

Evolutiu sistema d'anàlisi intel·ligent de vídeo embarcat Bus

Plec de Prescripcions Tècniques

Joan Puigdel·lívol Goday

Resp. Sistemes Operació Bus



**Transports
Metropolitans
de Barcelona**

Índex

1	Introducció	3
2	Abast General	4
2.1	Casos d'ús objectiu actuals	4
2.1.1	Càlcul Ocupació	4
2.1.2	Patrons PMR i cotxets bebè	4
2.1.3	Matriu origen-destí	4
2.1.4	Autodiagnosi imatge càmeres	5
2.1.5	Detecció situacions	5
2.1.6	Carril Bus	5
2.2	Machine Learning Operations (MLOps)	6
3	Objectius i Requeriments	9
3.1	Objectius	9
3.2	Requeriments funcionals	9
3.3	Requeriments tècnics	10
3.4	Requeriments Mediambientals	10
4	Perfils necessaris	11
5	Servei	12
5.1	Responsabilitat de l'ofertant	12
5.2	Lloc de realització dels treballs	12
5.3	Infraestructura i entorn tecnològic	12
5.4	Seguiment del servei	12
5.5	Garantia	13
5.6	Seguretat i confidencialitat	13
5.6.1	Confidencialitat i publicitat del servei	13
5.6.2	Seguretat i protecció de dades	13
5.6.3	Requisits Seguretat i confidencialitat	14
6	Planificació i Metodologia	16

1 Introducció

TMB va implantar els anys 2022 i 2023 un sistema de videovigilància embarcada de Bus en els seus autobusos (1.170 vehicles), per tal de millorar la seguretat a bord del Bus.

Dins de la implantació d'aquest projecte, es van afegir funcionalitats d'anàlisi intel·ligent de vídeo, basat en models de IA, per tal de poder desenvolupar certs casos d'ús. En concret:

- Càlcul d'**ocupació** a bord del bus
- Detecció de patrons **PMR** (Persones amb mobilitat reduïda que van en cadires de rodes o vehicles homologats similars) i **cotxets de bebè**.
- Càlcul de matriu **Origen – Destí**
- **Autodiagnosis** de problemes en la imatge de les **càmeres**: imatge borrosa, càmera moguda, càmera tapada.
- Detecció de **situacions**: Poder afegir models per detectar certes situacions com caigudes, objectes perduts, frau.
- Detecció d'**obstacles del carril Bus i parada**, detectant vehicles indegudament estacionats al carril bus o a l'entorn de parada del Bus.

Aquest casos d'ús s'han desenvolupat al projecte de videovigilància embarcada durant el 2024, acabat aquest projecte al Desembre-2024, és necessari realitzar tasques de monitorització, avaluació, entrament i evolució d'aquests models d'IA perquè es puguin mantenir operatius i es puguin fer servir com a dada vàlida.

Es per això que es necessari contractar els serveis de MLOps (Machine Learning Operations) que permetin actualitzar, evolucionar i mantenir aquests models.

2 Abast General

2.1 Casos d'ús objectiu actuals

A continuació es detallen el casos d'ús objectiu dels models d'anàlisi intel·ligent de vídeo que s'han treballat i que seran l'objecte principal del contracte per tal de mantenir i evolucionar aquests models d'IA generats.

2.1.1 Càlcul Ocupació

Ocupació



23

- Ocupació del vehicle en **nombre de persones en temps real** (<1 minut).
- A partir de les **càmeres interiors de videovigilància**.
- Mètrica objectiu és el **MAE** (Mean Absolute Error), on l'error màxim desitjat és d'un **10% sobre el volum de persones**.

Rang (persones)	MAE
0-9	2
10-19	2
20-29	2.9
30-39	3.9
40-49	4.9
50-59	5.9
60-69	6.9
70-79	7.9
80-89	8.9
90-99	9.9
100-109	10.9

2.1.2 Patrons PMR i cotxets bebè

Patrons
(PMR, cotxets)



2

- A partir de les càmeres interiors del vehicle, reconèixer el següents patrons:
 - PMR (Cadires de rodes i vehicle PMR)**
 - Cotxet de bebè**
- Mètrica objectiu és l'**accuracy, precisió**. El sistema haurà d'entregar un accuracy del **90%** per cadascun dels patrons.
- L'algoritme avalua un patró **si pot veure al menys el 50% nítidament**.

