

PLEC DE PRESCRIPCIONS TÈCNIQUES

Contracte relatiu a **“Subministrament, instal·lació i posada en servei d’un sistema de detecció de la ubicació, integritat i defectes dels components instal·lats en el sostre dels trens de L1 de Metro de Barcelona”**

Expedient número: **16118881**



**Transports
Metropolitans
de Barcelona**

Vicenç Rius Moreno

DIGITALITZACIÓ I INNOVACIÓ METRO

ÍNDEX

1	Objecte	5
2	Propòsit	5
3	Abast	7
4	Condicions generals del subministrament	11
4.1	<i>Requeriments transversals</i>	<i>11</i>
4.2	<i>Fases del subministrament</i>	<i>12</i>
4.2.1	<i>1a Fase: Planificació i Projecte</i>	<i>12</i>
4.2.2	<i>2ª Fase: Producció dels equips i adequació programari i models de dades</i>	<i>13</i>
4.2.3	<i>3ª Fase: Instal·lació i Proves</i>	<i>14</i>
4.2.4	<i>4ª Fase: Posada en Servei i Acceptació Formal del Sistema</i>	<i>15</i>
4.2.5	<i>5ª Fase: Període de garantia</i>	<i>17</i>
4.2.6	<i>Finalització del Projecte</i>	<i>17</i>
4.3	<i>Normativa aplicable</i>	<i>17</i>
5	Requeriments funcionals i especificacions tècniques del sistema	18
5.1	<i>Requeriments funcionals de l'operació del sistema en camp</i>	<i>18</i>
5.1.1	<i>Característiques generals de l'explotació</i>	<i>18</i>
5.1.2	<i>Catàleg de defectes a detectar</i>	<i>19</i>
5.1.3	<i>Requeriments funcionals dels equips de detecció</i>	<i>21</i>
5.1.4	<i>Especificacions tècniques del sistema de detecció</i>	<i>22</i>
5.1.5	<i>Expandibilitat futura per nous sistemes d'inspecció</i>	<i>23</i>
5.2	<i>Requeriments funcionals per a l'operació sistema des de l'oficina</i>	<i>23</i>
5.3	<i>Especificacions Aplicacions Servidora i Client</i>	<i>27</i>
5.3.1	<i>Concepte i arquitectura</i>	<i>27</i>
5.3.2	<i>Requeriments funcionals d'alt nivell de les aplicacions servidora i client</i>	<i>29</i>
5.3.3	<i>Gestió de les alarmes</i>	<i>30</i>
5.3.4	<i>Elaboració d'informes i descàrrega de dades:</i>	<i>31</i>
5.3.5	<i>Gestió bàsica d'usuaris i rols</i>	<i>32</i>
5.3.6	<i>Aplicació servidora: API per a l'intercanvi de dades "Machine to Machine"</i>	<i>32</i>
6	Instal·lació dels equips en camp	33
6.1	<i>Aspectes essencials</i>	<i>33</i>
6.1.1	<i>Seguretat i coordinació:</i>	<i>33</i>
6.1.2	<i>Coordinació d'activitats empresarials:</i>	<i>34</i>
6.2	<i>Instal·lació dels equips</i>	<i>34</i>

6.2.1	<i>Ubicació, alimentació i cablejat</i>	34
7	Requeriments generals de ciberseguretat	35
7.1	<i>Abreviatures</i>	35
7.2	<i>Objecte dels requeriments de ciberseguretat ferroviària</i>	35
7.3	<i>Requisits de seguretat per a la fase de disseny i integració</i>	36
7.4	<i>Requisits de ciberseguretat per a la fase de suport i manteniment</i>	40
7.5	<i>Documentació a lliurar de Ciberseguretat</i>	42
7.6	<i>Formació de ciberseguretat</i>	43
8	Pla de Formació	43
9	Manteniment i Suport Tècnic	44
10	Documentació	45
11	Condicions de Lliurament	48
12	Garantia	49
13	Requisits a complir en l'execució dels treballs en les instal·lacions de Metro de Barcelona	51
14	Obligacions de l'Adjudicatari	53
15	Obligacions de Metro de Barcelona	54
16	Comunicacions entre les parts	54
17	Aspectes / Criteris Mediambientals	54
18	Variants	55
19	Annexos	56
19.1	<i>Annex 1: Característiques de les línies</i>	56
19.2	<i>Annex 2: Seccions de túnel amb màxima alçada</i>	57
19.3	<i>Annex 3: Gàlib estàtic S8000</i>	61
19.4	<i>Annex 4: Gàlib estàtic S6000</i>	62
19.5	<i>Annex 5: Característiques de la Catenària</i>	62
19.5.1	<i>Perfil PAC-110 / Perfil PAC-80</i>	64
19.5.2	<i>Seccions de catenària en els canvis (diagonal, bretelle)</i>	66
19.5.3	<i>Brida de connexió</i>	66
19.5.4	<i>Junta de dilatació</i>	67
19.5.5	<i>Barra PAC en rampa</i>	68
19.6	<i>Aspectes a desenvolupar dins del document de Memòria Tècnica</i>	68
19.6.1	<i>Disseny Funcional del Sistema</i>	69
19.6.2	<i>Especificacions tècniques dels equips</i>	71

<i>19.6.3 Mantenibilitat del Sistema.....</i>	<i>72</i>
<i>19.6.4 Pla d'execució del projecte.....</i>	<i>73</i>

1 Objecte

Aquest contracte té com a objecte el subministrament, instal·lació i posada en servei d'un sistema de detecció de la ubicació, integritat i defectes dels components instal·lats en el sostre dels trens de L1 de Metro de Barcelona.

El sistema, instal·lat a via general de L1, per tots els trens en servei (CAF S6000 i Alstom S8000) i a velocitat comercial, detectarà automàticament, i en temps real, qualsevol element instal·lat en el sostre dels trens que es trobi fora de la seva posició nominal (inclús absent) o que presenti defectes crítics per a la prestació del servei, generant automàticament, per tots aquests casos, una alarma descriptiva del defecte acompanyada del detall de les mesures efectuades i l·lindars de referència així com d'una seqüència de vídeo on s'hi destaquí visualment el defecte.

L'alarma s'adreçarà a l'equip de Manteniment de Material Mòbil i a l'Operació per avaluar la condició del tren des del punt de vista tècnic i operatiu, anticipant i evitant possibles danys derivats al propi tren o a la infraestructura així com eventuais impactes severos en la prestació del servei, reduint el temps d'atur. La informació auto-continguda en el missatge d'alarma ha de ser suficient per tal que els destinataris puguin fer-ne un diagnòstic precoç sense requerir la connexió al sistema de backoffice en el que es presenti el detall exhaustiu de les incidències per a realitzar anàlisis més profundes.

El sistema de processament i detecció es complementarà amb solució informàtica que centralitzarà (servidor backend) totes les dades i alarmes registrades, permetent als usuaris, mitjançant un conjunt de clients (web, preferentment), analitzar en profunditat les incidències podent consultar el detall de les mesures efectuades pel sistema així com visualitzar les seqüències de vídeo/imatges del pas dels trens. També permetrà als usuaris una gestió avançada de les alarmes, podent-ne parametritzar l·lindars, silenciar-les per tren o per tipus de defecte etc. Entre d'altres prestacions, el servidor de backend explotarà l'històric d'ocurrències detectades per generar informes periòdics de les incidències i anàlisi de tendències per a millorar la planificació del manteniment. Finalment implementarà una API per exportar les dades i incidències detectades facilitant-ne la integració a les plataformes de gestió d'actius disponibles a Metro de Barcelona. L'API també permetrà importar dades de context (e.g. relatives a actuacions de manteniment, etc.).

2 Propòsit

La supervisió de l'estat dels equips embarcats, en particular d'aquells ubicats en el sostre del tren, és essencial per garantir la seguretat del trànsit ferroviari així com per minimitzar l'impacte sever en el servei en cas d'esdevenir un incident per un defecte

crític sobre qualsevol d'aquests elements donada la dificultat en el seu accés tant per l'aplicació de mesures correctives com per la conveniència de realitzar-ne una inspecció freqüent. És clar que les Instruccions de Manteniment del Material Mòbil de Metro de Barcelona ja preveuen el detall i la periodicitat de les inspeccions per tal de garantir la seguretat d'acord als requeriments dels fabricants del material mòbil i a les condicions d'ús i càrrega dels equips (hores de servei, quilometratge, etc.).

Per tal de complementar tots aquestes procediments exhaustius, es planteja la idoneïtat d'un sistema que de forma continuada i en temps real per tots els trens en circulació, detecti, en els equips ubicats en el sostre del tren, l'ocurrència del desplaçament respecte la seva posició nominal, problemes d'integritat (danys, trencaments, obertura de cobertors, potencials problemes de subjecció), defectes crítics per al seu funcionament (e.g. en l'estructura del pantògraf) o inclús mesurant el gruix de la banda de contacte del pantògraf.

Aquestes funcionalitats permetran anticipar les actuacions de manteniment correctiu prevenint els possibles danys al material rodant i a la infraestructura per la invasió de gàlib causats pel desplaçament o despeniment d'aquests components.

Per l'altra banda, permetran anticipar i prevenir la circulació de trens amb defectes crítics que puguin ocasionar una situació degradada severa impactant tant en el temps d'atur com en la dificultat a posteriori d'aplicar mesures correctives un cop el defecte progressés negativament. Per tant, des de la vessant del manteniment anticiparà l'actuació correctiva, reduint el cost mig de les intervencions i incrementant la disponibilitat de la flota.

La solució tecnològica que implementi aquestes funcionalitats de detecció automàtica necessàriament haurà d'emprar sistemes de visió artificial 2D & 3D amb algorismes avançats de processament d'imatge. Donada la diversitat de la casuística del defectes a detectar, és imprescindible que el sistema implementi una gestió i parametrització avançada de les alarmes, oferint un control total als usuaris de Manteniment de Material Mòbil sobre les alarmes evitant l'eventual situació de saturació per falsos positius o alarmes ja reconegudes, atès que els permetrà activar o silenciar la detecció de casuístiques concretes per tren, ajustar els llindars de tolerància etc.

Tal vegada, gràcies a la disponibilitat de l'API, permetrà la integració de les dades generades a la plataforma de gestió d'actius de Metro de Barcelona, oferint una perspectiva més completa de la condició de l'actiu en servei.

En termes generals la instal·lació del sistema permetrà:

- Detecció primerenca d'anomalies. Identificació de manera precisa de qualsevol desviació dels paràmetres nominals d'ubicació i integritat dels equips instal·lats en el sostre del tren.

- Monitorització contínua. Vigilància constant a tots els trens en circulació oferint un nivell de diagnòstic en “temps real” als equips de Manteniment de Material Mòbil i Operació.
- Millora de la gestió de les alarmes. Permet realitzar una gestió proactiva de les incidències evitant que esdevinguin més grans i costoses.
- Diagnòstics més precisos: La integració de les generades per aquest sistema en la plataforma de gestió d'actius de Metro de Barcelona possibilitarà la correlació amb dades d'altres fonts (Digital Train) per millorar i precisar els diagnòstics.
- Optimització del manteniment. Planificació de les tasques de manteniment de forma més eficient, basant-se en dades reals i objectives.

Beneficis esperats:

- Major seguretat. Reducció del risc d'incidents causats per fallades dels equips de sostre de tren, garantint la seguretat dels passatgers i del personal.
- Major disponibilitat. La monitorització contínua de l'estat dels equips embarcats contribueix a garantir la disponibilitat del servei, reduint els temps d'interrupció i les molèsties per als usuaris.
- Reducció de costos de manteniment. La detecció precoç de problemes permet intervenir de manera oportuna, reduint així els costos de manteniment i minimitzant el risc d'incidents.

En resum, la implementació d'aquest sistema de mesurament representarà una inversió estratègica en la millora de la seguretat, eficiència i la qualitat del servei de la L1 de la Xarxa de Metro, complementant les accions de manteniment actuals amb una inspecció continuada i en temps real dels equips instal·lats en el sostre del tren.

3 Abast

L'abast d'aquesta licitació, consistent en “Subministrament, instal·lació i posada en servei d'un sistema de detecció de la ubicació, integritat i defectes dels components instal·lats en el sostre dels trens de L1 de Metro de Barcelona” es defineix en un únic lot.

A tal efecte, per al subministrament, instal·lació i posada en servei dels equips en túnel de L1 i servidor central de l'eina de gestió del sistema, l'abast del contracte contempla els conceptes que s'enumeren a continuació:

- Els treballs previs d'enginyeria replantejament per a l'adaptació dels equips i sistemes a la casuística específica del Metro de Barcelona, tant a nivell de túnel, sales tècniques, com per les sèries de Material Rodant S6000 i S8000. Caldrà customitzar les prestacions de l'aplicació de gestió central a la casuística de defectes detectats pel sistema en els casos de L1 i a criteris bàsics d'usabilitat.
- El subministrament de tots els equips i materials necessaris a instal·lar en el túnels, sales tècniques i lloc remot de supervisió (aplicació servidora i aplicacions client).
- La instal·lació de tots els equips, estructures, cablejats d'alimentació i comunicacions necessaris en túnels, sales tècniques i lloc remot de supervisió (aplicació servidora i client).
- El calibratge de tots els equips, incloent-hi l'obtenció dels datasets específics per a la casuística de Metro de Barcelona i els entrenaments, si s'escau, dels models de visió artificial o algorismes inclosos en la solució.
- Subministrament i instal·lació de l'aplicació servidora i de tot el maquinari necessari (PC, pantalles, teclat, ratolí) per a la seva execució, en format rack estandarditzat. El servidor físicament raurà dins de la xarxa de Metro de Barcelona.
- Subministrament i instal·lació de tot el maquinari necessaris (PC, pantalles, teclat) de 2 equips d'aplicació client. Ateses les necessitats de visualitzar simultàniament diverses tipologies de dades (inspecció de les captures d'alta resolució i simultàniament dades de context o d'altres informes) és requereix que cada equip disposi de 2 pantalles.
- Les proves de validació i posta en servei de tot el sistema, deglossades en aquelles prèvies a la instal·lació dels equips (proves FAT) com posteriorment un cop finalitzada la instal·lació de tot el sistema (SAT).
- La documentació de tot "projecte constructiu", desglossament d'equips i materials, plànols i esquemes, certificats (EMC, de conformitat als estàndards), els manuals d'operació i manteniment, proposta valorada de recanvis a abassegar. Inclourà explícitament una proposta valorada del manteniment anual a efectuar pel licitador, que servirà per l'avaluació dels costos de cicle de vida. També contemplarà l'eventual necessitat de legalitzar la instal·lació de baixa tensió que s'hagi de realitzar.
- La documentació descriptiva de l'arquitectura del programari identificant els principals blocs funcionals, explicant de forma succinta les atribucions funcionals i les principals interfícies internes (entre blocs / components) i externes (sistemes

d'informació externs). També ha d'incloure una breu explicació de les tecnologies subjacents sobre les quals s'han implementat els diferents components.

- La documentació descriptiva en relació als algorismes i models de dades, descrivint, sense entrar en cap detall que comprometi la propietat intel·lectual, quines entrades d'informació requereixen (tipus de dada, mostreig, etc.), quines són les seves sortides i quin tipus de processament se'ls aplica definint-ho a molt alt nivell (e.g. heurístic, estadístic, analític, machine learning). En el cas de machine learning identificarà si és del tipus supervisat o no supervisat, així com si per al cas de Barcelona s'han hagut de crear nous datasets per a l'entrenament o validació dels models. El coneixement bàsic i d'alt nivell d'aquesta informació permet a Metro de Barcelona valorar l'impacte de canvis futurs en la infraestructura sobre el sistema.
- Els manuals d'usuari: Documents detallats que descriuen el funcionament de cada equip així com de les aplicacions client i servidora, descrivint els.
- Els manuals d'instal·lació i manteniment amb els procediments d'instal·lació, configuració i manteniment. Aquests hauran d'incloure el pla de manteniment de tots equips (en túnel, aplicació servidora i aplicació client) i una guia ràpida de resolució de les principals incidències (tant dels equips en camp com de l'aplicació servidora).
- El lliurament del control de canvis sobre tot el sistema (ChangeLog), tant a nivell de maquinari, programari i sobre els models / algorismes. Aquest de forma succinta determinarà el mòdul en el qual aplica el canvi, el tipus de canvi categoritzant-lo segons el seu abast (correcció, millora, nova funcionalitat, eliminació prestació, seguretat, etc.), una breu descripció, la data en què s'implementà i la versió en què entrà en productiu el canvi.
- El lliurament de totes les Llicències i números de sèrie dels programes utilitzats.
- El lliurament dels datasets que s'hagin creat específicament pel cas de Metro de Barcelona.
- Subministrament (disseny, desenvolupament, implementació i proves) d'una API per a la integració de les alarmes amb la plataforma de monitorització d'actius de Metro de Barcelona, DAVANA de Smart Motors. L'API també permetrà importar dades simples de context (e.g. dates reparacions etc.).
- Un cop els equips s'hagin posat en servei i per tant Metro en sigui l'operador del mateix, però mentrestant no s'hagi superat el període de d'Acceptació Formal del Sistema, l'Adjudicatari prestarà un nivell de suport d'acord segons els (SLAs)

detallats en la descripció de la Fase Posada en Servei i Acceptació Formal del Sistema.

- Durant el període de Garantia, establert en 36 mesos després de l'acceptació formal del sistema, i amb la finalitat de preservar la funcionalitat del mateix, rau dins de l'abast que l'Adjudicatari dugui a terme les accions bàsiques de manteniment preventiu dels equips i actualitzacions bàsiques del programari sense repercutir cap cost addicional ni subscripcions a Metro de Barcelona. Aquestes inclouran la realització de les accions tècniques que requereixin la intervenció de personal especialitzat tant sobre els equips de mesura com sobre el conjunt del programari (ajustos d'algorismes, aplicació client, aplicació servidora).
- Formació i acompanyament (suport tècnic durant el període de garantia) al personal de FMB. La formació inclourà teoria i pràctica:
 - Una part teòrica per adquirir els coneixements funcionals i de interfície d'usuari necessaris per l'operació del sistema.
 - Una part tècnica i pràctica per adquirir els coneixements funcionals i de les operacions de manteniment o inspecció que requereixi fer FMB per garantir el bon funcionament del sistema, així com les accions per la diagnosi de problemes i la seva resolució.

Rauen fora de l'abast del contracte els següents conceptes:

- La configuració dels equips intermedis de la xarxa de Metro de Barcelona necessaris per al funcionament de l'aplicació servidora així com per als equips clients, tant si són equips físics com al núvol. Durant la 1a Fase es concretaran aquestes necessitats d'integració a la xarxa d'acord amb la solució específica plantejada per l'Adjudicatari
- Totes les actuacions correctives sobre els equips que siguin induïdes per un mal ús del sistema o danys fortuïts ocasionats sobre els equips per elements aliens al propi sistema subministrat per l'Adjudicatari.

