

## Navegació Autònoma

Codi: 106590  
Crèdits: 6

2024/2025

Titulació	Tipus	Curs
2504392 Intel·ligència Artificial / Artificial Intelligence	OT	3
2504392 Intel·ligència Artificial / Artificial Intelligence	OT	4

### Professor/a de contacte

Nom: Antonio Manuel Lopez Peña

Correu electrònic: antoniomanuel.lopez@uab.cat

### Idiomes dels grups

Podeu consultar aquesta informació al [final](#) del document.

### Prerequisits

Aquesta assignatura segueix un enfocament pràctic. Tot i això, es basa en els fonaments teòrics impartits en assignatures anteriors del Grau en IA de la UAB. Alguns són essencials i les assignatures en què s'imparteixen s'han de considerar prerequisite per a Navegació Autònoma: (1) Fonaments de Matemàtiques II; (2) Enginyeria de Dades; (3) Xarxes Neuronals i Aprenentatge Profund; (4) Paradigmes d'Aprenentatge Automàtic; (5) Visió i Aprenentatge.

### Objectius

Aquí utilitzem el concepte de navegació autònoma per referir-nos al coneixement científic i tècnic necessari per dotar de moviment intel·ligent sistemes físics. Aquesta àmplia definició abasta una varietat de sistemes, inclosos petits objectes que es mouen a través del torrent sanguini per monitoritzar i garantir la salut, robots domèstics o industrials que ajuden en tasques que requereixen mobilitat, vehicles aeris no tripulats que monitoritzen àrees forestals per prevenir incendis o fer rescats, robots submarins no tripulats que exploren el fons marí, vehicles autònoms per al lliurament de mercaderies i robotaxis o autobusos autònoms per al transport de persones. Cadascun d'aquests sistemes presenta característiques úniques i afronta desafiaments particulars. De fet, per capturar els principals punts en comú i diferències entre múltiples sistemes amb capacitats de navegació autònoma, podríem proposar assignatures separades centrades en nanobots corporals, navegació autònoma submarina, navegació autònoma aèria, navegació autònoma terrestre a zones no estructurades i navegació autònoma terrestre a zones estructurades.

Certament, tots aquests coneixements no es poden abastar en una única assignatura universitària de 6 ECTS com la que ens ocupa. Per tant, no és estrany que, quan se'n van planificar els continguts en el marc del grau en IA de la UAB, es va decidir posar el focus en la tecnologia de conducció autònoma de vehicles com cotxes, camions o autobusos que han de transportar persones i mercaderies en entorns terrestres regulats. Tot i així, la conducció autònoma es basa en coneixements multidisciplinaris, per la qual cosa hem de destacar uns continguts sobre altres segons el context en què s'emmarca l'assignatura. Per exemple, en el context d'un grau d'Enginyeria de Telecomunicacions, la conducció cooperativa Vehicle-to-X seria especialment rellevant; en el context d'un grau d'Enginyeria de Sistemes Industrials i Automatització, els temes de planificació local i control d'una arquitectura modular clàssica de conducció autònoma serien coneixements bàsics; en el context d'un grau de Física, els sensors que permeten la conducció autònoma mereixeran un interès especial. L'assignatura que ens ocupa està al grau en IA de la UAB. Per tant, ens centrarem en el coneixement científic

i tècnic en la intersecció de la IA i la conducció autònoma. De fet, aquest camp continua sent ampli i està en contínua evolució, i hi haurà molts temes que no es tractaran. Preferim centrar-nos en menys temes amb més profunditat en comptes de cobrir més temes de manera superficial.

D'una banda, volem cobrir els sistemes clàssics de conducció autònoma basats en mòduls de percepció, planificació local i control, entre d'altres. Però, per altra banda, descartant l'ús de mapes HD 3D, i en conseqüència la navegació basada en VSLAM. A més, d'entre els diversos sensors utilitzats en aquest tipus de sistemes, ens centrarem en les càmeres. Per tant, en aquest paradigma modular, la percepció visual basada en aprenentatge profund serà la principal connexió entre la IA i la conducció autònoma. D'altra banda, atès que el paradigma modular sorgeix de l'enfocament "divideix i venceràs" de l'enginyeria clàssica, el nostre objectiu és cobrir un paradigma d'IA més "pur". En particular, veurem models profunds visomotrius per a conducció autònoma. Finalment, també es cobriran enfocaments híbrids basats en aquests dos paradigmes.

La metodologia docent seguirà un enfocament basat en projectes. Repassarem els conceptes teòrics bàsics perquè l'alumnat pugui captar el panorama general i aprofundir els aspectes específics necessaris a l'hora d'abordar un projecte de conducció autònoma. El projecte específic a resoldre dependrà dels recursos computacionals particulars i del pressupost de materials que s'assignin a la nostra assignatura (aquests no depenen dels docents i poden canviar cada any). No obstant això, en termes generals, el nostre objectiu és seguir l'enfocament habitual que podem trobar al món real, que implica simulació i desenvolupaments al món real.