Accuracy=TP/(TP+FP+FN)

On:

TP: True Positive (detectat OK)
FP: False Positive (detectat KO)
FN: False Negative (no detectat)

2.1.3 Matriu origen-destí

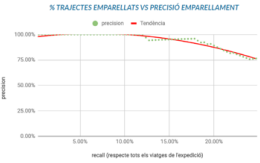
Matriu O/D



2

- La matriu origen – destí s'obté amb les càmeres del vehicle, **no es fa servir biometria, sinó un algoritme de diferenciació de persones** (color roba, forma, etc.).
- Es calcula a **nivell de vehicle i expedició**, no es calcula entre vehicles de diferents línies (el ticketing si pot aportar aquesta part).
- La mètrica per valorar la qualitat de les matrius es la **precision/recall**.
 - Precision: Determina **quants viatges identificats són correctes**.
 - Recall: Ens diu **quin percentatge de passatgers hem inclòs a la mostra**.

Límit	Precision	Recall
Conservador	100%	12%
Razonable	90%	20%
Optimista	76%	24%



2.1.4 Autodiagnosi imatge càmeres

Autodiagnosi



- Sobre **cadascuna de les càmeres** interiors del vehicle s'avaluarà els següents casos:
 - Detecció **d'imatge borrosa**. Es calcula el % d'imatge borrosa i es determina Umbral d'alarma per manteniment.
 - Detecció de **càmera moguda** (desajustada del seu enquadrament d'instal·lació). Per l'enquadrament de càmera s'espera un accuracy del 95%, a partir d'un 20% de imatge desplaçada respecte la imatge de referència.
 - Detecció de **càmera tapada** (ho fa el propi software de la càmera).

Accuracy=TP/(TP+FP+FN)

On:
TP: True Positive (detectat OK)
FP: False Positive (detectat KO)
FN: False Negative (no detectat)

2.1.5 Detecció situacions

Detecció situacions



- Prova de concepte, no es deixarà actiu**, perquè actualment no hi ha una necessitat real que compensi el cost vs resultat (tant a nivell computacional com a nivell operatiu).
- Més que preparar el sistema perquè pugui detectar les situacions concretes de objecte perdut i/o caigudes de passatger, **es vol preparar el sistema perquè pugui inserir models de IA que detectin situacions** segons es pugui necessitar.
- La mètrica de referència també serà l'accuracy i depenent de les situacions interessarà minimitzar els FP o els FN.

Accuracy=TP/(TP+FP+FN)

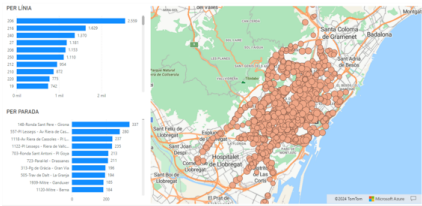
On:
TP: True Positive (detectat OK)
FP: False Positive (detectat KO)
FN: False Negative (no detectat)