4 Condicions generals del subministrament

4.1 Requeriments transversals

1. El present Plec de condicions tècniques descriu a nivell funcional la totalitat del sistema de d'inspecció de la integritat dels equips en sostre del tren. El Llicitador haurà de proposar la millor implementació tècnica que s'ajusti als esmentats requeriments funcionals. No obstant, en aquells punts que s'ha considerat necessari, es descriuen les especificacions tècniques concretes que s'hauran d'implementar.
2. El compliment d'aquest Plec, en tots els seus punts, és obligatori quedant desestimades les propostes que no compleixin estrictament aquest Plec.
3. El conjunt de tot el subministrament ha de satisfer-se com un projecte claus en mà, és a dir que contempli el subministrament, instal·lació i posada en servei d'acord amb les condicions específiques de Metro Barcelona.
4. El sistema ha d'estar de dissenyat per tal que pugui prestar servei durant un període mínim de 15 anys.
5. El sistema disposarà d'una funció d'autodiagnosi per detectar el mal funcionament dels seus components clau (dels subsistemes en camp o de l'aplicació servidora) generant les alertes necessàries que clarament determinin el nivell d'operativitat total o parcial.
6. La fabricació de tots els components del sistema a instal·lar haurà de dur-se a terme complint les normatives de qualitat, medi ambient i seguretat més exigents.
7. De manera general, cadascun dels subsistemes haurà d'ajustar-se a l'estat de l'art i a les normatives actuals amb l'objectiu d'aconseguir un rendiment del treball, una fiabilitat i una disponibilitat òptims. Serà assimilable a d'altres existents en el mercat amb resultats provats en altres administracions, allunyant-se de prototips o solucions ex professo.
8. La seguretat, tant per al personal de manteniment i operació com per a l'entorn haurà de ser una prioritat. Per a això, el conjunt del sistema haurà de ser dissenyat per aconseguir els màxims nivells de seguretat, complint els estàndards i normes més exigents.
9. El cost de manteniment haurà de ser el més baix possible. Per aquesta raó el sistema haurà d'haver estat concebut i implementat per tal que no siguin imprescindibles calibracions o altres accions d'ajust o manteniment complexes que requereixin personal de manteniment especialitzat amb una freqüència superior als 6 mesos suposant l'ús diari i continuat del sistema.

10. La sostenibilitat ambiental és un requeriment fonamental per a Ferrocarril Metropolità de Barcelona S.A., motiu pel qual en la producció han d'aplicar-se els estàndards més avançats en aquest àmbit, pel que fa als materials i minimitzar la petjada de carboni. Per aquestes raons el pes i el consum energètic hauran de ser el més baixos possibles a fi de disminuir el consum elèctric.
11. L'Adjudicatari s'haurà de coordinar amb Metro de Barcelona per efectuar els treballs instal·lació als trens i s'haurà d'adaptar als dies i hores que estigui disponible. Igualment participarà en les reunions de seguiment acordades en fase de projecte i execució.
12. Totes les dades generades, informes, resultats i datasets específics seran propietat de Ferrocarril Metropolità de Barcelona (FMB). En cas que l'Adjudicatari vulgui utilitzar les dades extretes de les deteccions efectuades pel sistema per a qualsevol aplicació que no sigui la millora i ajust dels algorismes particulars de FMB, haurà de sol·licitar autorització formal i per escrit a FMB.
13. Totes les característiques, resultats, configuracions resultants del projecte així com les dades proporcionades per Ferrocarril Metropolità de Barcelona seran estrictament confidencials i no podran ser emprades en cap ús, comercial o tècnic, sense autorització formal i per escrit de FMB.

4.2 Fases del subministrament

El subministrament constarà de cinc fases:

- 1ª Fase: Planificació i Projecte
- 2ª Fase: Producció dels equips i adequació programari i models de dades
- 3ª Fase: Instal·lació i Proves
- 4ª Fase: Posada en Servei i Acceptació Formal del Sistema
- 5ª Fase: Període de garantia

4.2.1 1a Fase: Planificació i Projecte

1. Es fixaran de forma concreta les dates de cadascuna de les fites del projecte complint els terminis de lliurament determinats.
2. Es durà a terme el replantejament i l'enginyeria de detall per concretar la solució a tots els requeriments funcionals i especificacions tècniques requerides així com l'adequació del sistema a les instal·lacions de Metro de Barcelona. Durant el replantejament s'acabarà de concretar l'emplaçament dels equips en túnel i, en cas que sigui factible, la disponibilitat de la cambra tècnica més propera. Altrament els equips de processament local s'hauran d'instal·lar en el túnel. En

els annexos d'aquest plec podent trobar-se perfils longitudinals de diferents seccions tipus del túnel per valorar els escenaris més convenients d'instal·lació del sistema.

3. Formarà part de la fase d'enginyeria de detall concretar els paràmetres i ubicacions de tots els defectes del catàleg per cadascun dels subsistemes a inspeccionar.
4. Es revisarà el detall tècnic de la proposta preparada per l'Adjudicatari concretant tots aquells aspectes de menor rellevància que restin oberts.
5. Culminarà amb el lliurament i acceptació formal de la memòria descriptiva i proposta tècnica en la que l'Adjudicatari detalli els esquemes elèctrics, de comunicacions i plànols mecànics dels equips a instal·lar en túnel i sales tècniques, garantint que es compleixin tots els requeriments establerts en aquest plec. L'objectiu és disposar d'un disseny tècnic de detall del sistema aprovat per les dues parts abans de procedir a la seva execució en la propera fase.
6. Durant les fases d'execució, instal·lació i proves el disseny podrà experimentar canvis, sempre que siguin justificats i segueixin garantint el compliment dels requeriments del plec. Al final de la fase d'instal·lació i proves tots els documents tècnics s'hauran ajustat i complementat reflectint la realitat (As Built) del sistema en servei. Vegi's el capítol de Documentació.
7. Per a la culminació d'aquesta fase també haurà de lliurar una planificació detallada de les fases d'Execució i Instal·lació / Proves d'acord amb una previsió realista de les nits de treballs disponibles.
8. La fase de projecte no podrà superar els 4 mesos des de la data d'adjudicació del projecte.

4.2.2 2ª Fase: Producció dels equips i adequació programari i models de dades

1. L'Adjudicatari produirà i integrarà els equips per a la inspecció dels equips instal·lats en el sostre dels trens alhora que també implementarà o farà els ajustos necessaris en l'aplicació servidora i en els models de dades per adequar-la als casos d'ús de Metro de Barcelona.
2. Durant aquesta fase l'Adjudicatari, en cas de precisar-ho, també esmerçarà els mitjans necessaris per a la preparació dels datasets que requereixi per a l'ajust dels algorismes de detecció (per al gàlib, detecció de defectes, etc.).

3. El detall dels protocols FAT i SAT, tant pel que fa al conjunt de les proves com pels valors d'acceptació en cadascuna d'elles, s'elaborarà i acordarà durant aquesta fase d'execució.
4. Aquesta fase finalitzarà amb la superació de les proves en fàbrica (FAT) que s'evidenciarà mitjançant el lliurament dels resultats de totes les proves realitzades sobre el protocols FAT prèviament elaborats. Els resultats hauran de constatar les funcionalitats i rendiment de l'equip d'acord als requeriments funcionals i especificacions tècniques tipificats en els protocols mencionats per a les condicions acotades de les proves en fàbrica.
5. En cas que durant les proves es detectin fallades crítiques o altres incidències majors que puguin afectar la propera fase d'instal·lació i Proves, e.g. amb retreballs a posteriori sobre els trens que puguin forçar retirades de la unitat, aquesta fase no conclourà fins que aquestes fallades no hagin estat resoltes, repetint-se les seccions dels protocols FAT que es vegin implicades.
6. Per a la conclusió d'aquesta fase, un cop superades les proves FAT, és requerirà també la recepció dels equips a les instal·lacions consignades de Metro de Barcelona.

4.2.3 3ª Fase: Instal·lació i Proves

1. L'Adjudicatari realitzarà la instal·lació dels equips en el punt del túnel de L1 Metro de Barcelona, subjectes a la disponibilitat de via durant les nits. En funció del replantejament es determinarà si els equips de processament local s'han d'instal·lar en túnel o en sala tècnica.
2. Un cop els equips estiguin instal·lats, s'hauran de dur a terme un conjunt de proves per acabar d'ajustar i validar les prestacions i funcionalitats del sistema al context de Metro de Barcelona. El resultat d'aquestes proves es reportarà periòdicament a Metro de Barcelona.
3. Un cop finalitzada la instal·lació i el conjunt de proves per ajustar els equips a la casuística de Metro de Barcelona, es realitzaran les proves in situ de validació funcional i tècniques (SAT). Aquestes consistiran en conjunt de proves tipificades en un protocol, acordat amb Metro de Barcelona durant la fase prèvia, per tal de validar que el sistema compleix tots els requeriments funcionals, especificacions tècniques i mètriques de precisió (requeriments no funcionals) exigits en aquest plec. Aquesta 3ª fase conclourà amb la superació d'aquestes proves (SAT) que s'evidenciarà mitjançant el lliurament dels resultats de les proves.
4. En cas que durant les proves es detectin fallades crítiques o altres incidències majors que puguin comprometre l'operativitat i/o la qualitat dels resultats del sistema que es duria a terme en la propera fase, aquesta 3ª fase no conclourà

fins que aquestes fallades no hagin estat resoltes, repetint-se les seccions dels protocols SAT que es vegin implicades.

4.2.4 4ª Fase: Posada en Servei i Acceptació Formal del Sistema

1. Per poder dur a terme la posada en servei del sistema, serà imprescindible que l'Adjudicatari prèviament hagi impartit les sessions de formació definides així com hagi efectuat el lliurament de tota la documentació restant prevista (manuals, esquemes i plànols as built, paràmetres de calibratge i fitxers de configuració, etc.). Un cop satisfets tots aquests requisits, l'Adjudicatari, acordadament amb Metro de Barcelona, procedirà a la Posada en Servei del sistema la qual es prolongarà fins que s'evidenciï la confiabilitat, estabilitat i la capacitat del sistema per a poder-lo operar autònomament, moment que culminarà amb l'Acceptació Formal del Sistema. Per assolir aquesta fita és requerirà que, un cop realitzada la posada en servei, durant un període de 4 setmanes de funcionament continuat (d'acord amb les pautes del servei) el conjunt del sistema assoleixi simultàniament els següents indicadors:
 - **Disponibilitat tècnica:** el sistema en el seu conjunt (equips instal·lats en camp i aplicacions servidora, client i API) ha de romandre plenament operatiu per sobre del 99.5% del temps de funcionament. Alhora de computar aquest índex en quedaran excloses totes aquelles causes exògenes que en condicionin la disponibilitat (problemes d'alimentació, comunicacions etc.). Aquesta mètrica es validarà amb els registres (logs) dels equips instal·lats en camp, de l'aplicació servidora i de l'aplicació client.
 - **Fallades crítiques:** Independentment del compliment de la disponibilitat tècnica el sistema haurà de funcionar sense l'ocurrència de cap fallada crítica. Les fallades crítiques són aquells defectes o mal funcionaments que impossibiliten que la totalitat del sistema o qualsevol dels components puguin prestar les funcionalitats clau, resultin en pèrdues de dades o corrupció d'aquestes o que comportin una parada del sistema que requereixi una intervenció manual per a restituir-lo. El còmput de fallades crítiques es determinarà mitjançant els registres dels equips instal·lats en camp, les incidències reportades pels usuaris i per les intervencions correctives que els especialistes hagin fet per normalitzar o esmenar els errors causants de la fallada crítica. No tindran consideració de fallada crítica tots aquells errors menors (bugs) que no tinguin els efectes descrits.
 - **Qualitat i consistència de les dades:** Atès que en essència el sistema produeix un conjunt de deteccions sobre el desplaçament, la integritat o defectes dels equips en el sostre dels tens, durant la fase d'Instal·lació i Proves es determinaran les taxes acceptables del nombre mitjà de falses alarmes per dia i la taxa de falsos negatius per dia (és a dir defectes crítics

existents i dins dels límits de les prestacions tècniques dels equips però no detectats). Aquests es calcularan diàriament com a mitjana mòbil dels darrers 7 dies. Per a la mesura de la consistència, també en la fase prèvia d'Instal·lació i Proves es definiran els l·lindars relatius a la repetibilitat de les mesures preses dels atributs més estàtics (e.g. distàncies de gàlib, temperatura) tant en relació als valors mesurats com a la precisió de la localització dels mateixos.

2. En qualsevol cas, la Fase de Posada en Servei no finalitzarà mentre romanguin errors crítics pendents de ser corregits. Es valorarà la repetició de les seccions de les proves SAT que es puguin veure afectades per les incidències concretes.
3. Durant tot el període de Posada en Servei, si bé serà Metro de Barcelona qui formalment operi el sistema, l'Adjudicatari establirà un servei de suport específic per acompanyar i donar resposta tant a les incidències tècniques com a la resolució de dubtes que se li puguin formular. Setmanalment es realitzaran reunions de seguiment amb Metro de Barcelona per tal d'avaluar els indicadors descrits anteriorment (disponibilitat, fallades crítiques i qualitat de les dades) així com de les eventuais correccions i ajustos que puguin sorgir, essent l'Adjudicatari qui prepari els informes prèviament a les reunions. En aquest sentit l'Adjudicatari activarà un sistema online de report i seguiment de les incidències, de manera que permeti a Metro de Barcelona reportar els errors detectats (menors o crítics) alhora que el sistema també permeti veure l'estat de resolució dels mateixos. L'acompanyament requerirà que l'Adjudicatari verifiqui, amb la informació que tingui disponible (incloent la del propi sistema com ara històrics, ocurrències pretèrites, etc.), la bondat de les alarmes generades així com efectui una valoració del rendiment del sistema que reportarà en les reunions setmanals. Durant període de Posada en Servei l'Adjudicatari haurà de respondre a les preguntes o dubtes en un termini màxim de 36 hores. El nivell de servei específic per a la correcció d'errors que requereixin la intervenció directa, remota o presencial, es concretaran en la fase d'Instal·lació a partir de l'experiència i coneixement més acotat del propi procés d'instal·lació i ajust del sistema.
4. Aquesta 4ta Fase del subministrament no culminarà fins que no s'hagin complert totes les condicions descrites per a l'Acceptació Formal del Sistema. Mentrestant no finalitzi aquesta fase, l'Adjudicatari realitzarà les accions de manteniment sense cap cost per Metro de Barcelona sobre l'equip que ja hagi estat Formalment Acceptat, amb la finalitat de garantir-ne la seva disponibilitat mentrestant no s'inicia la 5a Fase corresponent al Període de Garantia.
5. El compliment dels requeriments per a l'Acceptació Formal dels dos sistemes no podrà superar els 24 mesos des de la data d'adjudicació del contracte.

4.2.5 5ª Fase: Període de garantia

1. Un cop assolida l'Acceptació Formal del Sistema, s'iniciarà el període de 3 anys de garantia. Durant el mateix, sense cap cost addicional per a Metro de Barcelona, l'Adjudicatari s'encarregarà de dur a terme totes aquelles accions de manteniment preventiu que requereixin la intervenció de personal tècnic qualificat sobre els equips de camp de mesura i procés de dades. Similarment, sense cap càrrec addicional per a Metro de Barcelona, l'Adjudicatari durà a terme totes les accions de manteniment sobre els sistemes informàtics (instal·lats a camp o en les aplicacions servidora/cloent), bé aquestes consisteixin en l'actualització de versions, en l'aplicació de pedaços sobre el programari o bé consisteixin en l'actualització del algorismes que implementin les funcionalitats de detecció. El detall de totes aquestes activitats anuals de manteniment preventiu sobre equips i programari (incloent els models/algorismes de detecció i diagnòstic) es detallaran en el Pla de Manteniment que s'adjuntarà a la Memòria Tècnica.
2. En cas que durant aquesta Fase de Garantia es detectin fallades recurrents o errors, imputables al disseny dels equips, algorísmia o programari, el subministrador aplicarà les mesures correctives per esmenar-ho sense càrrec addicional per a Metro de Barcelona.
3. En l'eventual cas que s'acordés amb Metro de Barcelona iniciar la Fase de Garantia amb un conjunt acotat d'errors menors, el proveïdor estendrà el període d'acompanyament, en els termes definits en la fase anterior, fins que els errors no hagin estat resolts.

4.2.6 Finalització del Projecte

1. El projecte conclourà un cop s'hagin assolit totes les fites corresponents a les diferents fases enumerades anteriorment. Es remarca l'obligació de l'Adjudicatari de lliurar documentació d'acord al que s'estipula en cada fase del projecte.
2. Durant totes les fases definides del contracte, incloent també el període de garantia, no hi haurà cap tipus de càrrec o cost (subscripcions o similars) a Metro de Barcelona per a l'ús nominal del sistema així com per a les accions de manteniment preventiu previstes, tal i com ja s'ha destacat anteriorment.

4.3 Normativa aplicable

1. L'Adjudicatari haurà de vetllar per aplicar totes les normes i reglaments tècnics europeus, espanyols i catalans que regeixin i siguin d'obligada aplicació en cadascun dels diferents àmbits tècnics, de seguretat, mediambientals, etc. dels subsistemes especificats en aquest Plec.

5 Requeriments funcionals i especificacions tècniques del sistema

5.1 Requeriments funcionals de l'operació del sistema en camp

5.1.1 Característiques generals de l'explotació

1. La Línia 1 del Metro de Barcelona presenta les següents característiques:
 - 20,2 km, 30 estacions, en túnel simple amb dues vies en paral·lel. Sense zones exteriors excepte un punt poc representatiu.
 - Ample de via 1674mm
 - El traçat té un pendent màxim del 4%.
 - La distancia existent entre la cota superior de la volta del túnel i la base de la catenària rígida, pot oscil·lar entre 0,7m i 3,5m aproximadament. En els annexos poden trobar-se diferents seccions longitudinals del túnel en les que es disposa d'un major gàlib entre la volta del túnel i del pla de rodolament. La finalitat és que l'Adjudicatari disposi de la màxima distància entre la volta i el punt la base de la catenària per a poder ubicar les càmeres / sensors que garanteixin la profunditat de camp necessària per a la inspecció dels equips sostre i el pantògraf desplegat. La resta de seccions tindran menor distància entre la volta i la catenària.
 - Disposa de catenària rígida. A la L1 està nominalment fixada a 4.350mm del pla de rodolament (i.e. sobre el pla definit per la part superior del el cap del carril). En l'annex poden trobar-se les característiques físiques i mecàniques de la catenària als efectes de determinar l'emplaçament dels equips de visió per a la caracterització dels defectes (en particular del pantògraf i per determinar el gruix de la banda de grafit).
 - El rang operatiu de temperatures pot oscil·lar de forma excepcional entre els -10°C i els 45°C.
2. Les condicions d'explotació del servei són:
 - A la L1 circulen 23 trens Alstom de la Sèrie 8000 i 14 trens CAF de la Sèrie 6000. En els annexos poden trobar-se més detalls dels trens i dels equips

instal·lats en el sostre. Els trens tenen una longitud aproximada de 86m, distribuïda en 5 cotxes, 4 d'ells motors (amb pantògraf) i 1 remolc central.

