

ROADMAP PER A LA INTRODUCCIÓ DELS ROBOTS D'ÚLTIMA MILLA A CATALUNYA

Document final

Juliol 2023

 **CARNET**
FUTURE MOBILITY RESEARCH HUB

 **Àrea de Barcelona**
Autoritat del Transport
Metropolità



Objectius del projecte

Aquest document **exposa i analitza la situació actual dels vehicles autònoms per al repartiment de mercaderies**. Tenint en compte les capacitats tecnològiques actuals, les tendències del món empresarial, les necessitats infraestructurals i els efectes socioeconòmics, **aquest document proposa diferents eixos d'actuació per la incorporació dels robots mòbils a les ciutats**.

EQUIP REDACTOR

- Clément Lemardelé.
- Marc Concustell.
- Neus Matamoros.
- Biel Pallarès.
- Dr. Laia Pagès.

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ
 2. ESTAT DEL MERCAT
 3. ANÀLISI DE LES TIC
 4. ANÀLISI DE LA INFRAESTRUCTURA
 5. ANÀLISI LEGAL (LEGAL&BUSINESS)
 6. ESCENARIS FUTURS
 7. ROADMAP PER A L'ATM
- GLOSSARI I BIBLIOGRAFIA

1.1 Introducció

Què és un robot mòbil d'última milla?

- Un **robot mòbil** és un dispositiu mecànic programat per desplaçar-se sense la intervenció humana. Els robots autònoms **poden prendre decisions i executar tasques sense rebre ordres externes**. Els robots de lliurament s'utilitzen per **lliurar objectes a destins específics**.
- Aquests robots estan equipats amb sensors i tecnologia de navegació. D'aquesta manera, poden emprar algorismes d'aprenentatge automàtic per adaptar-se a diferents entorns i situacions.
- En aquest document es consideren els **robots autònoms** amb capacitat per dur menys de 50 kg de pes, de menys de 100 cm d'alt i que actuen a la via pública.



Font: Proves pilot Esplugues– CARNET-The Future Mobility Research Hub

1.2 Metodologia d'anàlisi

Aquest document analitza com la tecnologia de la informació i comunicació (TIC), la infraestructura (INFRA) i els marcs legals (LEGAL) afecten i s'han d'adaptar per assegurar la integració de robots. A partir d'aquest anàlisi, es proposa un full de ruta per a l'ATM.

En un primer apartat s'estudia l'**estat del mercat** dels robots autònoms i les tendències que s'estan generant.

En segon lloc, es realitzarà una **anàlisi exhaustiu de la tecnologia de la informació i comunicació** disponible en l'actualitat. Aquesta anàlisi ens permetrà comprendre quines tecnologies són viables i adequades per la integració dels robots a les ATM. A més, s'avaluaran les solucions TIC existents i les seves possibilitats d'optimització per millorar l'experiència dels clients i l'eficiència operativa.

Tercerament, es durà a terme una **anàlisi de la infraestructura actual** de l'ATM. Aquesta avaluació ens ajudarà a identificar les possibles adaptacions i millores necessàries per a la implementació reeixida dels robots. Es consideraran factors com la connectivitat, la seguretat i l'accessibilitat per assegurar que la infraestructura pugui suportar la introducció dels nous sistemes robotitzats.

En un quart apartat, es realitzarà una **anàlisi del marc legal i regulador** relacionat amb l'ús de robots. Aquesta revisió ens permetrà comprendre les restriccions i obligacions legals que cal tenir en compte. A més, es buscaran oportunitats per a la millora del marc regulador que facilitin la incorporació de la robòtica a l'ATM.

Finalment, un cop definides les accions recomanades per cada àmbit, es proposa un **ROADMAP** a seguir per l'ATM.

1.2 Metodologia d'anàlisi

Durant els tres anàlisis sobre les TIC, la infraestructura (INFRA) i la base legal (LEGAL), es van extraient diferents accions a realitzar per **accelerar** la transició dels tres àmbits en relació a la integració dels robots autònoms a les ciutats. Al final de cada apartat es **classifiquen aquestes accions en funció de la prioritat** que haurien de tenir en un futur.

- Cal destacar que aquestes taules són la fonamentació per a l'elaboració del full de ruta (roadmap) per a l'ATM.

		Impacte		
		Alta	Mitja	Baixa
Urgència	Alta	1	2	3
	Mitja	2	3	4
	Baixa	3	4	5

Font: Elaboració pròpia

2. Estat Del Mercat

Les següents diapositives expliquen cap a on evoluciona el mercat dels robots autònoms en àmbit mundial.

Subíndex:

- 2.1 Anàlisi geogràfic
- 2.2 Anàlisi visual
- 2.3 Plataforma i sistema d'entrega
- 2.4 Pes i contingut d'entrega
- 2.5 Conclusió

2.1 Anàlisis geogràfic

- S'observa una clara **superioritat** dels **Estats Units** respecte als altres països quant a presència d'empreses de robots d'entrega de mercaderies autònoms. A **Europa**, la participació en aquest àmbit és **menor**, estant present en països com Anglaterra, Alemanya, Finlàndia o Suïssa.
- S'ha de destacar que, a **Espanya**, **no s'ha trobat cap mena de projecte en actiu i operatiu comercialment**, característica que pot ser rellevant quant a la demora de possibles escenaris que impliquin la implantació d'aquests vehicles.



Distribució geogràfica dels robots de *delivery* autònoms.

Font: Elaboració pròpia

2.2 Anàlisi visual



Nivell de maduresa (En Unitats de Producció)

Font: Elaboració pròpia

- L'eix horitzontal d'aquesta figura mostra l'estat de maduresa de cada empresa de robots autònoms. Des d'un nivell de prototipatge fins a produccions en massa.
- L'eix vertical indica la mida del robot, així com la seva àrea de desplaçament, la qual està relacionada: els vehicles més petits solen desplaçar-se per les vies de vianants, mentre que els que són de mida superior es mouen per carretera.

2.3 Plataforma i sistemes d'entrega

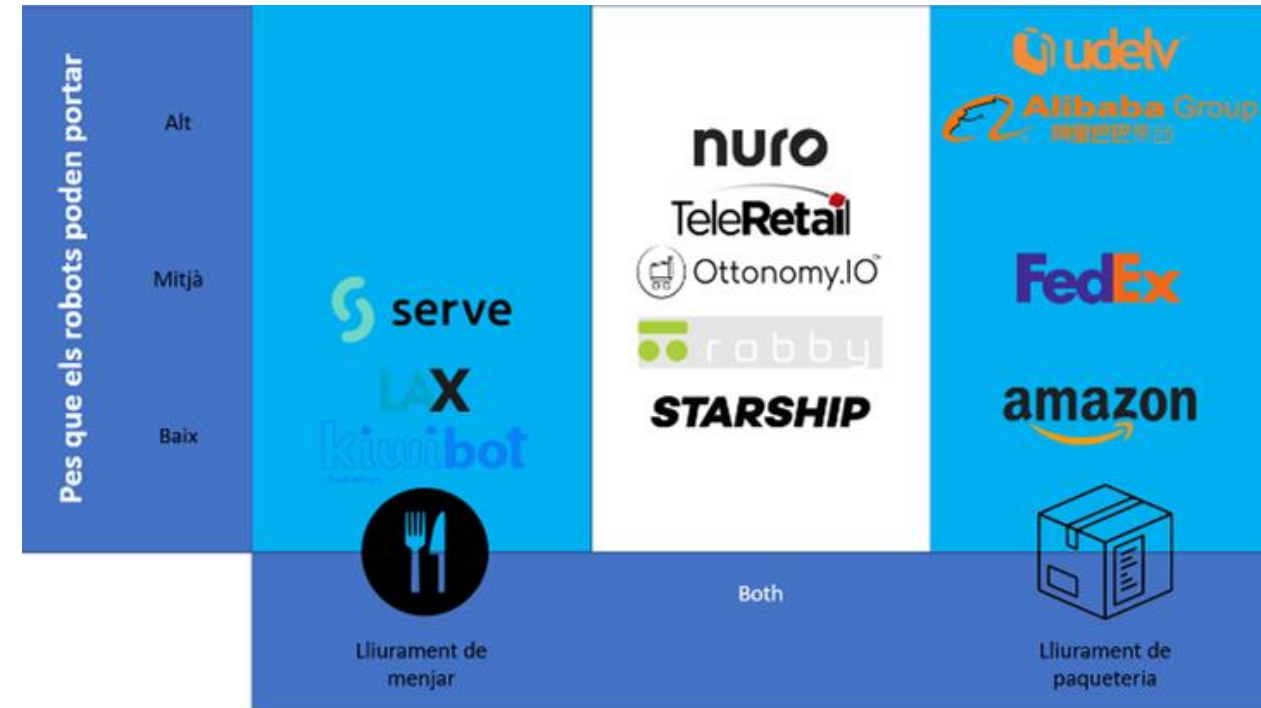
- Actualment, les empreses estrangeres inclouen plataformes de lliurament i opcions de desbloqueig del vehicle.
- Les dues **opcions més comunes** per desbloquejar el vehicle són una **app externa** (més comode i senzill pel usuari) o una **pantalla incorporada** en el mateix vehicle.
- Les empreses robòtiques ofereixen un **model de negoci** que inclou vehicles autònoms i també serveis de plataforma/app com a nexa entre proveïdor i consumidor. Això augmenta el valor del producte i simplifica la usabilitat de la tecnologia.
- Les **opcions de desbloqueig i el model de negoci** són **factors clau** en la creació d'un servei de lliurament eficient i atractiu per als usuaris.



