CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Presentació de Projecte d'Impacte

## "Aplicació de la IA en serveis de mobilitat amb l'AMB"

AMB Àrea Metropolitana de Barcelona

Socis promotors CIDAI

Generalitat de Catalunya · Ajuntament de Barcelona · BSC Barcelona Supercomputing Center Centro Nacional de Supercomputación · CVC Computer Vision Center · eurecat Centre Tecnològic de Catalunya · i2cat · HUAWEI · Microsoft · UPC Universitat Politècnica de Catalunya BarcelonaTech · IDEAI

Entitats membres CIDAI

3cat · ATM Àrea de Barcelona Autoritat del Transport Metropolità · CETAQUA Centro Tecnológico del Agua · AMB Informació · Caixa Enginyers Banca Cooperativa · CRUÏLLA

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Presenta i modera l'acte



## Marco Orellana

*Manager de l'Oficina Tècnica*

**CIDAI**

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Benvinguda



## Joan Mas i Albaigès

*Director,* **CIDAI**

*Director Científic Tecnologies Digitals,* **Eurecat**

# Benvinguda



## Arnau Serra Pòrtulas

*Coordinador de l'Estratègia d'Intel·ligència Artificial de Catalunya (Catalonia.AI)*

**Generalitat de Catalunya**

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Benvinguda



## Joan Maria Bigas

*Director de l'àrea de Mobilitat, Transport i Sostenibilitat*

**AMB**

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Agenda

*11:00 h | Benvinguda institucional*

**Context de la IA aplicada en serveis de mobilitat**

**11:15 h | Mirada internacional: aplicacions de la IA en serveis de mobilitat arreu del món**

- **Xavier Arrufat,** Chairman AI Working Group de la **UITP**

**11:30 h | Mirada local: IA i mobilitat metropolitana**

- **Ramon Pruneda**, director tècnic d'**AMB Informació i Serveis**

**11.45h | Presentació del projecte AIDA: de l'Anàlisi d'Impacte de la Demanda d'Aerobús cap a aplicacions futures per a la xarxa d'autobusos de l'AMB**

- **Guillem Alsina,** cap de Planificació BUS Metropolità de **l'AMB**
- **Vanessa Moreno,** investigadora de la Unitat Applied Artificial Intelligence (AAI) d'**Eurecat**
- **Francisca Rosell,** investigadora de la Unitat Applied Artificial Intelligence (AAI) d'**Eurecat**

**12.30h |** AIDA ha escalat amb **AI4BUS,** un projecte en què també han col·laborat **AMB Informació i Serveis i Eurecat**, que amplia l'ús d'aquestes tècniques de predicció i optimització de demanda i flota a tota la xarxa d'autobusos de l'AMB.

- **Javier Fernández,** Data Science d'**AMB Informació i Serveis**
- **Julià Vicens,** cap de Ciències Socials Computacionals d'**Eurecat**

**13:00h | Torn obert de preguntes**
**13:15 h | Fi de l'acte**

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Context de la IA aplicada en serveis de mobilitat

## Mirada internacional: aplicacions de la IA en serveis de mobilitat arreu del món




**Xavier Arrufat**

*Co-founder & CEO*, **AWAAIT**

*Chair, AI Working Group | Vice-Chair, IT&I Committee*

**UITP**

# UITP at a glance

We are the only worldwide network to bring together all public transport stakeholders and all sustainable transport modes.

**OUR MISSIONS:** Every day we make difference for our membres and for the wider sustainable transport community.

**ADVOCACY & OUTREACH**

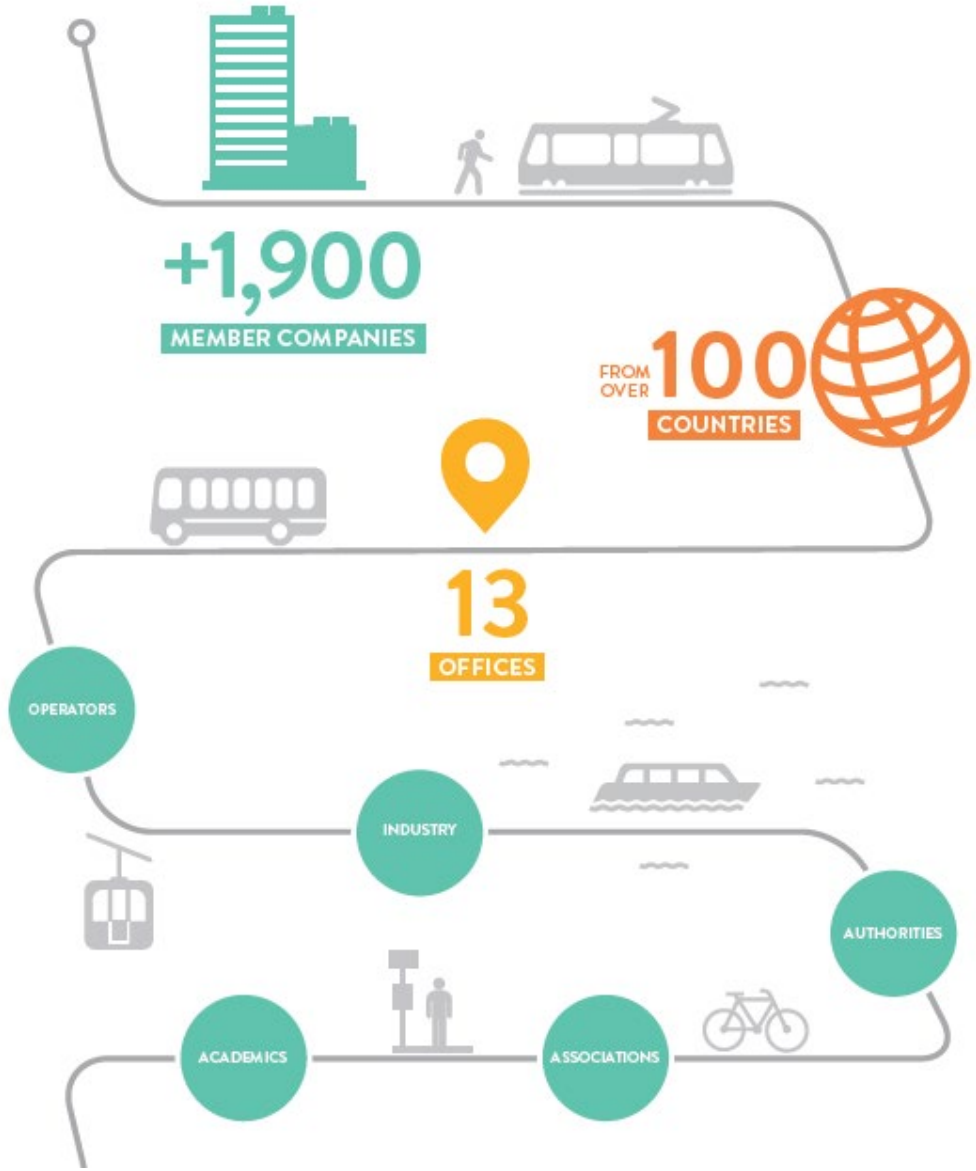
We engage with decision-makers, International organisations, key stakeholders

**KNOWLEDGE**

We generate cutting-edge knowledge and expertise.

**NETWORK & BUSINESS**

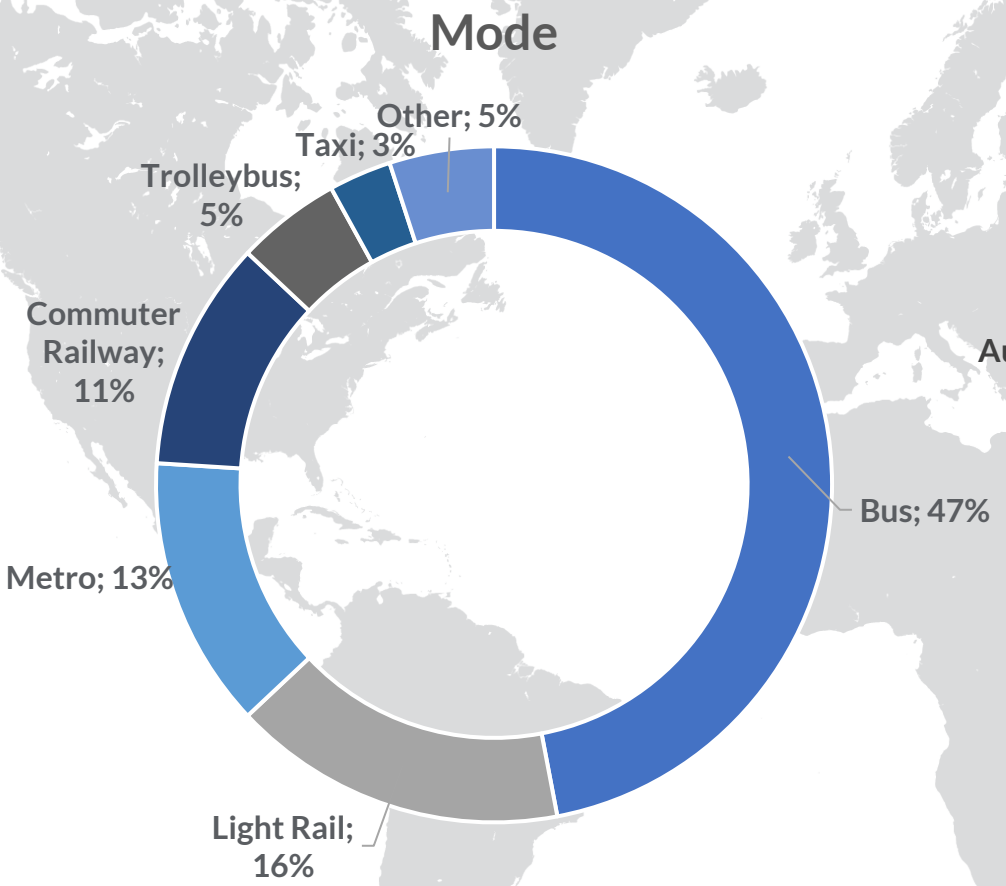
We bring people together Exchange ideas, share best practice and forge partnerships.

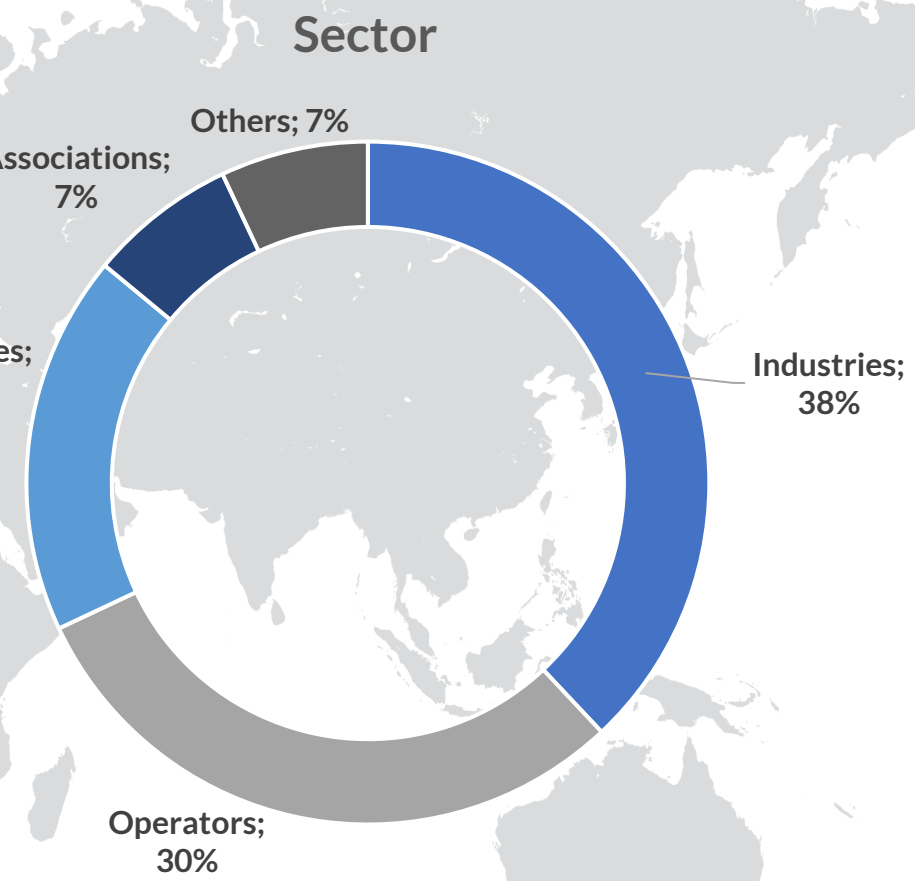


# Where are our members?



# Where are our members



# Estat de l'Art internacional de la IA aplicada al Transport Públic

## AI-Workgroup

Monthly Meetings: Wed at 4:00pm-4:50pm CET

- **Founding Date:** 27th November 2023
- **Total Members:** 77
- **Average Attendance:** 26 participants
- **Next Meeting:** September 10th @ 4pm CEST