- L'interval en hora punta és de 185s però el sistema ha de poder processar dos trens consecutius amb un interval puntual de 90s.
- Horari de sortida del primer tren des dels extrems: 05:00a. Horari de sortida del darrer tren: 24:00am. No obstant, prèviament al primer tren, ja poden circular trens sense passatge (04:45 aproximadament). Els darrers trens arriben a extrems prop de les 25:00am. Cal tenir en compte que les nits de dissabte a diumenge, i en general a les vigílies de festius, s'opera non-stop durant tota la nit. El sistema ha de processar totes les circulacions de trens, inclús en aquests horaris sense interrupció.
- La L1 s'opera nominalment en GoA2 (ATO) i puntualment, en casos degradats en, GoA1 (ATP). En tot cas es garanteix un compliment totalment fidel dels límits de velocitat en el moviment dels trens, paràmetre important per a la precisió del sistema de detecció.
- Si bé la velocitat màxima d'exploació de la línia és de 70km/h, més del 80% de l'exploació és realitza per sota dels 60 km/h. Per aquesta raó, es requereix que el sistema presti plenament totes les seves funcionalitats de detecció amb els nivells de precisió exigits a una velocitat nominal de 60km/h.

5.1.2 Catàleg de defectes a detectar

1. L'equip inspeccionarà els següents subsistemes presents en el sostre del tren:
 - a. Equips d'aire condicionat
 - b. Resistències resostàtiques
 - c. Parallamps
 - d. Cofre de fusibles de pantògraf
 - e. Antenes de les ràdios
 - f. Altaveus Exteriors
 - g. Aïlladors
 - h. Pantògraf
2. Un tren de la flota (un S8000) instal·larà en la superfície del sostre un conjunt de sistemes per a l'auscultació de la infraestructura (monitorització de gàlib

instal·lat en un cotxe testera) i dos mòduls per la monitorització de la catenària. Aquestes peculiaritats hauran de contemplar-se en el report d'incidències.

3. De forma general, per tots els subsistemes enumerats l'equip haurà de ser capaç de detectar automàticament les següents anomalies o defectes:
 - a. Presència d'objectes estranys en la superfície dels equips. Mides mínimes de la detecció $\geq 50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 10\text{mm}$ (X, Y, Z -vertical).
 - b. Presència de deformacions en la superfície dels equips (impactes, bonys) o en la forma (e.g deformació de les banyes del pantògraf). Mides mínimes de la detecció $\geq 50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 10\text{mm}$ (X, Y, Z -vertical).
 - c. Parts trencades o danys en la superfície visible dels equips. Mides mínimes de la detecció $\geq 50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 10\text{mm}$ (X, Y, Z -vertical).
 - d. Desplaçament dels subsistemes o de llurs parts fonamentals en els eixos X, Y, Z vertical respecte a la seva posició inicial. Mides mínimes de la detecció $\geq 50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 10\text{mm}$ (X, Y, Z -vertical).
 - e. Obertura anòmla de tapes o compartiments. Mides mínimes de la detecció $\geq 50\text{mm} \times 50\text{mm} \times 10\text{mm}$ (X, Y, Z -vertical).
4. De forma general, per tots els subsistemes enumerats, l'equip haurà de ser capaç de detectar automàticament els components en falta:
 - a. Detecció de components en falta, bé sigui des de la totalitat del subsistema, de llurs parts fonamentals o crítiques, o dels cargols de subjecció (cargols de Mètric 14 o superiors). Capacitat mínima de detecció $> 20\text{ mm} \times 20\text{ mm} \times 10\text{ mm}$ (X, Y, Z- vertical).
5. En el cas específic del pantògraf, addicionalment a totes les funcions descrites de detecció d'anomalies i de components en falta, el sistema haurà de detectar:
 - a. Si el pantògraf es troba correctament desplegat a l'alçada nominal corresponent al punt d'instal·lació de l'equip de detecció o bé, si en cas contrari, es troba parcialment (insuficientment) desplegat o totalment replegat a la superfície del cotxe.
 - b. Integritat de la banda de contacte (grafit), és a dir que no hi hagi seccions en la banda on no hi hagi material de contacte (grafit).
 - c. Mesura del gruix residual de la banda de grafit amb una resolució de $\pm 0.5\text{mm}$

5.1.3 Requeriments funcionals dels equips de detecció

1. Per cada tren que circuli per la via en la que s'hagi instal·lat el sistema, aquest ha de generar una seqüència d'imatges 2D (X, Y) i 3D (Z) de la totalitat de la superfície del sostre de tots els cotxes, incloent la dels subsistemes enumerats.
2. Sobre les imatges 2D i 3D captades per les càmeres / sensors el sistema efectuarà un processament en "temps real" que permeti detectar automàticament el catàleg de defectes condicionat a les parametritzacions i l'indars específicament definits.
3. En cas que es detecti un defecte i que aquest no hagi estat silenciats (per al tren en qüestió o per al conjunt) i que prèviament no hagués estat ja reconegut pendent de ser esmenat, el sistema generarà automàticament un report d'alarma en el qual s'inclourà la tipologia del defecte (bé sigui del tipus anomalia, de component en falta o d'estat de mesures en el pantògraf), identificant el subsistema i el cotxe del tren on hagi esdevingut. També en determinarà la criticitat del defecte a partir d'un conjunt de nivells definits en la fase d'enginyeria (per exemple en baixa, mitja, alta).
4. El report d'alarma inclourà també les imatges 2D/3D (segons s'escaigui) en la que s'emmarqui el defecte en qüestió per facilitar el diagnòstic àgil dels destinataris de l'alarma, sense requerir necessàriament l'accés a la plataforma de gestió (mitjançant client web o similar).
5. La notificació de l'alarma s'enviarà al servidor central i a un conjunt predefinit de destinataris.
6. Independentment que es detoni l'alarma, el sistema registrarà en l'històric de passades de trens totes les mesures dels defectes, permeten contrastar a l'usuari l'evolució del defecte en les successives passades del mateix tren.
7. Les imatges 2D / 3D només s'hauran d'enregistrar en el pas de tren. Òbviament aquestes també s'hauran d'associar a cada tren específic. En cas que per una o ambdues funcions el sistema requereixi algun tipus d'identificador per cada tren (tag RFID, QR etc) el subministrament dels identificadors i el lector dels mateixos també haurà de ser subministrat i instal·lat de forma integrada amb la solució.
8. En cas que el sistema precisi d'un sistema d'il·luminació de la zona de captació, aquest només haurà d'estar actiu en el moment de pas del tren. Per altra banda la il·luminació no podrà ser en l'espectre visible per evitar la generació de flaixos que puguin alterar la percepció dels motoristes dels trens o fins i tot incomodar al usuaris en qualsevol dels emplaçaments que es puguin considerar.

9. El sistema de càmeres 2D / 3D no podrà emprar làser de classe superior a la 1. No seran admissibles ni classe 1M, ni els classe 2 etc. per requerir sistemes de protecció ocular i/o de mesures específiques de contenció de la font làser i dels seus eventuais rebots (difícils de preveure amb el tren en moviment).
10. Atesa la dificultat d'accés als equips de captació, tant per l'alçada com per la presència de la catenària, els equips haurà de disposar de mecanismes que minimitzin (menys de 2 cops per any) la necessitat de neteja de les lents o d'altres elements suspesos qualssevol.
11. Els equips de captació a instal·lar (càmeres / sensors i suports) hauran de mantenir la distància mínima de seguretat amb la catenària per evitar el risc de curtcircuit / arc que podria afectar a la prestació del servei i a la pròpia integritat dels equips de captació de les imatges.
12. Els equips de captació de les imatges fixats a la volta del túnel hauran de ser prou compactes i lleugers per evitar que requereixin la instal·lació d'una estructura pesada que pugui dificultar el manteniment de la catenària i/o que la pròpia estructura indueixi unes activitats de manteniment exigents. Òbviament en cap cas els equips i els suports que els subjectin hauran d'envair el gàlib.
13. Autodiagnòstic continu dels equips instal·lats en camp a fi i efecte de garantir que les funcions essencials de detecció s'estan realitzant correctament. En cas d'incidència sobre els equips, el sistema generarà una alerta que es notificarà instantàniament als destinataris i es registrarà en el servidor central.
14. La supervisió en temps real de l'estat dels equips i els resultats de l'autodiagnòstic han de ser visibles en l'aplicació client.

5.1.4 Especificacions tècniques del sistema de detecció

1. Per tal d'aportar un nivell de detall suficient sobre les imatges 2D capturades, el sistema haurà de disposar d'un conjunt de càmeres / sensors 2D amb una resolució mínima d'1mm /píxel tant en l'eix X com en l'eix Y.
2. Similarment, per tal d'aportar un nivell de detall suficient sobre les imatges 3D capturades, el sistema haurà de disposar de càmeres / sensors 3D amb una resolució mínima d'1mm /píxel tant pels tres eixos X, Y i 5 mm en l'eix Z (profunditat o alçada en aquest cas).
3. La freqüència de fotogrames (fps) serà la que requereixi el sistema per assolir les especificacions de resolució mencionades.
4. El sistema haurà de ser capaç d'efectuar la detecció en tota la profunditat de camp en la que es trobin els subsistemes enumerats. Cobrirà des de la cota 0mm,

corresponent a la base superior del sostre del tren (on hi puguin haver alguns dels cargols de subjecció crítics dels subsistemes), passant per la cota +265mm límit màxim del gàlib superior del tren definit pels equips d'aire condicionat, fins a assolir els pràcticament +700mm, corresponents al punt més d'alt del pantògraf (banda de contacte) quan estigui desplegat per al contacte amb el fil de la catenària rígida quan aquesta està instal·lada a la cota nominal.

5. La resolució del sistema per a mesurar el gruix de la banda residual de grafit haurà de ser de +/-0.5mm.
6. Totes aquestes prestacions s'hauran d'assolir sense degradar-se fins a una velocitat màxima de 60km/h, la qual permet ubicar l'equip en pràcticament qualsevol punt del traçat de L1.
7. Malgrat els equips estiguin dins del túnel i no exposats a la intempèrie es requereix que aquest disposin d'encapsulats que garanteixin un índex de protecció mínim IP 67 (o superior), atès que eventualment en el túnel poden produir-se filtracions d'aigua o generar-se fines partícules de pols.

5.1.5 Expandibilitat futura per nous sistemes d'inspecció

1. El sistema ha de permetre la capacitat d'integrar noves funcionalitats futures d'inspecció automatitzada (per exemple dels subsistemes instal·lats en els baixos dels trens), reutilitzant total o parcialment (ampliant si és necessari) els equips i instal·lacions existents entre els punts locals de captació i la ubicació dels sistemes de processament local en camp, dels identificadors RFID/QR (o el que es determini) per a l'activació de la detecció al pas del tren, etc. Per exemple, aprofitant els passos de canalització dels cables de comunicacions i alimentació dimensionats inicialment en excés per aquesta futura expansió, emprant els espais lliure en els racks de processament i comunicacions per a la integració de nous equips si s'escauen... Tot contribuint a la reducció dels costos d'instal·lació futura de les noves funcionalitats. El servidor central també haurà de permetre, mitjançant algunes ampliacions de HW (e.g. disc) i SW (licència del SW) cobrir les noves funcionalitats.

5.2 Requeriments funcionals per a l'operació sistema des de l'oficina

1. L'aplicació servidora donarà servei a l'aplicació client emprada pels usuaris de manteniment de vies.

2. Totes i cadascuna de les imatges 2D/3D generades, independentment de si s'hi ha detectat defectes, han de poder ser visualitzades en el software de gestió, facilitant una inspecció en cru sense processament addicional.
3. L'aplicació servidora mantindrà el registre històric i la traçabilitat de tots els defectes detectats així com de les incidències de disponibilitat dels equips en camp.
4. Les imatges 3D es representaran amb les tècniques de visualització que permetin percebre sobre la pantalla les tres dimensions. A títol d'exemple però sense ser un requeriment específic: amb fals color per a la tercera dimensió, o bé representació tridimensional que permetin fer-ne la rotació en els diferents eixos etc.).
5. En qualsevol dels casos que l'usuari hagi de cercar les imatges corresponents a un determinat tren, bé sigui per fer una comprovació visual o bé sigui per revisar la casuística d'un determinat defecte, el sistema facilitarà la cerca d'imatges mitjançant filtres. Per exemple per rang de dates, tren, cotxe, per subsistema i, en els casos que es vulguin contrastar defectes, per tipologia del defecte i severitat del mateix.
6. Per cadascun dels defectes detectats, l'aplicació servidora generarà una alerta sempre que aquestes estiguin habilitades, tenint en compte el conjunt de regles d'exclusió que s'hagin pogut definir per tren / cotxe, inhibint defectes localitzats que hagin estat categoritzats com a falsos positius, inhibint alarmes ja identificades, per evitar l'excés de repetició d'alertes etc.
7. Les alertes descriuran el tipus de defecte, ubicació i categorització de la criticitat juntament amb una imatge en la que estigui destacat el defecte.
8. L'aplicació client servirà el cas d'ús de la gestió en oficina permetent-li:
 - Revisar el detall de qualsevol localització de les imatges disponibles de cada tren (2D, 3D, etc.) disponibles, desplaçant-se de forma contínua o amb assistència per anar saltant directament als defectes prèviament detectats.
 - Disposar de diferents tipus de visualització dels defectes en forma de taula descriptiva i en sinòptics visuals de la ubicació dels punts al llarg de la via. Els diferents modes de visualització hauran de poder-se filtrar per diferents conceptes tal com tipologia de defecte, criticitat, interval temporal de les captures etc.
 - Determinar si els defectes detectats automàticament, fruit de l'avaluació realitzada per l'usuari, són falsos positius o veritables positius, de manera que quedin registrats en la base de dades.

- Complementar la informació dels defectes amb metadades addicionals sobre la captura, amb un text descriptiu de la mateixa (fruit de la inspecció feta pels operaris en camp) i, idealment, podent-hi adjuntar imatges complementaries de detall d'altres fonts. I un altre text descriptiu diferenciat sobre les mesures correctives aplicades, idealment també podent-hi adjuntar imatges del correctiu.
- Definir manualment l'ocurrència de falsos negatius, és a dir, fallades reals no detectades pels algorismes però apreciables en les inspeccions disponibles. Se'ls podrà categoritzar manualment d'acord als paràmetres tipificats per cada defecte i afegir text descriptiu a mode de metadades addicionals. Es podrà escollir que es generi l'alerta corresponent per tal que els destinataris predefinits de les alertes la rebin per poder reaccionar-hi.
- Introduir, també manualment, altres defectes no apreciables en les dades de les inspeccions disponibles, quan fossin detectats i corregits pels equips d'inspecció humana prèviament a l'enregistrament de la darrera inspecció efectuada. Se'ls podrà categoritzar manualment d'acord als paràmetres tipificats per cada defecte i afegir les metadades addicionals habituals: text descriptiu del defecte, text explicatiu de l'eventual tasca correctiva, ambdues amb la possibilitat, preferiblement, d'adjuntar imatges d'altres fonts.
- Els falsos negatius notificats hauran de poder ser fàcilment exportats per generar nous datasets que permetin a l'Adjudicatari millorar els algorismes desplegats a Metro de Barcelona bé siguin en l'aplicació servidora d'acord amb la tipologia del defecte detectat per cada equip.
- Podrà delimitar zones d'exclusió per tren / cotxe en les quals no s'apliquin els algorismes de detecció (per exemple en el cas de les ubicacions dels equips dels trens auscultadors). Ho podrà fer també per defectes concrets, siguin falsos o veritables positius per evitar duplicitat d'alertes tant en les notificacions en camp com en les generades pel procés de l'aplicació servidora.
- Podrà ajustar alguns paràmetres de la mostra, com ara la ubicació (tren, cotxe) a fi de corregir errors efectuats en l'establiment de les condicions inicials per l'operari de camp, o per manca d'alguna informació de detall.
- Implementarà un gestor del cicle de vida de les alertes associades als diferents tipus de defectes, en els seus diferents estats: actives, reconegudes, no reconegudes, silenciades i desactivades.

- permetrà visualitzar-les i filtrar-les pel seu estat, criticitat i tipologia i període temporal d'ocurrència. En la visualització de taula es podran veure la ubicació i detall de les metadades afegides.
 - permetrà reconèixer les alertes, silenciar-les o desactivar-les. Els canvis seran traçats a nivell d'usuari i en l'instant que es produeixin aquests canvis d'estat, oferint a l'usuari l'opció d'afegir text breu explicatiu.
 - implementarà un conjunt d'informes que permetin totalitzar les alarmes de cada tipus, de forma agregada per totes les línies o per les línies seleccionades, pels intervals temporals etc.
- En relació a la qualitat de les dades, l'aplicació servidora elaborarà periòdicament un conjunt d'informes automàtics simples amb l'objectiu de garantir que tant les dades captades com els resultats derivats de les mateixes siguin prou confiables als efectes de la presa de decisions de manteniment. Per això generarà un informe periòdic en el qual mitjançant un tractament estadístic (mitjanes, variàncies, percentils 50%, 75% i 95%, outliers aberrants, saturació / clipping, absència de valors/gaps) puguin valorar la desviació sistemàtica (no puntual) de les mesures dels diferents sensors i càmeres en relació a la referència d'instal·lació (e.g. en la fita de la Posada en Servei de l'equip) i a la mitjana mòbil de la darrera setmana. A partir dels resultats del l'informe de qualitat de les dades es generarà un indicador resum de la qualitat de la dada (e.g. 0 -100%) que s'adjuntarà en tots els informes i alertes per la consideració de l'usuari. Addicionalment, per l'avaluació de la confiabilitat en quant a les alertes del sistema es generarà un informe periòdic, o a demanda, basat en les mètriques habituals de "precision", "accuracy" i "recall"¹, complementat amb una matriu de confusió, que mostrin els resultats de forma agregada i desagregada per tots els tipus de defectes dels catàlegs tant dels equips en camp com del processament en l'aplicació servidora.
 - L'aplicació servidora també mantindrà un històric dels events i alarmes pròpies de l'estat de disponibilitat dels equips de mesura en el túnel, bé sigui per la notificació automàtica enviada pel propi equip, com per l'entrada manual efectuada per l'operador, amb la finalitat de disposar d'un registre de la fiabilitat i disponibilitat de l'equip.
 - L'aplicació servidora registrarà la monitorització dels paràmetres i estats bàsics de funcionament dels equips de mesura instal·lats en el túnel a fi de disposar d'un registre simple d'activitat. L'aplicació servidora podrà elaborar

¹ Precision = True Positives / (True Positives + False Positives), Recall = True Positives / (True Positives + False Negatives), Accuracy = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN)

uns informes simples amb la informació d'estat i d'activitat d'aquests equips, per tal de poder valorar la productivitat, fiabilitat i els events i fallades de l'equip en un període determinat.