2.1.6 Carril Bus

Carril Bus



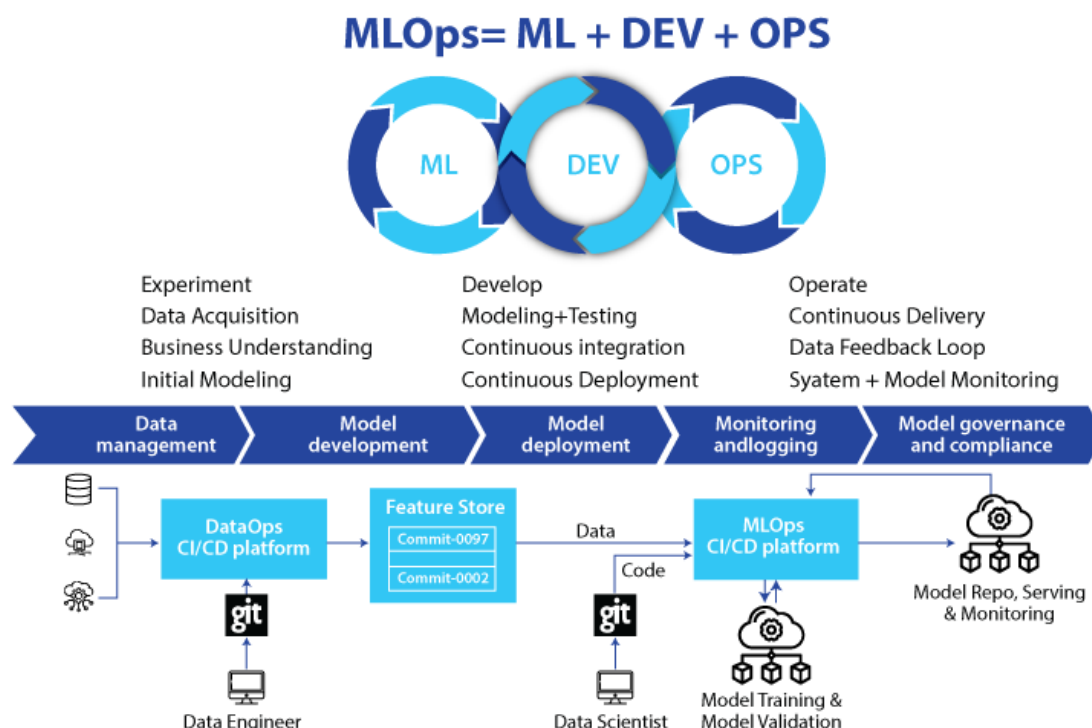
- Es vol **detectar si un vehicle està aturat indegudament el carril Bus-Taxi o a l'entorn de les parades de Bus**, ja que poden suposar situacions perilloses de seguretat viària al haver de fer maniobres cap a altres carrils o haver de fer la parada col·locat incorrectament.
- Pilot a 20 busos**, ja que requereix instal·lació de càmera addicional.
- No sanciona**, s'hauria de validar tècnicament i treballar el marc legal/administratiu per fer-ho. **Serveix per extreure estadístiques de punts i horaris negres a les línies**.
- La mètrica de referència també serà també l'accuracy, prioritant minimitzar els False Positive.



2.2 Machine Learning Operations (MLOps)

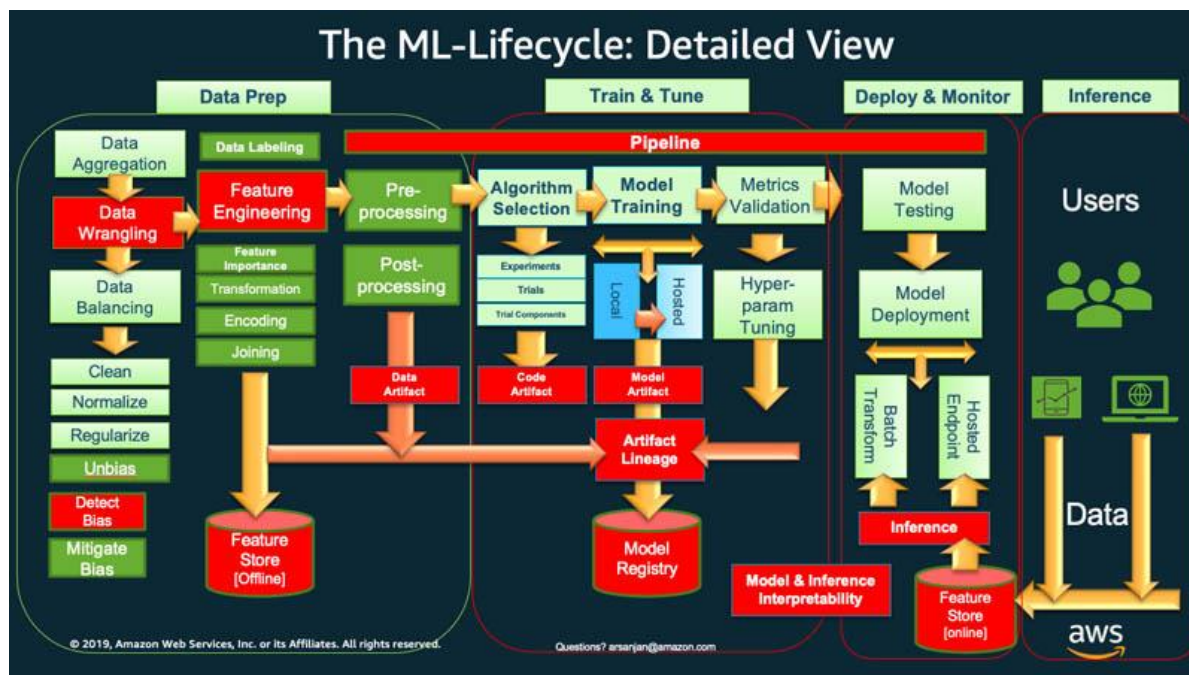
Els serveis a contractar inclouran dins d'un esquema estàndard de Machine Learning Operations (MLOps):