# UITP Knowledge Brief
## Artificial Intelligence in Public Transport

**Publication Date: March 25, 2025**

- https://www.uitp.org/publications/ai-public-transport/
- https://cms.uitp.org/wp/wp-content/uploads/2025/03/20250325_Artificial-Intelligence-in-Public-Transport.pdf



# Main Chapters



1. **Introduction**
2. **Context (The Hype and Reality)**
3. **17 Use Cases**
   - Large Language Models (LLM)
   - Video Analytics
   - Predictive Modelling
4. **Regulatory Landscape**
5. **Keys of Success for AI Project**
6. **Energy Usage and Model Sizes**
7. **Conclusions and Next Steps**

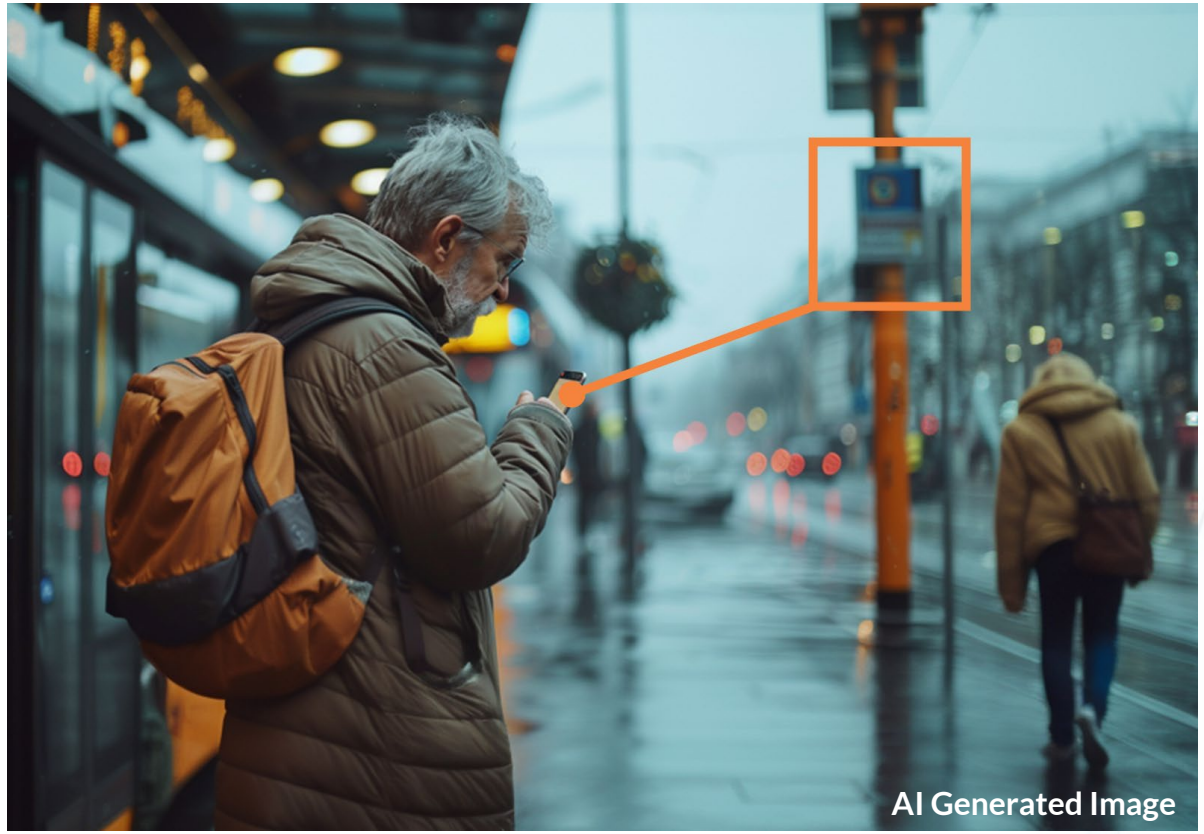
# AI Use Cases in Public Transport

# Digital Sign Language Avatars



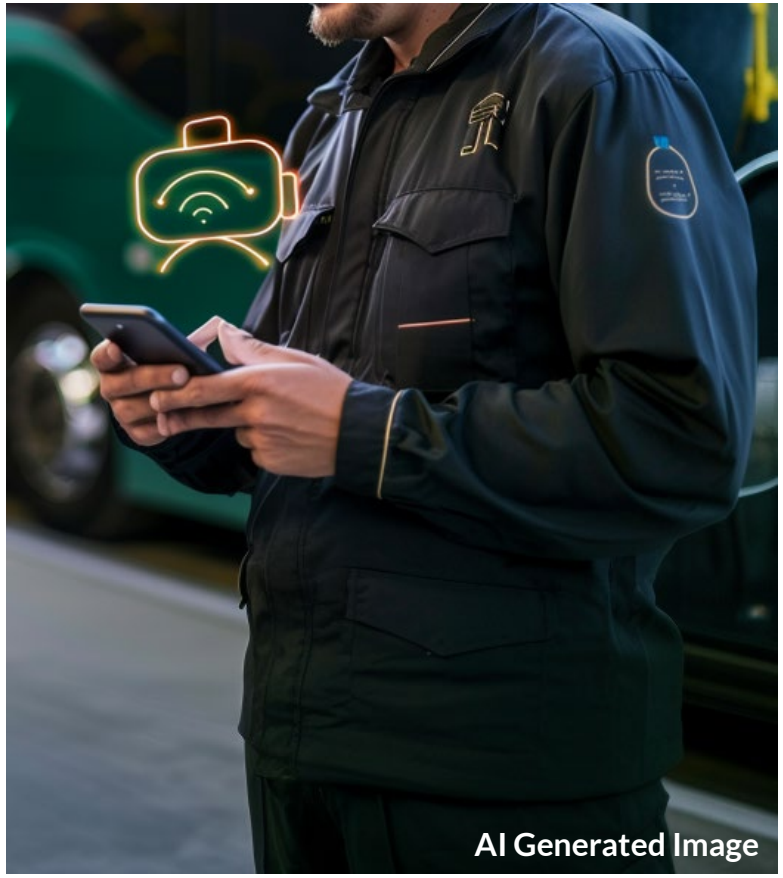
- **SiLViA: AI-powered digital concierge** for sign language translation co-developed by SBS Transit
- **Real-time speech & text conversion** using advanced speech recognition
- **Pilot at Chinatown Station (Singapore)** with plans for MRT & bus expansion
- **Other Similar Cases:** Belgrade central railway station, and the Port Authority of New York and New Jersey.

# Bus stop guidance for visually impaired users




- **Schepens Institute launched an AI-driven app** to assist visually impaired users in finding bus stops
- **Uses smartphone cameras and an autonomous system** trained on a small set of bus stop images
- **Eliminates reliance on external human assistance**, improving scalability and accessibility

# "IT Aimee": AI Chatbot for Staff


AI Generated Image

- **AC Transit "IT Aimee"**: AI-powered chatbot for frontline staff IT support
- **24/7 availability**, ensuring IT support aligns with operator schedules, especially during night shifts
- **Allows direct request submissions** without relying on voicemails or supervisors
- **Provides real-time troubleshooting** using Boss Desk Knowledge Articles and documentation
- **Expanding capabilities** to automate service desk tasks, password resets, and HR queries

# T-Metropolitana Chatbot for Customer Support




- **AMB Informació's AI Chatbot** to support the transition from 500,000 magnetic-stripe tickets to T-Metropolitana contactless cards in just 10 months.
- **Built on OpenAI + Retrieval-Augmented Generation (RAG).** Uses semantic search on **internal documents** (FAQs, manuals, website).
- **Performance**:
  - Handling an average of 3,000 queries per month
  - 80% of responses rated "complete & correct"
  - Monthly reports suggest FAQ improvements
- **Streamlines 24/7 customer support**, reduces waiting times and cuts operational costs.

AI is no longer just a tool for efficiency — it has the power to make the world more inclusive and accessible, helping bridge the digital divide

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Context de la IA aplicada en serveis de mobilitat

## Mirada local: IA i mobilitat metropolitana

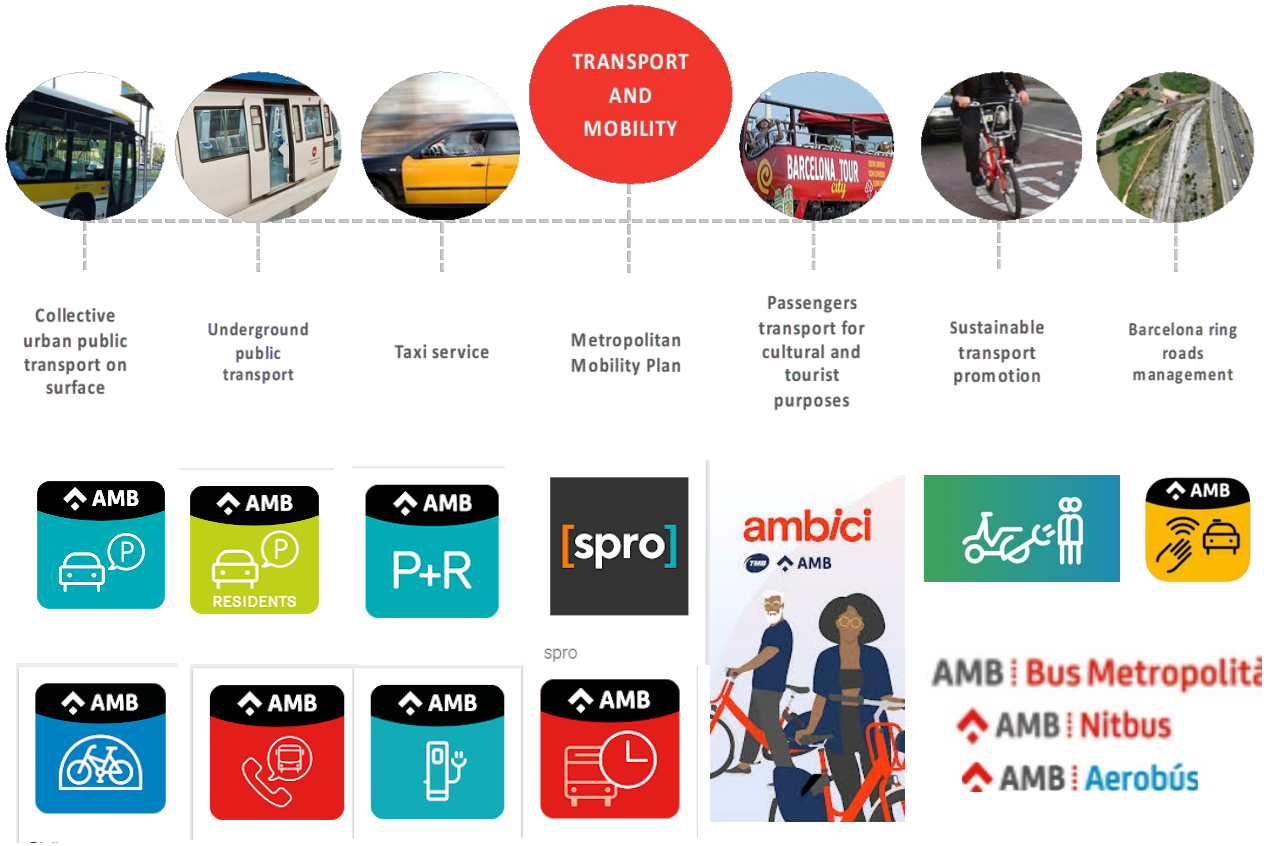


**Ramon Pruneda**

*Director Tècnic*

**AMB Informació i Serveis**

# AMB Informació i Serveis



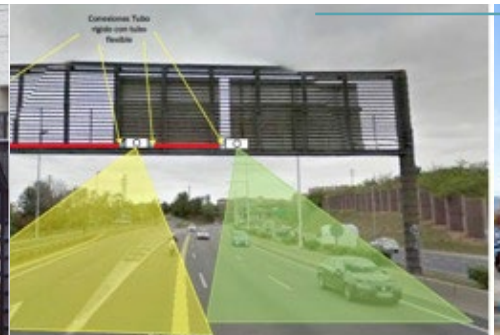

## Most representative data volumes managed by AMB

| | | |
|---|---|---|
| Processing and Handling of Social Enviromental PT Titles | Beneficiaries<br>Handled Calls<br>Processes | 410,000 per year<br>300,000 per year<br>211,000 per year |
| Metropolitan BUS service | Expeditions<br>Service Disruptions<br>OpenData Requests | 6,000 per year<br>5.000 per year<br>20,000 per day |
| Metropolitan Platform for Low Emission Zones | License Plates<br>Processed Accesses<br>Requests | 240,000 per day<br>181,00 since 2020<br>6,280 per month |
| Fast Charging EV Network | Charges | 8,700 in total<br>1,900 per month |
| Park and Ride | Operations<br>Active users | 1,260,000 per year<br>30,000 per month |
| Metropolitan Parking Platform | Operations<br>Active users | 459,000 per year<br>97,000 per month |
| Freight Distribution Parking Platform | Operations<br>Active users | 459,000 per year<br>97,000 per month |
| BiciBox | Registered parking<br>Active users | 2,100 per day<br>17,700 per month |

