5.3 Especificacions Aplicacions Servidora i Client

5.3.1 Concepte i arquitectura

1. L'aplicació servidora es basarà en una arquitectura centralitzada que implementarà les funcions per a servir els clients del sistema que implementin la Interacció Home Màquina(HMI). També implementarà les funcions de la capa de dades consistents en la centralització històrica de tots els defectes detectats, dels informes elaborats i, en general de totes les dades enregistrades en cru. També executarà la gestió del cicle de vida de les alarmes.
2. L'Adjudicatari determinarà en l'arquitectura de la seva solució si el processament en temps real de les dades per a la detecció de defectes el durà a terme a la mateixa aplicació servidora o si bé la realitzaran uns altres equips d'altres prestacions computacionals, garantint sense demores la integració dels resultats que processin amb l'aplicació servidora.
3. Tant per l'aplicació servidora i els seus components, com per l'aplicació client, es prefereix que s'implementin sobre tecnologies obertes i escalables.
4. La interfície d'usuari de l'aplicació client s'acomodarà a les necessitats dels casos d'ús definits pels mantenidors, els quals bàsicament es centren en els següents:
 - Gestionar l'estat de les incidències actives: Ha de poder visualitzar i consultar tota la informació de context de les alarmes actives que puguin requerir una intervenció correctiva amb certa urgència. Dins d'aquest grup de funcionalitats ha de poder silenciar alarmes per zones i vies per evitar l'excés de falsos positius derivats de situacions de context controlades a priori.
 - La representació de la informació ha de ser ergonòmica concentrant tota la informació rellevant en una sola visualització (sobre N fotogrames) tant de la incidència (tipologia, mesures, destacament visual amb fals color / requadre, mini històric ocurrencies prèvies en els darrers N dies) com del context de la mateixa (línia, tren, cotxe, velocitat, hora), amb l'objectiu de facilitar l'anàlisi de forma ràpida. Aquesta representació no obsta la resta de representacions de la informació en taules, històrics etc que permetin fer un estudi més analític de l'evolució de les tendències dels paràmetres clau.
 - Planificació de les intervencions: Monitoritzar l'estat general dels defectes de cada tren de manera que es puguin identificar de forma

ràpida els trens amb valors més compromesos (sense necessàriament estar fora de límits i, per tant sense alarmes actives) per prioritzar les intervencions preventives.

- Analitzar l'evolució i tendències dels paràmetres monitoritzats: Funcions analítiques que sobre els històrics de dades permetin determinar l'evolució dels diferents paràmetres mesurats. Per exemple, però no limitades a veure l'evolució temporal de les mesures efectuades, evolució del desgast de la banda de captació del pantògraf, etc. En aquest cas d'ús es contemplarà la consulta dels possibles informes que pugui generar l'aplicació.
 - Monitorització de l'estat dels equips: Consultant els registres de les alarmes de fallada i els indicadors de disponibilitat històrics.
 - Ajustos i parametritzacions de les alarmes. Permetent ajustar i acomodar la sensibilitat i llindars de les alarmes als diferents punts quilomètrics o seccions de la via etc.
5. L'aplicació client prioritzarà la usabilitat i conveniència per als diferents casos d'ús enumerats, podent estendre les finestres de visualització a més d'un monitor, si s'escau per l'anàlisi simultani de les imatges de les diferents càmeres, representació del núvol de punts 3D (amb i sense reflectivitat).
 6. L'aplicació client ha de poder ser multilloc, és a dir, ha de permetre que puguin emprar-la simultàniament diversos usuaris.
 7. Es prefereix que la capa client s'implementi amb accés web, com a web client, de manera que no sigui necessari la instal·lació de cap aplicació executable sobre els dispositius remots emprats pels usuaris. També es prefereix que sigui "responsive" de manera que la visualització i la interacció pugui ajustar-se automàticament al dispositiu de navegació emprat per l'usuari, bé sigui desktop, tauleta o telèfon mòbil. No són, però, requisits imperatius.
 8. La capa de gestió de dades s'implementarà sobre una base de dades de tecnologia oberta, preferiblement relacional (SQL) i, si es requereix, complementada per una altra no relacional per a les dades no estructurades. El gestor subministrat de la base de dades implementarà les funcions (jobs) per a realitzar periòdicament el manteniment (backups, compactació dels logs, ...).
 9. La informació generada pel sistema sobre: els defectes detectats (històrics), tipus d'informes generats, les imatges (seqüències de vídeo) i núvols de punts podran ser exportables a formats de fitxers oberts (e.g JSON, CSV, PNG, MP4/MKV) per al processament en altres plataformes.

5.3.2 Requeriments funcionals d'alt nivell de les aplicacions servidora i client

1. Emmagatzemar les dades històriques dels defectes detectats, incloent les imatges discretes i seqüències d'imatges en les quals s'hagin detectat els defectes, podent emmagatzemar fins a 50.000 per línia, en aquest cas L1.
2. Ha de disposar de la capacitat per poder emmagatzemar tot el conjunt de dades sincronitzades (seqüències d'imatges 2D / 3D i d'altres sensors, conjuntament amb els resultats de l'anàlisi en temps real) corresponents a un mínim de 350 scans per cada tren individual (aproximadament equivalents a 15 dies de mostres). En aquest sentit, l'aplicació haurà de permetre que l'usuari determini les seqüències que s'hagin de preservar a mode de referència o històric rellevant.
3. El conjunt de l'aplicació servidora i l'aplicació client han de permetre reproduir de forma contínua les seqüències de dades emmagatzemades permetent a l'usuari des de l'oficina visualitzar simultàniament l'evolució de les imatges 2D i 3D, gruix del pantògraf, etc., amb l'eventual superposició de les alarmes que hi esdevinguin. Aquestes visualitzacions estaran disponibles tant per a les alarmes com per a les seqüències integrals / parcials dels scans de tren que estiguin emmagatzemades al servidor.
4. Han de proporcionar una interfície gràfica que ofereixi una visió general (sinòptica) de l'estat de de cada tren i de la ubicació dels defectes proporcionant accessos directes a les imatges corresponents a cadascun d'ells a fi i efecte de facilitar a l'usuari el contrast del diagnòstic.
5. Disposar de diferents tipus de visualització dels defectes en forma de taula descriptiva i en sinòptics visuals de la ubicació dels punts en els cotxes. Els diferents modes de visualització hauran de poder-se filtrar per diferents conceptes tal com tipologia de defecte, criticitat, interval temporal de les captures etc.
6. Enregistrar de forma contínua la informació de l'estat de funcionament i disponibilitat dels propis equips de camp i del propi servidor, per tal de determinar si el sistema en el seu conjunt està plenament funcional i disponible.
7. Ha d'oferir una visió sinòptica de l'estat de funcionament dels principals components del sistema, destacant els events que hagin pogut ocórrer als equips durant el procés de captació/anàlisi de les imatges en camp.
8. L'aplicació servidora podrà elaborar uns informes simples amb la informació d'estat i d'activitat de l'equip, per tal de poder valorar la productivitat, fiabilitat i els events i fallades de l'equip en un període determinat.
9. Ha de permetre consultar els informes periòdics o d'alarma generats (descrits en un punt inferior).

10. Ha de permetre configurar els rols i llistes d'usuaris associades a la distribució d'informes (per correu electrònic).

5.3.3 Gestió de les alarmes

1. Ha de permetre accedir als històrics dels registres i alarmes, podent establir filtres sobre els atributs desats que facilitin la cerca. Per al cas de les alarmes permetrà a l'usuari commutar-ne l'estat i establir-ne els comentaris si s'escauen.
2. Ha d'integrar diferents nivells de severitat d'alarma, per exemple lleu / moderat / crític, en funció de l'establiment de llindars específics per cadascun dels defectes.
3. Les alarmes disposaran de com a mínim 2 estats en relació a l'acceptació per part del l'usuari: pendent de reconeixement i ja reconegudes. En la detonació d'una nova alarma aquesta estarà en estat "pendent de reconeixement". Mitjançant la interfície gràfica l'usuari podrà commutar-ne l'estat a reconeguda (o a la inversa). En el reconeixement de l'alarma l'usuari hi podrà acompanyar una breu comentari que complementi el diagnòstic. Tots aquests canvis generaran un registre traçable (data i usuari) en la base de dades.
4. Poder complementar la informació dels defectes amb metadades addicionals sobre la captura, amb un text descriptiu de la mateixa (fruit de la inspecció feta pels operaris en camp) i, idealment, podent-hi adjuntar imatges complementaries de detall d'altres fonts. I un altre text descriptiu diferenciat sobre les mesures correctives aplicades, idealment també podent-hi adjuntar imatges del correctiu.
5. Les alarmes disposaran de com a mínim 2 estats en relació al seu nivell de notificació als destinataris: no silenciades o silenciades. L'aplicació ha de permetre la commutació dels estats, per tipus d'alarma, zona etc.
6. Les alarmes podran ser generades automàticament pel sistema, el més habitual, o per l'usuari. En el cas dels defectes que el sistema no hagi diagnosticat però efectivament hi hagi un problema, i.e. un "Fals Negatiu", l'usuari ha de poder delimitar el defecte en la imatge i detallar-ne les propietats característiques d'aquell tipus de defecte. També ha de poder assignar-li el nivell d'alarma que convingui i forçar-ne l'enviament als destinataris.
7. Els falsos negatius notificats podran ser fàcilment exportats per generar nous datasets que permetin a l'Adjudicatari millorar els algorismes desplegats a Metro de Barcelona bé siguin en el servidor central o en els equips de camp d'acord amb la tipologia del defecte detectat per cada equip.
8. En el cas d'alarmes generades automàticament pel sistema, l'usuari ha de poder anul·lar-la (passar-la a Sense Alarma) o canviar-ne la severitat (e.g. Alerta <=>

Crítica), corregint doncs “Falsos Positius”. Tots aquests canvis generaran un registre traçable (data i usuari) en la base de dades.

9. Ha de permetre establir els llindars de d’alarma per cada tipus de defecte tal vegada que també ajustar els paràmetres de configuració i sensibilitat de l’algorisme de detecció de cada defecte.
10. L’usuari ha de poder silenciar les alarmes, malgrat que aquestes es continuïn registrant en la base de dades, per tipus de defecte i per zones concretes de cada carril per cada línia. També ha de poder-ho fer per defectes específics i concrets per tal que en cas que no s’hagin reparat eviti generar informes d’alarma repetits sobre el mateix defecte.
11. Ha de permetre aplicar zones d’exclusió (en cadascun dels cotxes) en les quals no es registri cap defecte en la bases de dades ni es generi cap alarma (e.g. en la zona dels equips dels trens auscultadors.). També ha de permetre seleccionar els algorismes de detecció a aplicar per defecte en cada Sèrie, si hi ha algunes diferències concretes entre els S6000 i S8000.
12. El sistema també haurà de permetre gestionar i visualitzar les alarmes associades a l’estat de funcionament i disponibilitat del propi sistema, tant dels subsistemes de l’equip de camp com de l’aplicació servidora.

5.3.4 Elaboració d’informes i descàrrega de dades:

1. El programari ha de permetre generar informes de resum sobre els defectes identificats per tren, per període de temps, presentant les dades agrupades per defecte i ordenades per diferents criteris (sèrie de tren, tren, cotxe, data, de major a menor nombre d’ocurrències etc.). Inclourà també una valoració de la qualitat de les dades per tipologia de defecte, mostrant mètriques com ara la precisió, la sensibilitat “recall”, etc.
2. Generarà un informe resum de la disponibilitat i productivitat del propi equip a partir de la informació registrada d’autodiagnosi, incloent-hi també el llistat de les alarmes dels subsistemes.
3. En cas de detecció d’una alarma sobre el mal funcionament d’un component del propi sistema, l’aplicació generarà un informe de l’alarma en el qual es presentarà tota la informació del context de la mateixa. Aquests informes s’adreçaran automàticament per correu electrònic a una llista d’usuaris configurable (potser diferent de la llista d’alarmes de tren).
4. Els informes es desaran en un registre i podran ser cercats amb filtres convenients, podent visualitzar i descarregar l’informe seleccionat.

5. En els registres històrics de dades, l'aplicació ha de permetre a l'usuari descarregar les dades en cru (e.g. CSV, JSON) de tots els camps i atributs de dades disponibles sobre el filtre aplicat (rang de dates, trens, etc.).

5.3.5 Gestió bàsica d'usuaris i rols

6. Els usuaris hauran d'identificar-se per accedir a l'aplicació.
7. Es podran crear usuaris de l'aplicació, assignant-los un o més rols. També es podran donar de baixa usuaris.
8. En termes generals hi haurà tres rols bàsics per interactuar amb l'aplicació que podrien ser similars o assimilables als següents:
 - Rol Bàsic: Permet realitzar totes les funcions nominals d'operació, excepte les pròpies de configuració i ajust sobre el comportament del sistema com ara l'establiment de llindars d'alarma, parametrització dels informes, definició de llistes de distribució etc.
 - Rol Mestre: Realitza les mateixes funcions que el rol bàsic i addicionalment pot configurar els paràmetres de l'aplicació com ara llindars d'alarmes, parametrització d'informes, inhibició de defectes, creació de zones d'exclusió, creació de llistes de distribució, creació de nous usuaris i assignació de rols.
 - Rol Manteniment del Sistema: Si s'escau en la implementació de la solució de l'Adjudicatari. Pot configurar aspectes de baix nivell del sistema, sobre els mòduls sensors, comunicacions, etc.

5.3.6 Aplicació servidora: API per a l'intercanvi de dades “Machine to Machine”

1. L'aplicació servidora implementarà una API HTTP REST (o similar) amb codificació JSON (o similar) per a realitzar les consultes bàsiques per a l'extracció de dades que facilitin la integració d'aquesta solució amb d'altres sistemes d'informació. A grans trets, l'API haurà de permetre:
 - Recuperació de la totalitat de les dades associades als registres dels defectes que compleixin un conjunt de criteris de filtre: per línia, sèrie, identificador de tren, en un rang de temps, per tipologia de defecte (un, diversos o tots). Les seqüències d'imatges i dades en cru associades s'adjuntaran com a enllaços URL per a ser descarregades. Similarment, en el cas que els registres comportessin la generació d'un informe, s'adjuntarà també l'enllaç URL a l'informe.

- Recuperació de la totalitat de les dades associades als registres d'estat i alarmes dels subsistemes de conformen la totalitat del sistema, podent-les seleccionar per rang de temps. En el cas que els registres comportessin la generació d'un informe, s'adjuntarà també l'enllaç URL a l'informe.
 - En el moment en què el servidor registri un defecte (o un conjunt de defectes en passar un tren), bé sigui deguda als equips de camp o pel procés notificats manualment en el servidor o backend, l'API haurà de notificar l'existència d'aquests nous defectes detectats a un servidor extern mitjançant webhook o tecnologia similar que s'acordarà entre les parts en la fase de projecte.
2. L'aplicació servidora també implementarà una API bàsica per a la reproducció en clients web de les seqüències d'imatges (2D i 3D) corresponents als scans de tren que estiguin emmagatzemats en el servidor, podent seleccionar la unitat de tren i l'hora de l'scan.
 3. Similarment, l'aplicació servidora implementarà una API bàsica per al retorn de les dades tabulars (no necessàriament només defectes) que estiguin emmagatzemats en el servidor.
 4. Finalment l'API ha d'implementar una interfície molt simple per poder afegir dades contextualitzades del tren d'esdeveniments significatius, tals com data d'una reparació rellevant (només cal numero de tren, timestamp i text descriptiu).

6 Instal·lació dels equips en camp

6.1 Aspectes essencials

6.1.1 Seguretat i coordinació:

1. La instal·lació dels equips s'haurà de dur a terme estrictament d'acord amb la normativa de seguretat vigent a les instal·lacions del Ferrocarril Metropolità de Barcelona (FMB), amb especial èmfasi en els tallers de material mòbil. És obligatori complir el procediment P104 "Normes per a treballs als tallers del Servei de Material Mòbil".
2. A més, s'haurà de coordinar l'execució dels treballs amb el Servei de Manteniment de Vies / Infraestructura de Metro de Barcelona per evitar interferències amb les tasques de manteniment programades, assegurar la

instal·lació dels suports i llurs fixacions d'acord a les característiques físiques de la volta del túnel, etc.

6.1.2 Coordinació d'activitats empresarials:

1. Com a part del procés d'instal·lació, és obligatori formalitzar el procediment de coordinació d'activitats empresarials (CAE) per garantir la seguretat i la salut dels treballadors durant l'execució dels treballs.
2. Ubicació dels treballs. Els treballs s'executaran en els emplaçaments de la xarxa d'FMB determinats en la fase de definició de detall del projecte.

6.2 Instal·lació dels equips

6.2.1 Ubicació, alimentació i cablejat

1. Els equips de mesura i captació s'instal·laran en la volta superior del túnel en el punt que es determini en les accions d'enginyeria de detall i replantejament (Fase 1), considerant totes les condicions que hi puguin incidir (velocitat, distància de la volta al sostre del tren, característiques del traçat, etc.).
2. Aquests equips ubicats en alçada hauran de ser prou compactes per no requerir cap superestructura que redueixi el gàlib o que es prolongui fins a nivell de via. Hauran de vetllar també per l'estricta compliment de les distàncies de seguretat elèctrica respecte a la catenària.
3. El conjunt d'equips que integrin el servidor s'instal·laran en un armari rack. En les tasques de replantejament es determinarà l'emplaçament idoni, a priori en una sala tècnica relativament pròxima als equips de captació.
4. Cablejat:
 - Tipus de cable: S'utilitzaran cables que compleixin els estàndards ferroviaris més exigents, com ara la norma EN45455, garantint així una alta resistència al foc i a altres factors ambientals típics de l'entorn ferroviari.
 - Separació i apantallament: Els cablejats d'alimentació, control i comunicacions es separaran físicament i seran apantallats per evitar interferències electromagnètiques.
 - Instal·lació: Els cables es conduiran a través de canalitzacions específiques i s'ancoraran adequadament per evitar moviments i tensions que puguin danyar-los.

7 Requeriments generals de ciberseguretat

7.1 Abreviatures

CCN	Centre Criptogràfic Nacional
DMZ	Zona desmilitaritzada
EDR	Detecció i Resposta de Punts Finals
ENS	Esquema Nacional de Seguretat
IDS	Sistemes de Detecció d'Intrusos
GPDR	Reglament General de Protecció de Dades
IICC	Infraestructures Crítiques
IPS	Sistemes de Prevenció d'Intrusos
IT	Tecnologia de la Informació
IPS	Sistemes de Prevenció d'Intrusos
LOPD	Llei Orgànica de Protecció de Dades Personals i garantia dels drets digitals
NIS	Seguretat de la xarxa i del sistema d'informació
OT	Tecnologia de l'operació
SGSI	Sistema de gestió de seguretat integral
SIEM	Gestió d'esdeveniments i informació de seguretat
SLA	Acord de Nivell de Servei
SL	Nivell de Seguretat
SL-A	Nivell de Seguretat Assolit
SL-T	Nivell de Seguretat Objectiu
SOC	Centre d'operacions de seguretat

7.2 Objecte dels requeriments de ciberseguretat ferroviària

Per la necessitat d'abordar la gestió de riscos de seguretat de la informació al sector ferroviari per al sistema licitat, FMB requereix establir les condicions mínimes per satisfer pel sistema objecte d'aquest plec, en matèria de ciberseguretat. Per complir els requisits establerts a l'SGSI d'FMB i garantir la prestació d'un servei essencial, l'adjudicatari complirà amb les exigències especificades al document següent.