- Extracció, preparació, anàlisi i tractament dels **conjunts de dades necessaris** per obtenir els conjunts de dades d'entrenament, validació i test **dels models de IA**.
- **Entrenament addicional dels models** amb noves dades per millorar el seu rendiment.
- **Avaluació periòdica** de la precisió i efectivitat dels **models**.
- **Creació, evolució i actualització dels models** per adaptar-se a nous requeriments i casos d'ús.
- **Empaquetat dels models de IA** per permetre el seu desplegament.
- **Supervisió i monitorització contínua dels models d'IA** per detectar i corregir possibles desviacions en el seu rendiment.
- **Manteniment de les eines i metodologia** necessària per al desplegament i operació dels models d'IA.



Plec de Prescripcions Tècniques

A nivell esquemàtic, el procés haurà d'incloure totes les tasques del següent cicle de vida en cadascuna de les seves fases: Preparació de dades, entrenament i tuning, desplegament i monitorització i inferència.

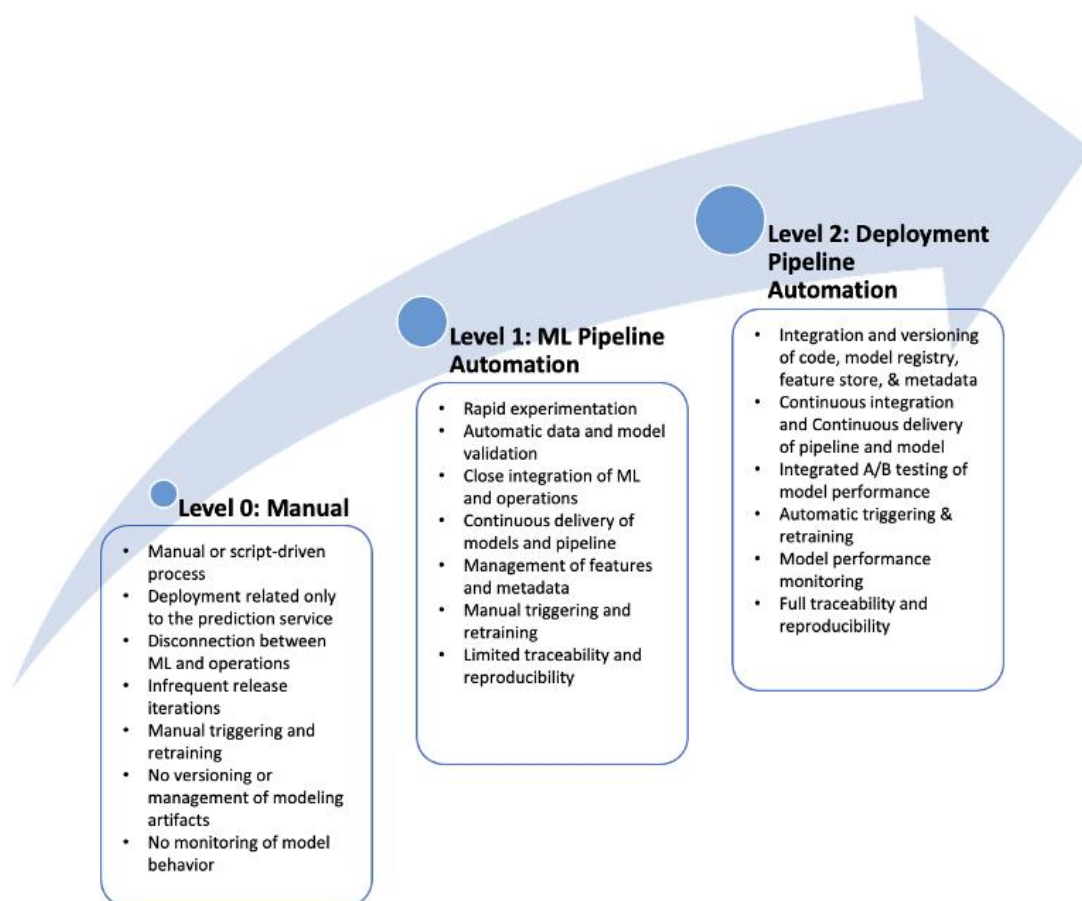


Al mateix temps, els serveis contractats hauran de permetre que TMB implementi i vagi **incrementant els nivells d'automatització de les seves MLOps d'aquests models de IA**, donant assessorament, formació i suport d'instal·lació i configuració dels processos i sistemes necessaris, per tal d'evolucionar de nivell de MLOps:

- **Nivell 0 de MLOps** (tot manual, estat actual)
 - Fluxes de treball manuals, cada pas es manual, inclòs la preparació de dades, entrenament de ML i acompliment i validació del model.
 - Requereix una transició manual entre els passos i cada pas s'executa i administra de forma interactiva.
 - Generació manual dels models.
 - Versionat manual dels models.
 - El científic de dades acostuma a entregar el model de dades entrenat i l'equip d'enginyeria l'integra a la implementació, empaqueta i desplega amb processos manuals.
 - Els llançaments son poc freqüents, poques vegades l'any.
 - No hi ha integració processo de CI (Continuous Integration) i CD (Continuous Delivery) del model ML amb la resta de codi de l'aplicació.
 - No es monitoritza activament el rendiment del model en producció.
- **Nivell 1 de MLOps** (automatització del procés d'aprenentatge)

Plec de Prescripcions Tècniques

- Es comencen a introduir automatització dels fluxos de treball ML.