PLATAFORMA TECNOLOGICA

OFICINA TÈCNICA DE DADES

PLA ESTRATÈGIC

FORMACIÓ

EINES

LEARNING BY DOING

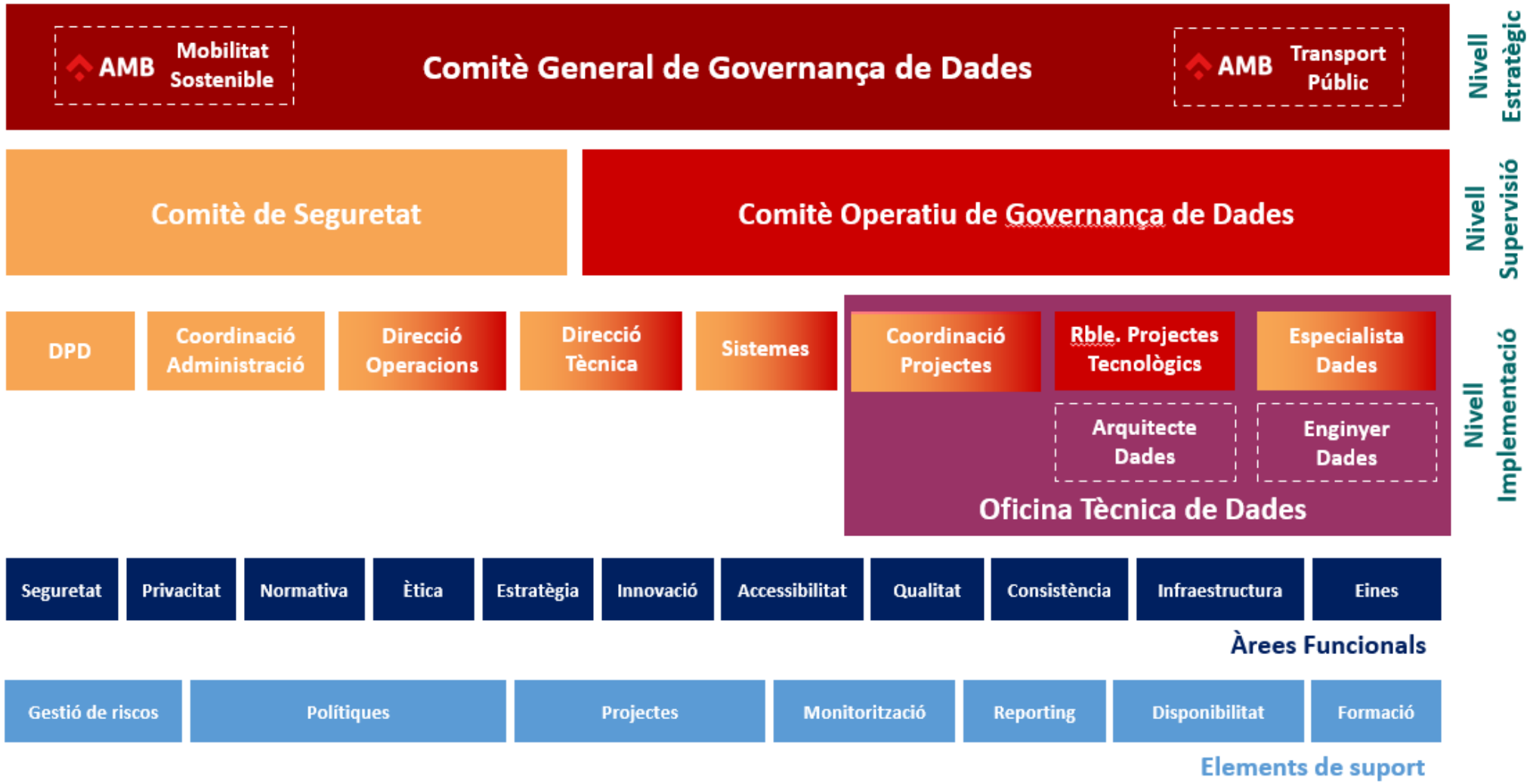
PARTICIPACIÓ (AMB LOVE IA)

## CATÀLEG DE DADES (i METADADA associada)

- Quines dades existeixen
- Què representen
- A quina àrea de negoci pertanyen
- D'on provenen
- On s'emmagatzemen
- Qui hi té accés
- Per a què serveixen
- Com s'utilitzen
- Quines transformacions experimenten
- Quin format i estructura tenen
- Quan es van crear
- Com i amb quina freqüència s'actualitzen
- Quines normes de qualitat se'ls apliquen
- Quins estàndards de seguretat i privacitat s'hi apliquen
- Qui és el responsable

# Inventari i Govern de Dades

## GOVERN DE DADES



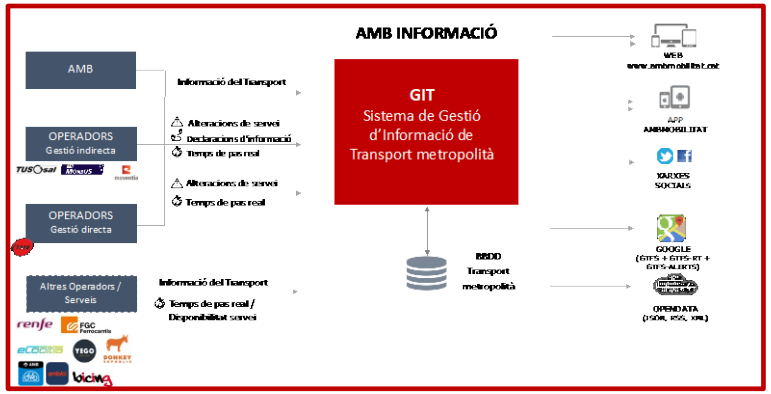


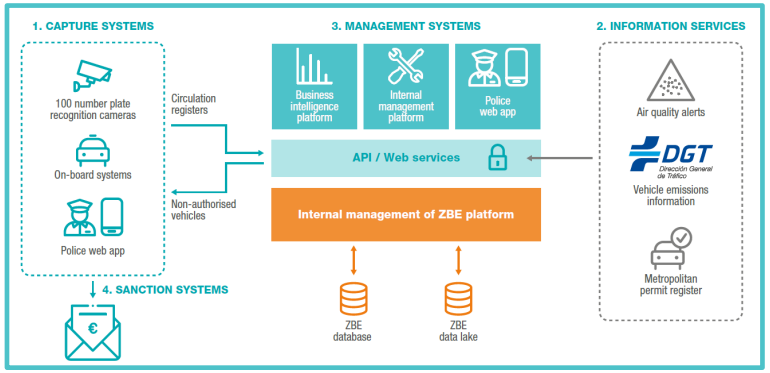




CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Plataforma Tecnològica

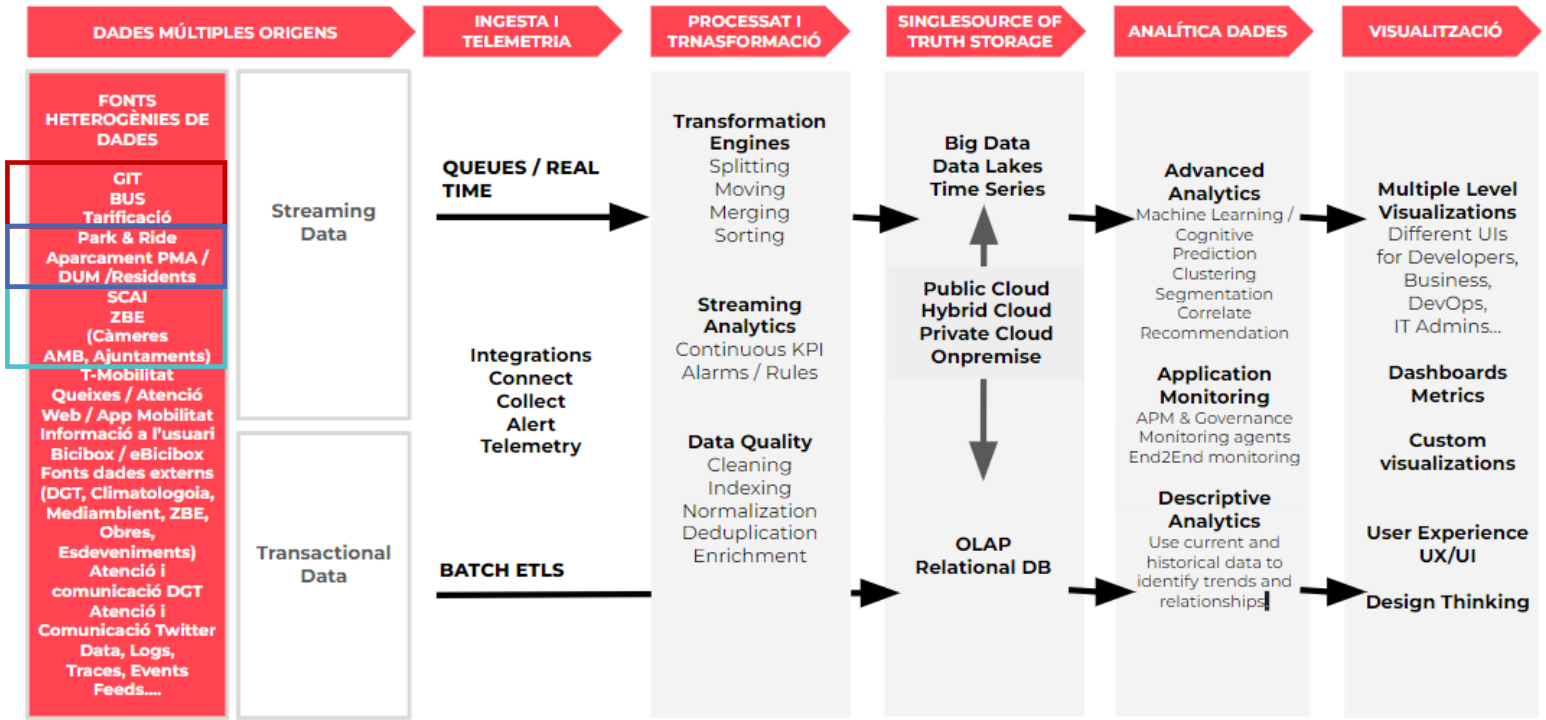




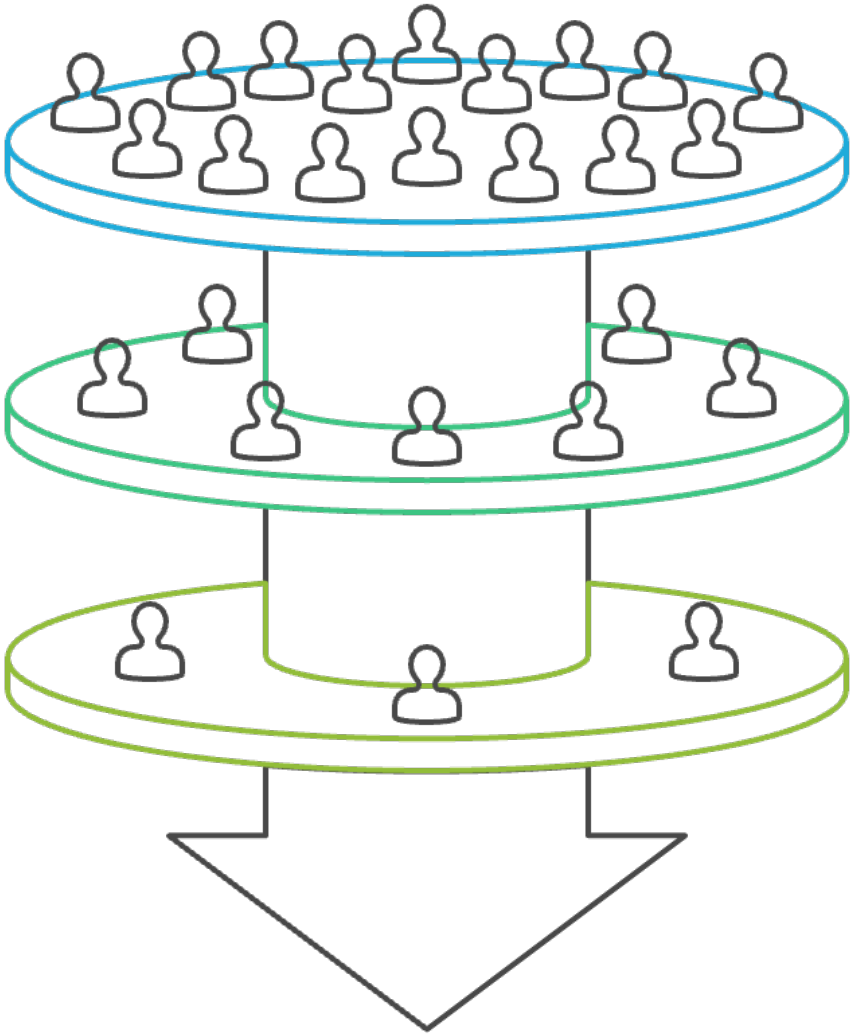


## Framework per a AMB per la ingesta, tractament i visualització de múltiples fonts de dades




...ESPAI DE DADES (DATA SPACE)... M3 Mobilitat Multimodal Metropolitana

# Aplicació de la IA als serveis de Mobilitat de l'AMB



**MILLORA DELS SERVEIS PÚBLICS**

- Millora de la informació al ciutadà
- Simplificació dels tràmits
- Optimització de la prestació de serveis