Font: Elaboració pròpia

2.4 Pes i contingut d'entrega

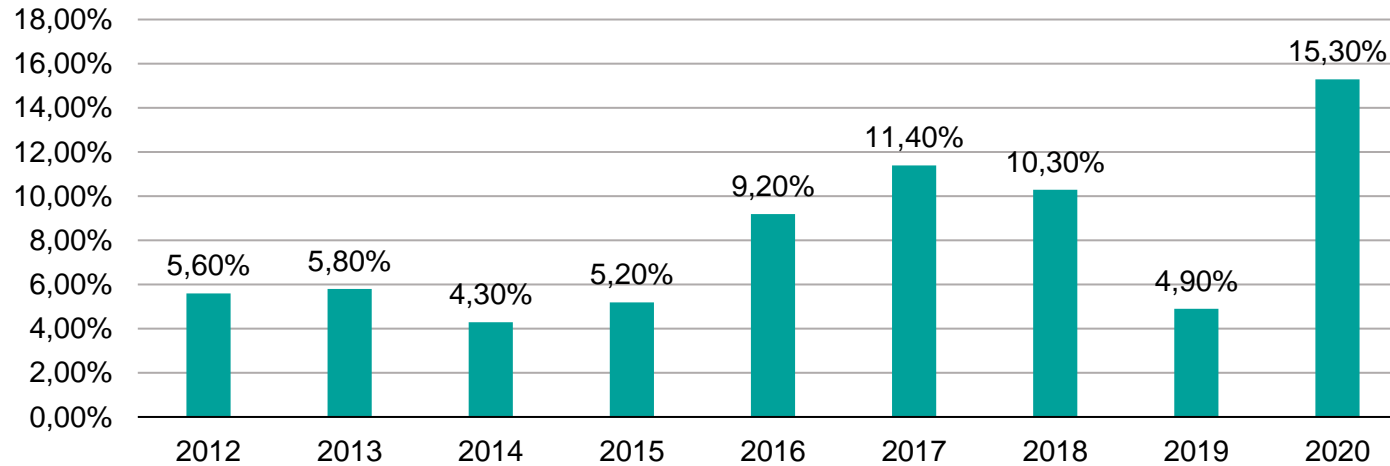
- Predominen els **vehicles de mitjà-petit volum** de càrrega per les limitacions tecnològiques d'autonomia actuals i la necessitat de seguretat.
- No requereixen grans volums d'emmagatzematge perquè estan dissenyats per fer **entregues d'última milla**.
- Els **paquets** són el tipus d'entrega més popular, i la majoria d'empreses que ofereixen aquest servei estan afegint o estudiant com introduir vehicles autònoms a la seva flota.
- **Tendència** cap a les entregues de **menjar**.



Font: Elaboració pròpia

2.5 Conclusió

Variació percentual en el volum global d'entregues de paquets



Font: Last mile logistics worldwide – STATISTA

- Durant el 2022, CARNET va dur a terme diferents proves pilot del seu robot autònom “Ona” a Esplugues del Llobregat.
- El nombre d'entregues de paquets a les ciutats manté un **creixement consolidat** i elevat.



- A Estats Units ja hi ha **6 Startups operatives que fan servir robots autònoms** per entregar paquets com a solució a aquest creixement.
- A Europa n'hi ha al Regne Unit, i a Finlàndia. A Alemanya, a Suïssa i a **Espanya hi ha Startups fent proves pilot.**



3. Anàlisi TIC

TIC:

Tecnologies de la informació i comunicació

En aquest apartat es presenta **l'estat actual de les capacitats tecnològiques i les tendències dels robots** de repartiment d'última milla. Com a resultat, es proposen diferents línies d'actuació en relació a les TIC.

Subíndex:

- 3.1 Disponibilitat tecnològica i sensorització
 - 3.2 SLAM
 - 3.3 Equipament físic i de desplaçament
 - 3.4 Centres de control de les bases de dades
 - 3.5 Sistemes de pagament i entrega del paquet
 - 3.6 Recàrrega dels vehicles autònoms i capacitat de les bateries
 - 3.7 Estacions de servei i recarrega
 - 3.8 Estàndards de comunicació
 - 3.9 Ciberseguretat
- Taula d'accions TIC

3.1 Disponibilitat tecnològica i sensorització

- En aquest apartat es descriu el **nivell actual d'autonomia dels robots, les tecnologies de sensorització i geoposicionament que utilitzen, i l'equipament físic i de desplaçament que requereixen**. A partir de llavors, s'analitza el seu estat d'implementació i desenvolupament a Catalunya, proposant diferents accions a realitzar en els propers anys.

Nivell d'autonomia actual

Tecnologies de sensorització i
geoposicionament

Equipament físic i de
desplaçament

3.1.1 Nivells d'autonomia dels robots

Els vehicles es poden classificar segons el seu **nivell d'autonomia**, sent el nivell 0 els vehicles on el conductor executa totes les tasques, i el nivell 5 quan en cap escenari es requereix d'assistència humana. El **nivell actual** usat pels usuaris és el **nivell 2, amb autonomia parcial durant períodes curts de temps**.

Tanmateix, hi ha empreses presents a altres països que ja tenen vehicles amb nivells d'autonomia superiors. Per aquest motiu, a Catalunya s'han de dur a terme accions per accelerar la R&I en aquest àmbit.

Nivell d'autonomia	Descripció (segons SAE, Society of Automotive Engineers)
Nivell 0	Sense assistència, el conductor executa totes les tasques en tot moment.
Nivell 1	Conducció assistida amb un o més sistemes que controlen la velocitat o la direcció, però no tots dos alhora.
Nivell 2	Autonomia parcial amb capacitat de prendre el control de la direcció, l'acceleració i la frenada, però només sota certes condicions i per períodes curts de temps.
Nivell 3	Autonomia condicional amb la capacitat de conduir en la majoria de les situacions i per períodes estesos de temps, però requereix un conductor humà per si l'automòbil necessita cedir el control en alguna situació.
Nivell 4	Alta autonomia en què es condueix per si mateix i busca un lloc segur on aturar-se en situacions en què no es pugui conduir.
Nivell 5	Autonomia completa en què el vehicle condueix per si mateix en tots els escenaris, fins i tot els més extrems.



3.1.2 Tecnologies de sensorització

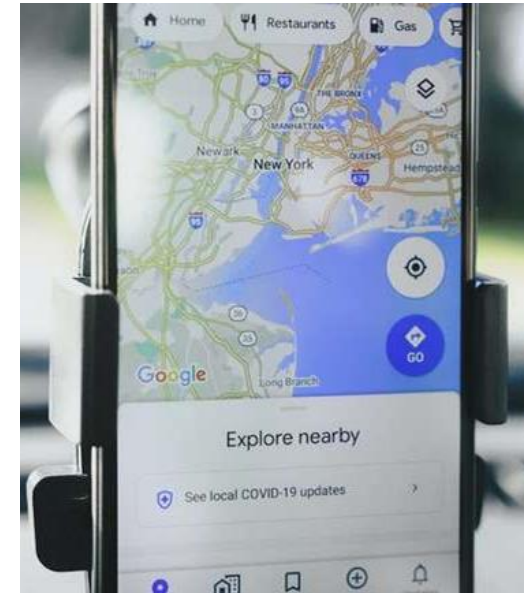
Tecnologia	Especificacions	Utilitats	Cost
Càmeres	Les càmeres visualitzen tot el que hi ha al camp visual del vehicle. Si no hi hagués obstacles, el seu abast arribaria als pocs centenars de metres.	<ul style="list-style-type: none"> • Detecció de vianants a les interseccions i de vehicles a la via. • Reconeixement de marques viàries i senyals de trànsit: TSR, LSS. • Geoposicionament: triangular la posició a través del que capta la càmera. 	El cost d'aquest sensor no és molt elevat, atès que es tracten de tecnologies amb un cert grau de desenvolupament.
Càmeres d'infraroig	Abast de mitjana distància (uns 10 m). Visualitzen tot el que hi ha al camp visual del vehicle.	<ul style="list-style-type: none"> • Visió nocturna. • Detecció de vianants a les interseccions. • Detecció d'obstacles. 	
RADAR	Diverses distàncies d'abast (llarga, mitjana i curta distància). Només capten informació en 2D.	<ul style="list-style-type: none"> • Sistemes de control de velocitat adaptatiu (Radar de Llarga distància). • Detecció angle mort lateral. • Avís de col·lisió marxa enrere. 	
LiDAR	Genera un núvol de punts 3D que recrea l'espai que rodeja a un cotxe determinat. Abast de fins a 100 m. Latència extraordinàriament petita (~0.05 ms). Sistema capaç de computar la posició de molts milers de punts en un segon.	<ul style="list-style-type: none"> • Reconeixement 360° (3D) de l'entorn dels vehicles. • Comparació amb la cartografia real. • Computació de la proximitat a obstacles. 	Força elevat. S'estima que el cost del LiDAR disminuiria si fos produït en massa.

Accions a realitzar:

- R+D de la sensorització per estar actualitzat amb les noves tecnologies que sorgeixin.
- Impulsar la producció en massa de LiDARs per a disminuir el seu cost actual.

3.1.3 Geoposicionament

- El robot necessita tenir **sistemes que puguin calcular la posició del vehicle** d'una forma precisa a través de tecnologies de geoposicionament com ara els sistemes GNSS.
- Els vehicles autònoms sovint posseeixen a les seves infraestructures mapes digitals de carreteres prèviament desats que proporcionen possibles rutes a seguir. Fent ús de tecnologies de geoposicionament, el robot pot localitzar-se en els mapes prèviament desats.
- La tecnologia de geoposicionament més coneguda per resoldre aquest problema a escala general i probablement la més accessible, és el **GPS**.