 - Fluxes de preparació de dades, entrenament e ML i acompliment i validació del model automatitzats. S'introdueix el CT (Continuous Training)
 - Versionat dels models automàtic. Entrega contínua de models.
 - No existeix encara integració contínua (CI) ni desplegament continu (CD).
- **Nivell 2 de MLOps (automatització CI/CD)**
 - Procés completament automatitzat.
 - Entrenament automatitzat. Entrega continua de models (CT, Continuous Training).
 - Integració continua de models (CI, Continuous Integration).
 - Desplegament continu de models (CD, Continuous Delivery).
 - Monitorització i registre/logs dels models.



3 Objectius i Requeriments

3.1 Objectius

OBJ.1 L'objectiu principal d'aquest contracte, és la contractació d'un servei extern de Machine Learning Operations (MLOps) que permeti la monitorització, avaluació, entrenament i evolució dels models d'IA implementats en el sistema de videovigilància embarcada, assegurant la seva operativitat i validesa contínua.

OBJ.2 El models de IA vídeo embarcat Bus s’han de mantenir i evolucionar perquè estiguin dins dels l·lindars definits i marcats al capítol 2.1 Casos d’ús objectiu actuals.

OBJ.3 Les operacions dels models de IA generats (MLOps) s’hauran d’anar automatitzant segons el descrit al capítol 2.2 Machine Learning Operations (MLOps).

OBJ.4 Tenir aquests models de IA en producció a tota la flota de busos de TMB o les flotes que li siguin d’aplicació a cada cas d’ús.

3.2 Requeriments funcionals

REQUERIMENTS FUNCIONALS	
ID	Descripció
REQ.FUN. 1	Dotar tota la flota d'autobusos de TMB de models de IA que permetin aconseguir el propòsits descrits al capítol 2.1 Casos d’ús objectiu actuals dins dels l·lindars necessàries per considerar-se vàlids.
REQ.FUN. 2	Disposar d’informes i indicadors que avaluïn com estan funcionant el diferents models de IA i la seva evolució respecte als l·lindars definits.
REQ.FUN. 3	Auditar i generar els informes corresponents per tal d’establir la validesa dels models de IA.
REQ.FUN. 4	El canvi serà totalment transparent per als usuaris, per als quals simplement s'afegirà la nova funcionalitat sense notar cap minvament en el rendiment i qualitat dels sistemes embarcats o del propi vehicle.
REQ.FUN. 5	La integració no afectarà a les funcionalitats pre-existents dels SIEs embarcats o altres elements del vehicle.