En general, l'objectiu d'aquesta assignatura és exposar l'alumnat, a través de la teoria però principalment de la pràctica, a continguts bàsics rellevants relacionats amb la conducció autònoma, perquè en el futur estiguin preparats per fer front a nous reptes de la navegació autònoma. Per acabar, però no menys important, per assolir l'èxit dels projectes, és fonamental aprendre a treballar eficaçment en un equip.

## Competències

Intel·ligència Artificial / Artificial Intelligence

- Analitzar i resoldre problemes de manera efectiva, i generar propostes innovadores i creatives per aconseguir els objectius.
- Concebre, dissenyar, analitzar i implementar agents i sistemes ciberfísics autònoms capaços d'interactuar amb altres agents o persones en entorns oberts, tenint en compte les demandes i necessitats col·lectives.
- Conceptualitzar i modelar alternatives de solucions complexes per a problemes d'aplicació de la intel·ligència artificial en diferents àmbits, i planificar i gestionar projectes per al disseny i desenvolupament de prototips que demostrin la validesa del sistema proposat.
- Identificar, analitzar i avaluar l'impacte ètic i social, el context humà i cultural i les implicacions legals del desenvolupament d'aplicacions d'intel·ligència artificial i de manipulació de dades en diferents àmbits.
- Treballar cooperativament per aconseguir objectius comuns, assumint la pròpia responsabilitat i respectant el rol dels diferents membres de l'equip.

## Resultats d'aprenentatge

1. Analitzar i resoldre problemes de manera efectiva, i generar propostes innovadores i creatives per aconseguir els objectius.
2. Dissenyar, simular i avaluar sistemes de conducció autònoma.
3. Identificar les millors solucions per al disseny de sistemes de conducció autònoma.
4. Identificar l'impacte ètic i social i les implicacions legals en el desenvolupament de sistemes de conducció automàtica.
5. Treballar cooperativament per aconseguir objectius comuns, assumint la pròpia responsabilitat i respectant el rol dels diferents membres de l'equip.

## Continguts

Ens centrarem en tres paradigmes de la conducció autònoma:

- (1) El paradigma modular, que inclou la percepció basada en l'aprenentatge profund, la planificació local i el control.
- (2) El paradigma extrem-a-extrem, que es basa en models profunds sensoriomotors entrenats mitjançant aprenentatge per imitació.
- (3) Un paradigma híbrid que es basa en enfocaments modulars i d'extrem-a-extrem.

Ortogonalment a aquests paradigmes, cobrirem els temes següents:

- (1) Sensors utilitzats en conducció autònoma.
- (2) Desenvolupament basat en simulació.
- (3) Conducció cooperativa basada en comunicacions V2X.

## Activitats formatives i Metodologia

Títol	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Tipus: Dirigides			
Classes teòriques	10	0,4	3, 4
Tipus: Supervisades			
Classes pràctiques	38	1,52	1, 2, 3, 5
Tipus: Autònomes			
Estudiar-ne el contingut teòric	13	0,52	3, 4
Projecte d'equip	82	3,28	1, 2, 3, 5

Els continguts de l'assignatura es desenvoluparan de la manera següent:

- (1) S'impartiran classes teòriques per repassar conceptes clau relacionats amb la conducció autònoma, amb especial focus a la IA. La part teòrica també inclourà la lectura d'articles científics.
- (2) A les classes pràctiques s'ensenyaran eines/frameworks relacionades/ts amb la conducció autònoma. L'aprenentatge es basarà en la resolució de problemes.
- (3) Es durà a terme un projecte en equip per entrenar un vehicle en la realització de maniobres autònomes de conducció. Depenent dels recursos disponibles, la feina es farà en un simulador i/o utilitzant un cotxe a escala.

Nota: es reservaran 15 minuts d'una classe, dins del calendari establert pel centre/titulació, per a la complementació per part de l'alumnat de les enquestes d'avaluació de l'actuació del professorat i d'avaluació de l'assignatura/mòdul.

## Avaluació

### Activitats d'avaluació continuada



Títol	Pes	Hores	ECTS	Resultats d'aprenentatge
Avaluació de les Pràctiques (APr)	0.2	2	0,08	1, 2, 3, 5
Avaluació del Projecte (APj)	0.35	2	0,08	1, 2, 3, 5
Avaluació entre Companys (AC)	0.15	1	0,04	5
Examen de Teoria (ET)	0.3	2	0,08	3, 4

Aquesta assignatura no contempla el sistema d'avaluació única.