Font: Pexels

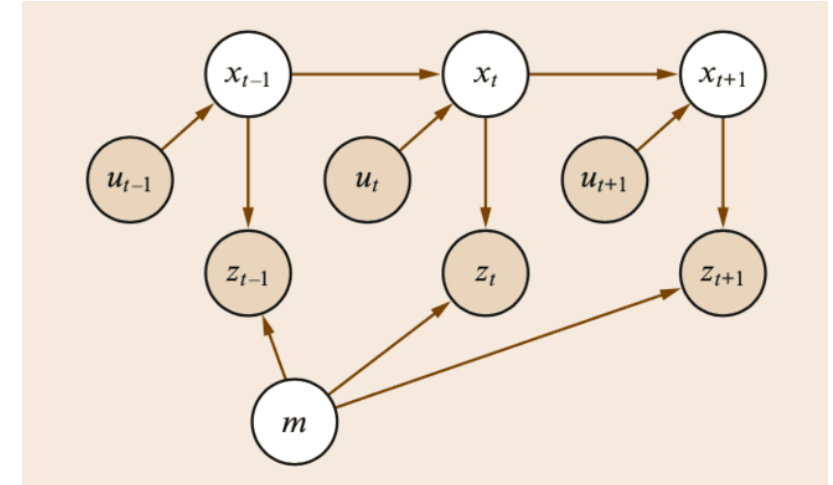


3.2 SLAM

- El mètode de mapatge té una alta precisió, però els mapes digitals no se solen actualitzar sovint i no inclouen totes les carreteres. Això ha portat al desenvolupament de la tècnica SLAM.
- El SLAM és una tècnica utilitzada per robots i vehicles autònoms per **construir un mapa en un entorn desconegut** i estimar la seva trajectòria. Es busca resoldre els problemes que planteja col·locar un robot mòbil en un entorn i posició desconeguts, i utilitzar aquest mapa per determinar la seva pròpia localització.

Accions a realitzar:

R+D per accelerar la investigació en la tècnica SLAM.



Model gràfic del problema SLAM. Els nodes ombrejats són directament observables, cal trobar els nodes blancs [1]

3.3 Equipament físic i de desplaçament

Pel disseny del robot, s'ha detectat aquestes necessitats per garantir el seu correcte desplaçament:

- **Estructura inferior:** ha de ser capaç de navegar i superar obstacles.
 - Adaptació infraestructural i incorporació d'elements com rodes, suspensions i direcció assistida.
 - Depèn de la proposta de funcionament i llocs per on es mourà.
- **Emmagatzematge i càrrega:** ha de ser eficaç i ben aprofitat.
 - Capacitats de càrrega limitades per la mida del robot i la velocitat.
 - Tecnologies actuals permeten optimització, però es podrà reduir la mida dels components tècnics i ampliar l'espai de càrrega.
- **Font d'energia:** ha de ser sostenible.
 - Energia pot ser obtinguda a través de combustibles fòssils o bateries elèctriques.
 - Robots de lliurament autònoms estan dissenyats per actuar de manera sostenible i millorar l'ambient.

Accions a realitzar:

- **Cooperar pel desenvolupament de bateries elèctriques eficients en robots.**
- **R+D d'algorismes de navegació autònoma.**

3.4 Centres de control de les bases de dades

- Els centres de control són centres d'administració pública o privada que tinguin la capacitat d'actuar immediatament en casos excepcionals dels robots a les vies públiques, fent de servei de trànsit dels robots.
- És probable que els robots no sempre es trobin capacitats per enfrontar certes situacions, que no trobin una solució viable o bé que no siguin capaços d'escollir-ne una per si mateixos. És en casos com aquest on han d'actuar els centres de control, comportant-se com **assistents dels robots**.
- Per altra banda, també és important la **seguretat**, i en qualsevol situació on hi pugui haver un accident, siguin el robot o uns éssers externs els afectats, els centres de control han de poder rebre aquesta informació i procedir en conseqüència.
- Així doncs, és necessari que el vehicle posseeixi una **capacitat de rebuda** i **d'actualització** d'acord amb ordres externes procedents dels centres.

Accions a realitzar:

- Establir protocols en cas de fallida en les xarxes de comunicació.

3.5 Sistemes de pagament i entrega del paquet

- **Mètodes de pagament** compatibles entre el client, el robot i el proveïdor:
 - Targetes *contactless*: Targetes que incorporen un xip amb tecnologia NFC.
 - Carteres digitals: Aplicacions digitals que permeten a l'usuari administrar les diferents targetes que posseeix. L'usuari pot fer el pagament amb antelació.
- **Entrega del paquet**: Ús d'una clau per accedir al paquet, que només estigui a l'abast del client, i seria proporcionada pel proveïdor una vegada el pagament s'hagi efectuat.
 - Desbloqueig a través d'una **pantalla incorporada**: codis de números, codis QR, o contrasenyes.
 - Desbloqueig a través de **l'app d'entrega**. S'avisava als proveïdors que l'usuari està amb el robot i es dona l'ordre d'obertura automàticament.



Font: Pexels

Accions a realitzar:

Estructurar i regular els mètodes de pagament i els sistemes d'accès dels usuaris als paquets.

3.6 Recàrrega dels vehicles autònoms i capacitat de les bateries

- **Mètodes de recàrrega actuals:**
 - Sistema de recàrrega de bateria: el robot es connecta directament a la xarxa elèctrica. Pot implicar temps de recàrrega prolongats. Les recàrregues ràpides poden provocar un desgast més ràpid de la bateria.
 - Sistema de canvi de bateria: el robot utilitza una bateria extraïble que pot ser recarregada manualment o automàticament.
- **Capacitat de les bateries dels vehicles autònoms més petits:**
 - L'Ona de CARNET Barcelona té una bateria de 25 kg i una capacitat aproximada de 3,75 kWh (0,15 kWh/kg).
 - Es preveu que en el futur les capacitats de les bateries aconseguixin ser molt més altes, arribant als 10 kWh amb un pes similar a l'actual.

Accions a realitzar:

- **R+D sobre les variants més òptimes per a la recàrrega dels robots a les estacions actualment**

3.7.1 Estacions de servei i recàrrega

- Les estacions de servei i recàrrega han d'oferir:
 - La recàrrega de la bateria dels robots.
 - Espai i instal·lacions per fer el traspàs de mercaderies entre els robots i els proveïdors.
 - Espais d'emmagatzematge pels paquets en espera.
- S'han considerat dos escenaris per a la gestió de les estacions:
 - Cada empresa privada disposa dels seus espais, robots i empleats, sent responsables dels enviaments.
 - Una opció més intervencionista de l'administració pública, on és propietari de les àrees de servei, per a l'enviament global de paquets amb consentiment de les empreses privades.
- **L'opció pública permet una millor organització i optimització en les rutes** d'entrega al no separar les gestions per cada proveïdor.
- Aquestes estacions han de tenir l'equipament necessari per poder dur a terme la recàrrega dels robots. Poden estar connectades a la xarxa amb les condicions necessàries, i a part equipades amb plaques fotovoltaïques.

Accions a realitzar:

- **Organització de la xarxa d'estacions de servei nexes: model privat o públic.**

3.7.2 Punts de lliurament automatitzats

- L'ús de punts de lliurament automatitzats té per objectiu facilitar la gestió de les mercaderies entregades i ometre la problemàtica que suposa pel robot haver d'esperar al punt de recollida que el client arribi i obri el paquet.
- En l'actualitat es pot observar llocs amb funcionaments molt similars, coneguts com a *parcel lockers*, on el repartidor que deixa els paquets a les taquilles és una persona.
- Caldria implementar un sistema que permeti al robot deixar el paquet correctament sense la intervenció de cap tècnic.



Parcel lockers [23]

Diversos estudis conclouen que les entregues a punts de lliurament automatitzats durant la nit, serien l'opció que més encaixaria avui dia amb la disponibilitat tecnològica que existeix i la societat en què vivim.

Accions a realitzar:

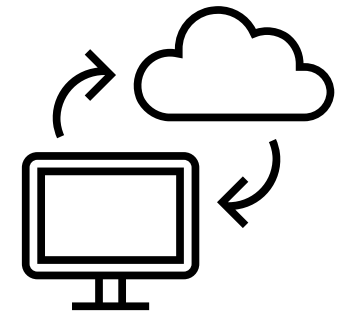
Definir la gestió de paquets. Estacions de servei nexes: model privat o intervencionista.

3.8 Estàndards de comunicació

- Els robots d'última milla necessiten **connexió a internet** per comunicar-se amb tots els dispositius que l'envolten, i contactar amb els centres de control. Aquestes comunicacions s'engloben en: Vehicle-to-everything (**V2X***).
- Distribució transmissora que té el robot respecte de les comunicacions que l'envolten:
 - **Distribució Unicast:** transmissió amb una única interfície d'entrada i una de destí; denominat com a transmissió *one-to-one*. Aquesta distribució incrementa l'eficiència energètica de la transmissió, a més de reduir possibles interferències implicant més ciberseguretat.
 - **Distribució Broadcast:** és aquella que difon la informació simultàniament a tots els nodes de la xarxa. Tot i tenir avantatges operatius, poden ser utilitzades de forma abusiva i suscita poca seguretat.
- Cal assegurar poder protegir dades sensibles, prevenir ciberatacs, la continuïtat del servei, garantir la integritat dels robots i evitar responsabilitats legals i financeres. Per tal motiu, **són necessàries estructures de ciberseguretat** per protegir la privadesa i la seguretat de les comunicacions, i evitant possibles incidents cibernètics que puguin afectar als usuaris i a les empreses involucrades.

Accions a realitzar:

- Establir requeriments legislatius de ciberseguretat en el desplegament de tecnologia V2X.
- Establir protocols en cas de fallida en les xarxes de comunicació.



