



## Guia docent

# 220031 - DHAD - Disseny d'Helicòpters i Aeronaus Diverses

Última modificació: 02/04/2024

**Unitat responsable:** Escola Superior d'Enginyeries Industrial, Aeroespacial i Audiovisual de Terrassa  
**Unitat que imparteix:** 220 - ETSEIAT - Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa.

**Titulació:** GRAU EN ENGINYERIA EN VEHICLES AEROESPACIALS (Pla 2010). (Assignatura obligatòria).

**Curs:** 2024      **Crèdits ECTS:** 4.5      **Idiomes:** Català, Castellà

## PROFESSORAT

---

**Professorat responsable:** Jordi Estrada  
Daniel Yago

**Altres:**

## CAPACITATS PRÈVIES

---

L'assignatura d'Helicòpters i Aeronaus Diverses és pluridisciplinar, i, per poder-la cursar de forma satisfactòria, requereix el domini dels conceptes impartits en assignatures anteriors.

A part de les assignatures fonamentals dels primers cursos, especialment Matemàtiques (Àlgebra i Càlcul) i Física, és recomenable haver cursat i aprovat les assignatures de caire més específic, com Mecànica, Mecànica de Fluids, Vehícles Aeroespacials, Teoria d'Estructures, Aerodinàmica, Estructures Aeroespacials i Mecànica de Vol.

## COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

---

### Específiques:

CE25. Coneixement adequat i aplicat a l'enginyeria de: els mètodes de càlcul de disseny i projecte aeronàutic; l'ús de l'experimentació aerodinàmica i dels paràmetres més significatius en l'aplicació teòrica; el maneig de les tècniques experimentals, equipament i instruments de mesura propis de la disciplina; la simulació, disseny, anàlisi i interpretació d'experimentació i operacions en vol; els sistemes de manteniment i certificació d'aeronaus. (Mòdul de tecnologia específica: Aeronaus)

CE26. Coneixement aplicat de: aerodinàmica, mecànica i termodinàmica, mecànica del vol, enginyeria d'aeronaus (ala fixa i ales rotatòries), teoria d'estructures. (Mòdul de tecnologia específica: Aeronaus)

## METODOLOGIES DOCENTS

---

Les metodologies docents bàsicament es divideixen en:

1. Sessions presencials de continguts teòrics, impartits amb ajuda de presentacions i/o altres documents que prèviament són penjats a Atenea.
2. Sessions presencials d'exercicis pràctics, com aplicació directa dels continguts teòrics. El professor proposa exercicis, i dona indicacions als alumnes perquè, de forma autònoma, procedeixen a la seva resolució. Poc abans d'acabar la classe, el professor planteja la solució amb els resultats finals, per tal que els alumnes puguin comparar amb els seus valors numèrics.
3. Treballs pràctics, en els que es planteja un projecte, que els alumnes han de desenvolupar fora de l'horari lectiu.



## OBJECTIUS D'APRENTATGE DE L'ASSIGNATURA

El principal objectiu d'aquesta assignatura és aproximar a l'alumne als diferents aspectes relacionats amb el disseny d'aeronaus d'ales rotatòries:

1. Conèixer i saber identificar els diferents elements i sistemes que componen una aeronau d'ales giratòries (principalment, l'helicòpter).
2. Comprendre els principis físics en què es fonamenta la teoria del vol d'aeronaus d'ales rotatòries, en especial, la Teoria de Quantitat de Moviment, i la Teoria d'Element de Pala.
3. Dominar les teories esmentades, per tal d'aplicar-les convenientment al Càlcul d'Actuacions i a l'estudi de l'Estabilitat i el Control d'aeronaus d'ales giratòries.
4. Adquirir el coneixement que permeti dur a terme el disseny preliminar d'un helicòpter i saber justificar les raons tècniques d'un determinat disseny.

## HORES TOTALS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	67,5	60.00
Hores grup mitjà	14,0	12.44
Hores grup gran	31,0	27.56

**Dedicació total:** 112.5 h

## CONTINGUTS

### - Mòdul 1: Conceptes Generals i Descripció dels Helicòpters

#### Descripció:

Tema 1. Introducció als helicòpters i les aeronaus diverses.

Tema 2. Definició i descripció dels components d'un helicòpter: Rotor, Pales, Transmissió, Comandament, Cèl·lula, Motor, Sistema hidràulic, Sistema de combustible, Sistema Elèctric, Instruments, Sistemes i equips auxiliars.