ML vs GenAI

Made with Napkin

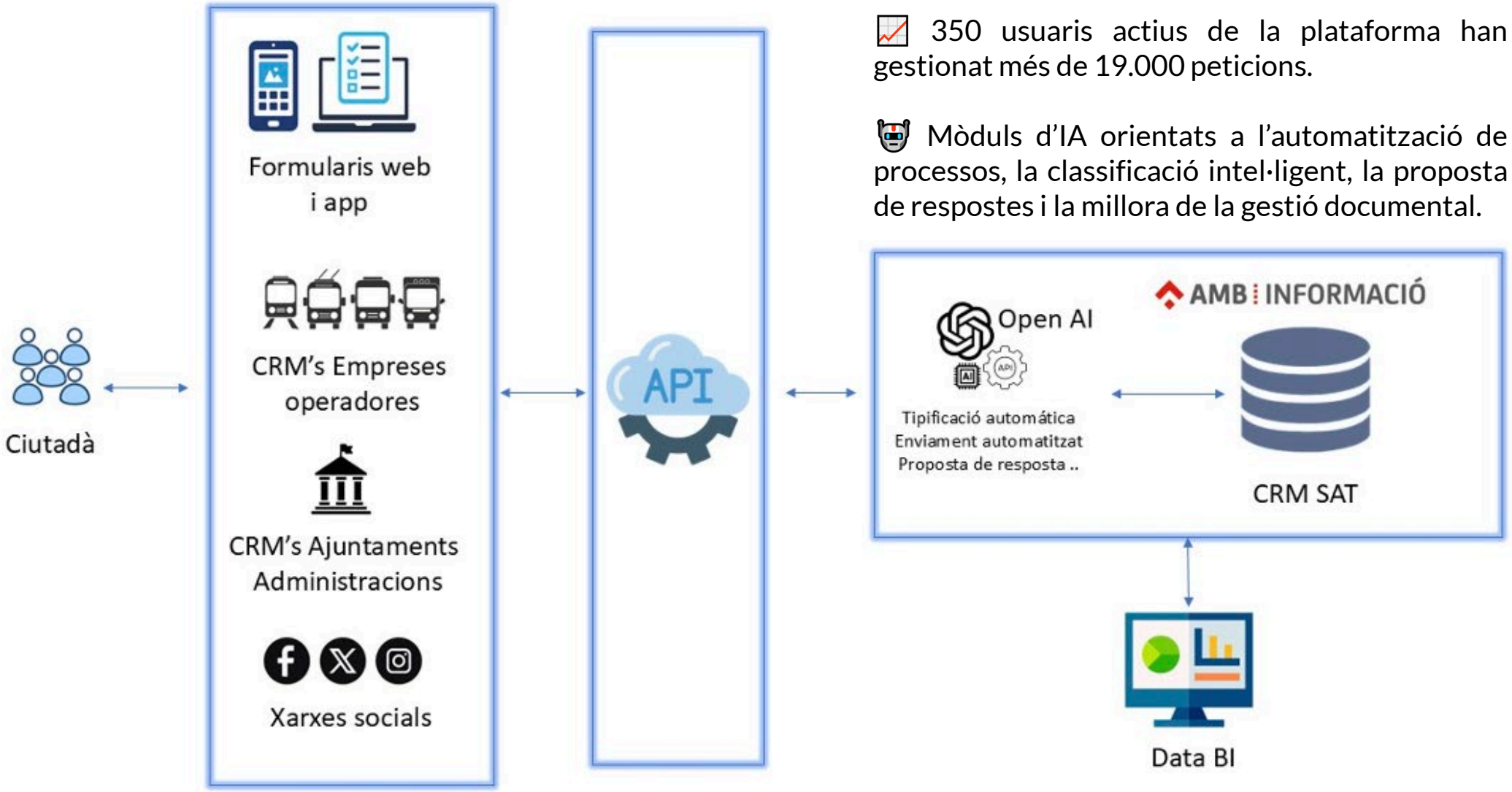
CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

My Ai Corporation

# Xatbot Atenció Ciutadana T-metropolitana

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Introducció IA a l'eina d'Atenció Ciutadana Digital




📈 350 usuaris actius de la plataforma han gestionat més de 19.000 peticions.

🤖 Mòduls d'IA orientats a l'automatització de processos, la classificació intel·ligent, la proposta de respostes i la millora de la gestió documental.

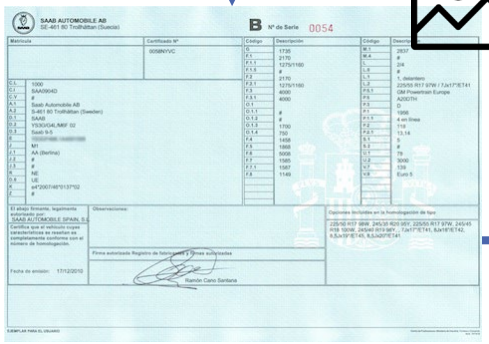
# Automatització Tràmits Públics (Registre ZBE)




ZBE Website Form

ZBE Registre Backend

JSON



Jpg, pdf, png ...

## Data Extraction System

Google Vision

Extracció dades

PRESIDIO

Anonimització

Open AI

Estructuració

# PREDICCIÓ I OPTIMITZACIÓ Serveis BUS

- Creació Equip de treball en AI
- Identificació de Projectes Pilot
- Recopilació i anàlisis de Dades
- Implementació Proves de Concepte
- Mesurar i Avaluar
- Escalabilitat






CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

AMB INFORMACIÓ

# Gràcies per la vostra atenció

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Presentació del projecte AIDA: de l'Anàlisi d'Impacte de la demanda d'Aerobús cap a aplicacions futures per a la xarxa d'autobusos de l'AMB




## Guillem Alsina

*Cap del servei de Planificació del transport públic*

**AMB**

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Servei Aerobús

**2**
línies

**33 km**
longitud de la xarxa

**33**
vehicles
100 % adaptats

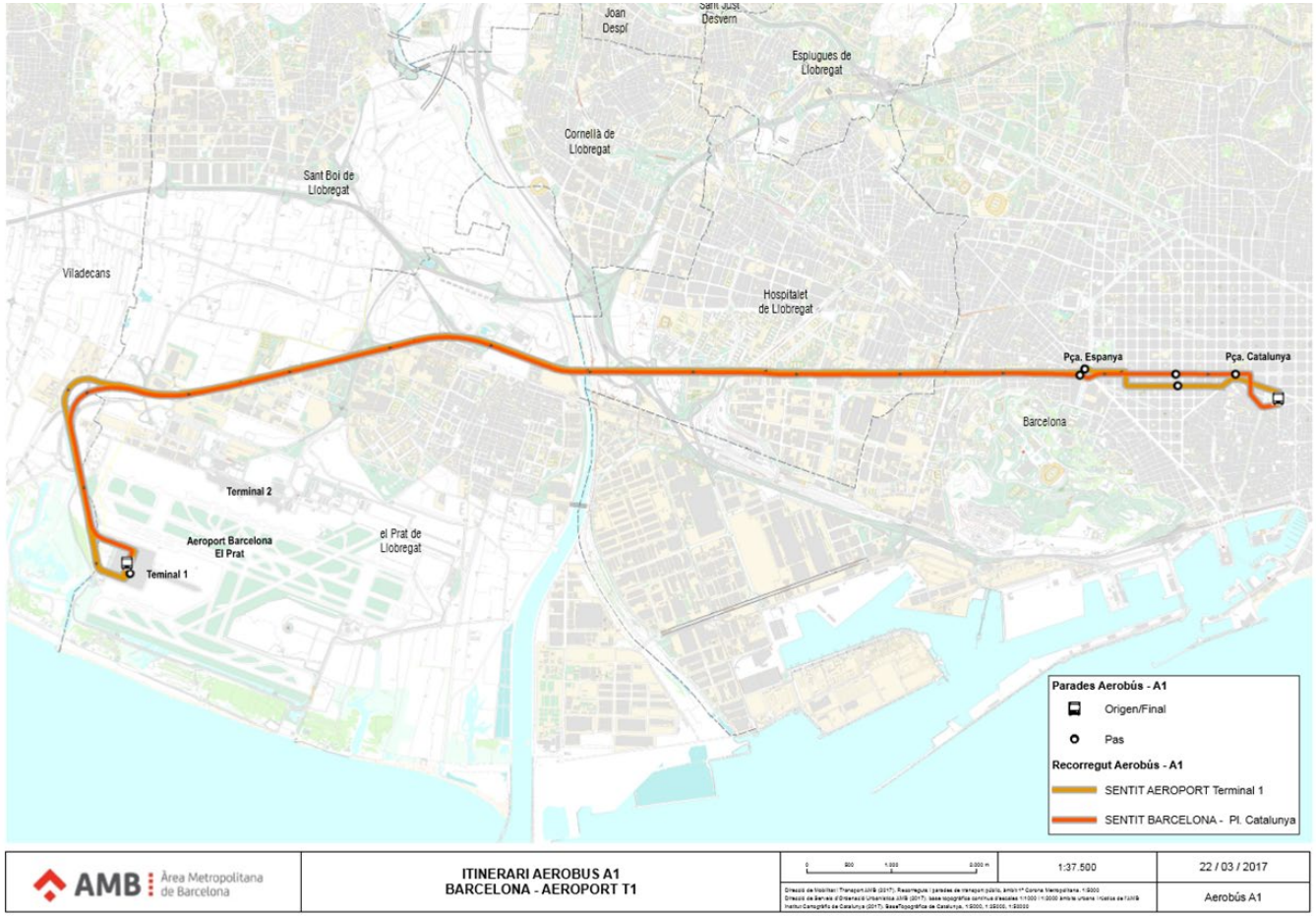
**5,7 M**
passatgers



# Servei d'altes prestacions

- Servei directe: temps de trajecte 25-30 min.
- Comoditat. Espai per a l'equipatge.
- Informació a bord.
- Tarifa diferenciada.

- Nou contracte des de juliol 2021.
- Servei 24/7 ininterromput.



# Innovacions tecnològiques

- Carregadors USB.
- 2 monitors LED a bord.
- Wifi gratuït.
- Vídeo-vigilància a bord: 4 càmeres.
- Sistema d'ajuda a la conducció amb càmeres i sensors al voltant del vehicle.
- Comptadors automàtics pujades-baixades.
- Canals de venda: web, app, màquines autovenda, a bord.
- Tap and go: pagament amb Visa i NFC.



CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Presentació del projecte AIDA: de l'Anàlisi d'Impacte de la demanda d'Aerobús cap a aplicacions futures per a la xarxa d'autobusos de l'AMB




**Vanessa Moreno**

*Investigadora de la Unitat Applied Artificial Intelligence (AAI)*

**Eurecat**

- El projecte en el seu context
- Anàlisi de dades
- Què ens diuen les dades?
- El model de predicció de la demanda

## Objectiu projecte

**Prova de concepte** per validar la solució tecnològica proposada:

- ✓ Analitzar **l'impacte que factors externs** poden tenir en la **demanda** dels serveis
- ✓ Desenvolupar un model combinat **predicció de la demanda** – **optimització de la flota** d'autobusos per ajustar el servei a curt-mig termini

## Les diferents etapes

**Fase 1**
Preparació de les dades

→

**Fase 2**
Anàlisi de les dades

→

**Fase 3**
Creació del model de predicció

→

**Fase 4**
Creació del model d'optimització

# Recopilació de les dades

## Integració de fonts de les dades: internes i externes

### Dades Utilitzades

**Dades pròpies**

- Històric d'**expedicions** de l'Aerobús
- Històric d'**ús** de l'Aerobús
- **Horari i freqüència** de pas de l'Aerobús
- **Característiques** dels autobusos que operen l'Aerobús
- Estudi de **cues** a les parades de l'Aerobús

**Dades externes complementàries**

- **Estacionalitat** temporal (dies festius i períodes vacacionals)
- Històric d'arribades i sortides de **vols** a l'aeroport
- Calendaris de **grans esdeveniments** a la província de Barcelona
- Horari d'operació del **metro** de Barcelona
- **Dades meteorològiques**



# Recopilació de les dades

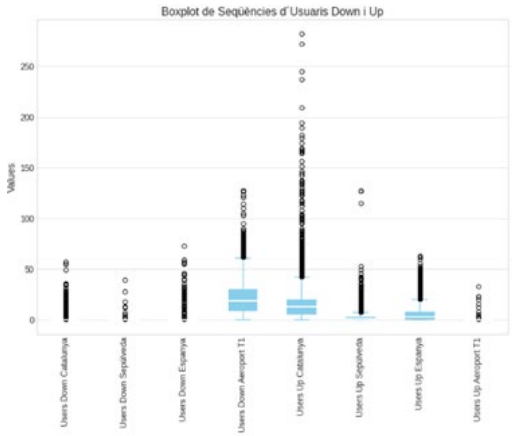
## Preparació de les dades

### Gestió de nuls i ceros

| | Camps departure/ arrival | Camp usersup i usersdown |
|---|---|---|
| A1IDA | 17,20% | 24,43% |
| A1VUELTA | 14,62% | 22,38% |
| A2IDA | 20,90% | 26,21% |
| A2VUELTA | 18,74% | 24,49% |

- Viatges que realment no s'han realitzat
- Viatges fets on no s'efectua alguna parada
- Viatges no assignats

### Gestió de valors atípics




- Viatgers que baixen a mig trajecte d'anada o pugen a mig trajecte tornada.
- Valors molt superiors a la capacitat màxima (capacitat de seients).