3.9 Ciberseguretat

- La prevenció dels atacs informàtics als sistemes de conducció autònoma ha d'esdevenir un punt preferent en el desenvolupament i gestió de la mobilitat del futur.
- Les empreses proveïdores de comunicacions V2X hauran de garantir un **sistema de seguretat mínim** per tal que els sistemes de gestió de trànsit, vehicles i infraestructura no siguin susceptibles d'atacs, així com definint l'estandardització dels sistemes.
- La necessitat de hardware criptogràfic implementat en les comunicacions és imprescindible per un funcionament fiable i correcte dels robots.

Accions a realitzar:

- Definir els requisits legislatius de seguretat en els seus plecs de les licitacions del desplegament de tecnologia V2X
- Realitzar les fases de manteniment de software i hardware
- Regulació d'empreses privades que previnguin atacs informàtics.



Font: Unsplash

Taula d'accions ordenades – TIC

2025			2030			2035	+	Accions TIC	Priorització
								R+D sobre les variants més òptimes per a la recàrrega dels robots a les estacions actualment.	1
								Impulsar i amplificar la xarxa de cobertura 5G a tota la ciutat.	1
								Impulsar la xarxa DSRC.	1
								Establir requeriments legislatius de ciberseguretat en el desplegament de tecnologia V2X.	2
								Estructurar i regular els mètodes de pagament i els sistemes d'accès dels usuaris als paquets.	2
								Organització de la xarxa d'estacions de servei nexa: model privat o públic.	2
								Establir protocols en cas de fallida en les xarxes de comunicació.	2
								R+D de la sensorització per estar actualitzat amb les noves tecnologies que sorgeixin.	3
								Impulsar la producció en massa de LiDARs per a disminuir el seu cost actual.	3
								Cooperar per el desenvolupament de bateries elèctriques eficients en robots.	3
								R+D d'algorismes de navegació autònoma.	3
								Regulació d'empreses privades que previnguin atacs informàtics.	3
								Col·laborar amb les empreses de repartiment privades per a que facilitin la gestió del sistema. Seguiment de paquets i dades.	3
								R+D per accelerar la investigació en la tècnica SLAM.	4

 Investigació de la tecnologia  Desplegament de la tecnologia

 Cooperació  Definició del model de gestió

 Cooperació liderada pel sector privat

4. Anàlisi INFRA

Aquest apartat s'enfocarà en la revisió de les necessitats infraestructurals i reconversió del disseny i operació d'elements necessaris pel funcionament dels robots. Com a resultat, es proposen diferents línies d'actuació en relació a la infraestructura.

Subindex:

- 4.1 Requisits pel funcionament viari
 - 4.2 Senyalització vial
 - 4.3 Gestió del transit
 - 4.4 Zones d'espera segures
 - 4.5 Mapes HD
 - 4.6 Espais laboratory
 - 4.7 Estacions de servei i recarrega
 - 4.8 Punts de lliurament i logística
 - 4.9 Cotxeres dels robots
 - 4.10 Centres de control
- Taula d'accions INFRA

4.1 Requisits pel funcionament viari

- La circulació per les vies públiques dels robots autònoms requerirà de certa tolerància a l'hora de compartir espai per part dels altres usuaris que hi circulen. Sense saber quina seria la via utilitzada pels robots i sense considerar com a opció inicial l'existència d'un carril únicament de robots, el robot sempre ha d'estar capacitat per conviure amb altres usuaris a la via utilitzada. Es contemplen tres opcions de vies: **via de vianants, carril bici, carretera.**

Seguidament es tractaran aquelles modificacions infraestructurals necessàries per tal de garantir que els robots puguin funcionar per la via pública

- **Carrils i voreres**
- **Senyalització vial**
- **Gestió del trànsit**

4.1 Carrils i voreres

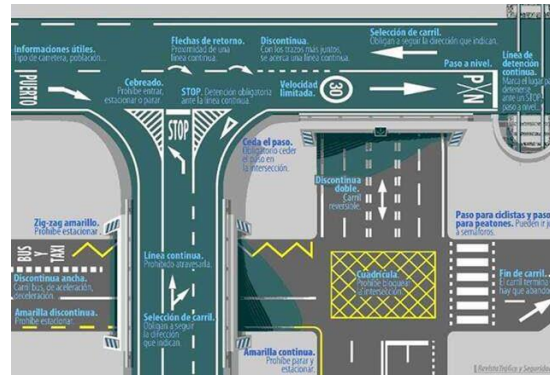
- Circulació per **carretera**: la modificació viària seria mínima. Les vies ja són prou grans com perquè els robots hi circulin amb comoditat i no es necessitaria especificar cap característica dels robots. Caldria facilitar els canvis de via de carretera a vorera en punts estratègics, com ara per accedir als portals dels clients o als *parcel lockers*.
- Circulació per **carril bici**: la modificació seria més complexa. Segons el Servei Català de Trànsit, una amplada òptima del carril bici és de 250 cm si és un carril bidireccional, és a dir, 125 cm per carril individual. Per tant, la majoria dels carrils bici de la ciutat de Barcelona podrien ser adequats per a robots d'amplada menor. S'hauria, doncs, d'intentar optar per robots llargs, alts i estrets per a complir els requisits de la via i optimitzar l'espai d'emmagatzematge. Al document disponible a (Annex) es conclou que el carril bici seria l'opció més adequada.
- Circulació per **vorera**: molts carrers no tenen les voreres preparades perquè s'hi desplacin els robots, ja que són voreres estretes que no permetrien pas als usuaris. Així doncs, s'hauria d'optar primerament per robots de mida reduïda i, per altra banda, s'hauria de fer ampliacions de les voreres per carrers estratègics per on els robots necessitessin passar en funció de les rutes alternatives que tinguessin i la demanda de la zona.

Accions a realitzar:

- Circulació **carretera**: adaptar el canvi de via entre carretera-vorera.
- Circulació **carril bici**: restringir les dimensions dels robots.
- Circulació **vorera**: ampliació de voreres estratègica segons rutes i demanda.

4.2.1 Senyalització vial

- Existeixen dos tipus de senyalització que han d'obeir els usuaris a les vies:
 - Les marques horitzontals.
 - Les marques verticals.



Senyalització horitzontal [30]



Senyalització vertical [31]

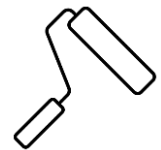
- Cada senyal de trànsit es troba definida per a uns usuaris concrets. No tots els senyals han de ser obeïts per tots els usuaris a les vies. Així doncs, els robots autònoms hauran de seguir els senyals en funció de la via que estiguin utilitzant per desplaçar-se.
- Seguidament s'identifiquen quins són els nous requisits necessaris per garantir la seguretat entre tots els usuaris de les vies públiques amb la introducció dels robots d'última milla.

4.2.2 Senyalització vial horitzontal

- Les marques horitzontals prenen molta rellevància per a una conducció segura, ja que els sistemes de conducció autònoma estan sempre recolzats en la seva detecció, a través dels sistemes LSS. En molts territoris en zones urbanes, encara hi ha deficiències en la lectura de les marques de carril degudes a:
 - Antiguitat considerable de la marca.
 - Presència de neu o aigua en la superfície.
 - Poc contrast (especialment en paviments de formigó).
 - Discontinuitats en el paviment i deficiències del ferm.
- Tot i que els robots vagin evolucionant i cada vegada necessitin menys d'aquesta assistència, visualitzant els problemes comentats des d'un punt de vista econòmic: a major bon estat de ferm i marques vials, menys inversió en sistemes tecnològics de reconeixement de l'entorn.

Accions a realitzar:

- Equips de manteniment de ferms a totes les zones on circulin robots.
- Contractació d'equips de pintura amb certa freqüència.



4.2.3 Senyalització vial vertical

- Les marques verticals presenten una major estandardització sobre control, obligació, alerta i informació sobre infraestructures. Per obeir aquests senyals el robot conté dispositius TSR. Aquests sistemes de reconeixement de senyals, basats en càmeres de visió computacional instal·lades als miralls laterals dels vehicles, permeten la interpretació d'informació de la via.
- Per senyals d'indicació amb text, la dificultat per executar un reconeixement visual és molt més elevat a causa de l'heterogeneïtat dels factors que les formen com l'idioma, el tipus d'alfabet, la lletra, etc. Aquests senyals poden ser dispensables en certes situacions amb els actuals sistemes de navegació GPS i els mapatges prèviament desats.

Accions a realitzar:

- Equips de manteniment de senyals de trànsit verticals.
- Reducció de cartells d'informació.
- Adaptació dels senyals actuals per a la fàcil lectura dels sistemes TSR dels robots.

4.3 Gestió del trànsit

- El factor diferencial en aquesta incorporació és que el robot es desplaça de manera autònoma, i la seva compatibilitat amb vehicles no autònoms en fluctuacions transitades pot generar problemes que cal prevenir i controlar.
- És interessant desenvolupar sistemes de localització de vehicles als robots per a poder localitzar constantment la ubicació de tots els robots a les ciutats amb l'objectiu d'obtenir la ruta òptima global de la xarxa. En entorns congestionats i en zones d'obres, la infraestructura hauria d'enviar informació a cada vehicle per guiar-lo a la seva destinació final, considerant les prestacions de la xarxa en tot moment.

Accions a realitzar:

- Creació i gestió dels sistemes dissenyats per distribuir la xarxa de robots autònoms uniformement.
- Protocols de control de trànsit per combatre congestions generades pels robots.
- Equipament V2I en entorns habitualment congestionats i zones d'obra.



Font: Pexels

4.3 Gestió del trànsit

- Per altra banda, en la gestió de trànsit també s'han de considerar els semàfors. Actualment, ja s'han realitzat diverses proves pilot de gestió semafòrica intel·ligent. Si els semàfors estan en comunicació amb els robots autònoms, es podrien programar perquè els canvis de fase s'adaptessin a la presència dels robots a les vies.
- Aquesta implementació dependrà de les vies per on es desplacin els robots a les ciutats i de la legislació imposada. Així doncs, les preferències assignades serien diferents a cada zona, es prioritzaria les combinacions de moviments que tinguessin una certa demanda.