El procés de gestió de la ciberseguretat, per a l'adquisició de l'equip d'auscultació de gàlib de túnel, haurà de complir amb les normatives i estàndards de seguretat:

- Esquema Nacional de Seguretat (ENS)
- Directiva NIS2
- LOPD
- Els sistemes operacionals hauran de complir amb l'aplicació de les recomanacions recopilades a les Normatives: UNE-EN IEC 62443, EN 50701 particular per al sector ferroviari - o la seva futura transposició a IEC63452 que ja està en curs- i l'Esquema Nacional de Seguretat (ENS – CCN)

Totes les Normes seran considerades a la versió vigent, en la seva darrera publicació a la data d'adjudicació del contracte.

Aquest procés s'aplica a tot el sistema en conjunt (tots els subsistemes que integren el sistema, les interfícies entre els diferents subsistemes, etc.) i les interfícies que resultin aplicables entre el sistema licitat i el Sistema Ferroviari de FMB.

A més, cal considerar la ciberseguretat en el context del procés del cicle de vida de la norma EN 50126-1 RAMS.

7.3 Requisits de seguretat per a la fase de disseny i integració

El proveïdor de la solució haurà de nomenar un Responsable de Ciberseguretat (RdC) encarregat de liderar i coordinar totes les activitats relacionades amb la ciberseguretat, incloent-hi la definició d'estratègies, la gestió de riscos i la implementació de polítiques i procediments per protegir la infraestructura.

Aquest RdC serà l'interlocutor amb el responsable de Ciberseguretat de FMB, amb qui mantindrà reunions periòdiques per avaluar les propostes de ciberseguretat, la implementació de mecanismes de seguretat i el seguiment de la implementació.

L'adjudicatari haurà de contemplar, com a mínim, els següents requisits de partida, que es poden veure ampliat després de l'anàlisi de risc i la proposta d'arquitectura de seguretat:

1. Compliment de normatives i estàndards de seguretat de FMB.
2. Realitzar una anàlisi de riscos preliminar de ciberseguretat, basant-se en MAGERIT/PILAR i en la norma TS50701, segons la nota tècnica NTOTIC_011_MAPA DE RISCOS OT+IICC.

Identificar escenaris de possibles atacs que puguin involucrar o afectar d'alguna manera els sistemes objecte d'aquest plec.

3. Realitzar una proposta d'arquitectura de seguretat inicial identificant solucions de seguretat que es podrien utilitzar per mitigar els riscos identificats:

- Identificar les zones de seguretat i els conductes
 - Mecanismes de seguretat a aplicar entre zones
 - Taula de comunicació: identificant flux de dades permès entre zones, i les regles a establir als conductes per restringir l'encaminament de la xarxa
 - El disseny i la implementació de les xarxes haurà de garantir la segregació entre els sistemes operacionals crítics i els de menor criticitat, basant-se en els requisits de la norma ferroviària
 - Cal garantir la segregació entre l'entorn OT i l'entorn IT, per assegurar la seguretat perimetral de la xarxa operacional, mitjançant un filtrat robust del trànsit entrant i sortint entre les diferents zones. La xarxa operativa s'ha de separar de la no operativa mitjançant un díode de dades (quan les dades només surtin de la xarxa operativa) o una zona desmilitaritzada (DMZ) quan calgui comunicació bidireccional.
 - Les màquines per a l'explotació de dades s'allotjaran a una zona específica, fora de la xarxa crítica.
 - En cas de requerir màquines de salt, s'ubicaran en una zona específica. Cal habilitar equips host bastionat com a servidor de salt.
 - La comunicació i les interaccions humanes a les zones d'alta criticitat s'han de supervisar, registrar i emmagatzemar amb fins forenses almenys als límits del subsistema (vegeu també EN IEC 62443-3-3 / SR 2.8)
 - El responsable de la zona de criticitat superior ha de gestionar els dispositius de seguretat entre zones de criticitat diferent que protegeixen la seva zona (vegeu també EN IEC 62443-3-2, ZCR 3.1).
 - La zona de criticitat superior ha de considerar les entrades de la zona de seguretat inferior com a potencialment hostils.
 - L'accés directe (de manteniment) no s'ha de permetre des de les zones de negoci a les zones de control sense control mitjançant un dispositiu de seguretat o similar (per exemple, un servidor intermediari)
 - L'accés de manteniment extern (per exemple, mitjançant Internet) s'ha d'agrupar en una zona separada.
4. Realitzar una anàlisi de riscos detallat per a cada actiu i zona identificat, on es determini per vector els nivells de seguretat objectiu (SL-T) i els nivells de seguretat assolits (SL-A), abans de traspasar els riscos residuals a FMB.

Prèviament, sense disposar de l'anàlisi detallada de la solució, el nivell de seguretat mínim per als sistemes operacionals serà el que determini el Comitè de Ciberseguretat que l'estima en SL2.

5. La solució haurà de basar-se en els principis de mínim privilegi, confiança zero i defensa en profunditat.
6. S'haurà de lliurar les guies de "bastionat" de tots els equips, quan s'escaigui.
7. S'haurà de presentar un pla per gestionar la seguretat de la cadena de subministrament.
8. La solució proposada haurà de complir el nivell de seguretat requerit durant tot el cicle de vida del sistema.
9. Gestió de vulnerabilitats i pegats: Especificar la implementació d'un procés formal per a la gestió de vulnerabilitats, que inclogui l'avaluació regular de riscos, el pegat oportú de vulnerabilitats conegudes i la resposta a incidents de seguretat. Indicar quins són els SLAs per publicar pegats i durant quant de temps es comprometen a generar pegats per a les versions lliurades al projecte.
10. Protecció de dades personals: Si escau, caldrà establir mesures per garantir la protecció de dades personals, incloent-hi el xifratge de dades sensibles, la minimització de dades i el compliment de regulacions de privadesa com el GDPR.
11. Autenticació i control d'accés: Si escau, el sistema de control haurà d'integrar-se amb Directori Actiu OT per poder gestionar comptes d'usuaris (afegir, eliminar, modificar o desactivar) establint condicions per pertànyer a un grup i assignar autoritzacions. Així com la capacitat d'admetre la gestió dels identificadors (permetent operar dins un domini o zona de control específic del sistema) per usuari, grup, rol o interfície del sistema de control.
12. Xifratge de comunicacions: Si escau, es requerirà l'ús de xifratge robust per a totes les comunicacions entre els components del sistema, incloent comunicacions internes com a externes. L'adjudicatari haurà d'especificar quins algorismes, mides de clau, etc. utilitzarà en cada cas. (El CCN disposa de la guia CCN-STIC 807 per adequació a l'ENS que pot ser de referència).
13. Monitorització i registre d'esdeveniments: Especificar la implementació d'eines de monitorització de seguretat i registre d'esdeveniments per detectar i enregistrar activitats sospitoses, així com per facilitar la resposta a incidents de seguretat.

Si escau, com a part de la solució caldrà incloure una solució de monitorització industrial en temps real que detecti intrusions (IDS).

Si escau, per tal de poder cobrir la totalitat dels equips industrials connectats a la xarxa, la gestió d'inventari, intrusions, anomalies i vulnerabilitats s'ha de fer tant, sobre els elements i el trànsit dels equips connectats mitjançant protocols IP, com sobre els equips connectats mitjançant protocols propietaris del sector ferroviari. La supervisió del trànsit s'ha de fer de forma passiva, aprenent del funcionament de la xarxa per alertar-ne els comportaments anòmals. La solució

ha de permetre visibilitat, gestió, detecció, identificació i control dels actius de la xarxa, així com de les anomalies, vulnerabilitats i/o qualsevol esdeveniment present a les xarxes OT del sistema. La monitorització haurà de poder integrar-se amb la plataforma de monitorització OT de FMB basada en tecnologia Guardian de Nozomi Networks. Haurà de tenir capacitat de realitzar tasques de:

- Descobriment i inventariat d'actius
- Identificació de protocols
- Identificació dels fluxos de comunicació i disponibilitat de la xarxa
- Identificació de les vulnerabilitats existents als actius desplegats, així com la situació d'aquestes
- Detecció de trànsit maliciós i anomalies a l'entorn industrial
- Anàlisi de riscos i vectors d'entrada
- Detecció d'amenaques avançades que siguin específiques per a xarxes industrials
- Estat de salut i rendiment dels sistemes
- Asset Intelligence: disponibilitat d'enriquir la informació dels Assets descoberts, així com el comportament sense necessitat d'aprendre'l
- Capacitat per extreure els valors de les variables de procés
- Capacitat d'utilitzar els valors de les variables de procés en la generació de la baseline de comportament
- Capacitat de detecció d'anomalies
- Capacitat de detecció d'amenaques, almenys de les següents deteccions davant d'amenaques conegudes:
 - Packet rules
 - YARA rules
 - Indicadors STIX

La solució haurà de ser on-premise, garantint la no sortida de dades de l'organització. La informació obtinguda a través de la plataforma passiva de monitoratge industrial en temps real s'haurà de poder enviar al SIEM de TMB (actualment Splunk).

14. Haurà d'assegurar que els equips i aplicacions classificades com a crítiques generin Logs. Aquests hauran de ser custodiats de forma segura per evitar-ne la modificació.
15. El disseny ha d'assegurar la disponibilitat del sistema global (redundància).

16. S'han de fer proves FAT de les solucions de seguretat abans d'implementar-se.

Si escau, FMB es reservarà l'acceptació final de la solució als resultats d'una auditoria de proves de penetració (pentesting) que haurà de presentar l'adjudicatari, podent donar-se el cas de requerir certificar-se a la norma 62443 4.2.

7.4 Requisits de ciberseguretat per a la fase de suport i manteniment

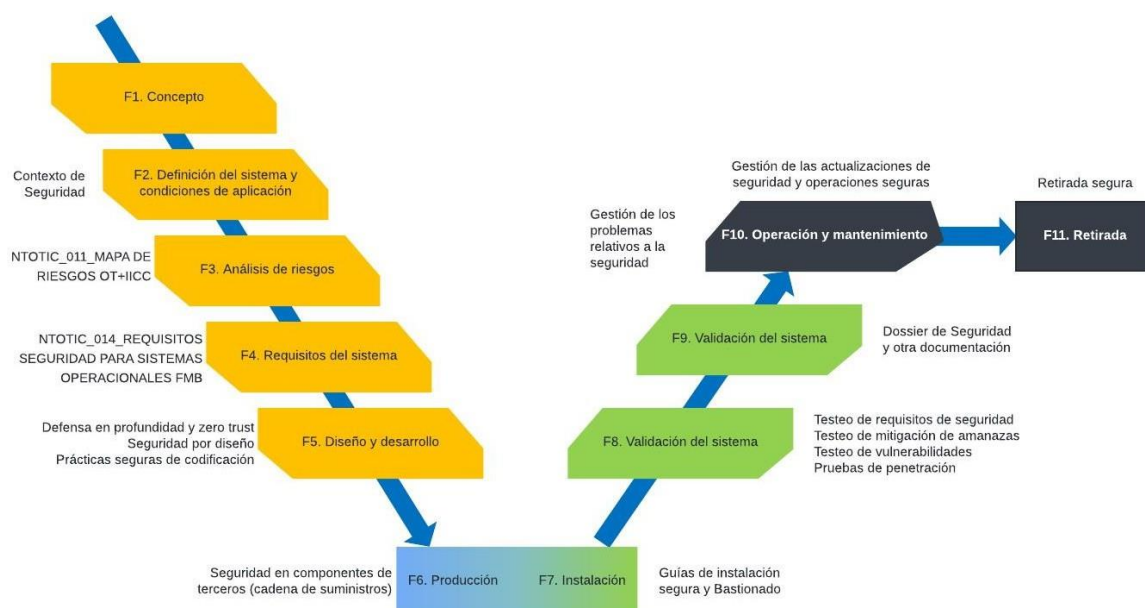
1. Compliment normatiu continu: Assegurar que la solució aportada, el sistema en conjunt i les operacions de suport i manteniment continuïn complint totes les normatives i estàndards de seguretat rellevants durant tot el cicle de vida del producte. El mantenidor del sistema ha de garantir que la seguretat no es vegi degradada per les activitats.
2. Actualitzacions de seguretat regulars: Cal establir un procés per regular l'actualització de programari i maquinari, i les actualitzacions de seguretat periòdiques per abordar noves vulnerabilitats i amenaces de seguretat que puguin sorgir durant el cicle de vida del sistema.
3. Actualització i manteniment de programari i sistemes operatius.
4. Gestió de pegats: Establir un procés per a la gestió eficient i oportuna de pegats de seguretat, que inclogui l'avaluació d'impacte, la programació d'implementació i la verificació de l'efectivitat dels pegats aplicats.

Per a la gestió de vulnerabilitats i pegats, l'adjudicatari haurà de donar visibilitat dels seus SLAs per publicar els pegats i comprometre's a generar pegats per a les versions lliurades al projecte.

5. Ús de programari antivirus, antimalware o EDRs. S'haurà de disposar per a tot el programari que s'executa als equips amb antivirus, un inventari explícit dels processos i directoris que s'hagin de posar com a excepcions de l'antivirus, sempre i quan els entorns d'execució siguin vulnerables a aquest tipus d'amenaça.
6. S'haurà d'actualitzar i mantenir plans de continuïtat i recuperació davant de desastres per assegurar la resiliència operativa.
7. Resposta a incidents de seguretat: Especificar la disponibilitat d'un equip de resposta a incidents de seguretat dedicat, que pugui proporcionar assistència immediata en cas que es detecti una vulnerabilitat o incident de seguretat al sistema.
8. Auditories de seguretat regulars: Si escau, requerir la realització d'auditories de seguretat periòdiques per part d'un tercer independent per avaluar el

compliment dels requisits de seguretat, identificar possibles deficiències i recomanar millores.

9. Suport i recuperació de dades: Establir procediments per fer còpies de seguretat periòdiques de les dades crítiques del sistema i garantir la disponibilitat de mecanismes de recuperació de dades en cas de pèrdua o corrupció d'informació. Realització de proves de restauració periòdiques.
10. Monitorització de seguretat contínua: Exigir la implementació de sistemes de monitorització de seguretat contínua, que permetin la detecció primerenca d'activitats sospitoses o anomalies al sistema i facilitin una resposta ràpida a possibles amenaces. Cal establir un monitoratge continu de la xarxa per detectar anomalies. Aquests esdeveniments seran enviats al SIEM Corporatiu de TMB.
11. Si s'escau, en funció de la configuració de xarxa on estiguin connectats els equips, instal·lar Firewalls i implementació de regles basades en privilegis mínims.
12. Gestió d'accessos i privilegis: Si escau, establir polítiques i procediments per a la gestió segura d'accessos i privilegis, incloent-hi la revisió regular dels drets d'accés i l'aplicació de principis de privilegi més baix.
13. Capacitació en seguretat: Continuar proporcionant capacitació en conscienciació sobre seguretat al personal involucrat en el suport i manteniment del sistema, per mantenir la seva sensibilització sobre les amenaces de seguretat i les millors pràctiques de seguretat.
14. Avaluació i millora continuada: Establir un procés d'avaluació i millora contínua de la seguretat, que permeti identificar àrees de millora, implementar mesures correctives i adaptar les pràctiques de seguretat a mesura que evolucionin les amenaces i els requisits.
15. Cal disposar d'un entorn de proves que permeti testejar amb garantia les actualitzacions de seguretat.



L'incompliment parcial o total d'aquests punts s'haurà d'acordar amb el CISO de TMB.

7.5 Documentació a lliurar de Ciberseguretat

El proveïdor de la solució haurà de lliurar la següent documentació durant la fase de disseny i integració:

1. Anàlisi de risc preliminar.
2. Inventari d'actius
3. Arquitectura de seguretat
 - a. Diagrama de zones i conductes
 - b. Anàlisi de risc detallat per a cada zona de seguretat
 - c. Propòsit de la comunicació (Funcionalitats, protocols...)
 - d. Matriu de comunicacions
 - e. Flux de dades (origen, destí, nodes...)
 - f. Regles Firewall (comunicació entre diferents zones)
4. Descripció de contramesures compensatòries.
5. Nivell de seguretat objectiu (SL-T) i nivell de seguretat assolit (SL-A).
6. Guies de "bastionat" dels equips (com Annex s'aporten mesures mínimes de "bastionat" requerit per l'ENS).
7. Pla per gestionar la seguretat de la cadena de subministrament.
8. Gestió de vulnerabilitats i pegats.

9. Així com tota la informació requerida en compliment de la normativa vigent a l'àmbit de la ciberseguretat.
10. Si escau, resultats d'una auditoria de proves de penetració.
11. Proposta de pla de manteniment i actualització dels actius inventariats del sistema, amb indicació de les operacions de seguretat i el perfil tècnic requerit per a la seva execució.
12. Plans de recuperació i continuïtat

7.6 Formació de ciberseguretat

El proveïdor de la solució durant la fase de disseny i integració haurà de definir el pla de formació de ciberseguretat que inclogui temari específic en funció del perfil d'usuari i/o rol d'interacció amb el sistema i subsistemes.

8 Pla de Formació

1. L'Adjudicatari elaborarà un Pla de Formació en el que es descriguin els continguts de les sessions de formació amb l'objectiu de capacitar als diferents perfils d'usuaris del sistema per a l'operació i parametrització del mateix. També els prepararan per a realitzar tasques de manteniment de primer nivell (troubleshooting) per a la recuperació del sistema davant de les fallades més habituals així com per a efectuar el diagnòstic de les incidències més comuns. L'enfocament, sense renunciar a la presentació dels conceptes teòrics fonamentals que permetin entendre el funcionament del sistema, haurà de ser eminentment pràctic:
 - Una part per adquirir els coneixements funcionals i d'interfície d'usuari necessaris per l'operació del sistema, tant pels operaris de camp del sistema com pels usuaris de l'aplicació en oficina.
 - Una part tècnica per adquirir els coneixements funcionals i de les operacions de manteniment o inspecció dels equips de camp que requereixi fer FMB per garantir el bon funcionament del sistema, així com les accions per a la diagnosi de problemes i la seva resolució. Similarment per al manteniment dels equips informàtics.
2. S'impartiran un parell de sessions de formació per torn de treball (matí, tarda i nit) en les que s'impartiran l'operació i el manteniment del sistema.

3. L'adjudicatari enregistrarà els continguts de les sessions (en àudio, vídeo) per consultes o reproduccions posteriors.

