius específics:
Descripció del comportament del fluid a través del compressor i la turbina usant el triangle de velocitats i les condicions d'estancament.
Caracterització i càlcul dels perfils dels àleps. Refrigeració dels àleps.
Caracterització de l'operació de la turbomàquina i càlcul mitjançant el grau de reacció, el coeficient de càrrega, el coeficient de fluxe i el treball específic.

Activitats vinculades:
Classe teòrica
Classe pràctica
Treball d?abast reduït
Treball d?abast ampli

Competències relacionades:
CEMT-6. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions elèctriques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia elèctrica.
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-3. Avaluar l'impacte econòmic, social i ambiental de la producció, ús i gestió de l'energia, amb una visió holística del cicle de vida dels diferents sistemes. Reconèixer i valorar les novetats més destacables en els àmbits de l'eficiència energètica i l'ús racional de l'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-9. Dur a terme projectes relacionats amb la gestió de l'energia en diferents sectors productius i de serveis, reconeixent i valorant els avenços i novetats en aquest camp i aportant idees noves.
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: 26h
Grup gran/Teoria: 3h
Grup mitjà/Pràctiques: 2h
Activitats dirigides: 3h
Aprenentatge autònom: 18h

Contingut 5. Motors alternatius de combustió interna

Descripció:
En aquest tema es detallaran les fenomenologies bàsiques de dinàmica de fluids i transferència de calor que caracteritzen el funcionament dels motors de combustió interna, en les seves dues variants principals, el motor d'encesa per guspira (motor Otto) i el motor d'encesa per compressió (motor Diesel). El tractament es centrarà en el bloc motor i no en altres elements del sistema (carburació, injecció, radiador, etc.).
Després es descriurà el procés de combustió i el seu efectes. S'analitzarà l'encesa de la mescla, tant per guspira com per compressió, estudiant-ne l'aport energètic necessari i les condicions en que s'ha de realitzar, així com el temps d'autoignició. Es completarà l'anàlisi analitzant la propagació del front de flama dins la cambra, detallant-ne el procés de combustió i caracteritzant-lo mitjançant la velocitat de flama. Es descriurà la metodologia per poder abordar casos on el front de flama es troba en condicions laminars, i s'aportaran els conceptes per estudiar els casos turbulents.
Finalment, s'analitzarà els aspectes no relacionats directament amb el procés de combustió i extracció de treball, com la refrigeració del motor i l'aport i extracció dels gasos al cilindre.

Objectius específics:
Identificació de les fenomenologies bàsiques de dinàmica de fluids i transferència de calor en els motors d'encesa per guspira i d'encesa per compressió.
Estudi dels factors que possibiliten l'encesa d'una mescla dins una cambra.
Caracterització de la propagació del front de flama en règim laminar i turbulent. Detall en els efectes de la turbulència sobre la propagació, la mescla i la transferència de calor.
Càlcul de la velocitat de propagació del front de flama en una mescla prebarrejada.
Anàlisi global considerant l'admissió i la descàrrega dels gasos, juntament amb el procés de compressió i expansió i els efectes de la refrigeració del motor.

Activitats vinculades:
Classe teòrica
Classe pràctica
Treball d?abast reduït
Treball d?abast ampli

Competències relacionades:
CEMT-6. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions elèctriques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia elèctrica.
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: 27h 30m
Grup gran/Teoria: 4h
Grup mitjà/Pràctiques: 2h 30m
Activitats dirigides: 2h
Aprenentatge autònom: 19h

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 Refrigeració, Motors Tèrmics o Energia Solar.

Material:
Bibliografia recomanada. Apunts del professor (reprografia i/o ATENEA).

Lliurament:
Aquesta activitat s'avalua conjuntament amb l'activitat 2 (problemes) 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: 30h
Grup gran/Teoria: 20h
Aprenentatge autònom: 10h

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 professor (reprografia i/o 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-6. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions elèctriques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia elèctrica.
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-3. Avaluar l'impacte econòmic, social i ambiental de la producció, ús i gestió de l'energia, amb una visió holística del cicle de vida dels diferents sistemes. Reconèixer i valorar les novetats més destacables en els àmbits de l'eficiència energètica i l'ús racional de l'energia.
CEMT-9. Dur a terme projectes relacionats amb la gestió de l'energia en diferents sectors productius i de serveis, reconeixent i valorant els avenços i novetats en aquest camp i aportant idees noves.
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: 30h
Grup mitjà/Pràctiques: 20h
Aprenentatge autònom: 10h

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 2 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 del professor (reprografia i/o ATENEA).

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

Competències relacionades:
CEMT-6. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions elèctriques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia elèctrica.
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-3. Avaluar l'impacte econòmic, social i ambiental de la producció, ús i gestió de l'energia, amb una visió holística del cicle de vida dels diferents sistemes. Reconèixer i valorar les novetats més destacables en els àmbits de l'eficiència energètica i l'ús racional de l'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-9. Dur a terme projectes relacionats amb la gestió de l'energia en diferents sectors productius i de serveis, reconeixent i valorant els avenços i novetats en aquest camp i aportant idees noves.
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: 28h
Activitats dirigides: 8h
Aprenentatge autònom: 20h

Proves de coneixement

Descripció:
Desenvolupament de proves de coneixement de l'assignatura dels continguts 1 i 2. 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 del professor (reprografia i/o ATENEA).