Accions a realitzar:

- Instal·lació de semàfors intel·ligents per mesurar de forma precisa el volum de robots autònoms fluctuant i les vies per on es troben circulant.
- Algorismes implementats per als semàfors intel·ligents que prioritzin el pas a les vies en funció de la demanda de la zona urbana.

4.3 Gestió del trànsit

- Addicionalment, els passos de vianants són un repte per a la tecnologia de CA. Els usuaris que hi circulen són els més vulnerables en cas de xoc, i per tant és crucial que estigui altament controlada la seva seguretat en qualsevol ambient i condició meteorològica.
- La detecció dels usuaris ha de poder executar-la tant el mateix robot com la mateixa infraestructura de les vies (monitoratge dels passos de vianants) a través de comunicacions de curt abast, com ara el DSRC-G5 a causa de la seva latència i a la concisió del missatge.
- Seguint en aquesta línia, per garantir els mínims de seguretat que mereix qualsevol maniobra imprevista, se suggereix que el ferm s'ha de mantenir amb un coeficient de fricció suficient.

Accions a realitzar:

- Instal·lació de sensors a les infraestructures que detectin les presències d'usuaris als passos de zebra (en cas que els robots circulin per carretera o carril bici).
- Equips de manteniment de ferms per a una suficient fricció.
- Educació ciutadana per a dissuadir el Jaywalking a les ciutats.

4.4 Zones d'espera segures

- La gestió amb robots autònoms ha de contemplar situacions de mal funcionament i d'anomalia de la tecnologia equipada a bord del vehicle així com de la globalitat del sistema de control. El principal motiu pel qual és indispensable disposar de zones d'espera segures és per casos on un d'aquests vehicles necessitís assistència.
- Els robots s'haurien de portar, autònomament o de forma manual, fins a aquest punt a una velocitat mínima on serien atesos per equips d'actuació i reparació tècnics. Es podrien compatibilitzar amb les estacions de servei i haurien d'estar distribuïdes en funció de la demanda de les zones de la ciutat.

Accions a realitzar:

- Disseny i construcció de zones d'espera a les vies públiques.
- Equips d'actuació i reparació per casos excepcionals.



Font: Pexels

4.5 Mapes HD

- Els robots d'última milla requereixen l'ús d'un volum ingent d'informació. Una solució tracta de la generació d'informació prèvia a la circulació del robot (fora de línia) mitjançant mapes digitals prèviament desats que defineixin les zones habilitades per a la circulació. A major detall dels mapes 3D i inversió en el seu desenvolupament, menors necessitats de sensors en els robots.
- Els mapes utilitzen un enorme volum de dades, fet que provoca que la generació de mapes 3D no estarà preparada a mitjà termini per tota la xarxa de carrers d'una àrea urbana. A més, seria necessària una actualització contínua d'aquest mapatge, per evitar una posada en marxa de robots que no tinguessin consciència d'alguna modificació infraestructural recent.

Accions a realitzar:

- Cooperació amb empreses R+D que treballin amb la generació, actualització i progrés de Mapes 3D.
- Definició de rutes per als mapatges prèviament desats segons l'interès i la demanda de cada zona (definir una jerarquia de carrers).

4.6 Espais laboratoris

- Consisteixen en la creació d'àrees de proves pels robots autònoms que s'utilitzarien a les ciutats. Aquests espais es crearien mitjançant finançament públicoprivat, generalment entre administracions, centres de recerca universitaris i fabricants automobilístics. L'objectiu seria que els finançadors poguessin fer ús d'aquestes àrees per a la recerca, el desenvolupament i les proves dels seus productes.
- La creació d'aquests espais aportaria l'estandardització de sistemes de seguretat, el desenvolupament de marcs legislatius i normatius, la potenciació de les tecnologies de comunicació dels robots, la millora de les infraestructures intel·ligents a les ciutats, etc.

Accions a realitzar:

- Creació i construcció d'espais laboratoris en territori català que contemplin tota mena d'escenaris possibles a les vies públiques de la ciutat.
- Equips de R+D per a la constant evolució tecnològica d'aquests laboratoris.



Font: Pexels

4.7 Estacions de servei i recàrrega

- Aquestes estacions de servei han de ser distribuïdes a les ciutats en funció de les necessitats dels clients, la magnitud d'entregues que es fan, l'exigència de la zona, etc.
- Tot i existir la possibilitat de substituir les gasolineres, no en serien suficients. Segons els experts (Annex), serien necessàries una quantitat de 400 estacions aproximades per tota l'àrea metropolitana de Barcelona.
- Caldria localitzar ubicacions en nodes principals de la ciutat per introduir estacions de robots, recàrrega la qual podria ser automatitzada en funció del tipus. Alguns llocs on podrien tenir cabuda sense haver de realitzar molta modificació infraestructural serien: Propers a estacions de transport públic, en zones policials o de bombers, en pàrquings públics, en places públiques per vianants i en infraestructures subterrànies.

Accions a realitzar:

- Creació i construcció de nombroses estacions de servei i recàrrega que compleixi tots els serveis necessaris.
- Estudi de les zones més adequades per introduir les estacions.
- Planificació per a la distribució equitativa d'estacions de servei en funció de la demanda.
- Empleats encarregats de la gestió de paquets entre proveïdor i robot. Pendants que tots els robots funcionin correctament a les zones properes.
- Implementació de sistemes d'algorismes que optimitzin rutes en funció dels paquets a entregar.

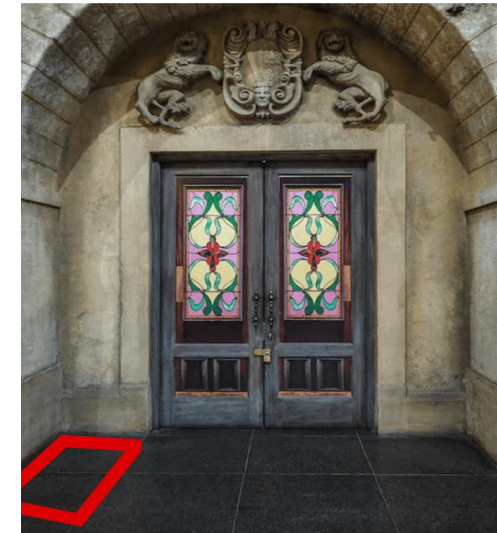
4.8 Punts de lliurament i logística

Pels robots més grans, seria més adequat utilitzar infraestructures de lliurament com ara *parcel lockers*, quioscs o botigues, ja que això evitaria la presència del client final. Tanmateix, s'hauria de disposar d'espai suficient per emmagatzemar els paquets i tenir capacitat per guardar productes a diferents temperatures.

Pels robots més petits, seria més pràctic arribar directament a l'adreça de l'entrega i esperar que el client reculli el paquet, tot i que seria necessari disposar d'un espai als portals perquè el robot esperi mentre el client recull la mercaderia.

Accions a realitzar:

- Creació i construcció d'infraestructures que actuïn com a punts de recollida.
- Disseny d'un sistema per a l'automatització de la interacció robot-locker.
- Planificació per a la distribució equitativa de punts de recollida en funció de la demana.
- Creació i construcció d'espais com a punt d'espera per als robots en entregues directes als domicilis.



Font: Pexels

4.9 Cotxeres dels robots

- El sistema de lliurament autònom, en principi no es trobarà en funcionament tot el dia. Per tant es requereix de l'existència d'una infraestructura que permeti **guardar els robots** mentre descansen de la seva activitat. Aquesta infraestructura ha de ser espacialment òptima i molt segura per a evitar el vandalisme.
- Es contemplen dues opcions:
 - Si l'estació de servei és prou gran, fer servir aquesta mateixa estructura com a cotxera durant les hores de no activitat.
 - A mesura que la quantitat de robots augmenti, sorgirà una necessitat d'expandir les infraestructures i crear cotxeres a part. Aquestes podrien situar-se a prop de les estacions de servei per facilitar la gestió i transport dels robots a l'iniciar i finalitzar la seva tasca diària.

Accions a realitzar:

- Creació i construcció de cotxeres per al descans dels robots en hores de no funcionament.



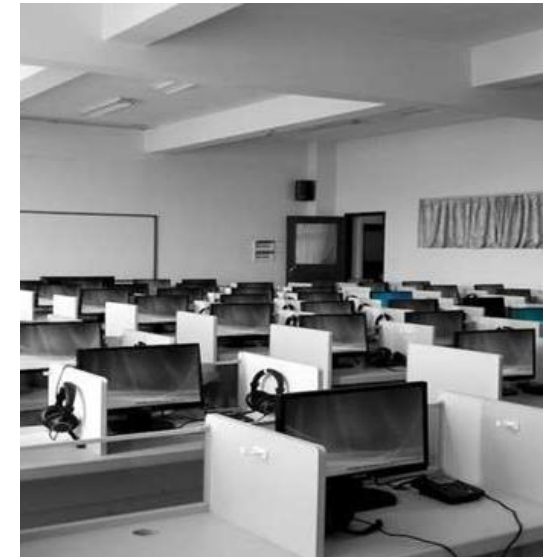
Font: Pexels

4.10 Centres de control

- L'objectiu dels centres és aconseguir un funcionament correcte del sistema, actuant com a assistents dels robots i rebent informació sobre possibles accidents o afectacions externes per a procedir en conseqüència.
- Considerant els diversos càrrecs dels quals seria responsable un centre de control, no cal que estigui situat en **cap lloc en concret**. Aquests centres haurien de tenir **accés** a totes les comunicacions i sistemes que formen la xarxa de robots autònoms, constant de material d'alta tecnologia per a desenvolupar les tasques necessàries.

