



# Guia docent

## 240292 - 240EN45 - Emmagatzemament d'Energia

Última modificació: 09/07/2024

**Unitat responsable:** Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona  
**Unitat que imparteix:** 709 - DEE - Departament d'Enginyeria Elèctrica.

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

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

### PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** Francisco Díaz González

**Altres:** Justin Chiu (KTH)  
Massimo Santarelli (POLITO)

### CAPACITATS PRÈVIES

---

Capacitat d'aprenentatge autònom, matemàtiques, experiència en eines de simulació.

### METODOLOGIES DOCENTS

---

Per a l'assignatura s'adopten les següents metodologies docents:

- Classes o jornades magistrals (CM): tesines del professor o d'eventuals col·laboradors.
- Classes participatives (PART): debats conjunts, així com la resolució d'exercicis a l'aula.
- Activitats breus (PR): desenvolupament individual d'activitats breus per aplicar els coneixements adquirits al curs.
- Projecte (PA): coneixement basat en el disseny, planificació i desplegament d'un projecte d'extensió relativament llarga sobre un tema determinat i aplicant els coneixements adquirits en la matèria.
- Examen final (PECC).

### OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

---

Objectius

Adquirir coneixements bàsics sobre sistemes d'emmagatzematge d'energia en sistemes energètics, fent èmfasi en tecnologies d'emmagatzematge d'energia elèctrica, tèrmica i d'hidrogen.

Resultats d'aprenentatge

Al final del curs, l'alumne:

- Conèixer les principals característiques, rendiment i limitacions dels sistemes d'emmagatzematge d'energia que es poden aplicar als sistemes energètics.
- Conèixer les expressions matemàtiques per tal de dimensionar un sistema d'emmagatzematge d'energia a partir de les demandes energètiques dels sistemes energètics als quals s'inclouen.
- Conèixer les bases dels mecanismes de gestió i seguiment dels sistemes d'emmagatzematge d'energia.
- Conèixer les bases per a la modelització i simulació de sistemes energètics inclosos els emmagatzematges, com en el cas de les xarxes elèctriques.
- Adquirir coneixements i habilitats per definir un projecte relacionat amb la concepció, dimensionament i/o utilització d'emmagatzematge d'energia en sistemes energètics.

## CONTINGUTS

### Tecnologies per a l'emmagatzematge d'energia elèctrica: tecnologies d'emmagatzematge d'energia mecànica, elèctrica i electroquímica.

#### Descripció:

Descripció:

Principis de funcionament, característiques principals, limitacions i rendiment de les tecnologies d'emmagatzematge d'energia elèctrica com a energia mecànica (hidrobombada, sistemes d'aire comprimit i volants), energia elèctrica (supercondensadors) i energia química (bateries). Presentació d'expressions matemàtiques bàsiques per al dimensionament i modelització de cada tecnologia.

#### Objectius específics:

Objectius específics:

- Aprendre a calcular l'emmagatzematge d'energia i la capacitat de potència de cada tecnologia. Adoptar els conceptes d'estat de càrrega, estat de salut, eficiència, densitat energètica, ciclabilitat i altres que caracteritzen plenament les tecnologies des de la perspectiva del sistema.
- Adoptar els mètodes de dimensionament de les tecnologies d'emmagatzematge d'energia tenint en compte limitacions tècniques específiques que, al final, es tradueixen en un sobredimensionament.
- Abordar el modelatge matemàtic de supercondensadors, volants i bateries, per tal de preveure el rendiment tècnic i el comportament dinàmic. Aquest exercici de modelització també serveix per derivar les aplicacions o serveis que cada una de les tecnologies pot proporcionar en els sistemes elèctrics

#### Activitats vinculades:

Activitats relacionades:

- Projecte (PA).
- Activitat curta (RP). Aquest estudi de cas tractarà del dimensionament i desenvolupament d'un model de simulació per a una bateria en el programari Matlab Simulink.