Taula 1 Requeriments Funcionals

3.3 Requeriments tècnics

REQUERIMENTS TÈCNICS	
ID	Descripció
REQ.TEC. 1	S'hauran de complir totes la lleis aplicables i vigents que puguin ser d'aplicació. Per exemple: LOPD, RGPD, ENS, NIS-2, nova llei IA, etc.
REQ.TEC. 2	S'hauran de proposar, documentar i donar suport a la instal·lació de eines i processos MLOps que permetin anar automatitzant l'operació dels models IA en les seves diferents etapes, tal com es descriu a 2.2 Machine Learning Operations (MLOps).
REQ.TEC. 3	Els models de IA hauran d'estar optimitzats segons l'entorn on s'executin i hauran d'adaptar-se als requeriments de capacitat dels equips embarcats i/o servidors on s'executin.
REQ.TEC. 4	Els models de IA hauran d'estar integrats amb el sistema TMB embarcats (API Embarcada MQTT, sistema actualització, etc.) i centrals (API TMB, Broker Kafka, Broker MQTT central, etc.)

Taula 2 Requeriments tècnics

3.4 Requeriments Mediambientals

REQUERIMENTS MEDIAMBIENTALS		
ID	Criteri	Descripció
REQ.MAMB.1	Impressió d'informes - documents de treball i/o documents finals	En cas que sigui necessària la impressió de qualsevol document de treball, s'haurà de coordinar amb TMB la impressió o no del mateix. I prioritzar: a) Reduir el màxim possible el número de impressions, ajustant-les a les necessitats. b) Utilitzar paper 100% reciclat (excepte per plànols no imprimibles en DIN A4 o DIN A3). c) Imprimir els documents a doble cara i en blanc i negre (el color només s'utilitzarà en casos en els que no es pugui interpretar en blanc i negre)
REQ.MAMB.2	Presentació de l'oferta	L'oferta s'haurà de presentar en format electrònic.
REQ.MAMB.3	Presentació d'informes - documents de treball	Tots els documents de treball generats mitjançant el servei/projecte s'entregaran en format electrònic, preferentment per email o servidor

REQ.MAMB.4	Presentació d'informes documents finals	-	Els documents finals es presentaran, preferiblement, en format electrònic, per email o servidor
------------	---	---	---

Taula 3 Requeriments Mediambientals

4 Perfils necessaris

Per l’execució del contracte s’haurà de garantir sempre un equip de treball multidisciplinari que permeti :

- Capacitat per treballar amb grans volums de dades i realitzar entrenaments de models en entorns distribuïts.
- Coneixement de les tecnologies i eines utilitzades en el projecte, com sistemes de videovigilància, anàlisi de vídeo, i plataformes d'IA.
- Disponibilitat per proporcionar suport tècnic i manteniment continu dels models.
- Implementació i gestió de MLOps per a sistemes d'anàlisi de vídeo.

Operation	DevOps	Ingeniero De datos	Científico de Datos
Control de versiones	Versionado de código	Versionado (Code) Lineage del dato	Versionado (Code) Versionado (Dato) Versionado (Modelo)
Flujo	No aplica	Pipeline (ETL, ELT)	Pipeline (Entrenamiento) Pipeline (Inferencia)
Validación (Flujo)	Test (unitario, funcional)	Test (unitario, funcional)	Test (unitario, funcional) Validación Modelo
Validación (Dato)	No aplica	Validación del formato	Validación estadística
CI/CD	Despliegue (dev, pre, pro)	Despliegue en pipeline	Despliegue (dev, pre, pro) Despliegue en pipeline
Monitorización	SLO-Based	SLO-Based	SLO Based Monitorización estadística Monitorización diferencial

5 Servei

5.1 Responsabilitat de l'ofertant

L'ofertant es compromet a disposar de personal de servei qualificat i estable per complir les seves obligacions acordades en aquesta contractació. Hauran d'assegurar en tot moment els coneixements sol·licitats i de client i es farà càrrec dels traspassos de coneixement necessaris i específics de client durant la durada del contracte.