Accions a realitzar:

- Implementació de sistemes de control monitoritzat de robots per tenir-los controlats en tot moment.
- Empleats preparats encarregats de dur a terme les tasques assignades als centres de control.



Font: Pexels

Taula d'accions ordenades

2025					2030					2035	+		
												Accions INFRA - FÍSIC	Priorització
												(Circulació carretera) Adaptar el canvi de via entre carretera-vorera.	1
												(Circulació vorera) Ampliació de voreres estratègica segons rutes i demanda.	1
												Creació i construcció de nombroses estacions de servei i recàrrega que compleixi tots els serveis necessaris.	1
												Creació i construcció d'infraestructures que actuïn com a punts de recollida.	1
												Adaptació dels senyals actuals per a la fàcil lectura dels sistemes TSR dels robots.	2
												Disseny i construcció de zones d'espera a les vies públiques.	2
												Creació i construcció d'espais laboratoris en territori català que contemplin tota mena d'escenaris possibles a les vies públiques de la ciutat.	2
												Instal·lació de semàfors intel·ligents per mesurar de forma precisa el volum de robots autònoms fluctuant i les vies per on es troben circulant.	2
												Creació i construcció d'espais com a punt d'espera per als robots en entregues directes als domicilis.	3
												Reducció de cartells d'informació.	4
												Equipament V2I en entorns habitualment congestionats i zones d'obra.	4
												Instal·lació de sensors a les infraestructures que detectin les presències d'usuaris als passos de vianants (en cas que els robots circulin per carretera o carril bici).	4
												Creació i construcció de cotxeres per al descans dels robots en hores de no funcionament.	4

 Diagnosi i Planificació  Desplegament

 Actuació periòdica

2025					2030					2035	+		
												Accions INFRA - NORMA	Priorització
												(Circulació carril bici) Restringir les dimensions dels robots.	1


 Desenvolupament de la norma

 Aplicació

Taula d'accions ordenades

2025					2030					2035	+		
												Accions INFRA - TÈCNIC	Priorització
												Estudi de les zones més adequades per introduir les estacions.	1
												Planificació per a la distribució equitativa d'estacions de servei en funció de la demanda.	1
												Planificació per a la distribució equitativa de punts de recollida en funció de la demanda.	1
												Implementació de sistemes de control monitoritzat de robots per tenir-los controlats en tot moment.	1
												Protocols de control de trànsit per combatre congestions generades pels robots.	2
												Implementació de sistemes d'algorismes que optimitzin rutes en funció dels paquets a entregar.	2
												Creació i gestió dels sistemes dissenyats per distribuir la xarxa de robots autònoms uniformement.	3
												Algorismes implementats per als semàfors intel·ligents que prioritzin el pas a les vies en funció de la demanda de la zona urbana.	3
												Definició de rutes per als mapatges prèviament desats segons l'interès i la demanda de cada zona (definir una jerarquia de carrers).	3
												Disseny d'un sistema per a l'automatització de la interacció robot-locker.	4

 Estudis tècnics

 Implementació i observació dels efectes. Possibles modificacions


2025					2030					2035	+		
												Accions INFRA - Altres	Priorització
												Educació ciutadana per a dissuadir el Jaywalking a les ciutats.	4

 Implantació de l'acció

 Observació dels efectes. Possibles modificacions

Taula d'accions ordenades

2025					2030					2035	+		
												Accions INFRA - GESTIÓ	Priorització
												Equips d'actuació i reparació per casos excepcionals.	1
												Empleats preparats encarregats de dur a terme les tasques assignades als centres de control.	1
												Cooperació amb empreses R+D que treballin amb la generació, actualització i progrés de Mapes 3D.	2
												Empleats encarregats de la gestió de paquets entre proveïdor i robot. Pendants que tots els robots funcionin correctament a les zones properes.	2
												Equips de manteniment de ferms a totes les zones on circulin robots.	3
												Contractació d'equips de pintura amb certa freqüència.	3
												Equips de manteniment de senyals de trànsit verticals.	3
												Equips de R+D per a la constant evolució tecnològica d'aquests laboratoris.	3
												Equips de manteniment de ferms per a una suficient fricció.	5

 Recerca i contractació

 Equips actius

 Definició del model de gestió

 Cooperació

 Actuació periòdica

5. Anàlisi LEGAL (Legal&Business)

Aquest apartat analitza la legislació, crea un mapa d'agents i prioritza les modificacions a les ordenances per aconseguir una implementació eficient. Com a resultat, es proposen diferents línies d'actuació en relació a les modificacions legals de la legislació.

Subindex:

5.1 Legislació Analitzada

5.2 Mapa d'agents

5.3 Modificacions a fer a les ordenances

5.4 Registre de Robots

Taula d'accions LEGAL

5.1 Legislació Analitzada

S'ha revisat la següent **legislació**:

- **Constitució Espanyola** (arts. 148 i 149)- Distribució de Competències en matèria de transport.
- **Estatut d'Autonomia de Catalunya** (arts. 46 i 48)- Desenvolupament de les competències en medi ambient i mobilitat urbana i seguretat vial.
- **Legislació estatal**: Real Decret 970/2020, del 10 de novembre, Instrucció 15/V-113 de la Direcció General de Trànsit Instrucció 10/TV-66
- **Llei de la Mobilitat** (arts. 3, bis, 6, 7, 8, 9, 15 i 20)- Regulació actual de la mobilitat a Catalunya.
- **Decret 362/2006, les Directrius nacionals de mobilitat (DNM), d'aplicació a tot el territori de Catalunya**.-Directrius nacionals de mobilitat de Catalunya (Distribució Urbana de Mercaderies).
- **Llei de Bases de Règim Local** (arts. 25, 26.d i 86)- Bases de regulació pel que fa all transport a municipis.
- **Ordenances Municipals** de Barcelona i Sant Feliu de Llobregat (Zona 1) Molins de Rei i Sant Cugat del Vallès (Zona 2) Terrassa i Mataró (Zona 3) Blanes i Hostalric (Zona 4) Vilafranca del Penedès i La Garriga (Zona 5), i per últim, Igualada i Manresa (Zona 6). La tria s'ha fet seguint l'esquema de tarifatge de l'ATM i per criteris de població.

Actualment, aquest desenvolupament legislatiu es troba encara en un estat de **baixa maduresa** i per tant les seves referències legislatives són **escasses**.

5.2 Mapa d'agents

Agent	Normativa a modificar	Modificacions proposades
Ajuntaments	Ordenances	Alinear les ordenances a l'especificat en el Reial Decret 970/2020. Legislar de manera homogènia la normativa en robots autònoms amb altres ajuntament.
DGT i Govern de l'Estat	El Real Decreto 970/2020, de 10 de noviembre Instrucció 15/V-113 de la Direcció General de Trànsit Instrucció 10/TV-66	Incloure els robots com a vehicles. Creació d'un registre central de robots Preceptiu tenir una autorització expressa per circular (Requisit: estar registrat el <u>registre*</u>)
Servei Català de Trànsit i Govern de la Generalitat	Llei de la Mobilitat Decret 362/2006, les Directrius nacionals de mobilitat (DNM), d'aplicació a tot el territori de Catalunya.-	Incloure dins de la Mobilitat, la distribució urbana de mercaderies.

*Veure diapositiva sobre el Registre de Robots

5.3 Modificacions a fer a les ordenances

La legislació ha de garantir la seguretat dels ciutadans i l'eficiència en la seva utilització.

Ordenances:

- En primer lloc, és fonamental establir dins les ordenances els límits de velocitat per als robots autònoms. Així mateix, és important determinar quines zones són accessibles pels robots autònoms i quines no, i establir permisos especials per a la seva circulació en zones restringides.
- Per altra banda, la nova senyalització per a robots autònoms és necessària per indicar la seva presència i zones de circulació als ciutadans.

Llei de mobilitat:

- És preceptiu homogeneïtzar la regulació dels robots autònoms a tot el territori.
- Finalment, per poder garantir una recepció normativa correcta, seria convenient posar en contacte a responsables polítics amb altres responsables polítics que ja hagin implementat Robots de Distribució de mercaderies (ex: Tallinn, Pennsilvània, etc.)

Accions a realitzar:

- **Creació de permisos per la realització de proves pilot**
- **Creació de recomanacions en la redacció d'ordenances**
- **Organització de seminaris amb autoritats públiques**
- **Acompanyament en la implementació de les ordenances en matèria de Distribució Urbana de Mercaderies**

5.4 Registre dels robots

Un registre de robots és necessari per garantir el control dels robots en ús, la identificació dels seus propietaris i el seguiment del seu comportament. Aquest registre també pot ser útil per a la regulació de les normatives i els estàndards que han de complir els robots per garantir la seguretat i el benestar de les persones i les empreses.

El registre hauria de presentar les següents **dades**:


- **Dades d'identificació del robot:**
 - Matrícula
 - Número del bastidor
 - Número d'identificació del robot (NIRO)
- **Dades tècniques del vehicle:**
 - Velocitats: mínima i màxima
 - Carburant
- **Dades de l'assegurança:**
 - Dades de l'estat actual de l'assegurança
 - Companyia i data d'alta.


Accions a realitzar:

- **Co-creació del Registre de Robots**
- **Revisió de la senyalització tant pel reconeixement dels robots com pels ciutadans**
- **Trasllat de la normativa a l'Estat Espanyol.**

Taula d'accions ordenades - Priorització de les accions legals

2025					2030					2035	+			
													Accions LEGAL	Priorització
													Creació de permisos per la realització de proves pilot	1
													Creació de recomanacions en la redacció d'ordenances	1
													Organització de seminaris amb autoritats públiques	1
													Acompanyament en la implementació de les ordenances en matèria de Distribució Urbana de Mercaderies	1
													Co-creació del Registre de Robots	2
													Revisió de la senyalització tant pel reconeixement dels robots com pels ciutadans	2
													Trasllat de la normativa a l'Estat Espanyol.	3

 Accions de "Soft Law"

 Implementació i recepció normativa

6. Escenaris futurs

Metodologia

Per desenvolupar unes prediccions el més reals possibles, es va realitzar un Workshop el dia 25 d'Octubre en el marc del International Mobility Congress realitzat a Sitges. A aquest Workshop hi van assistir 20 experts de diferents sectors del món de la mobilitat: món acadèmic, de l'empresa i de les Administracions Públiques.