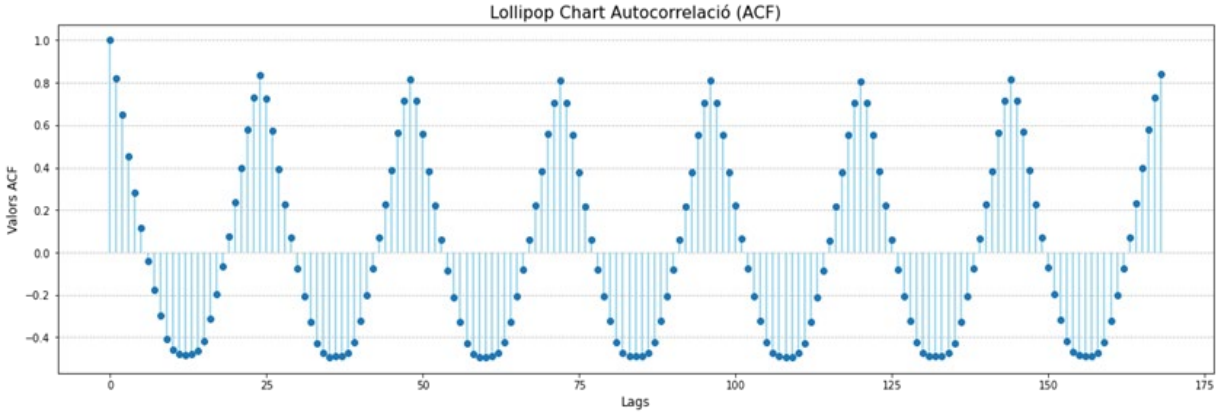
### Creació de variables sintètiques

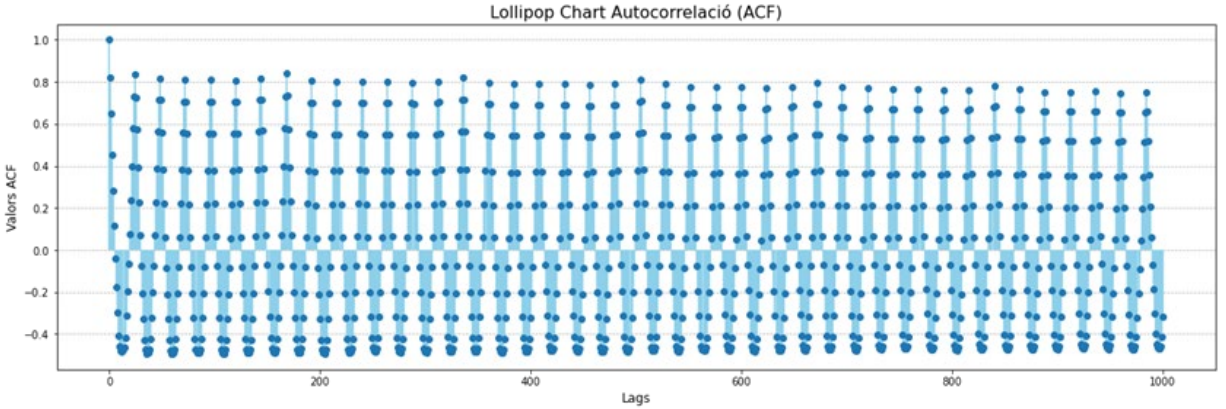
- Is_wknd
- Is_first_fortnight
- Day_of_week
- Week_of_year
- Day_of_month
- Holiday
- Bank_holiday
- Year
- Rain (no/moderada/
- forta/molt forta/torrencial)
- Inici_esdeveniment
- fi_esdeveniments
- Esdeveniments
- Metro (si/no)

## Anàlisis de dades

### Dades analitzades

- Volum de passatgers que pugen/baixen a cada parada
- Distribució horària de les expedicions reals
- Percentatge d'ocupació dels autobusos
- Variació de la demanda segons dia de la setmana, festius o esdeveniments especials
- Temps mitjà de trajecte segons franja horària
- Distribució de cues per pujar i per comprar bitllets
- Autocorrelació de les dades



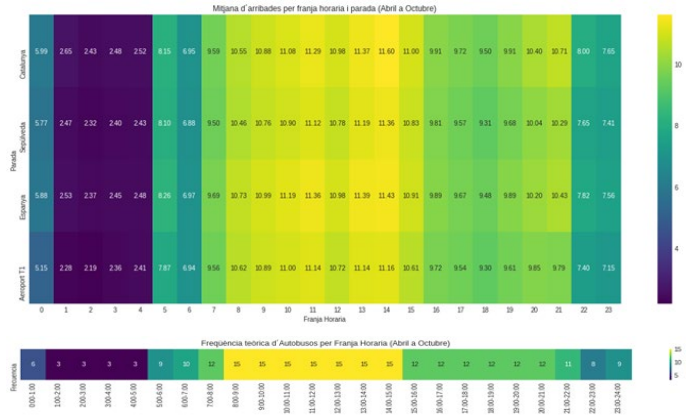



CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Què ens diuen les dades?

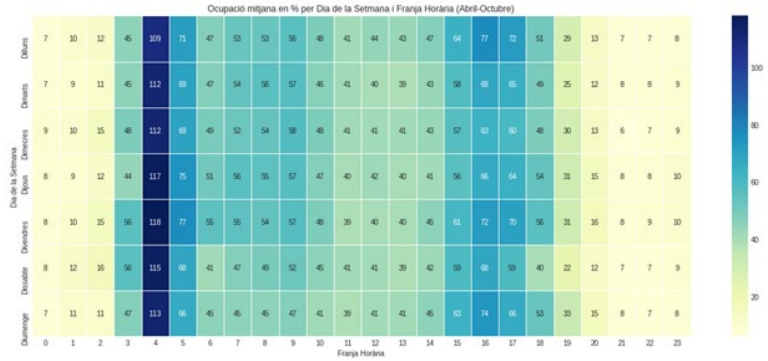
## Troballes en les dades

### Serveis per franja horària i temporada



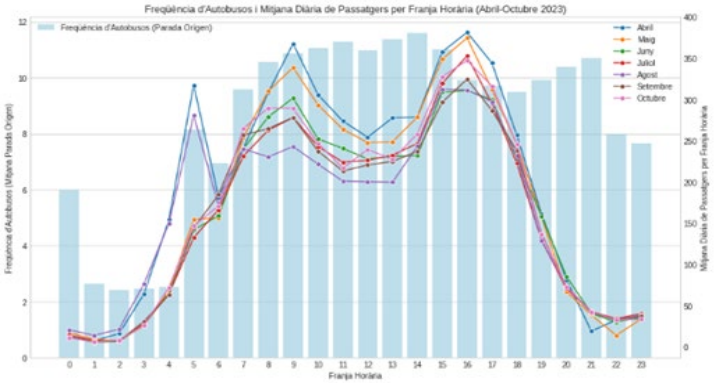

- Serveis reals inferiors als teòrics (valors faltants)

### Ocupació mitjana i sobre ocupació




- A1IDA - Franja de les 4h amb ocupacions mitjanes superiors al 100%
- A1VUELTA - Franja conflictiva de 00 a 1h de la matinada
- A2IDA - Franja de les 7h amb pic d'ocupació (més ocupat que A1 en general)
- A2VUELTA - Franges de 9 a 11h amb ocupacions al voltant del 80%

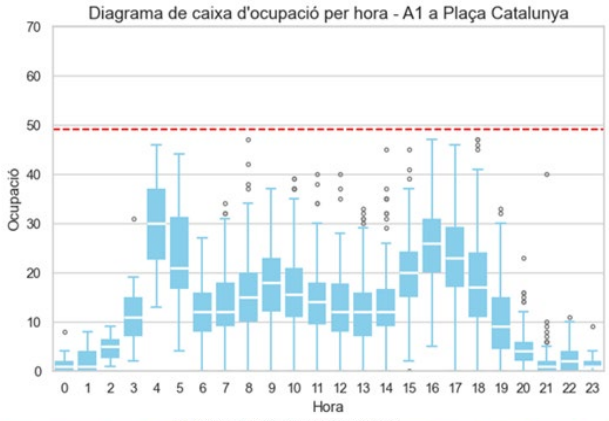
### Distribució de passatgers i freqüència d'autobusos

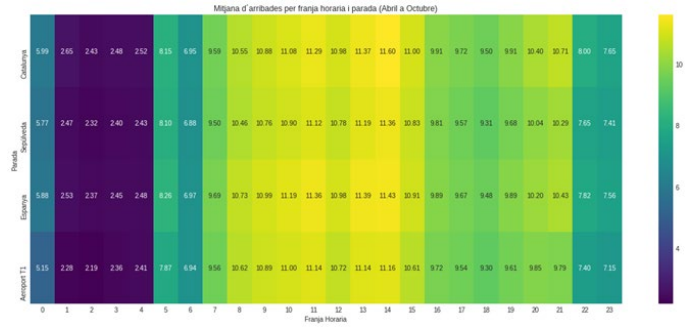


# Informació dels mostrejos

## Troballes mostrejos

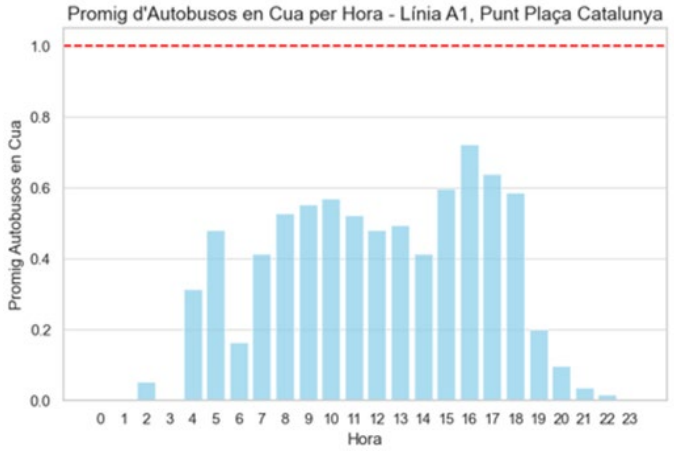
### Ocupació als punts de control



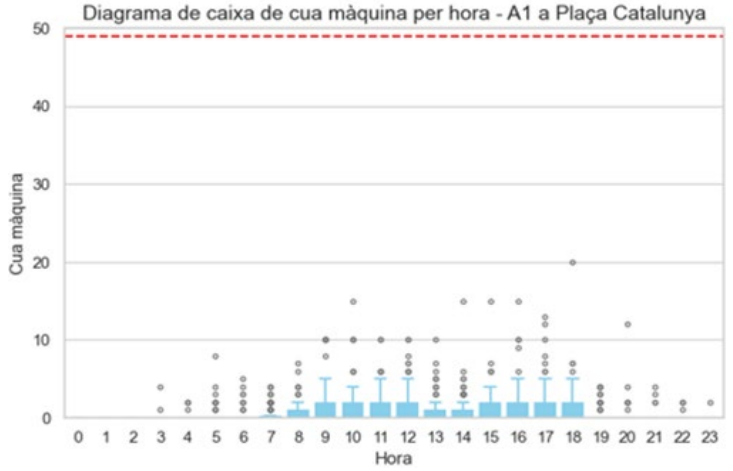

- Bona qualitat de les dades automàtiques

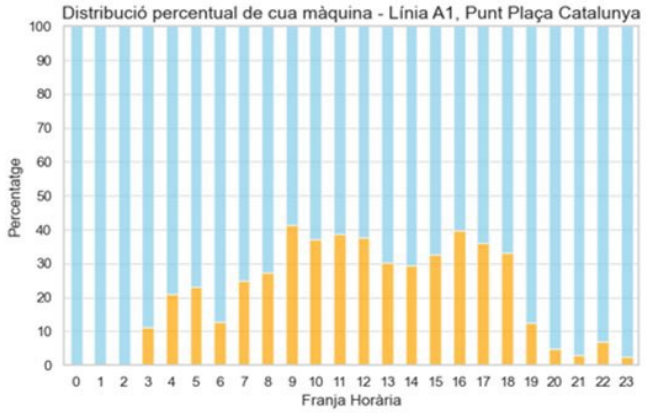
### Distribució de cues a parades




- Aeroport T1 amb 3 franges (00, 11 i 12h) amb cues superiors a 1 servei i per ocupació màxima