5.2 Lloc de realització dels treballs

Les tasques corresponents al projecte es podran realitzar a les dependències de TMB o a les del proveïdor.

En cas d'optar per les dependències del proveïdor, s'haurà d'assegurar una comunicació fluida assignant de manera permanent un telèfon i un sistema de missatgeria instantània, així com vídeo conferència quan pugui ser requerida.

TMB es reserva el dret de sol·licitar la prestació del Servei a les seves dependències quan sigui necessari per a la prestació del Servei.

5.3 Infraestructura i entorn tecnològic

El proveïdor proporcionarà la infraestructura i l'entorn tecnològic per als desenvolupadors.

TMB proporcionarà l'accés als entorns de desenvolupament/laboratori per tal que el proveïdor pugui fer les proves finals i els lliuraments de les versions.

5.4 Seguiment del servei

Prèviament a l'inici de la contractació es definiran els protocols de seguiment i report que TMB vulgui aplicar per a aquest servei.

Es designarà un coordinador màxim del servei per part de l'ofertant i de TMB per resoldre qualsevol tema que afecti el funcionament correcte del servei contractat.

Es preveu fer reunions setmanals/quizenals de seguiment amb la finalitat de garantir i millorar els nivells de qualitat.

Es farà arribar a TMB trimestralment una relació de les hores consumides per cadascun dels serveis identificats al plec.

Així mateix, es farà un seguiment continu del servei per verificar-ne el funcionament.

5.5 Garantia

Els desenvolupaments i versions entregades tindran una garantia mínima de 6 mesos per poder reclamar defectes o errors corresponents a la versió lliurada.

Cal garantir l'equip i el coneixement establerts en aquest document.

5.6 Seguretat i confidencialitat

5.6.1 Confidencialitat i publicitat del servei

L'adjudicatari està obligat a guardar secret respecte de les dades o la informació prèvia que no sent públics o notoris estigui relacionada amb l'objecte del contracte. Qualsevol comunicat de premsa o d'inserció als mitjans de comunicació que el proveïdor faci referent al servei que presta a TMB ho haurà d'aprovar prèviament el client.

5.6.2 Seguretat i protecció de dades

L'adjudicatari dels serveis es compromet a complir els requisits de seguretat, de protecció de dades i de continuïtat aplicables a fi del contracte especificat en:

- La legislació vigent en general i, en particular, quan es tractin dades de caràcter personal, la Llei orgànica 3/2018 de protecció de dades personals i garantia dels drets digitals i el Reglament general de protecció de dades (RGPD).

Adicionalment, l'adjudicatari es compromet a:

- Complir les directives tecnològiques, de seguretat i de qualitat que estableixi el client.
- Implementar les mesures, els processos i els requeriments que el client sol·liciti a tal fi i li proposarà els que consideri necessaris per millorar les solucions.
- Facilitar tota aquella informació que el client requereixi perquè pugui donar compliment a la legislació i la normativa referida en aquest apartat.

Per tal de garantir la seguretat, compartir qualsevol recurs tècnic (infraestructura, maquinari, etc.) utilitzat en el marc de l'execució del contracte, serà prèviament justificat al client amb un informe d'anàlisi de beneficis i de riscos, que aquest haurà d'aprovar.

Els adjudicataris utilitzaran la xarxa, maquinari i/o programari propietat de TMB exclusivament per a l'ús o el benefici de TMB.