L'avaluació és contínua i es basarà en:

- 1) Avaluació Teòrica (AT): És una avaluació individual basada en un examen que avalua els coneixements teòrics adquirits per l'alumnat.
- 2) Avaluació de la pràctica (APr): Pel que fa a les pràctiques proposades pel professorat, es tracta d'una avaluació en equip basada en el codi i la documentació lliurats.
- 3) Avaluació del projecte (APj): Pel que fa al projecte únic sobre conducció autònoma proposat pel professorat, es tracta d'una avaluació en equip basada en els resultats obtinguts, el codi i la documentació lliurats.
- 4) Avaluació entre Companys/es (AC): Es realitzarà una avaluació entre membres de l'equip per determinar el nivell de participació de cadascú al projecte desenvolupat pel seu equip.

Per aprovar l'assignatura serà necessari superar tots aquests apartats per separat. És a dir,  $AT \geq 5$ ,  $APr \geq 5$ ,  $APj \geq 5$  i  $AC \geq 5$ , on AT, APr, APj i AC són qualificacions sobre 10. Si això es compleix, aleshores la qualificació final, QF, es calcula com:

$$QF = 0,3 AT + 0,2 APr + 0,35 APj + 0,15 AC.$$

NOTA: En els casos en què un estudiant no completi consistentment el seu treball o faci només una contribució mínima ( $AC < 5$ ), l'estudiant suspendrà l'assignatura.

NOTA: APj i AC són qualificacions no recuperables. Si  $APj < 5$ , cap membre de l'equip aprovarà l'assignatura.

NOTA: AT i APr són notes recuperables si (són inferiors a 5) i ( $0,35 APj + 0,15 AC \geq 3,5$ ) i ( $AC \geq 5$ ).

Si un estudiant no supera l'assignatura, la seva qualificació final (QF) serà  $\min(AT, APr, APj, AC)$ . S'entén que són estudiants "No avaluables" únicament aquells que no han realitzat cap activitat d'avaluació.

La qualificació MH (Matrícula d'Honor) s'atorgarà segons la normativa de la UAB i tenint en compte característiques com ara QF, continuïtat del treball, rellevància dins de l'equip, etc.

Cal destacar també que els/les repetidors/es no rebran cap tracte especial, han de fer l'assignatura com la resta d'estudiants.

Sense perjudici d'altres mesures disciplinàries que s'estimin oportunes, i d'acord amb la normativa acadèmica vigent, es qualificaran amb un zero les irregularitats comeses per l'estudiant que puguin conduir a una variació de la qualificació d'un acte d'avaluació. Per tant, plagiar, copiar o deixar copiar una pràctica o qualsevol altra activitat d'avaluació implicarà suspendre-la amb un zero i no es podrà recuperar en el mateix curs acadèmic. Si aquesta activitat té una nota mínima associada, aleshores l'assignatura quedarà suspesa.

## Bibliografia

La conducció autònoma és un camp en desenvolupament constant. Com a resultat, la literatura més pertinent canvia contínuament i principalment està disponible en forma d'articles científics. Por tanto, en lugar de

proponer una bibliografia finalista a la hora de escribir esta guía, es decir, siete meses antes del inicio de la asignatura, proporcionaremos la literatura más relevante al inicio de la misma. Por otro lado, si algún/a estudiante quiere leer algunos materiales previamente, proponemos:

"A Survey of Autonomous Driving: Common Practices and Emerging Technologies" Ekim Yurtsever, Jacob Lambert, Alexander Carballo, Kazuya Takeda.

"A Survey of End-to-End Driving: Architectures and Training Methods", Ardi Tampuu, Maksym Semikin, Naveed Muhammad, Dmytro Fishman, Tambet Matiisen.

"End-to-end Autonomous Driving: Challenges and Frontiers", Li Chen, Penghao Wu, Kashyap Chitta, Bernhard Jaeger, Andreas Geiger and Hongyang Li.

Todos estos artículos pueden encontrarse en [archiv.org](http://archiv.org), es decir, tienen una versión disponible públicamente.

## Programari

Els requisits del software variaran segons la pràctica i el projecte específics. Tot i això, anticipem un conjunt no exclusiu de "paraules clau":

The CARLA simulator ([carla.org](http://carla.org))

The Robotic Operating System (ROS) 2 (<https://docs.ros.org/en/foxy/index.html>)

SCENIC (<https://docs.scenic-lang.org/en/latest/>)

Pytorch (<https://pytorch.org/>)

## Llista d'idiomes

Nom	Grup	Idioma	Semestre	Torn
(PAUL) Pràctiques d'aula	1	Anglès	segon quadrimestre	matí-mixt
(TE) Teoria	1	Anglès	segon quadrimestre	matí-mixt