**Dedicació:** 33h

Grup gran/Teoria: 10h

Activitats dirigides: 14h

Aprenentatge autònom: 9h

### Tecnologies d'emmagatzematge d'energia tèrmica.

#### Descripció:

Descripció:

Principis de funcionament, característiques principals, limitacions i rendiment de les tecnologies.

- Emmagatzematge d'energia tèrmica com a calor sensible. Calor d'alta i baixa entalpia. Aire líquid criogènic.
- Emmagatzematge d'energia tèrmica com a calor latent. Materials de canvi de fase.
- Emmagatzematge d'energia tèrmica com a calor química. Productes químics tèrmics.

#### Objectius específics:

Objectius específics:

- Comparar diferents tipus de sistemes d'emmagatzematge d'energia tèrmica.
- Analitzar els avantatges i els contres de diferents tipus de solucions d'emmagatzematge d'energia tèrmica.
- Disseny d'un emmagatzematge tèrmic.

#### Activitats vinculades:

Activitats relacionades:

- Projecte (PA).
- Activitat curta (RP).

**Dedicació:** 33h

Grup gran/Teoria: 8h

Activitats dirigides: 16h

Aprenentatge autònom: 9h



## Processos i tecnologies d'hidrogen i Power-to-X.

### Descripció:

Descripció:

- Introducció. Power-to-X (P2X) com a paradigma d'emmagatzematge d'energia a gran escala a llarg termini.
- Power-to-Gas (P2G). Processos, tecnologies, exemples (H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> sintètic). Anàlisi d'integració de les xarxes (elèctrica-gas).
- Power-to-Liquid (P2L). Processos, tecnologies, exemples (CH<sub>3</sub>OH, CH<sub>3</sub>OCH<sub>3</sub>).
- Potència a potència (P2P). Procés d'anada i tornada, exemples d'experiències de DEMO reals del projecte H2020 REMOTE.

### Objectius específics:

Objectius específics:

- Els processos i tecnologies per emmagatzemar energia elèctrica en forma de productes químics (en forma de gas i líquid)
- El disseny dels processos P2G i P2L
- El procés i la tecnologia de power-to-power utilitzant l'hidrogen com a mitjà d'emmagatzematge.

### Activitats vinculades:

Activitats relacionades:

- Projecte (PA).
- Activitat curta (RP). Aquest cas pràctic tractarà del disseny d'un sistema d'emmagatzematge d'energia power-to-power basat en la integració de mòduls de bateries Li-ion i un sistema basat en H<sub>2</sub>, aplicat preferentment en una illa, per tal d'assegurar la independència energètica de la illa basant-se en les fonts renovables disponibles locals.

**Dedicació:** 34h

Grup gran/Teoria: 10h

Activitats dirigides: 14h

Aprenentatge autònom: 10h

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Examen final (PECC): 40% Activitats curtes (PR): 30% Projecte (PA): 30%

**SOBRE L'EXAMEN DE RECUPERACIÓ:** La recuperació de l'examen és només una opció per a aquells estudiants que no hagin aprovat l'assignatura al final de l'assignatura (això significa obtenir una nota final de l'assignatura inferior a 5 punts sobre 10 punts). D'optar i superar l'examen de recuperació, la nota final de tota l'assignatura serà de 5 sobre 10 punts.

## NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

L'ús d'una calculadora està permès (i necessari) per a l'examen final (PECC). No es pot utilitzar cap documentació addicional ni cap altre material a l'examen. Les activitats breus (RP) s'han de tractar individualment, no en grup, i s'han d'enviar al professor a través de la plataforma Atenea quan sigui convenient. Finalment, el projecte (PA) està pensat per a ser realitzat individualment o en grup, i s'ha de presentar a la classe durant l'última sessió del curs.

L'informe d'aquest projecte s'ha d'enviar al professor per correu electrònic.

## BIBLIOGRAFIA

### Bàsica:

- Díaz-González, F.; Sumper, A.; Gomis-Bellmunt, O.. Energy storage in power systems. John Wiley and Sons, 2016. ISBN 9781118971321.