5.6.3 Requisits Seguretat i confidencialitat

REQUERIMENTS SEGURETAT I CONFIDENCIALITAT		
ID	Criteri	Descripció
REQ.SEG.1	Fiabilitat	La solució ha de ser totalment fiable i robusta davant de qualsevol tipus d' atac o intrusió o davant d' una mala praxi de l' usuari. Per tant, es requereixen uns alts nivells de seguretat.
REQ.SEG.2	Protecció dades personals	Qualsevol activitat objecte d' aquest document de necessitats estarà regida per la normativa vigent, posant especial èmfasi en la GDPR. L'adjudicatària es compromet a complir quantes obligacions li són exigibles en matèria de protecció de dades personals tant pel Reglament (UE) 2016/679 del Parlament Europeu i del Consell de 27 d'abril de 2016 relatiu a la protecció de les persones físiques pel que fa al tractament de dades personals i a la lliure circulació d'aquestes dades i pel qual es deroga la Directiva 95/46/CE ("RGPD") com per la Llei Orgànica 3/2018, de 5 de desembre, de Protecció de Dades de Caràcter Personal així com quantes altres normes legals o reglamentàries incideixin, desenvolupin o substitueixin les anteriors en aquest àmbit.
REQ.SEG.3	ISO 27000	Seguir les bones pràctiques relacionades en el conjunt de normes ISO 27000 sobre la seguretat de la informació
REQ.SEG.4	ENS	L'adjudicatari ha d'estar certificat i presentar prova a aquest efecte de Certificat de Conformitat segons l'Esquema Nacional de Seguretat nivell mitjà (ENS-2018/0014)
REQ.SEG.5	Contracte encarregat de dades	La signatura d' un contracte d' encarregat de tractament de dades que li presentarà TMB.
REQ.SEG.6	Política seguretat	A complir amb els requeriments de seguretat reflectits en la Política de Seguretat Tecnològica i de la Informació i en el Cos Normatiu de Seguretat Tecnològica i de la Informació de TMB.
REQ.SEG.7	Protocol violació de seguretat	Establir un protocol per violació de seguretat de dades conforme el Reglament de Privacitat que ha de ser consensuat amb TMB.
REQ.SEG.8	Disseny seguretat	Implementar la seguretat des del disseny en els entorns, sistemes i productes que cal implementar en TMB.
REQ.SEG.9	Auditar seguretat	Abans de la posada en marxa del servei s' haurà de realitzar una auditoria de seguretat i es lliuraran els resultats a TMB.
REQ.SEG.10	Secret	L' adjudicatari està obligat a guardar secret respecte de les dades o informació prèvia que no essent públiques o notoris estiguin relacionades amb l' objecte del present document de necessitats.

Plec de Prescripcions Tècniques

REQ.SEG.11	Confidencialitat	L'adjudicatari haurà de signar un NDA relatiu a la propietat intel·lectual de TMB que usi o evolucioni del projecte. Per exemple tot el programari de TMB, programes, models de dades, plataforma Linux embarcada, sistema d'actualització, etc.
REQ.SEG.12	Directives Seguretat	Complir amb les directives tecnològiques i de seguretat i qualitat que estableixi TMB i també del seu cos normatiu en l'àmbit de la ciberseguretat.
REQ.SEG.13	NDAs	TMB centralitzarà i lliurarà tota aquella informació d'equips i protocols que sigui necessària per al desenvolupament de l'aplicatiu i per a la correcta execució del projecte. Per obtenir aquesta informació serà necessària la signatura d'un NDA amb TMB. A alguns documents de protocol i equips d'altres proveïdors de TMB només s'hi podrà accedir prèvia signatura d'un NDA amb les empreses proveïdores. L'adjudicatari es compromet a signar tots aquests NDA.

6 Planificació i Metodologia

El servei seguirà un **model iteratiu de gestió del software (Agile)**, de manera que al final de cada iteració es definiran els desenvolupaments i tasques a realitzar i al final de la iteració s'hagi entregat una versió o completat les tasques definides.

El contingut de **cada iteració es pactarà amb el client** per part de tot l'equip i s'entregarà al final de la mateixa també per part de tot l'equip.

S'estableix que per cada projecte o fites de negoci hi haurà un mínim d'iteracions, i que al final de cada projecte/fita, el proveïdor haurà de fer **una entrega amb qualitat de "productionready"** sobre les funcionalitats desenvolupades.

Al final de cada iteració es farà un **control de qualitat** del software entregat a fi de validar que compleix amb les normes i metodologies definides.

Els proveïdors hauran de **lliurar informes periòdics sobre l'estat i rendiment dels models d'IA**, així com qualsevol actualització o millora realitzada. A més, hauran de proporcionar **documentació detallada sobre els processos d'entrenament i avaluació dels models**.