9 Manteniment i Suport Tècnic

1. La documentació per al manteniment inclourà el desglossament d'equips i materials de tota la instal·lació amb la descripció detallada de marques i models utilitzats i característiques per poder garantir la mantenibilitat del sistema durant la seva vida útil.
2. També inclourà una proposta valorada de recanvis a abastir, els manuals d'usuari i de manteniment, amb el detall de les inspeccions i operacions a realitzar, les periodicitats, les eines o instrumentació necessària, així com les instruccions detallades, que s'hauran explicat a les sessions de formació.
3. També es lliurarà:
 - El detall del pla de manteniment preventiu que efectuarà l'Adjudicatari durant el període de garantia de 3 anys per totes aquelles accions que requereixin la intervenció del seu personal expert.
 - El detall del pla de manteniment preventiu de les accions bàsiques que no requereixin personal especialitzat i que puguin ésser realitzades pel personal de FMB sobre els equips, d'acord al pla de formació.
 - Els nivells de servei i temps de resposta de l'Adjudicatari per a la realització d'accions correctives, detallant els inductors de cost i el cost d'aquestes. Aquestes condicions seran d'aplicació sobre els equips que s'hagin malmès per mal ús o per accident fortuït. Els nivells de servei i temps de resposta també s'aplicaran sobre els equips que fallin durant el període de garantia però en aquest cas sense cost del servei i de l'equip per a FMB.
 - Proposta de suport tècnic durant el període de garantia, per la consulta de dubtes i/o problemàtiques, on es defineixin els canals de comunicació que posa a disposició de FMB, l'horari d'atenció i el temps de resposta proposat.

10 Documentació

1. L'Adjudicatari haurà de lliurar la documentació següent en les fases que s'indiquen:
 - Memòria descriptiva de cadascun dels components clau de la solució, és a dir de l'equip de mesura i captació en el túnel (amb tots els seus subsistemes), aplicació servidora, l'aplicació de camp i API. En cada cas, des d'una perspectiva d'enginyeria de sistemes, amb un plantejament top-down, es descriuran els blocs principals, explicant les especificacions funcionals i no funcionals (mètriques de resolució, rendiment, latència, etc.), les especificacions tècniques. També s'explicaran les principals interfícies entre els blocs, descrivint el tipus d'aquestes (lògiques, elèctriques, mecàniques i els intercanvis d'informació principals entre elles). Es detallarà la ubicació de les funcionalitats (function allocation) de forma clara. [Es lliurarà en la fase de projecte, com a condició prèvia per a iniciar a la fase d'execució. Al final de la fase d'instal·lació i proves s'actualitzarà reflectint la realitat (As Built) del sistema lliurat].
 - Per a l'equip de mesura i captació instal·lat en túnel: Diagrama d'especejament o d'explosió, descrivint gràficament el conjunt de components des del punt de vista mecànic, mostrant l'assemblatge i ajust de totes les parts i les mides dels components i els mecanismes i característiques dels elements de subjecció a la volta superior del túnel. [Es lliurarà en la fase de projecte, com a condició prèvia per a iniciar a la fase d'execució. Al final de la fase d'instal·lació i proves s'actualitzarà reflectint la realitat (As Built) del sistema lliurat].
 - Per a l'equip de mesura i captació instal·lat en túnel: Diagrama esquemàtic del connexionat elèctric dels elements. [Es lliurarà en la fase de projecte, com a condició prèvia per a iniciar a la fase d'execució. Al final de la fase d'instal·lació i proves s'actualitzarà reflectint la realitat (As Built) del sistema lliurat].
 - Per a l'aplicació servidora / processament de dades en temps reals: Diagrama esquemàtic del connexionat elèctric dels elements. Distribució dels components en el(s) rack(s) previstos. [Es lliurarà en la fase de projecte, com a condició prèvia per a iniciar a la fase d'execució. Al final de la fase d'instal·lació i proves s'actualitzarà reflectint la realitat (As Built) del sistema lliurat].
 - Per als equips informàtics (aplicació servidora / processament de dades i aplicació client): Requeriments del diferents components dels maquinari i

sistema operatiu per a l'execució dels respectius programes. [Es lliurarà en la fase d'instal·lació i proves, prèviament a la fase de posada en servei].

- Per als equips informàtics i de comunicacions: Informe tècnic sobre les mesures, paràmetres i configuracions aplicades en llur implementació en relació al compliment dels requeriments de ciberseguretat. [Es lliurarà en la fase d'instal·lació i proves, prèviament a la fase de posada en servei].
- Per als equips informàtics (instal·lats en camp o aplicació servidora): Manuals d'instal·lació i configuració del programari, controladors (drivers), etc., de manera que en cas d'haver de reemplaçar un d'aquests components es puguin restituir i emprar de nou. [Es lliurarà abans de finalitzar la Posada en Servei].
- Fitxes de característiques dels materials i components instal·lats. [Es lliurarà abans de finalitzar la Posada en Servei].
- Descripció d'alt nivell de l'arquitectura del programari identificant els principals blocs funcionals, explicant de forma succinta les atribucions funcionals i les principals interfícies internes (entre blocs / components) i externes (sistemes d'informació externs). També ha d'incloure una breu explicació de les tecnologies subjacents sobre les quals s'han implementat els diferents components. [Es lliurarà en la fase de projecte, com a condició prèvia per a iniciar a la fase d'execució. Al final de la fase d'instal·lació i proves s'actualitzarà reflectint la realitat (As Built) del sistema lliurat]
- Descripció dels models / algorismes de detecció i diagnosi, sense entrar en detalls que comprometin la propietat intel·lectual, les entrades d'informació, les sortides i tipus de processament se'ls hi aplica (e.g. heurístic, estadístic, analític, machine learning). En el cas de machine learning identificarà si és del tipus supervisat o no supervisat. [Es lliurarà en la fase de projecte, com a condició prèvia per a iniciar a la fase d'execució. Al final de la fase d'instal·lació i proves s'actualitzarà reflectint la realitat (As Built) del sistema lliurat]
- Registre de canvis (ChangeLog) en el que es determinarà el mòdul en el qual aplica el canvi, el tipus de canvi categoritzant-lo segons el seu abast (correcció, millora, nova funcionalitat, eliminació prestació, seguretat, etc.), una breu descripció, la data en què s'implementà i la versió en la que entrà en productiu el canvi. Aquest registre també s'aplicarà sobre els mòduls de detecció i diagnosi. [S'anirà mantenint des de la fase de Producció i fins al final de la Garantia]

- Datasets creats específicament per al projecte de Metro de Barcelona, bé siguin per entrenar els algorismes o per validar-ne el seu rendiment. [Es lliuraran al final de la fase d'Instal·lació i Proves, actualitzant-los si s'enriqueixen durant la fase de Posada en Servei o Garantia]
- Manuals d'usuari de tots els equips i aplicacions. A part de la descripció de les funcionalitats exposaran els passos per als diferents casos d'ús de cada context (operaris en camp, usuaris oficina), enfocats a la l'operació i ús del sistema en el seu conjunt. Particularment inclouran capítols específics on es detallarà l'explicació dels diferents algorismes de detecció i els paràmetres configurables per part de l'usuari. [Es lliurarà en la fase d'instal·lació i proves, prèviament a la fase de posada en servei].
- Manuals de manteniment de tots els equips (tan preventiu com correctiu) incloent una guia per a la resolució dels problemes més habituals i de seguiment d'avaries. Veure punt Manteniment i Servei Tècnic en aquest document. [Es lliurarà en la fase d'instal·lació i proves, prèviament a la fase de posada en servei].
- Manuals per la inspecció i calibratge dels equips, incorporant els protocols de referència. En cas que pel calibratge del sistema precisi algun tipus d'eina o patró de referència, l'Adjudicatari les haurà de subministrar per duplicat. [Es lliurarà en la fase d'instal·lació i proves, prèviament a la fase de posada en servei].
- Pla de Formació i continguts de formació i proves que s'emprarà en les accions formatives que es duran a terme durant la fase de Posada en Servei. Els continguts s'adreçaran específicament per a l'operació del sistema i al manteniment de primer nivells dels equips instal·lats en túnel i del sistema informàtic. Una de les sessions de formació s'enregistrarà en àudio i vídeo per a ús posterior. [Es lliuraran durant la Fase de Posada en Servei].
- Manual de l'API d'intercanvi d'informació, descrivint els paràmetres i mostrant exemples concrets de cada cas. [Es lliurarà en la fase d'instal·lació i proves, prèviament a la fase de posada en servei].
- Pla de proves incloent el detall dels protocols (SAT, FAT) i Pla de posada en servei. Tots ells consensuats amb FMB. [Es lliuraran abans de finalitzar la fase d'execució].
- Resultats del protocols de proves FAT. [Es lliuraran en la fase d'execució, prèviament a l'inici de la fase d'instal·lació i proves].

- Resultats dels protocols de proves SAT. [Es lliuraran en la fase d'instal·lació i proves, prèviament a l'inici de la fase de Posada en Servei].
 - Certificats de garantia i conformitat i del marcatge CE. [Es lliuraran en la fase d'instal·lació i proves, prèviament a la fase de posada en servei].
 - Calibracions inicials i certificats, si s'escau, dels equips. [Es lliuraran en la fase d'instal·lació i proves, prèviament a la fase de posada en servei].
 - Taula resum amb els cicles de vida previstos per als principals components (maquinari i programari) del sistema d'acord als diferents proveïdors, amb l'objectiu que Metro de Barcelona pugui fer la gestió de l'obsolescència durant el cicle de vida del sistema. [Es lliuraran en la fase d'instal·lació i proves, prèviament a la fase de posada en servei].
2. El lliurament de la documentació en els terminis definit serà una condició indispensable (però no suficient) per formalment, i a tots els efectes de certificacions i pagaments, per avançar a la següent fase del projecte.
 3. Durant tot el termini del subministrament, incloent també el període de garantia, qualsevol modificació que es dugui a terme sobre els equips i que difereixi del que reculli la documentació ja lliurada, per tot allò que fa referència a l'abast d'aquest contracte (excloent possibles millores o noves funcionalitats futures), requerirà l'actualització de dita documentació i estarà vinculada a la finalització del període de garantia.
 4. Tota la documentació del sistema (e.g. manuals d'usuari i manteniment, documents descriptius) es lliuraran en català tret dels documents d'especificacions tècniques, plànols, certificacions i datasheets dels components que podran ser en català o anglès per a estalviar traduccions jurades de documents tècnics.

11 Condicions de Lliurament

1. D'acord amb les fases definides en el punt de Condicions Generals, la Fase de Posada en Servei, que culmina amb l'Acceptació Formal del sistema i, per tant, s'hagin superat totes les proves (SAT, FAT), sense fallades crítiques pendents de resoldre, havent-se lliurat tota la documentació, realitzada la formació i havent-se demostrat la confiabilitat, estabilitat del sistema assolint una precisió en les funcions de detecció i diagnòstic (sense excés de falses alarmes ni falsos

negatiu), no podrà finalitzar més tard de 24 mesos després de l'adjudicació del contracte.

2. En la posada en servei s'haurà de subministrar tots els elements necessaris per a l'operació i manteniment del sistema:
 - Dels equips de mesura i captació instal·lats en el túnel.
 - De l'aplicació servidora en rack.
 - De 2 PCs client completament equipats (amb dues pantalles cadascun d'ells) per a per al lloc de l'operador del sistema. Addicionalment a les 2 llicències de l'aplicació client, es lliuraran 3 llicències més per l'eventual instal·lació en altres PCs en el futur (fora de l'abast del contracte).
 - Llicències d'ús de tot el programari, aplicacions i components emprats en el conjunt de la solució subministrada.
 - Les llicències associades a tot el programari implicat (aplicacions servidora, client, API Integració, firmware i Sistema Operatiu dels equips de mesura, algorismes / models de detecció, etc.), bé siguin tecnologies obertes o propietàries, es lliuraran amb les darreres versions Long Term Support vigents en el moment de la finalització del projecte i es mantindran degudament actualitzades durant el període de garantia.
3. L'Adjudicatari serà el responsable de l'execució de totes les fases del subministrament prèvies a l'inici de la garantia. Aportant els mitjans humans i tècnics per a la realització de les proves, instal·lacions, ajustos dels algorismes, formació, posada en servei etc.
4. Els components es lliuraran degudament embalats i identificats per al seu emmagatzematge i posterior recuperació en el moment de llur instal·lació.

12 Garantia

1. Un cop finalitzada la Fase d'Instal·lació i Posada en Servei amb l'Acceptació Formal del sistema i lliurada tota la documentació especificada als punts anteriors, s'iniciarà un període de garantia de 3 anys (36 mesos) de tot el conjunt del sistema.

2. Durant aquest període, l'Adjudicatari serà responsable de dur a terme les accions següents sense repercutir cap cost addicional ni subscripcions a Metro de Barcelona:
 - Manteniment preventiu : Realitzar les tasques de manteniment preventiu establertes en el Pla de Manteniment Preventiu necessàries per garantir el correcte funcionament de tot el sistema, incloent-hi les inspeccions / revisions "in situ" dels components físics dels equips instal·lats en túnel. Pel que fa a tot el programari (aplicacions client i servidora, APIs d'integració, firmware dels equips de túnel i dels propis models / algorismes de detecció), realitzarà les tasques d'actualització d'aquest i l'aplicació de pedaços de seguretat.
 - Reparacions: Substituir o reparar, amb els seus propis mitjans (mà d'obra i materials), qualsevol component que presenti defectes de fabricació o d'instal·lació. La garantia inclourà un acord de servei amb l'opció de recollida i devolució o de reparació "in-situ". Tindrà també la consideració de defecte que requereixi la reparació inclosa en la garantia, tota aquella casuística inherent al sistema, és a dir no motivada per canvis externs, que resulti en una degradació significativa de les prestacions del sistema. Concretament quan el sistema es desvii dels resultats assolits previs a la Posada en Servei, en quant a la fiabilitat (e.g precisió de les mesures, les funcions de diagnòstic i detecció d'alarmes, taxes de falsos positius i falsos negatius, etc.) o de disponibilitat del sistema.
3. Els equips electrònics que composin el sistema, com ara sensors, fonts d'alimentació etc., se'ls aplicarà garantia legal de 3 anys des del moment de la seva posada en servei. Aquesta garantia cobreix els defectes de fabricació que es manifestin durant aquest període, sempre que no siguin causats per un mal ús o una negligència per part de l'usuari.
4. En cas que l'aplicació servidora, incloent tots els components necessaris tant per al processament centralitzat, com per a les bases de dades, client d'oficina i API, sigui allotjada en un servidor cloud, durant tot el període de garantia l'Adjudicatari administrarà i garantirà la disponibilitat del sistema sense cap cost addicional per FMB.
5. Malgrat la preferència per tecnologies obertes, en cas que l'Adjudicatari opti per l'ús de tecnologies propietàries subjectes a llicència, tant en la implementació de l'aplicació servidora (IT) com per als equips de camp, l'Adjudicatari haurà de subministrar les llicències amb una vigència mínima a tot el període de garantia.

6. Durant el període de garantia, tant les targetes SIM 4G/5G com els corresponents contractes de dades pertinents per a l'operació nominal del sistema seran a càrrec de l'Adjudicatari, sense repercutir-ne el cost a Metro de Barcelona.
7. Queden fora de l'abast de la garantia totes les actuacions correctives que siguin induïdes per un mal ús del sistema o danys fortuïts ocasionats sobre els equips per elements aliens al propi sistema subministrat per l'Adjudicatari.

13 Requisits a complir en l'execució dels treballs en les instal·lacions de Metro de Barcelona

1. A continuació s'identifiquen un seguit de consideracions i normatives a tenir en compte per l'Adjudicatari a l'hora de realitzar les instal·lacions en tot l'àmbit de Ferrocarril Metropolità de Barcelona (FMB):
 - L'Adjudicatari proporcionarà tots els mitjans humans i materials necessaris per a la realització de les instal·lacions requerides en aquest projecte.
 - Els materials proporcionats per l'Adjudicatari s'abastiran normalment en dependències de la seva propietat.
 - Els materials que pugui proporcionar FMB seran recollits per l'Adjudicatari de les dependències que es designin, previ el corresponent albarà.
 - L'Adjudicatari designarà un responsable de les instal·lacions del projecte que serà l'interlocutor amb FMB en tot aquest àmbit.
 - Independentment de l'àmbit en el que s'estiguin efectuant les instal·lacions, un cop finalitzada la jornada de treball, caldrà deixar l'espai/entorn en les mateixes condicions que s'ha trobat, retirant les runes o deixalles produïdes.
 - Els horaris de treball s'hauran d'adequar a l'horari de servei de FMB, per tant, qualsevol instal·lació a túnel o àmbit de potencial circulació ferroviària s'haurà de realitzar obligatòriament en horari fora de servei (nocturn, és a dir, entre les 01:00h i les 04:00h aproximadament), condicionat a la disponibilitat de via lliure en funció d'altres treballs i circulacions de proves o formació, i amb un pilot homologat per la xarxa (PHS-1, Pilot Homologat de Seguretat), que l'haurà d'aportar l'Adjudicatari.
 - Les activitats de pilotatge necessàries per a la realització dels treballs d'instal·lació, proves, etc., podran ser subcontractades per l'Adjudicatari a un centre de prevenció aliè. En qualsevol cas, totes les activitats de suport que l'Adjudicatari prevegi subcontractar les haurà de detallar en la memòria tècnica que acompanyi a l'oferta.

- FMB es reserva el dret d'assignar una persona per a la supervisió dels treballs de les instal·lacions a qui l'Adjudicatari proporcionarà tota la informació / documentació requerida.
- No es podrà realitzar cap activitat sense prèvia autorització de la persona responsable del projecte d'FMB.
- Reial Decret 842/2002, de 2 d'agost, pel qual s'aprova el Reglament electrotècnic de baixa tensió i les seves instruccions tècniques complementaries.
- Ordres i Disposicions del Govern Central i de la Generalitat de Catalunya que modifiquen o complementen el Reglament de baixa tensió i les instruccions tècniques complementàries.
- Resolucions i circulars de la Generalitat de Catalunya referents a instal·lacions elèctriques en general.
- Reglament sobre pertorbacions radioelèctriques i interferències. Reial Decret 138/1989.
- Directiva 2014/30/UE del Parlament Europeu i del Consell, de 26 de febrer, sobre l'harmonització de les legislacions dels Estats membres en matèria de compatibilitat electromagnètica (CEM).
- Directiva 2011/65/UE del Parlament Europeu i del Consell, de 8 de juny, sobre restriccions a la utilització de determinades substàncies perilloses en aparells elèctrics i electrònics (RoHS).
- Directiva 2012/19/UE del Parlament Europeu i del Consell, de 4 de juliol, sobre residus d'aparells elèctrics i electrònics (RAEE).
- Directiva 2006/42/CE del Parlament Europeu i del Consell, de 17 de maig, relativa a les màquines i per la qual es modifica la Directiva 95/16/CE.
- Llei 31/1995, de 8 de novembre, de prevenció de riscos laborals.
- Reial Decret 1627/97, de 24 d'octubre, pel qual s'estableixen disposicions mínimes de seguretat i salut en les obres de construcció.
- Reial Decret 486/1997, de 14 d'abril, pel qual s'estableixen les disposicions mínimes de seguretat i salut als llocs de treball.
- Condicions mínimes de seguretat i salut de les instal·lacions i edificacions corporatives d'FMB.
- Normativa interna de seguretat per treballs a la xarxa d'FMB.
- Normes de seguretat per a treballs en instal·lacions elèctriques a FMB.
- Normes de seguretat per a treballs en instal·lacions electromecàniques a FMB.
- Manual de Seguretat i senyalització d'obres d'FMB.