**Dedicació:** 4h 30m

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Aprenentatge autònom: 2h

### - Mòdul 2: Fonaments Teòrics d'Helicòpters

#### Descripció:

Tema 3. Teoria de la quantitat de moviment. Vol axial.

Tema 4. Teoria de l'element de pala. Vol axial.

Tema 5. Combinació de les dues teories.

Tema 6. Rotors de velocitat induïda constant.

Tema 7. Teoria de la quantitat de moviment. Vol endavant.

Tema 8. Teoria de l'element de pala. Vol endavant.

Tema 9. Equilibri de moments. Rotor antiparell.

**Dedicació:** 26h

Grup gran/Teoria: 6h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 4h

Aprenentatge autònom: 15h 30m



### - Mòdul 3: Dinàmica de pales i vibracions

**Descripció:**

Tema 10. Dinàmica de les pales

10.1. Rotor articulat: equilibri estàtic i resposta dinàmica

10.2. Altres tipus de rotors: semirígid, flexible i balancejant

**Dedicació:** 5h 30m

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Aprenentatge autònom: 3h

### - Mòdul 4: Estabilitat i Control dels Helicòpters

**Descripció:**

Tema 11. Estabilitat i control. Plantejament general.

Tema 12. Equilibrat de l'helicòpter.

12.1. Equilibri de moments. Rotor antiparell.

12.2. Equilibri de forces en 2D.

12.3. Equilibri de forces i moments en 3D.

Tema 13. Estabilitat estàtica i dinàmica.

**Dedicació:** 9h 30m

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 1h

Aprenentatge autònom: 6h

### - Mòdul 5: Actuacions d'Helicòpters

**Descripció:**

Tema 14. Mètode de l'energia

Tema 15. Vol axial

15.1. Vol en punt fix. Sostre

15.2. Vol vertical. Velocitat d'ascens

Tema 16. Vol horitzontal

16.1. Velocitats màxima i mínima

16.2. Velocitat de màxima autonomia

16.3. Velocitat de màxim abast

Tema 17. Efecte sòl

Tema 18. Vol en autorotació

18.1. Autorotació vertical. Velocitat de descens

18.2. Autorotació endavant. Velocitats característiques

18.3. Alçada de seguretat

**Dedicació:** 11h 30m

Grup gran/Teoria: 2h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Aprenentatge autònom: 7h



#### - Mòdul 6: Disseny Preliminar d'Helicòpters

**Descripció:**

En aquest mòdul s'estudiarà quin tipus de aeronau giratòries existeixen i es farà una descripció dels diferents sistemes i parts d'un helicòpter. També es descriuran quines són les seves principals missions i quin es el seu esquema de manteniment.

**Dedicació:** 13h

Grup gran/Teoria: 3h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Aprenentatge autònom: 7h 30m

#### - Mòdul 7: Aeronavegabilidad Inicial

**Descripció:**

Part 21

DOA i POA

Especificacions de Certificació (CS)

**Dedicació:** 18h 30m

Grup gran/Teoria: 4h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 2h

Aprenentatge autònom: 12h

#### Mòdul 8: Aeronavegabilitat Continuada

**Descripció:**

Part M i Part 145

**Dedicació:** 24h

Grup gran/Teoria: 6h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 3h

Aprenentatge autònom: 14h 30m

## ACTIVITATS

#### - ACTIVITAT 1: SESSIONS GRUPS GRANS / TEORIA

**Descripció:**

Sessions de grup gran en les que s'introduiran els continguts dels diversos mòduls de l'assignatura.

**Objectius específics:**

Assolir els coneixements teòrics més importants del disseny d'Aeronaus d'ales rotatòries.

**Material:**

Bibliografia recomanada de l'assignatura, apunts i col·leccions d'exemples pràctics resolts, disponibles a Atenea.

**Dedicació:** 55h

Aprenentatge autònom: 27h

Grup gran/Teoria: 28h



#### - ACTIVITAT 2: SESSIONS GRUPS MITJANS / PROBLEMES

**Descripció:**

Realització d'exercicis en sessions de grup mitjà que serveixen per assentar els continguts de les classes teòriques.

**Objectius específics:**

Permetre als alumnes valorar la seva familiaritat amb els conceptes presentats en les classes teòriques i servir com a preparació per als exàmens.

**Material:**

Notes de classe i bibliografia recomanada de l'assignatura.