Durant 1h 30min van respondre a preguntes obertes i tancades sobre 5 blocs*:

- Implementació (Preguntes Generals)
- TIC
- Infraestructura
- Legislació
- Àmbit Econòmic

*(per més informació al respecte de les preguntes, veure Annex)

6.1 Casos extrapolables a territori català

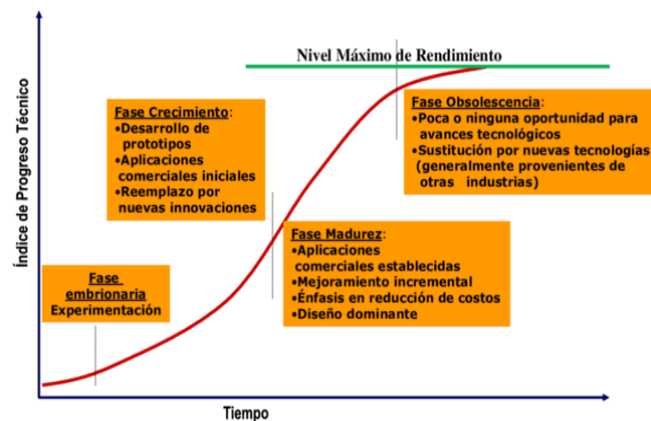
- Com es pot observar a l'apartat inicial de l'estat del mercat, els casos reals de robots d'entrega autònoms no en són gaires (n'hi ha més que els analitzats, però encara són pocs). A més, a **territori català es coneixen pocs exemples funcionals de sistemes d'entrega**. Una prova recent és el de l'**Ona**, robot del hub de mobilitat del futur **CARNET**, amb el qual s'han fet **proves pilot en moviment autònom**, però no s'ha posat a disposició real de clients en cap moment.
- Cal, per tant, investigar casos reals i futurs fora del territori i fer un salt des dels models existents a altres països a les fórmules que funcionarien en l'àmbit català. D'aquesta manera, s'aconsegueix **predir** de quina manera **s'instauraran els robots quan arribin al territori** en un futur pròxim, i **permetre a les administracions públiques estar preparades** per les situacions a confrontar.



Font: Pexels

6.2 Evolució

La **implantació dels robots** serà progressiva proporcionalment als avanços tecnològics requerits. Es pot predir aquesta introducció fent una funció de progressió tecnològica (Figuroa Aponte, 2016).



Corba S de desenvolupament tecnològic (Figuroa Aponte, 2016)

➤ La corba descriu 4 etapes:

- **Fase inicial** de progrés lent, on hi ha poc coneixement i pocs experts.
- **Fase de creixement** ràpid, on es resolen els problemes tècnics principals i les prestacions milloren ràpidament.
- **Fase de maduresa**, on el progrés esdevé més lent i la tecnologia està a prop del seu límit.
- **Fase de saturació**, on ja no hi ha progrés tecnològic.

Nombre de robots operant a Catalunya en un futur

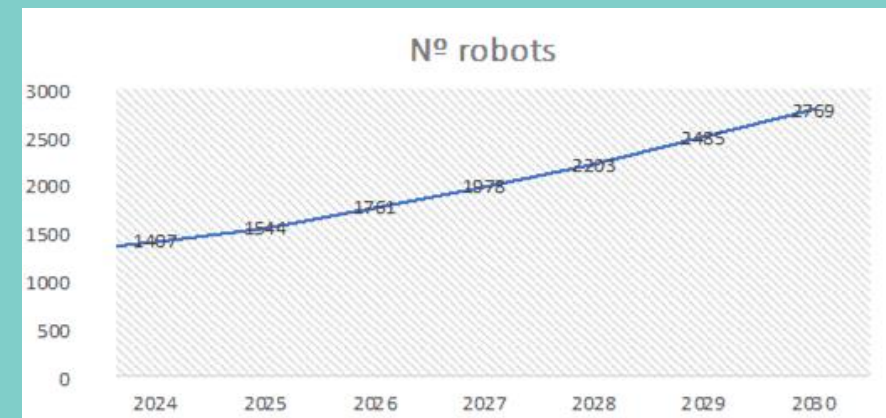
	ROBOTS EN PILOTS	ROBOTS COMERCIALS
2023-2025	entre 5 i 10	0
2025-2030	entre 25 i 30	<100
2030-2035	cap	>200

6.3 Predicció d'Escenaris Temporals

- En aquest projecte fa una predicció per estimar el **nombre de robots** que hi haurà a les ciutats tant **espai públic com privat** al llarg dels anys. Aquestes xifres tenen en compte els robots que circulen, entre altres, en restaurants i hotels. S'observa que el nombre dels robots en espai privat és significativament **superior** al nombre de robots en espai urbà.

METODOLOGIA:

- Calcular el possible nombre d'entregues totals per hora d'e-commerce a Barcelona o a alguna ciutat extrapolable al llarg dels propers anys (**Nº entregues**).
- Considerar una capacitat dels robots de mercaderies, és a dir, un nombre d'entregues o paquets que podrà portar cada robot (**Capacitat robot**).
- Considerar un percentatge d'entregues executades pels robots (%)
- Calcular el nombre de robots necessaris a les ciutats (estimació: cada robot realitza una ruta d'entrega per hora):
 - $N^{\circ} \text{ robots} = (N^{\circ} \text{ entregues}) * (\%) / (\text{Capacitat robot})$** .



Roadmap – Reptes

TIC

- La **ciberseguretat** son reptes importants respecte les comunicacions per operar.
- Cal garantir la **privacitat**.
- Els robots requereixen una xarxa de cobertura potent per **assegurar la seva connectivitat**.
- Manca l'**organització dels procediments i protocols d'entrega** amb robots.
- Falten recursos en **R&I, en proves pilot**, i en la tecnologia dels sensors.

LEGAL

- Hi ha una **m mancança de permisos i legislació per dur a terme proves pilot**.
- Falta **regulació** per permetre la circulació d'aquests vehicles a la via pública.
- Falten **protocols d'actuació** pels agents de l'ordre.
- No hi ha un **registre** dels robots.

INFRAESTRUCTURA

- No estan estudiades **les necessitats** dels robots en **l'àmbit de la infraestructura**.
- **La via pública no està adaptada** pels robots (ni la vorera ni la carretera).
- Es requereixen **d'estacions de servei** per recarregar els robots i dur a terme l'intercanvi de paquets entre proveïdor-robot o robot-robot.
- No hi ha espais específics per realitzar la recollida del paquet (**zones d'estacionament o taquilles intel·ligents**).
- **La senyalització i el disseny de les vies públiques no és homogènia** (sobretot les zones per vianants i voreres), essent poc comprensible pels robots.
- El **ferm i la pintura** de la via pública sovint no estan preparats per aquests aparells.

Roadmap – TIC

Conjunt d'accions proposades a l'ATM per dur a terme en els propers anys en relació a les TIC

- ✓ Estudiar i **regular les condicions mínimes de ciberseguretat** dels robots.
- ✓ Impulsar i amplificar la **tecnologia 5G**.
- ✓ **Analitzar els costos econòmics, ambientals i socials** de cada tipus d'entrega comparant el model actual amb el model dels robots autònoms.
- ✓ Redactar un protocol que estructurï **els diferents models d'entrega** segons la tipologia de paquets com d'usuari final (per exemple: l'entrega de menjar podria ser de porta a porta, però l'entrega de paquets podria ser d'obligació a taquilles intel·ligents).

2023-2025

- ✓ Estudiar i redactar **protocols** en cas de fallida en les **xarxes de comunicació o de ciberatacs**. Proposar una sèrie d'actuacions i diferents **plans de contingència**.
- ✓ Potenciar la **implementació de tecnologies** amb altres institucions a la via pública per millorar les funcionalitats dels robots.
- ✓ Potenciar la **integració de les APPS dels robots a les aplicacions públiques**.

2025-2030

- ✓ **Impulsar la producció** en massa de LIDARs així com els **diferents tipus de sensors** avantguardistes al mercat.
- ✓ Estudiar la **bretxa digital** provocada pels robots i com minimitzar els seus efectes

2030-2035

Roadmap – Infra

Conjunt d'accions proposades a l'ATM per dur a terme en els propers anys en relació a la INFRAESTRUCTURA

- ✓ **Analitzar la infraestructura** actual així com els espais de convivència dels robots amb els usuaris.
- ✓ **Regular les característiques** mínimes de les diferents vies públiques per definir on poden circular els robot i on no.
- ✓ **Proposar línies d'actuacions** i protocols d'implementació per assegurar la adaptació de les vies públiques.
- ✓ Crear **espais de laboratori** per la realització de proves pilot.
- ✓ Estructurar **les possibles estacions de servei** tant per recarregar els robots com per realitzar l'intercanvi de paquets proveïdor-robot.

2023-2025

- ✓ **Recolzar** als ajuntaments en el **procés d'adaptar les vies públiques** (tant com els carrils bici com l'ampliació de les voreres).
- ✓ Recolzar a les institucions per **implementar les estacions de servei**, així com els punts de recàrrega com les taquilles intel·ligents.
- ✓ Potenciar les **col·laboracions publico-privades** per assegurar la homogeneïtzació de les estacions de servei i el seu ús.
- ✓ Desenvolupar una **guia per la implementació de Zones d'Espera Segura**.