- Normes per a l'execució de treballs per personal extern a la xarxa d'FMB.
- Normes de seguretat per a treballs a la zona de vies de la xarxa d'FMB.
- Ús de detector de presència de tensió en corrent continu per a línies de tracció.
- Normes per a la posada a terra de catenària.
- Quan es faci referència a un mètode o norma compresa en qualsevol de les publicacions identificades en aquest document, es donarà per entès que es refereix a la darrera norma o mètode que s'hagi publicat fins el moment.
- Seran d'obligat compliment totes aquelles normes existents que, malgrat no aparèixer en aquest llistat, siguin d'aplicació.

14 Obligacions de l'Adjudicatari

1. És responsabilitat del Adjudicatari, la realització de la totalitat de les tasques objecte d'aquesta licitació aportant els mitjans tècnics i humans necessaris.
2. A part de al realització de les tasques necessàries descrites en els punts anteriors també són obligacions de l'Adjudicatari:
 - Formació i capacitat del personal assignat a la realització d'aquestes tasques.
 - Garantir els requisits de seguretat i salut associats al servei de la present licitació manteniment per al personal assignat. Es necessari que el personal que realitzi les activitats disposi dels coneixements necessaris i experiència en la instal·lació dels equips especificats en l'àmbit de material mòbil i infraestructures, així com coneixement de tota la normativa referent en l'àmbit de Prevenció de Riscos Laborals, i procedimental general i específiques de Ferrocarril Metropolità de Barcelona.
 - Evitar, en la realització d'aquestes tasques, qualsevol impacte sobre el medi ambient.
 - Per tal de satisfer els requeriments plantejats en l'abast del contracte, en particular els referents a la incorporació de sensors addicionals als trens equipats, així com per a possibilitar la integració homogènia amb els models de dades ja desenvolupats, és necessari que tant el els equips s'ajustin als requeriments de model i fabricant estipulats. Altrament podria no ser factible tècnicament ni viable la integració amb els equips i solucions preexistents, comportant desenvolupaments electrònics i en programari addicionals amb sobre costos elevats.

15 Obligacions de Metro de Barcelona

1. Ferrocarril Metropolità de Barcelona realitzarà les activitats operacionals següents relacionades amb el servei:
 - Programació de les peticions de treballs.
 - Informació a l'adjudicatari en cas de necessitats de canvis a la programació.
 - Avís de les incidències i la seva comunicació a l'equip de manteniment de l'adjudicatari.

16 Comunicacions entre les parts

1. L'Adjudicatari facilitarà els noms, els telèfons i els correus electrònics de:
 - Gestor del Contracte: és el responsable de la realització de les tasques del contracte i l'interlocutor en temes administratius.
 - Supervisor Coordinador del Contracte: és el responsable del seguiment i supervisió de les activitats descrites al contracte de manteniment.
2. Per la seva banda, FMB facilitarà a l'Adjudicatari una llista d'interlocutors i les seves dades de contacte (telèfon i/o correu electrònic).

17 Aspectes / Criteris Mediambientals

1. En l'execució d'aquest projecte caldrà tenir en compte els següents aspectes mediambientals (d'obligatori compliment):
 - Embal·latges. Els embal·latges no primaris dels productes (embalatge addicional al del propi material per a la distribució final del producte) estaran fabricats al 100% a partir de materials reciclats.
 - Substàncies perilloses. Els aparells electrònics subministrats no tindran contingut en substàncies classificades com a carcinògenes, perjudicials pel sistema reproductiu, mutagèniques, tòxiques, al·lèrgiques, o perilloses pel medi ambient. Normativa REACH com a referència.
2. El maquinari ofertat haurà de complir amb els requeriments de restricció de substàncies perilloses d'acord amb la Directiva RoHS 2011/65/EU i modificacions posteriors (RoHS compliance), amb els requeriments de la Directiva 2012/19/UE

sobre residus d'aparells elèctrics i electrònics (RAEE) així com amb la resta de normatives de la UE en matèria de Medi Ambient.

18 Variants

1. No s'admeten variants.

19 Annexos

19.1 Annex 1: Característiques de les línies

CARACTERÍSTICAS	LÍNEA 1	LÍNEAS 2, 3, 4, 5, 9 Y 11
Tensión en catenaria	1.500 v cc	1.200 v cc (L-2, L-3, L-4, L-5 y L-11) 1.500 v cc (L-9)
Altura nominal en catenaria	4.450 mm	4.250 mm
Altura mínima en catenaria	4.350 mm	4.150 mm
Galga de vía en recta	1.674 mm	1.435 mm
Radio mínimo de curva en vía general	180 m	85 m
Radio mínimo de curva en vías de cocheras y playas	65 m	40 m
Peralte máximo	150 m	130 m
Rampa máxima	45°/∞	
Radio mínimo de diagonales en vía general	85 m	70 m
Radio mínimo de diagonales en cocheras y playas de vías	70 m	50 m
Radio mínimo de acuerdo vertical	1.000 m	
Tipo de acuerdo recta curva	Clotoide o parábola cúbica	
Rampa de peralte máxima	8 mm/m	
Inclinación carriles	1/20	
Desarrollo máximo de las curvas de radio mínimo	80 m	
Tangente de diagonales y "bretelles" en vía general	1/6,33 1/7 1/9 1/8,5 1/5	
Tangente de diagonales y "bretelles" en playa	1/4,49 1/6,33 1/4	
Altura de andenes sobre nivel de carriles	1,08 m	1,10 m en L2 y 1,00m en resto de líneas
Distancia máxima del borde del andén al plano vertical de simetría de vía	1.710 mm	1.355 mm
Entrevía mínima en recta	2.100 mm	1.760 mm
Tipo de carril	54 Kg/m! Según norma UIC 860/6 en calidades 70A y 90B Carril 54 E1	
Sobreancho en curva	Según fórmula Deyl	
Sistema fijación de carriles	Tirafondos y placas de asiento. Sujeciones elásticas. Vía sobre hormigón Stedef y placa IPA.	
Tipo de contracarril	KRUPP U-69 según plano ANEXO 5	
Cruceros	Tipo monobloc de acero al manganeso (Haffield)	
Cambios	Los perfiles utilizados son: UIC54E1 y UIC54E1 cepillado en calidad 70A y 90B	

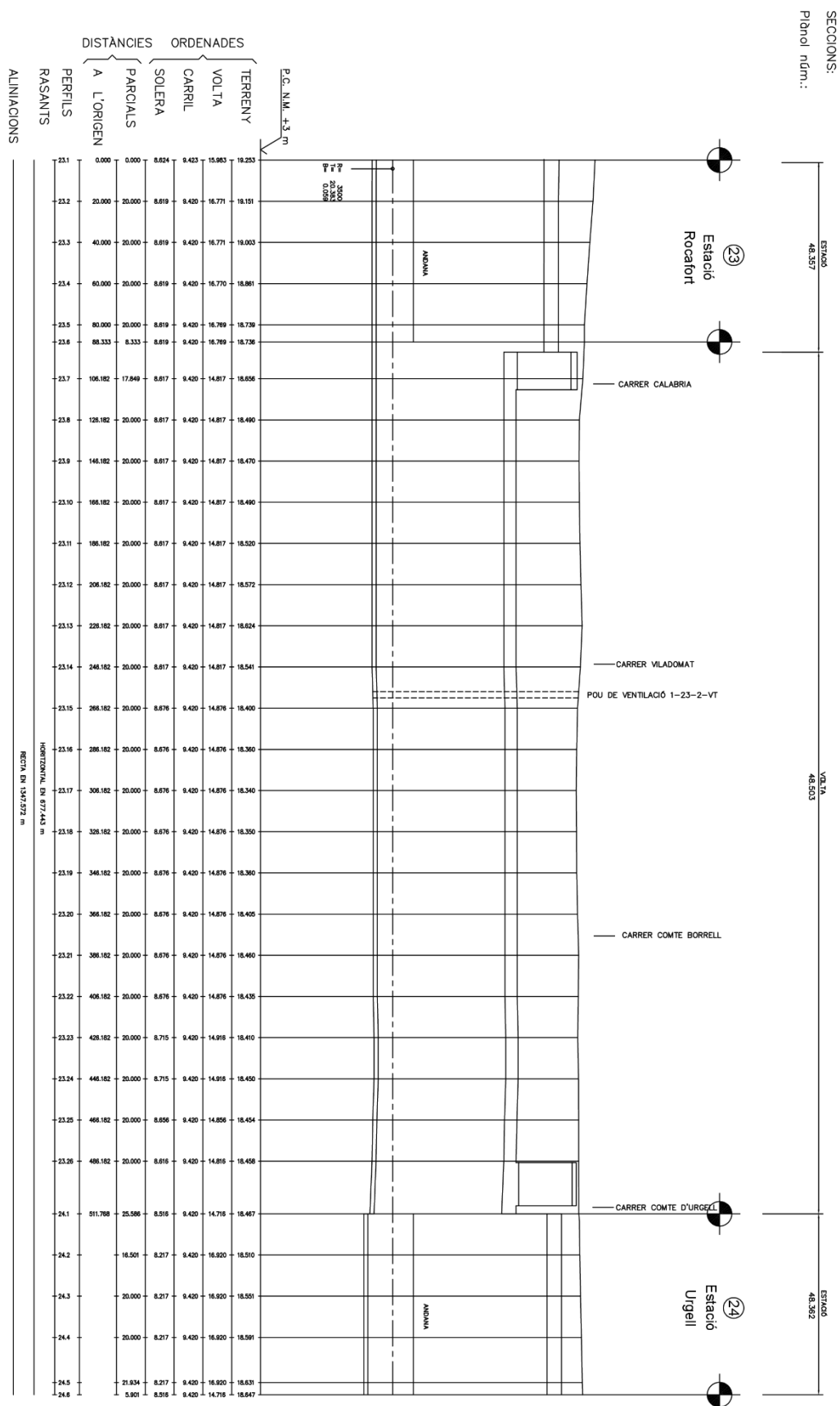
19.2 Annex 2: Seccions de túnel amb màxima alçada

L'estructura de l'estació de Glories, de la qual se n'adjunta la secció, és igual a Clot, Navas, Sagrera. És similar a Fabra i Puig, Sant Andreu i Torres i Bages.

S'adjunten també les seccions de Baró de Viver, Can Serra Florida i Rocafort Urgell on totes elles tenen alçades entre carril i volta propers als 8 metres.





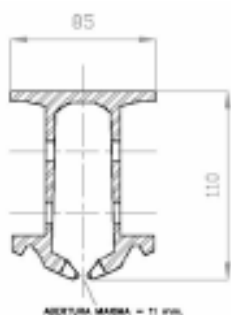


- Tensió nominal en permanència de 1500 VDC.
- El descentrament normal màxim permès és de +/- 200 mm
- A L9 / L10 hi ha dos perfils de catenària:
 - Perfil PAC-80 reforçat PAC-80R Sufetra.
 - Perfil PAC-80 reforçat PAC-80R KLK.

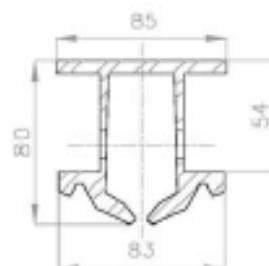
La barra de catenària PAC és un perfil extrusionat d'alumini amb aliatges 6106-T5 / 60663-T6. Aquesta és de secció pentagonal, amb la seva part inferior oberta, en forma de bec, per a subjectar, mitjançant simple pinçament, el fil de contacte de coure.

Lateralment, a l'alçada de la zona del pinçament, la forma del perfil permet la circulació d'un utilatge per al muntatge del fil de contacte, que mitjançant la pressió exercida per unes rodes sobre els laterals, obre lleugerament el bec per a la col·locació del fil de contacte.

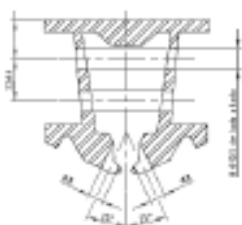
En el conjunt de la xarxa s'utilitzen dues alçades de perfil (PAC 110 i PAC 80) segons les característiques del túnel, si bé perfil més utilitzat és el PAC110.



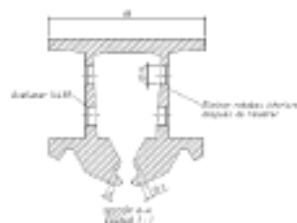
Barra PAC 110



Barra PAC 80



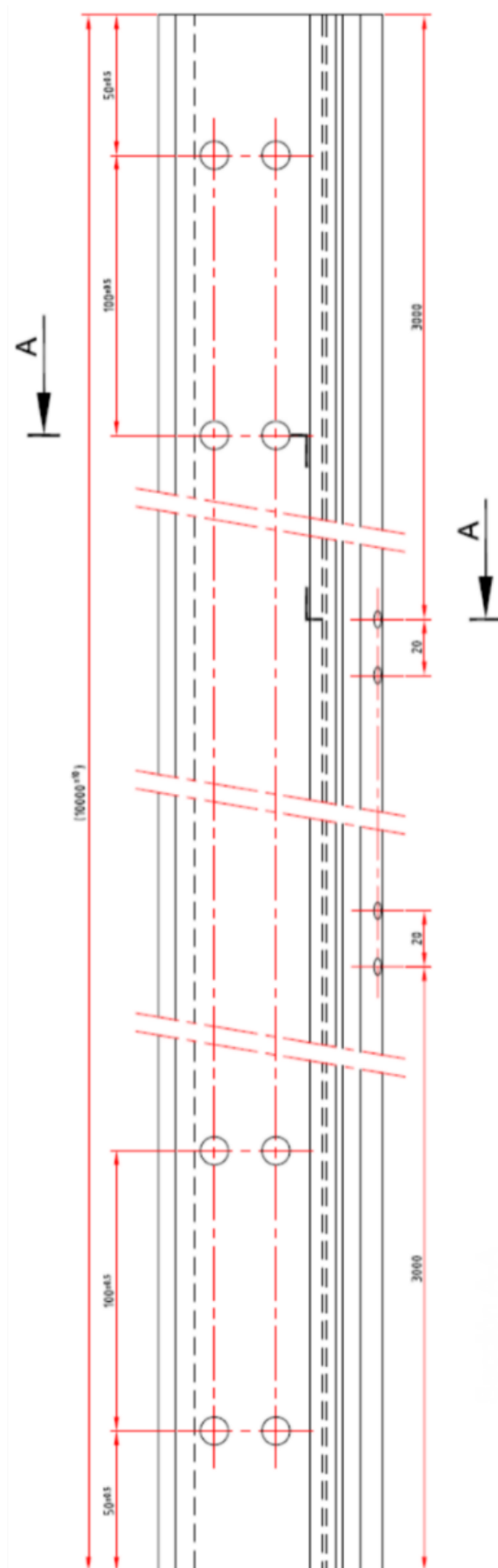
**Barra PAC 80 Reforzada (Sufetra)
Can Zam-Bon Pastor**

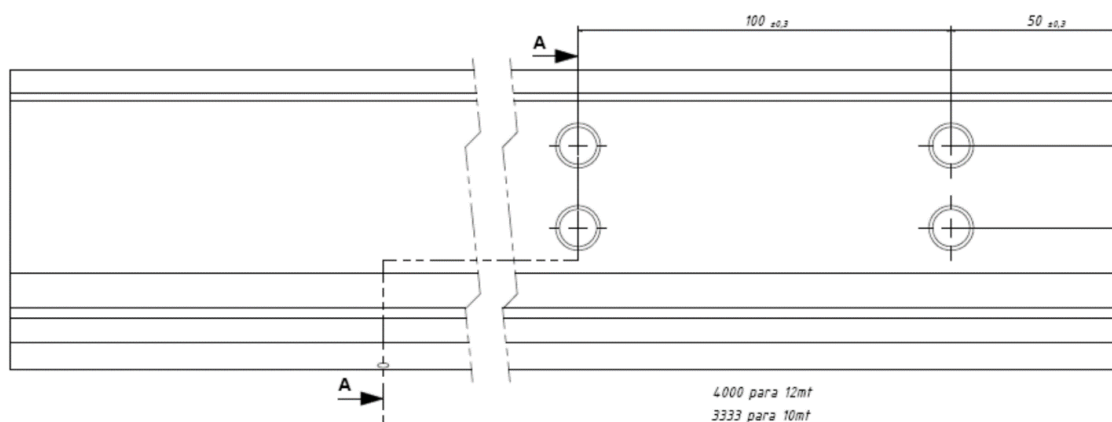


**Barra PAC 80 Reforzada (KLK)
Gorg-Sagrera**

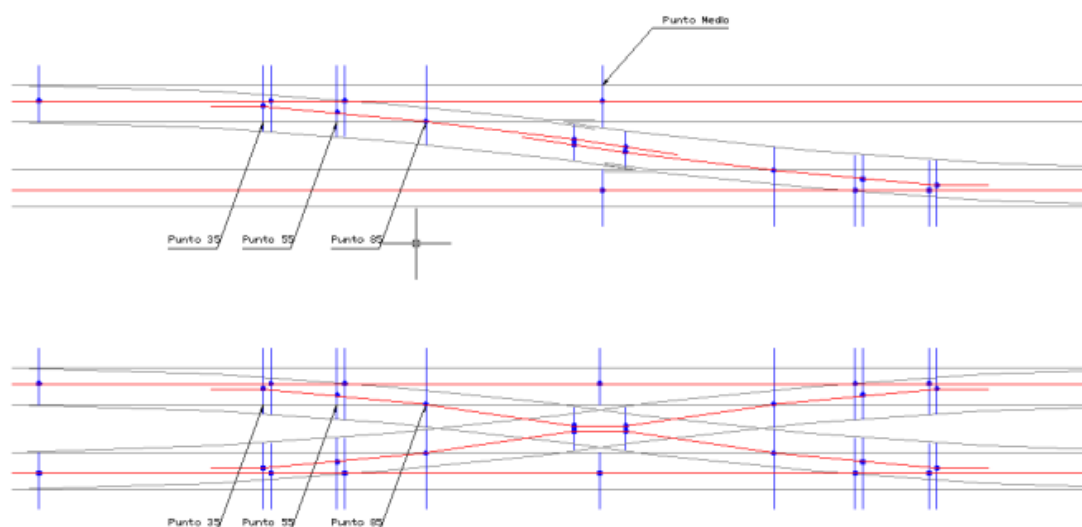
19.5.1 Perfil PAC-110 / Perfil PAC-80

- Les longituds normals seran de 10 m, excepcionalment es podrien acceptar de 12 m.
- La seva part inferior estarà oberta i tindrà forma de bec, la qual cosa li permetrà mantenir, per simple pinçament, el fil de contacte de coure.
- Cada perfil disposarà de 4 orificis, Ø12 mm, en cada extrem, per a poder ser unit al perfil contigu, a través de brides d'unió.
- Cada perfil disposarà, en la seva part inferior, de 4 orificis, Ø8 mm, de manera que la formació d'aigua de condensació dins del perfil, que sempre conté gasos dissolts o elements agressius, pugui ser evacuada o evitada mitjançant la ventilació.
- En aquelles zones amb ambient corrosiu per a l'alumini s'haurà de realitzar un tractament superficial de la barra per anoditzat. Serà aplicable en zones on hi hagi alta salinitat, alt nivell de partícules en suspensió i en els túnels de rentada de trens dels Tallers de Manteniment (utilització de detergents o dissolvents).
- Les característiques electromecàniques de la barra PAC 110 són:
 - Àrea de la secció del carril d'alumini: 2214 mm²
 - Secció equivalent en coure: 1400 mm²
 - Resistència elèctrica de l'alumini: 0,0285 Ohm mm²/m
 - Pes per metre lineal: 5,8 kg
 - Moments d'inèrcia Jx (vertical) / Jy (horitzontal): 339cm⁴ / 113cm⁴
 - Mòdul d'elasticitat: 7033 kg/mm²
 - Coeficient de dilatació: 0,0000238
- Els valors electro-mecànics de la barra PAC 80 són:
 - Àrea de la secció de carril d'alumini: 2202 mm²
 - Secció equivalent en Coure: 1234,45 mm²
 - Resistència de l'alumini 0,0285 ohms. mm²/m
 - Pes per metre lineal: 5,95 kg
 - Moment d'inercial Jx (vertical) / Jy (horitzontal): 164 cm⁴ / 164 cm⁴
 - Mòdul d'elasticitat 70000 N / mm²
 - Coeficient de dilatació 0,000024