### Distribució de cues a màquines de venda



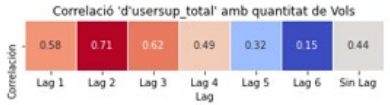
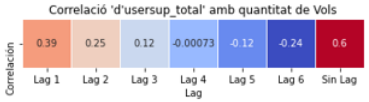
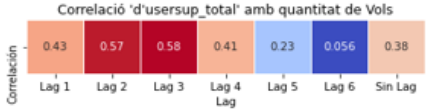
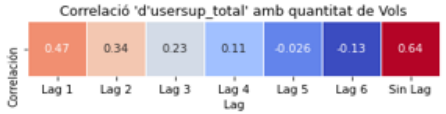



CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# El model de predicció de la demanda

## Selecció de variables

### Contrasts d'hipòtesi per fer selecció de variables (molt important pels models lineals)

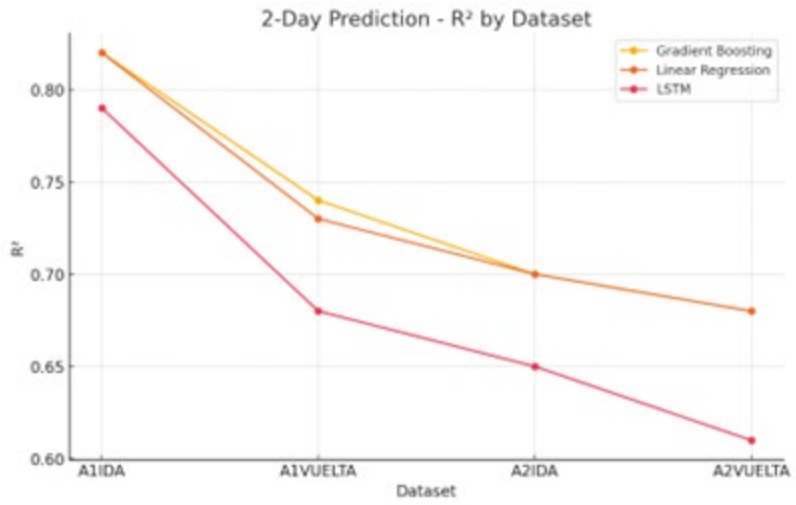
| | A1IDA | A1VUELTA | A2IDA | A2VUELTA |
|---|---|---|---|---|
| SI | – Quantitat d'esdeveniments<br>Aforament<br>Vols<br><br><br>Cap de setmana<br>Dia de la setmana<br>Mes<br>Autocorrelació | – Quantitat d'esdeveniments<br>Aforament<br>Vols<br><br><br>Cap de setmana<br>Dia de la setmana<br>Mes<br>Autocorrelació | – Quantitat d'esdeveniments<br>Aforament<br>Vols<br><br><br>Cap de setmana<br>Dia de la setmana<br>Mes<br>Autocorrelació | – Quantitat d'esdeveniments<br>Aforament<br>Vols<br><br><br>Cap de setmana<br>Dia de la setmana<br>Mes<br>Autocorrelació |
| NO | – Pluja<br>Festius<br>Metro | – Pluja<br>Festius<br>Metro | – Pluja<br>Festius<br>Metro | – Pluja<br>Festius<br>Metro |

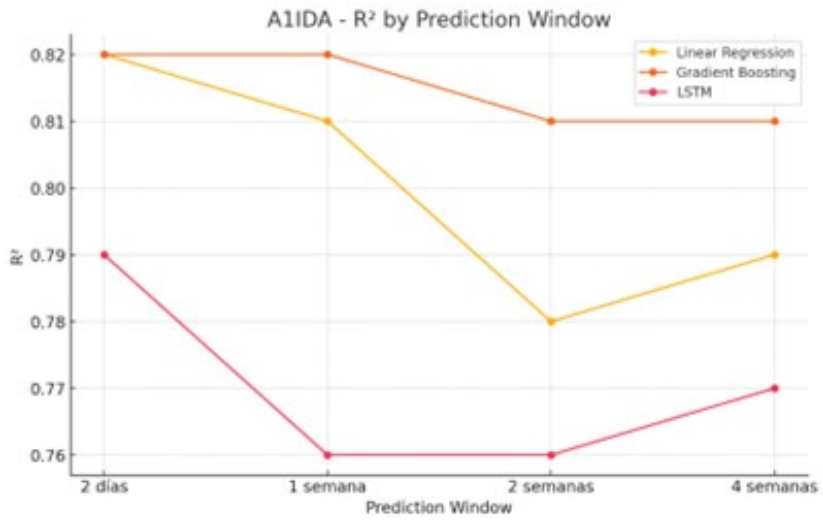
CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# El model de predicció de la demanda

## Creació de models de predicció

| | Models lineals | Arbres de decisió | Xarxes neuronals |
|---|---|---|---|
| **Tipus de model** | Regressió lineal<br>Lasso<br>Ridge<br>Elasticnet | Decision Tree Regressor<br>Random Forest Regressor<br>Gradient Boosting Regressor<br>SVM | RNN<br>LSTM<br>GRU |




**Model òptim = Gradient Boosting Regressor**

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Presentació del projecte AIDA: de l'Anàlisi d'Impacte de la demanda d'Aerobús cap a aplicacions futures per a la xarxa d'autobusos de l'AMB




**Francisca Rosell**

*Investigadora de la Unitat Applied Artificial Intelligence (AAI)*

**Eurecat**

- El model d’optimització de la flota d’autobusos
- El cas d’ús
- Resultats
- Conclusions

## Objectiu projecte

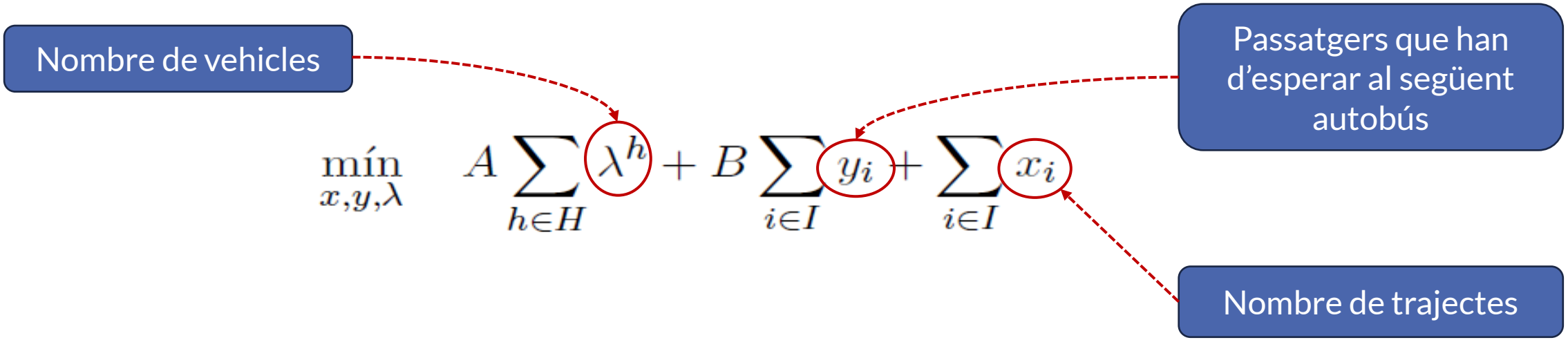
**Prova de concepte** per validar la solució tecnològica proposada:

- ✓ Analitzar **l'impacte que factors externs** poden tenir en la **demanda** dels serveis
- ➢ Desenvolupar un model combinat **predicció de la demanda** – **optimització de la flota** d'autobusos per ajustar el servei a curt-mig termini

# El model d'optimització

Formulació del model d'optimització lineal per estimar la flota d'autobusos:

- Minimitzar el **nombre de vehicles necessaris** per cobrir la **demanda**, minimitzant alhora el **nombre de passatgers** que es queden **sense el servei desitjat**
- Garantint que la flota cobrirà tota la demanda del període per tots els serveis
- Mantenint la simetria en els serveis anada-tornada
- Respectant **si cal la freqüència** establerta



**Línies A1-A2 connecten el centre de Barcelona i l'aeroport**

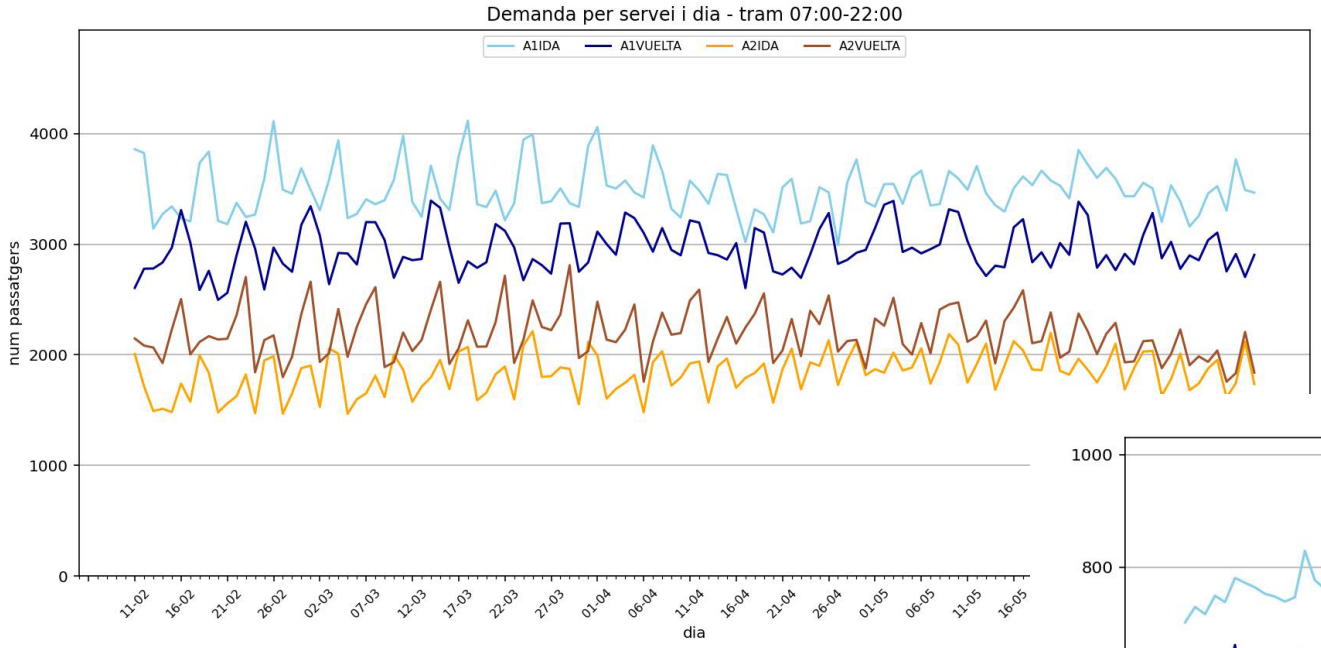
- **Predicció** de la **demanda** període **11-02-2024/11-06-2024** ← del model de predicció de la demanda
- Estimació del **temps de viatge** ← del model de predicció de la demanda
- **Temps estimats d'espera** a les parades origen de cada servei ← dades mostrals, AMB
- **Trams horaris** diaris analitzats: 0:00-5:00, 5:00-7:00, 7:00-22:00, 22:00-0:00
- **Capacitat** mitjana dels vehicles: **50** passatgers
- **Màxim 9 passatgers/hora sense servir**

} proporcionat per AMB

# La demanda de passatgers

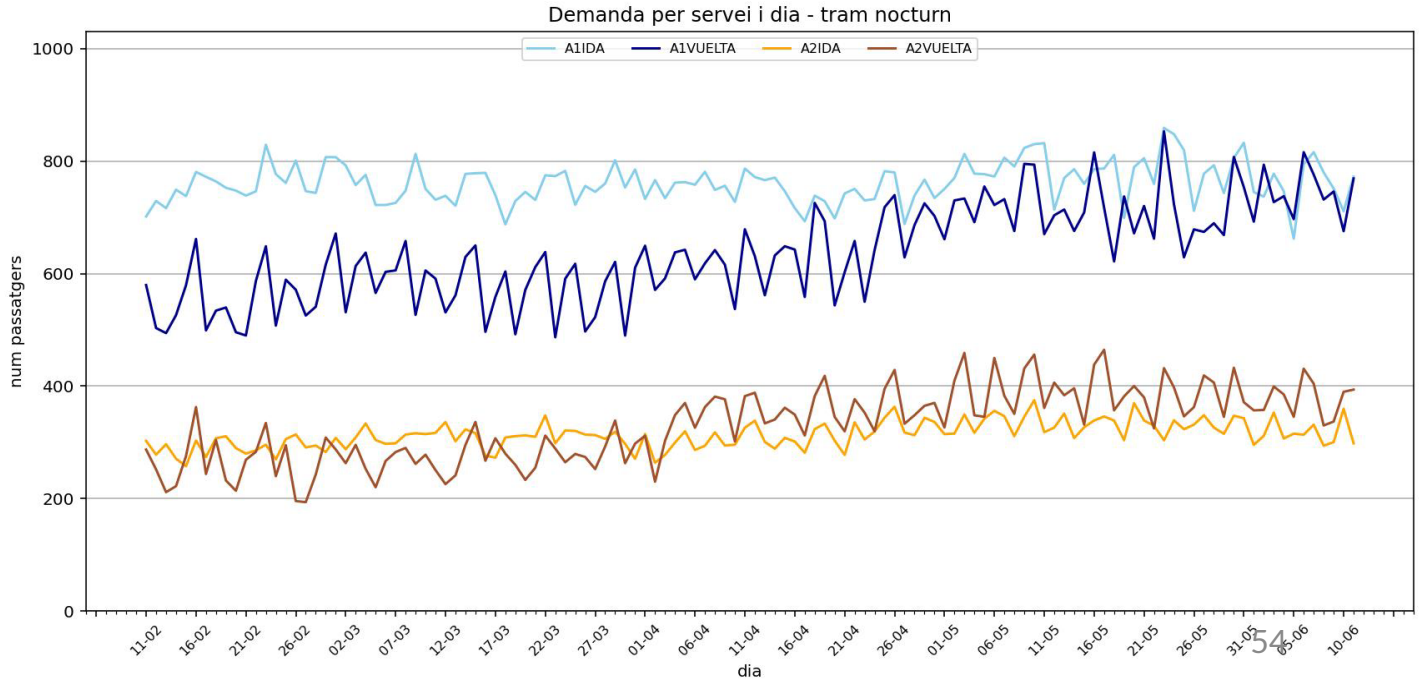
## Dades de la demanda: de l'11-02-24 a l'11-06-24