**Dedicació:** 30h 30m

Aprenentatge autònom: 16h 30m

Grup mitjà/Pràctiques: 14h

#### - ACTIVITAT 3: TREBALL PRÀCTIC 1

**Descripció:**

Projecte en grup on s'avaluarà de forma pràctica un helicòpter comercial fent ús de les teories estudiades en el mòdul 1-5 de l'assignatura.

**Objectius específics:**

Permetre a l'alumne valorar el seu nivell de coneixements en els continguts del mòdul 1-5.

**Lliurament:**

La nota del projecte comptabilitzarà un 15% de la nota final de l'assignatura.

**Dedicació:** 12h

Aprenentatge autònom: 12h

#### - ACTIVITAT 4: TREBALL PRÀCTIC 2

**Descripció:**

Realització d'un esborrany de Compliance Checklist segons les especificacions de Certificació aplicables per una aeronau concreta.

**Lliurament:**

La nota del projecte comptabilitzarà un 20% de la nota final de l'assignatura.

**Dedicació:** 12h

Aprenentatge autònom: 12h

#### - ACTIVITAT 5: EXAMEN PARCIAL

**Descripció:**

Prova escrita en què es resoldran problemes relacionats amb el temari dels mòduls 1-5 de l'assignatura.

**Objectius específics:**

Avaluar els coneixements dels Mòduls 1-5 de l'assignatura.

**Lliurament:**

La nota de l'examen comptabilitzarà un 35% de la nota final de l'assignatura.

**Dedicació:** 1h 30m

Grup gran/Teoria: 1h 30m



## - ACTIVITAT 6: EXAMEN FINAL

### Descripció:

Prova escrita en què es resoldran problemes relacionats amb el temari dels mòduls 6-8 de l'assignatura.

### Objectius específics:

Avaluar els coneixements dels Mòduls 6-8 de l'assignatura.

### Lliurament:

La nota de l'examen comptabilitzarà un 30% de la nota final de l'assignatura.

### Dedicació: 1h 30m

Grup gran/Teoria: 1h 30m

## SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

La nota global de l'assignatura es basa en 4 actes d'avaluació:

- Examen parcial de la primera part (35%)
- Treball pràctic de la primera part (15%)
- Examen final de la segona part (30%)
- Treball pràctic de la segona part (20%)

En cas que un estudiant hagi suspès l'examen parcial o li hagi estat impossible atendre, tindrà un segon intent en la data de l'examen final. La nova nota de l'examen de reconducció substituirà l'antiga, només en el cas que sigui més alta. L'alumne haurà de notificar al professor amb antelació la seva intenció de tornar a fer l'examen.

## NORMES PER A LA REALITZACIÓ DE LES PROVES.

Tant a l'examen parcial com al final, l'alumne podrà fer ús d'un formulari, sota les condicions que s'indican a classe i/o Atenea.

## BIBLIOGRAFIA

### Bàsica:

- Leishman, J. Gordon. Principles of helicopter aerodynamics. 2nd ed. Cambridge: Cambridge University Press, 2006. ISBN 9780521858601.
- Bramwell, A.R.S.; Done, G.; Balmford, D. Bramwell's helicopter dynamics [en línia]. 2nd ed. Reston: Butterworth-Heinemann, 2001 [Consulta: 16/07/2024]. Disponible a: <https://www-sciencedirect-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/9780750650755/bramwells-helicopter-dynamics>. ISBN 0750650753.
- Padfield, Gareth D. Helicopter flight dynamics: the theory and application of flying qualities and simulation modeling. 2nd ed. Oxford: Blackwell, 2007. ISBN 9781563479205.

### Complementària:

- Stepniewski, W.Z.; Keys, C.N. Rotary-wing aerodynamics. New York: Dover, 1984. ISBN 0486646475.
- Prouty, Raymond W. Helicopter performance, stability and control. Malabar: Krieger, 2003. ISBN 1575242095.
- Watkinson, John. The art of the helicopter [en línia]. Oxford: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004 [Consulta: 07/10/2022]. Disponible a: <https://www-sciencedirect-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/9780750657150/art-of-the-helicopter>. ISBN 0750657154.
- Hollmann, Eric M. Modern helicopter design. Monterey: Martin Hollmann, 1996.

## RECURSOS

### Altres recursos:

Apunts i presentacions de l'assignatura disponibles a Atenea

Col·leccions d'exercicis resolts