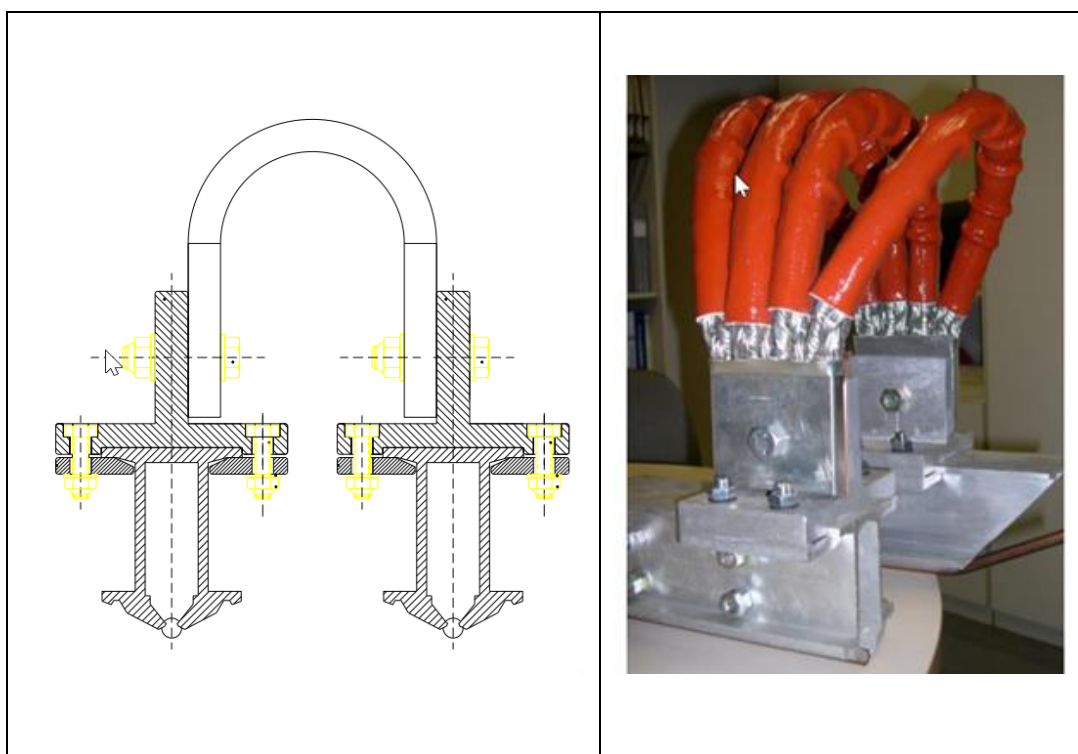


19.5.2 Seccions de catenària en els canvis (diagonal, bretelle)



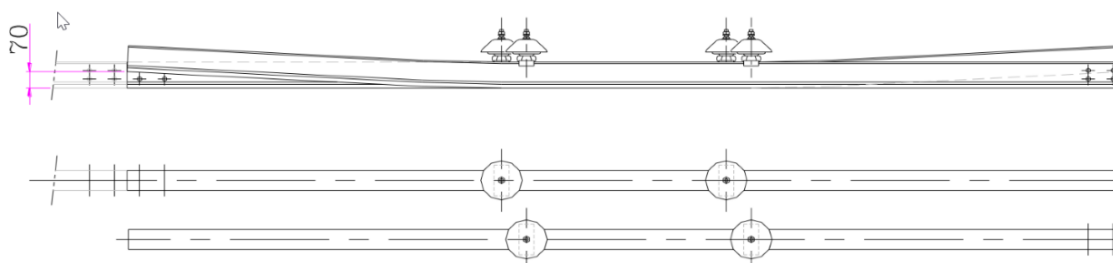
19.5.3 Brida de connexió

- Utilitzada per a establir connexió elèctricament la catenària amb els feeders de la subcentral i també utilitzada com a pont per a comunicar dos seccionaments.
- Té una gran superfície de contacte de la brida amb la catenària. (8.500 mm).
- Brida molt solidària a la catenària que suporta millor els esforços dels cables de tracció.

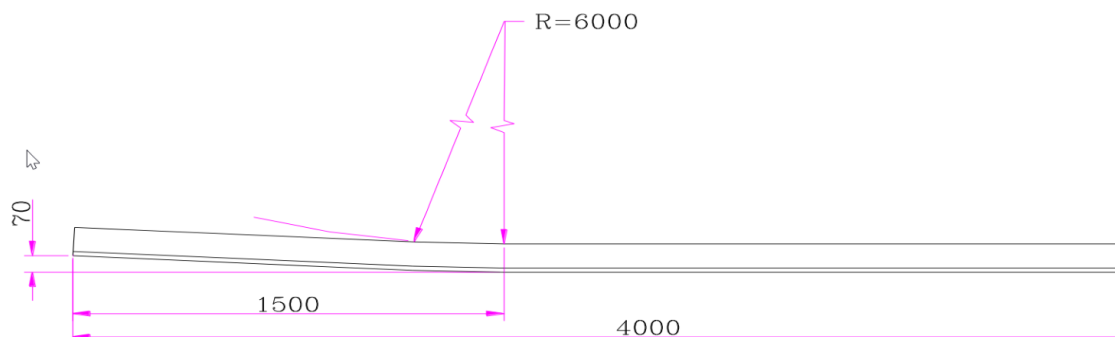


19.5.4 Junta de dilatació

- El sistema de Junta de Dilatació adoptat és de “Lamina d'Aire pontejada”.
- S'interromp un tram de Catenària Rígida, col·locant 2 barres PAC en paral·lel, perquè el moviment de dilatació pugui efectuar-se sense impediment.
- La distància, entre centres de les dues Barres paral·leles, serà de 20 cm. i, en aquest punt el descentrament serà zero.



19.5.5 Barra PAC en rampa



Quan un tram de Catenària Rígida ha de presentar una interrupció (junta de dilatació o seccionament a làmina d'aire) o desviament, per tal que la transició del pantògraf d'una barra a una altra es realitzi d'una forma suau i progressiva, es realitza a través d'unes Rampes.

19.6 Aspectes a desenvolupar dins del document de Memòria Tècnica

La Memòria Tècnica és el document on el licitador descriu la proposta tècnica de la seva solució per donar resposta al compliment integral de tots els requeriments funcionals i tècnics descrits en el Plec de Prescripcions Tècniques (PPT). El document, per tant, ha de ser prou exhaustiu per contemplar tots els aspectes que es requereixen en el PPT. No obstant, a fi de proporcionar una orientació al licitador dels aspectes més rellevants en el procés d'avaluació de la pròpia licitació sobre la dimensió tècnica, aquest annex planteja en quatre grans grups les qüestions que han de reflectir-se amb el detall i claredat suficients en el document de Memòria Tècnica. En cap cas es tracta d'un índex o una proposta específica de l'organització del document de la Memòria Tècnica, ni tampoc limitatiu dels continguts del mateix, sinó d'un conjunt d'aspectes a elaborar-hi amb el detall suficient que cobreixi els punts que s'enumeren en cada grup. De forma coherent amb el Plec de Prescripcions Particulars, no s'avalua la solució tècnica ni la implementació, ja que l'acceptació del plec suposa el compliment dels requeriments exposats, sinó que s'avalua el nivell de detall i claredat de la memòria tècnica:

- Nivell de detall del disseny funcional del sistema. Set (7) punts màxim.
- Nivell de detall de les especificacions tècniques del sistema. Quatre (4) punts màxim.

- Nivell de detall de la mantenibilitat i instruccions de manteniment regular del sistema. Dos (2) punts màxim.
- Nivell de detall del pla d'execució del projecte. Dos (2) punts màxim

19.6.1 Disseny Funcional del Sistema

- Proporcionar el diagrama de blocs dels equips de captació i mesura instal·lats a túnel per a la monitorització del diferents defectes especificats i per la mesura de la banda de grafit en el pantògraf i identificació dels trens. Reflectir-hi els diferents components i subsistemes (alimentació, comunicacions etc).
- Explicar com intervenen els diferents components del sistema (senyors, unitat de processament en rack / aplicació servidora) per a la implementació de cadascuna de les funcionalitats clau. Estimar la latència de la detecció dels diferents defectes. Descriure les afectacions de les condicions del servei comercial (efecte de la velocitat, amb límit de 60 km/h) i de l'emplaçament dels equips (distància vertical mínima obre sostre) per a les mesures en les diferents profunditats de camp (precisió, resolució) de les principals funcionalitats de detecció.
- Explicar com es s'identifiquen els trens i si el sistema requereix estimar alguna mesura addicional sobre els mateixos, per exemple la velocitat. Malgrat el límit de 60 km/h cal tenir present que els trens puguin passar-hi a velocitats inferiors.
- Explicar el flux de la informació des dels sensors fins a l'aplicació servidora, passant pel maquinari de processament en temps real (que pot estar separat de l'aplicació servidora). Descriure les prestacions del maquinari que processarà les dades justificant que disposa de capacitat suficient d'acord a les prestacions requerides per a la detecció dels defectes i mesures en les condicions del servei descrites.
- Presentar les tècniques de processament de dades que s'empren en la implementació de les diferents funcionalitats, bé siguin de mesura directa, de tractament estadístic, heurístic, machine learning supervisat / no supervisat, xarxes neuronals, etc. Sense entrar en el detall ni la configuració dels models (evitant la violació de la PI), explicar breument quina lògica implementa o quin model de machine learning utilitzen, amb l'objectiu de que Metro de Barcelona pugui tenir una visió i una "explicabilitat" completa de l'extrem a extrem des del sensor fins al resultat que motiva una decisió. En cas que els models requereixin entrenament o fine-tuning per al cas de Barcelona, explicar com es crearan els datasets i com es lliuraran a Metro de Barcelona.

- Descriure l'arquitectura de l'aplicació servidora identificant els principals blocs que la componen i les tecnologies que la suporten, concretant el tipus de llicència que requereixen. Descriure funcions bàsiques de:
 - Generació d'informes automàtics. Determinar els principals tipus d'informe que genera i quins són els casos d'ús pels que s'han previst.
 - Capacitat d'emmagatzematge de l'aplicació servidora per fer front als requeriments especificats de persistència de senyals, històrics d'alertes i informes.
 - Usuaris i rols previstos. Breu descripció
 - Elaboració d'informes (resum de defectes, qualitat de dades, disponibilitat/productivitat de l'equip, alarmes del sistema) i la possibilitat de cercar i descarregar-los.
 - Gestió de les còpies de seguretat de les dades i exportació d'aquestes (formats emprats com ara csv, json, imatges, vídeos, etc.).
 - Breu síntesi de les API incorporades per a la integració amb els sistemes requerits en el Plec de Prescripcions Tècniques.
- Explicar la interfície d'usuari per als clients de l'aplicació, en termes d'usabilitat cobrint tipologia de client (web o binari), quines funcions estan disponibles en cada plataforma (PC escriptori, tablet o telèfon si té suport) d'acord als requeriment de responsivess. Exposar els principals fluxos d'interacció per als casos d'ús més habituals:
 - resposta a una alerta per una incidència detectada, descrivint les interaccions necessàries en els recursos de l'aplicació client per a valorar la criticitat de l'alerta i dur a terme l'acció correctiva o preventiva segons es determini.
 - visualització de les alarmes actives, anàlisi de registres passats
 - canvi de llindars d'alarma o paràmetres dels diferents mòduls
 - gestió de l'estat de les alarmes: reconèixer les alarmes, silenciar / inhibir alarmes per zones o subsistemes (per fallada de l'equip, per condicions particulars de la zona, per falsos positius en un emplaçament concret, etc), introducció manual d'alertes corresponents a falsos negatius (és a dir punts amb incidència que el sistema no ha estat capaç de detectar l'equip)
 - visualització de dades en continu d'una determinada secció (seqüències d'imatges, mesures, amb els defectes destacats) etc.

- descàrrega de les imatges i mesures per tren, cotxe etc.
- Descriure el mecanisme d'autodiagnosi del sistema per detectar el mal funcionament dels components clau (equips instal·lats en camp, aplicació servidora) i com es generen les alertes per indicar el nivell d'operativitat. Des del punt de vista del processament de les dades, exposar si el sistema és capaç de generar indicadors automàtics de qualitat de les dades capturades o emprades (e.g imatges sense taques, dades consistents dels sensors) de manera que puguin motivar alguna acció de manteniment o condicionar el grau de confiança sobre el resultat obtingut.

19.6.2 Especificacions tècniques dels equips

- Per cadascun dels components clau del sistema (sensors, equips de processament del senyal, equip servidor, equips de comunicacions) detallar les especificacions tècniques i aportar els datasheets o fulls tècnics dels diferents fabricants que les constatin.
- Càmeres 2D / 3D: resolució, frames per segon, sensibilitat (lux), marge dinàmic , consum, còdecs suportats. Volum de dades requerit per 1 min en els còdecs disponibles.
 - Protecció de la lent. Concretar si disposa d'un sistema d'auto-neteja.
 - Concretar si requereix d'il·luminació addicional i, en cas afirmatiu, la potència requerida, tipus de llum.
- Mesura de la banda de grafit en el pantògraf: resolució de la mesura, zona de mesura, tècnica emprada per la mesura.
- Mòduls de processament i detecció en temps real:
 - Especificacions tècniques del maquinari: processadors, memòria, emmagatzematge previstos.
 - Estimació de la volumetria mitjana de dades que s'hauran de persistir en condicions nominals d'un dia (19 hores de servei) de funcionament. Estimació de la volumetria de dades per a l'enviament d'una alerta concreta, incloent-hi les dades de context i fragment de la seqüència d'imatges associada.
- Equips de comunicacions: velocitats de transmissió, trames per segon processades, protocols de xarxa suportats, funcions gestionables ("managed functions")
- Compliment Normatiu de Ciberseguretat:

- Descriure les mesures de seguretat cibernètica que s'aplicaran als dispositius OT (instal·lats en camp o en els racks). En particular, com s'assegura el compliment de les normes de ciberseguretat UNE IEC 62443 (Part 3-3 i 4-2) i UNE-CLCTS 507012021 en el disseny i implementació del sistema.
- Detallar com es gestionaran els usuaris, el control d'accés, la identificació i l'autenticació.
- Exposar com s'implementarà l'arquitectura del sistema per incloure segmentació de xarxes i control del flux de dades restringides en cas que apliqui a l'arquitectura del sistema.

19.6.3 Mantenibilitat del Sistema

- Descriure els aspectes que s'han tingut en compte en el disseny del sistema per tenir una vida útil de més de 15 anys.
- Adjuntar el Pla de Manteniment Anual Preliminar del sistema, pels equips instal·lats en camp així com per l'aplicació servidora i aplicació client que durà a terme l'adjudicatari durant el període de garantia de 3 anys en els termes que es descriuen en el Plec de Prescripcions Tècniques. El pla haurà de detallar les accions a realitzar, determinant la freqüència d'execució, la durada estimada de l'actuació, les eines i mitjans necessaris (indicant si impliquen recanvis o elements fungibles), l'emplaçament on es duran a terme (en cotxera, remotament, o per trasllat d'equips, etc.) i, finalment, si apliquen condicions específiques de PRL. Es determinarà la complexitat (bàsiques o avançades, en funció del coneixement necessari del sistema) de cadascuna de les accions i el perfil que les hauria de realitzar.
 - Destaquis que per a la valoració dels costos del cicle de vida, corresponents als criteris de valoració automàtica de la LCSP i que s'han de presentar en el sobre 3, es demana que el Licitador prengui com a referència els cost anual estimat per a la realització del Pla de Manteniment Anual Preliminar aportat.
S'adverteix que aquest import no es detalli ni desenvolupi dins del propi Pla de Manteniment Anual Preliminar per evitar la contaminació entre sobres que podria resultar en l'exclusió del licitador.
- Es complementarà amb una taula de troubleshooting preliminar en la que s'identifiquin les principals incidències que puguin afectar a l'operativitat del sistema i la pauta bàsica per recuperar la funcionalitat.
- Descriure el nivell de servei i temps de resposta per a les accions correctives, tant per a fallades cobertes per la garantia (sense cost) com per a danys per mal ús o accident (amb cost addicional).

- Descriure la proposta de suport tècnic durant la garantia, incloent els canals de comunicació, l'horari d'atenció i el temps de resposta proposat per a consultes i problemàtiques.

19.6.4 Pla d'execució del projecte

- Desglossar les activitats i les principals fites associades a cadascuna de les fases del projecte descrites en el Plec de Prescripcions Tècniques.
 - Descriure succintament l'activitat a realitzar.
 - Estimar perfils i esforços de les activitats i els resultats esperats a obtenir en cada tasca i fita.
 - Concretar tots els recursos imprescindibles per a iniciar l'activitat, en particular també aquells que ha de posar a disposició Metro de Barcelona per a la realització de la tasca.
 - Descriure mesures per a la gestió dels principals riscos en cadascuna de les fases.
 - Dins de la descripció dels resultats esperat associats a cada tasca / fita, detallar explícitament el lliurament de la documentació tècnica especificada en el Plec de Prescripcions Tècniques, bé siguin Plànols i Esquemes, llistats, certificats, estudis, informes, plans de proves etc).
- Presentar el Pla de Formació per al personal de Metro de Barcelona, exposant els continguts de les sessions de formació tenint en compte les necessitats dels diferents perfils d'usuari (usuaris del sistema, tècnics per a les instal·lacions en camp, tècnics aplicacions informàtiques). Descriure el material / documents que es lliuraran durant les sessions de formació, fent una breu presentació dels continguts de cadascun d'ells.
- Exposar com es garantirà que durant l'execució de les tasques no es realitzarà cap impacte sobre el medi ambient.