Període correspon a les dues temporades




Tram diurn – patrons demanda estable

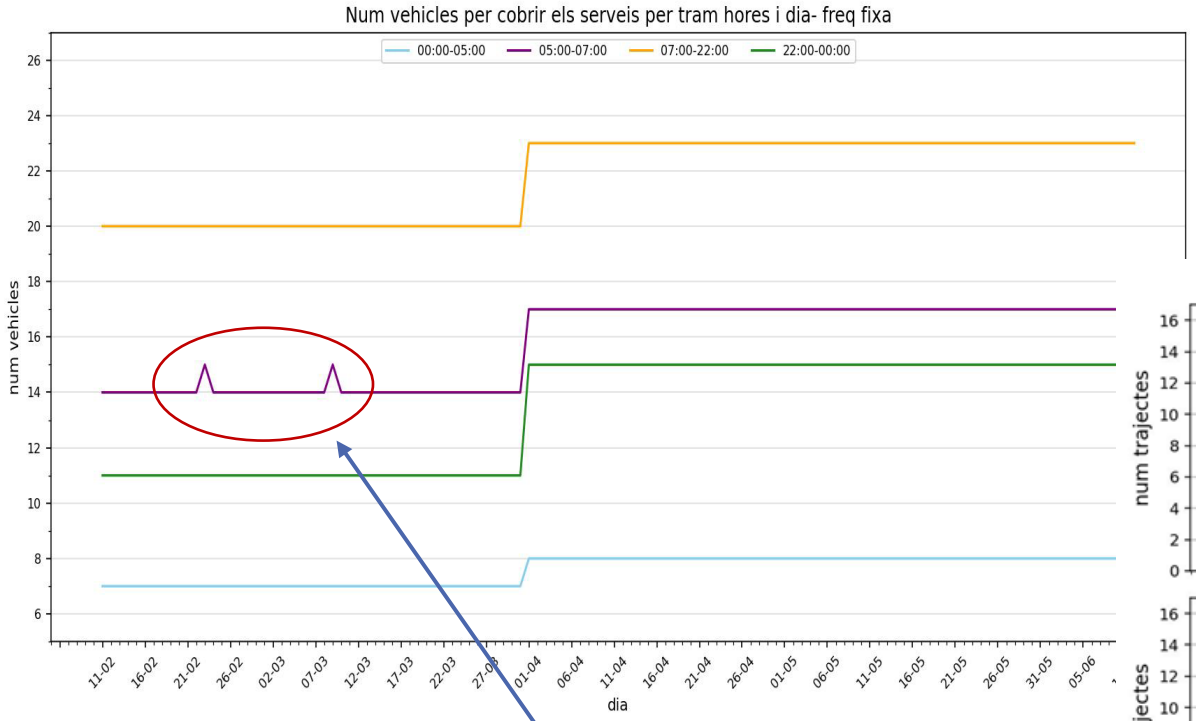
Tram nocturn – patrons temp. alta/baixa



CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

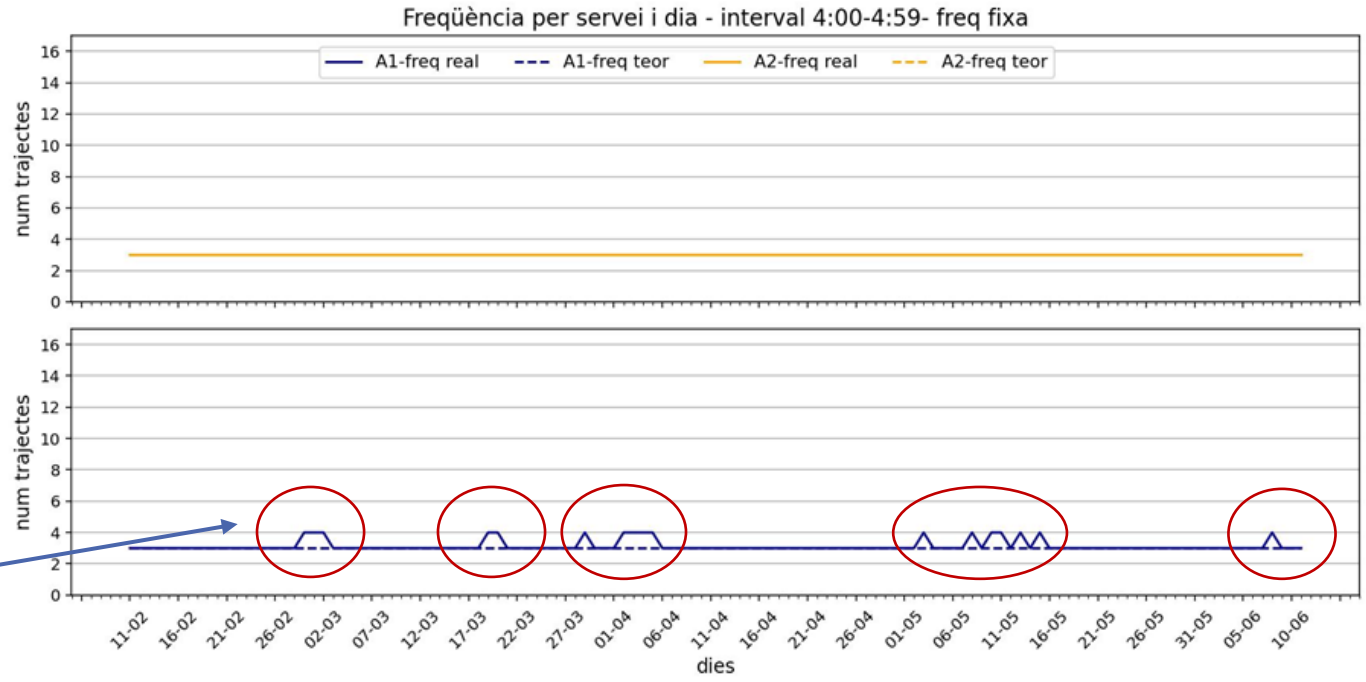
# Resultats

## Nombre mínim de vehicles per cobrir la demanda




Període correspon a les dues temporades **canvis a la freqüència de pas**

## Freqüència mínima per cobrir la demanda




Demanda superior a l'oferta

# Conclusions

**Model combinat**
**predicció de la demanda i optimització de la flota d'autobusos**

- Anàlisi de dades històriques → patrons de comportament → **ús i necessitats actuals**
  - ✓ Variables significatives: **autocorrelació de dades d'ús, vols previstos, esdeveniments i aforament, estacionalitat**
- Avaluació models de predicció de la demanda→ **algoritmes lineals, arbres de decisions, xarxes neuronals**
  - ✓ Model de predicció de la demanda: Gradient Boosting Regresor, **molt bona predicció a 2 dies vista, bona predicció a 2 i 4 setmanes vista**
- Model d'optimització de la **flota d'autobusos**
  - ✓ Permet identificar el **nombre mínim de vehicles per cobrir la demanda** alhora que identifica potencials ajustaments en **la freqüència actual** vs **freqüència mínima necessària** per cobrir la demanda

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence




**Javier Fernández Andrés**

*Especialista de Dades i Machine Learning*

**AMB Informació i Serveis**





**Julià Vicens**

*Cap de Ciències Socials Computacionals*

**Eurecat**

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Del pilot a l'escalat: optimitzant la xarxa de busos metropolitans

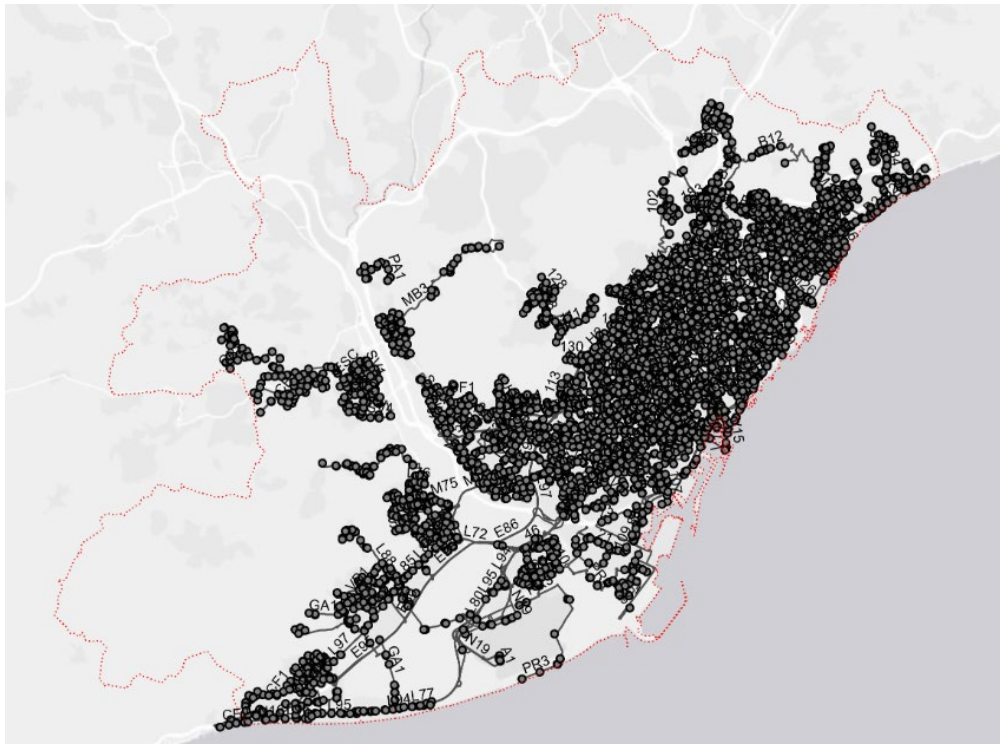
MINISTERIO DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y UNIVERSIDADES · Cofinanciado por la Unión Europea · AGENCIA ESTATAL DE INVESTIGACIÓN

Convocatòria de l'any 2023 de Projectes de Col·laboració Públic-Privada del Pla Estatal d'Investigació Científica, Tècnica i d'Innovació 2021-2023

AI 4BUS

col·laboren: AMB INFORMACIÓ · eurecat Centre Tecnològic de Catalunya

- Donar **continuïtat al pilot** de l'Aerobús **replicant-lo i escalant-lo** a la **xarxa d'Autobús de l'AMB**
- Xarxa amb cobertura sobre 36 municipis de **l'àrea metropolitana de Barcelona**
- Convivència de **múltiples nivells de demanda** segons l'àmbit geogràfic, el tipus de línia i la franja horària
- **Elevada complexitat operativa** donada l'heterogeneïtat de serveis i el gran volum d'usuaris
- Generació d'un **volum massiu i ric de dades** que obre l'oportunitat a l'entrenament de models IA








CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Per què començar amb una línia llançadora?

| | Línia llançadora | Línia regular convencional |
|---|---|---|
| **Objectiu del servei** | Connexió ràpida entre punts estratègics | Cobertura territorial |
| **Ruta i parades** | Recorregut directe amb molt poques parades, orientat a la velocitat comercial | Recorregut llarg amb múltiples parades, orientat a la cobertura territorial, que interacciona amb altres línies i serveis de mobilitat |
| **Perfil d'usuari** | Usuaris no recurrents (turistes i professionals que viatgen en avió) | Usuaris recurrents amb diversitat de perfils (residents, estudiants, treballadors...) i no recurrents en determinades línies (turistes, visites mèdiques, oci...) |
| **Freqüència i horaris** | Alta freqüència i horaris adaptats a la programació de vols | Freqüència variable segons la franja horària i el dia |
| **Perfil de demanda** | Distribució bastant uniforme al llarg de tot el dia | Variabilitat en funció de la línia (concentració en hores punta) |
| **Predictibilitat de la demanda** | Menor complexitat de variables que afecten a la demanda:<br>• Vols<br>• Grans esdeveniments (fires i festivals)<br>• Mes (temporada alta vs. baixa de turisme)<br>• Dia de la setmana (laborable vs. cap de setmana) | Major complexitat de variables que afectes a la demanda:<br>• Context demogràfic i socioeconòmic<br>• Equipaments sanitaris, educatius, culturals, esportius...<br>• Intermodalitat amb altres serveis (metro, tren...)<br>• Meteorologia (dies de pluja)<br>• Alteracions (obres, festes, esdeveniments...)<br>• Dia de la setmana (laborable vs. cap de setmana)<br>• Petits i grans esdeveniments |
| **Flexibilitat operativa** | Més fàcilment ajustable a la programació de vols sense afectació a altres línies | Adaptació més complexa a la diversitat de casuístiques amb afectació sobre altres línies i un gran volum d'usuaris |

La **major simplicitat operativa** de les **línies llançadora** (recorregut simple, demanda previsible i usuaris segmentats) ha permès **validar la tecnologia** abans de traslladar-la a un entorn molt més complex com és el de les **línies convencionals**, amb **major variabilitat de dades**.