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

Competències relacionades:
CEMT-9. Dur a terme projectes relacionats amb la gestió de l'energia en diferents sectors productius i de serveis, reconeixent i valorant els avenços i novetats en aquest camp i aportant idees noves.
CEMT-6. Aplicar criteris tècnics i econòmics en la selecció de l'equip elèctric més adequat per a una determinada aplicació. Dimensionar equips i instal·lacions elèctriques. Reconèixer i valorar les aplicacions tecnològiques innovadores en l'àmbit de la producció, transport, distribució, emmagatzematge i ús de l'energia elèctrica.
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-3. Avaluar l'impacte econòmic, social i ambiental de la producció, ús i gestió de l'energia, amb una visió holística del cicle de vida dels diferents sistemes. Reconèixer i valorar les novetats més destacables en els àmbits de l'eficiència energètica i l'ús racional de l'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.
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: 2h
Activitats dirigides: 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**.

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Bergman, T. L.. Fundamentals of heat and mass transfer. 7th ed. Wiley: New York, 2011. ISBN 991004047569706711.
- Eckert, E. R. G.; Drake, Robert M. Analysis of heat and mass transfer. New York [etc.]: McGraw-Hill, cop. 1972. ISBN 0070189250.
- Shapiro, Ascher H.. The dynamics and thermodynamics of compresnssible fluid flow. Malabar: Robert E Krieger Pub Co, 1985. ISBN 089874567.
- Pope, S. B. Turbulent flows. Repr. with corr.. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. ISBN 0521591252.
- Warnatz, J.; Maas, U.; Dibble, R. W. Combustion : physical and chemical fundamentals, modelling and simulation, experiments, pollutant formation. 4th ed. Berlin: Springer, 2006. ISBN 9783642065309.
- Patankar, Suhas V. Numerical heat transfer and fluid flow [en línia]. Washington: 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 9780891165224.
- Ferziger, Joel H. [et al.]. Computational methods for fluid dynamics [en línia]. 4th ed. Cham: Springer International Publishing, 2020 [Consulta: 28/01/2025]. Disponible a: https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=5940868. ISBN 3319996932.
- Saravanamuttoo, H. I. H.; Rogers, G. F. C.; Cohen, H. Gas turbine theory [en línia]. 7th ed. Harlow, England: Prentice Hall, 2017 [Consulta: 30/03/2023]. Disponible a: https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=5175062. ISBN 9781292093130.
- Ferguson, Colin R.; Kirkpartrick, Allan T. Internal combustion engines : applied thermosciences. 3rd ed. New York [etc.]: John Wiley & Sons, 2015. ISBN 9781118533314.
- Lumley, John L. Engines : an introduction. New York [etc.]: Cambridge University Press, 1999. ISBN 0521644895.
- Ganesan, V. Internal combustion engines. New Delhi: McGraw-Hill, 2012. ISBN 9781259006197.
- Stone, Richard. Introduction to internal combustion engines [en línia]. 4th ed. Houndmills (Hampshire): Macmillan Press, 2012 [Consulta: 04/05/2020]. Disponible a: https://ebookcentral.proquest.com/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?docID=4763640. ISBN 9780230576636.
- Benson, Rowland S. The thermodynamics and gas dynamics of internal-combustion engines. Oxford: Clarendon Press, 1982-1986. ISBN 0198562101.

Complementària:

- Kuo, Kenneth K.. Principles of combustion. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, cop. 2005. ISBN 0471046892.
- Turns, Stephen R. ; Haworth, Daniel C. An introduction to combustion : concepts and applications. 4th ed. New York: McGraw-Hill, [2020]. ISBN 9781260575521.
- Williams, F. A. Combustion theory : the fundamental theory of chemically reacting flow systems [en línia]. 2nd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2018 [Consulta: 17/07/2025]. Disponible a: https://www-taylorfrancis-com.recursos.biblioteca.upc.edu/books/edit/10.1201/9780429494055/combustion-theory-forman-williams. ISBN 9780429973680.
- Poinsot, Thierry; Veynante, Denis. Theoretical and numerical combustion. 2nd ed. Philadelphia: Edwards, cop. 2005. ISBN 1930217102.
- Cumpsty, N. Jet propulsion : a simple guide to the aerodynamic and thermodynamic design and performance of jet engines. 3rd ed. New York: Cambridge University Press, 2015. ISBN 9781107511224.
- Lakshminarayana, B. Fluid dynamics and heat transfer in turbomachinery [en línia]. New York: John Wile & Sons, Inc, 1996 [Consulta: 22/10/2025]. Disponible a: https://onlinelibrary-wiley-com.recursos.biblioteca.upc.edu/doi/epdf/10.1002/9780470172629. ISBN 0471855464.
- Lecuona, A.; Nogueira, J. I. Turbomáquinas : procesos, análisis y tecnología. Barcelona: Ariel, 2000. ISBN 8434480298.
- Mataix, Claudio. Turbomáquinas térmicas : turbinas de vapor, turbinas de gas, turbocompresores. 3ª ed. Madrid: Dossat 2000, 1998. ISBN 842370724X.
- Mattingly, Jack D.. Elements of gas turbine propulsion. New York: American Institute of Aeronautics and Astronautics, cop. 2005. ISBN 1563477785.
- Rolls-Royce Limited. The jet engine. London: Rolls-Royce, 2005. ISBN 9781119065999.

RECURSOS

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