2025-2030

- ✓ Recolzar als ajuntaments en la **implementació les zones d'espera segures pels robots**.
- ✓ **Ordenar l'espai d'estacionament** dels robots no actius, com ara **cotxeres de robots**.
- ✓ **Redactar els protocols de manteniment** de la via pública adaptada als robots autònoms.
- ✓ Implementar **sistemes de monitoratge i avaluació** per recopilar dades sobre l'ús i els impactes dels robots autònoms en el trànsit i la seguretat urbana, utilitzant aquesta informació per millorar les polítiques i les regulacions existents.

2030-2035

Roadmap – Legal

Conjunt d'accions proposades a l'ATM per dur a terme en els propers anys en relació a LEGAL

- ✓ Realització de **Seminaris** amb institucions amb experiència en aquests àmbits.
- ✓ **Estudiar la normativa actual** que legisla l'ús de proves pilots a les vies públiques.
- ✓ **Desenvolupar una Guia de Bones Pràctiques** per als ajuntaments perquè es facin pilots als municipis.
- ✓ Col·laborar amb altres institucions per **millorar la normativa dels vehicles autònoms**

2023-2025

- ✓ Redactar **d'articles model** per la seva incorporació a les Ordenances Municipals.
- ✓ Crear el **Registre de Robots** conjuntament amb la DGT
- ✓ Col·laborar amb altres autoritats de transport i administracions per desenvolupar **polítiques coordinades** per a la regulació dels robots autònoms a nivell regional, nacional i internacional.
- ✓ Establir **programes de conscienciació** pública per informar els ciutadans sobre l'impacte dels robots autònoms a les ciutats.

2025 →

Roadmap ATM – Accions Prioritàries

	TIC	INFRAESTRUCTURA	LEGAL
2023-2025	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Avaluar i regular les condicions mínimes de ciberseguretat. ✓ Analitzar els costos econòmics, ambientals i socials. ✓ Redactar un protocol que estructurï els diferents models d'entrega. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Analitzar la infraestructura. ✓ Proposar línies d'actuacions i protocols d'implementació. ✓ Crear espais laboratori per la realització de proves pilot. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Realització de Seminaris amb autoritats públiques. ✓ Desenvolupar una Guia de Bones Pràctiques perquè es facin pilots als municipis. ✓ Col·laborar amb altres institucions estatals per millorar la normativa dels vehicles autònoms.
2025-2030	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Redactar protocols en cas de fallida en les xarxes de comunicació i ciberatacs. ✓ Potenciar la implementació de tecnologies amb altres institucions. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Recolzar als ajuntaments en el procés d'adaptar les vies públiques. ✓ Desenvolupar una Guia per la implementació de Zones d'Espera Segura. ✓ Potenciar les col·laboracions publico-privades. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Redactar d'articles model per la seva incorporació a les Ordenances Municipals. ✓ Crear el Registre de Robots. ✓ Establir programes de conscienciació pública per informar els ciutadans sobre l'impacte dels robots autònoms a les ciutats.
2030-2035	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Impulsar la producció en massa de LIDARs i sensors. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Recolzar als ajuntaments en la implementació les zones d'espera segures. ✓ Ordenar l'espai de descans dels robots, com ara cotxeres. ✓ Implementar sistemes de monitoratge i avaluació. 	

ATM: Autoritat de Transport Metropolità

TIC: Tecnologies de la Informació i de la Comunicació

LiDAR: Light Detection and Ranging

RADAR: Radio Detection and Ranging

TSR: Traffic Sign-Recognition

LSS: Lane Support System

GNSS: Global Navigation Satellite System

GPS: Global Positioning System

SLAM: Simultaneous Localization and Mapping

VA: Vehícle Autònom

NFC: Near Field Communication

DSRC: Dedicated Short Range Communication

QoS: Quality of Service

SAE: Society of Automotive Engineers

CA: Conducció Autònoma

- [1] Siciliano, B., Khatib, O., & Kröger, T. (Eds.). (2008). Springer handbook of robotics (Vol. 200). Berlin: springer.
- [2] [<https://edosoft.es/del-trl-al-mrl-pasando-por-la-idi/>; 3 novembre 2022].
- [3] [<https://ca.wikipedia.org/wiki/LIDAR>; 30 setembre 2022].
- [4] [<https://encyclopedia.pub/entry/8356>; 29 setembre 2022].
- [5] Zein, Y., Darwiche, M., & Mokhiamar, O. (2018). GPS tracking system for autonomous vehicles. Alexandria engineering journal, 57(4), 3127-3137.
- [6] [<https://es.wikipedia.org/wiki/GPS>; 4 octubre 2022].
- [7] [https://es.wikipedia.org/wiki/Localizaci%C3%B3n_y_modelado_simult%C3%A1neos; 26 octubre 2022].
- [8] [<https://www.vwcanarias.com/es/blog/tipos-baterias-coches-electricos.html>; 3 novembre 2022].
- [9] Borrás Morón, D. (2021). Estudio, cálculo e implementación de la electrificación del sistema de control de un Vehículo Autónomo.
- [10] [<https://sg.com.mx/revista/55/los-6-niveles-autonom>; 4 octubre 2022].
- [11] [<https://www.businessinsider.es/ranking-tesla-apple-empresas-avanzadas-conduccion-autonoma-663649>; 5 octubre 2022].
- [12] [<https://revistas.eleconomista.es/seguros/2021/noviembre/presente-y-futuro-del-coche-autonomo-EX9541745>; 6 octubre 2022].
- [13] [https://en.wikipedia.org/wiki/Data_acquisition; 21 desembre 2022].
- [14] [https://www.researchgate.net/figure/HD-map-Layers-Source7_fig4_350104659; 19 octubre 2022].
- [15] Gujarathi, A., Kulkarni, A., Patil, U., Phalak, Y., Deotalu, R., Jain, A., ... & Chiddarwar, S. (2021). Design and Development of Autonomous Delivery Robot.
- [16] [<https://www.paystri.com/blog/contactless-payments>; 20 octubre 2022].
- [17] González Ramón, B. (2020). Métodos de pago.
- [18] [https://en.wikipedia.org/wiki/Charging_station; 26 octubre 2022].
- [19] [<https://puntoycarga.com/punto-de-recarga/kw-bateria-coche-electrico/>; 26 octubre 2022].
- [20] [<https://ca.support.somenergia.coop/article/994-vehicle-electric-quina-es-la-potencia-a-contractar?>; 26 octubre 2022].
- [21] [<https://www.lugenergy.com/punto-recarga-energia-renovables-2/>; 27 octubre 2022].

- [22] [<https://www.manomano.es/consejos/como-calcular-la-potencia-y-el-tamano-de-un-panel-solar-4506>; 27 octubre 2022].
- [23] [<https://outvio.com/blog/parcel-lockers/>; 31 octubre 2022].
- [24] [<https://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle-to-everything>; 28 setembre 2022].
- [25] [<https://www.smatstraffic.com/2021/06/28/connected-vehicles-dsrc-5g/>; 28 setembre 2022].
- [26] [<https://automotive.ten-navi.com/article/29659/>; 28 setembre 2022].
- [27] [<https://www.beetrack.com/es/blog/entrega-de-pedidos-proceso-log%C3%ADstico>; 4 novembre 2022].
- [28] Tiwapat, N., Pomsing, C., & Jomthong, P. (2018, September). Last mile delivery: Modes, efficiencies, sustainability, and trends. In 2018 3rd IEEE International Conference on Intelligent Transportation Engineering (ICITE) (pp. 313-317). IEEE.
- [29][https://transit.gencat.cat/web/.content/documents/seguretatiaria/dossiers_tecnicos/doss_tec_17.pdf; 23 novembre 2022].
- [30] [<https://www.mmtseguros.com/blog/senales-horizontales-seguridad-vial>; 7 novembre 2022].
- [31][https://www.freepik.es/fotos-premium/semaforo-poste-senales-trafico-paso-peatones-justo-delante-carretera-principal_26067130.htm; 7 novembre 2022].
- [32] Tom Andersson, Ged Dixon (2022). Market Report: Autonomous Delivery Vehicles / Last Mile Robotics 2022.
- [33] Gloria María Aponte Figueroa (2016, June). Gestión De La Innovación Tecnológica En Las Universidades Venezolanas Y Su Vinculación Con La Empresa.
- [34] [<https://www.perecondom.com/2017/08/28/la-curva-s-una-tecnologia/>; 1 desembre 2022].
- [35] [<https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/autonomous-delivery-robots-market>; 8 febrer 2023].
- [36][<https://www.businesswire.com/news/home/20200601005329/en/Autonomous-Delivery-Robots-Market-2020-2024-Growth-of-e-Commerce-Industry-to-Boost-Growth-Technavio>; 8 febrer 2023].
- [37][<https://www.maximizemarketresearch.com/market-report/global-autonomous-delivery-robots-market/74415/>; 8 febrer 2023].
- [38][https://www.metropoliabierta.com/vivir-en-barcelona/gastronomia/barcelona-ciudad-de-bares-y-restaurantes_2434_102.html; 30 novembre 2022].
- [39] [<https://www.idescat.cat/pub/?id=res&n=350&by=mun&lang=es&t=200000>; 30 novembre 2022].
- [40] [<https://visiosolar.com/es/p/fotovoltaica-autoconsumo-upc-campus-nord-barcelona/>].

ROADMAP PER A LA INTRODUCCIÓ DELS ROBOTS D'ÚLTIMA MILLA A CATALUNYA

Col·laboració amb:



Juliol 2023





.....
Balmes, 49 – 6a planta, Barcelona 08007
+34 933 620 020 – atm.cat – @ATMbcn
.....