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# De quines dades disposem?

| | Línies regulars convencionals | Bus a la demanda | Alteracions del servei |
|---|---|---|---|
| **Dades internes** | • Topologia de la xarxa: línies i parades<br>• Característiques de la flota: capacitat<br>• Expedicions: programades i ofertes<br>• Temps real de pas per parada<br>• Demanda: validacions de títols de transport<br>• Ocupació: càmeres/sensors d'entrada i sortida<br>• Matrius Origen-Destí: estudis puntuals | • Topologia de la xarxa: línies i parades<br>• Rutes realitzades<br>• Ocupació: pujades i baixades de passatgers<br>• Registre de reserves<br>• Oferta de seients | • Alteracions programades |
| **Dades externes** | • Esdeveniments<br>• Vols<br>• Meteorologia | | • Esdeveniments<br>• Obres municipals<br>• Calendari de festius municipals |

AI 4BUS

Projecte **BusCA**
(Bus Control d'Alteracions)
**(PAI CIDAI 2025)**

Aquest **mapa de dades** ens permet identificar quines fonts poden alimentar els **models predictius d'IA** en funció del tipus de servei per després analitzar quines tenen un **major impacte sobre la demanda**.

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Què ens proposem amb aquest projecte?

## Propòsit

Desenvolupar una **eina basada en IA escalable i auto-explicable** per a la **predicció de de la demanda** en les línies d'autobusos de l'AMB i un model d'**optimització de la flota** que maximitzi la seva eficiència, s'ajusti a la demanda i minimitzi els temps d'espera.

## Objectius específics

1. **Optimització del transport públic**: planificació de serveis adaptada a la demanda real i major capacitat de resposta. en diferents horitzons temporals.
2. **Millora de l'eficiència operativa**: millor gestió de recursos, assignant-
2. los on són més necessaris.ctius amb **variables contextuals i exògenes** que tenen impacte sobre el servei.
3. **Millor qualitat del servei**: millora de l'experiència d'usuari amb un
3. menor temps d'espera i una major comoditat a bord.ti ajustar **la flota d'autobusos i la freqüència de pas** a la demanda real i minimitzar els
4. **Suport a la presa de decisions**: dades precises i actualitzades per ajudar a dissenyar polítiques de mobilitat més efectives.
4. Aplicar **tècniques d'explicabilitat** als models predictius per evitar el
5. **Menor impacte ambiental**: foment de l'ús del transport públic i optimització de recursos.

5. Desplegar un **entorn de demostració** que serveixi per validar els models i les activitats desenvolupades en un **entorn amb dades reals**.



CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Aquest projecte representa l'evolució d'una prova pilot en **dues línies de bus (AeroBus)** cap a l'aplicació a la **xarxa de bus metropolità** en diversos municipis, on despleguem **intel·ligència artificial** per **preveure, optimitzar i explicar** els diferent indicadors de transport públic a l'àrea metropolitana.




Línies AeroBus




Línies de la concessió entre Sant Boi de Llobregat, Barcelona i altres municipis del Baix Llobregat i el Barcelonès com Sant Joan Despí, Cornellà de Llobregat y Sant Feliu de Llobregat (operada per Monbus i Julià des del 2022)

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

Aquest projecte representa l'evolució d'una prova pilot en **dues línies de bus (AeroBus)** cap a l'aplicació a la **xarxa de bus metropolità** en diversos municipis, on despleguem **intel·ligència artificial** per **preveure, optimitzar i explicar** els diferent indicadors de transport públic a l'àrea metropolitana.

| | Sant Boi de Llobregat | Baix Llobregat Sud | L'Hospitalet de Llobregat |
|---|---|---|---|
| Línies | 16 | 33 | 14 |
| Dates dades analitzades | Gener 2023-Desembre 2024 | Gener 2023-Desembre 2024 | Abril 2024-Desembre 2024 |
| Expedicions | 1,069,373 | 1,430,145 | 331,402 |
| Pujades registrades (mitjana diaria) | 29,716 | 19,248 | 16,493 |
| Parades uniques / copartides | 617 / 219 | 952 / 567 | 429 / 173 |
| Parades registrades | 30,112,648 | 52,334,540 | 9,523,552 |
| Dades vàlides ocupació | 79% | 46% | 40% |



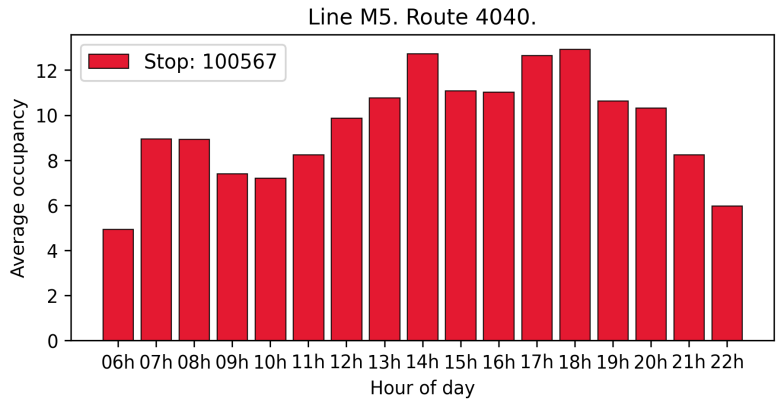

Línies de la concessió entre Sant Boi de Llobregat, Barcelona i altres municipis del Baix Llobregat i el Barcelonès com Sant Joan Despí, Cornellà de Llobregat y Sant Feliu de Llobregat (operada per Monbus i Julià des del 2022)

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# 2 Model de la **predicció d'ocupació** i fluxes d'entrada

## Dades

- Dades capturades per sensors de pujada/baixada als autobusos per parada.
- Dades d'entrada (i.e, validacions – a l'espera de tenir aquesta informació de la T-Mobilitat)
- Dades contextuals




Ocupació mitjana (entre setmana) (Línea M5 / Ruta: 4040 / Parada: 100567 - Av. Generalitat - Roca, Viladecans)

## Models de IA

El Temporal Fusion Transformer (TFT) és un model d'intel·ligència artificial dissenyat per fer prediccions sobre dades temporals

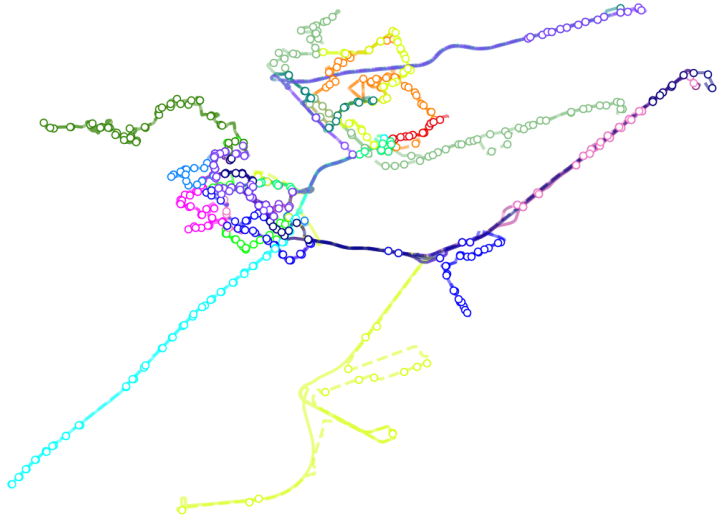
- **Alta precisió en prediccions temporals:** mòdul d'atenció temporal (self-attention) que permet capturar patrons temporals complexos
- **Integració de dades contextuals:** pot incorporar variables com la meteorologia, dies festius, esdeveniments o incidències al servei, millorant així la qualitat de la predicció.
- **Selecció automàtica de les variables més rellevants:** identifica quins factors influeixen realment en la demanda
- **Captura de dependències a curt i llarg termini:** és capaç d'aprendre tant patrons diaris com setmanals o estacionals (per exemple, l'augment d'usuaris al setembre o a primera hora del matí).
- **Interpretabilitat:** tot i ser un model complex, permet analitzar la importància de les variables i entendre el "per què" d'una predicció (amb mòduls d'explicabilitat).
- **Predicció multi-horitzó:** pot fer prediccions simultànies per diferents línies, parades i horaris, adaptant-se a xarxes de transport de gran escala.

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# 2 Model de la predicció d'ocupació i **fluxes d'entrada**

## Dades

- Dades capturades per sensors de pujada/baixada als autobusos per parada.
- Dades d'entrada (i.e, validacions – a l'espera de tenir aquesta informació de la T-Mobilitat)
- Dades contextuals



Graf línies i parades

## Models de IA

Xarxes Neuronals de Grafs (GNNs) són models d'intel·ligència artificial dissenyats per entendre relacions i connexions entre elements.

- **Captura de relacions espacials:** entenen la dinàmica entre parades, línies i municipis, no només el que passa en una parada aïllada.
- **Millor modelatge de xarxes complexes:** adaptades a sistemes com el transport públic, on tot està interconnectat i els canvis en un punt afecten molts altres.
- **Millora de la precisió en prediccions de fluxos:** ajuda a predir amb més exactitud on pujaran i baixaran els passatgers.
- **Complement ideal dels models temporals (com el TFT):** Mentre el TFT entén el quan, les GNNs entenen el com i on, aportant una visió molt més completa.

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# 3 Algoritme d'optimització de la freqüència de pas i parada (bus a demanda)

## A. Generació de Matrius Origen-Destí (OD)

- Trip-Chaining: assumpcions sobre patrons de mobilitat (p.e., tornada al punt d'origen, no combinació modal...)
- Models probabilístics: distribució Poisson i enquestes de mobilitat amb matrius OD
- Deep Learning: xarxes neuronals entrenades amb dades d'entrada i context

**Validació:** es realitzarà a les línies amb sensors de comptatge de persones o amb un estudi de camp específic.

## B. Optimització de la freqüència de pas

**Funció objectiu** basada en demanda estimada (matrius O/D), reducció del temps d'espera, nivells d'ocupació, etc.

Tècniques d'optimització a explorar: MIQP (formulació alternativa), algorismes genètics, simulated annealing, etc. És necessari modelar, per exemple, cost operatiu (lineal), temps de viatge (potser quadràtic) i la ocupació (pot ser quadràtica)

## C. Optimització de parades al bus a demanda

Actualment tenim accés a les dades de la concessió de Cervelló

## Dades

- Dades de la ubicació dels vehicles i del pas per parada
- Dades d'entrada (i.e, validacions – a l'espera de tenir aquesta informació de la T-Mobilitat)
- Dades de matrius O/D
- Dades de sol·licituds del bus a demanda

CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

## Cap una eina de gestió intel·ligent

- Estem només a l'inici del camí: comencem a **desenvolupar els primers models per predir l'ocupació**.
- Les eines que estem construint no només **preveuen i optimitzen**, sinó que també **expliquen** els factors que afecten la mobilitat: climatologia, esdeveniments, patrons d'ús...
- L'objectiu final és oferir **eines útils i interpretables** perquè els operadors puguin **integrar els models en la seva operativa** diària, facilitant una gestió més eficient, informada i adaptativa del transport públic.



CIDAI Centre of Innovation for Data tech and Artificial Intelligence

# Presentació de Projecte d'Impacte

## "Aplicació de la IA en serveis de mobilitat amb l'AMB"

AMB Àrea Metropolitana de Barcelona

Socis promotors CIDAI

Generalitat de Catalunya · Ajuntament de Barcelona · BSC Barcelona Supercomputing Center Centro Nacional de Supercomputación · CVC Computer Vision Center · eurecat Centre Tecnològic de Catalunya · i2cat · HUAWEI · Microsoft · UPC Universitat Politècnica de Catalunya BarcelonaTech · IDEAI

Entitats membres CIDAI

3cat · ATM Àrea de Barcelona Autoritat del Transport Metropolità · CETAQUA Centro Tecnológico del Agua · AMB INFORMACIÓ · Caixa Enginyers Banca Cooperativa · CRUÏLLA