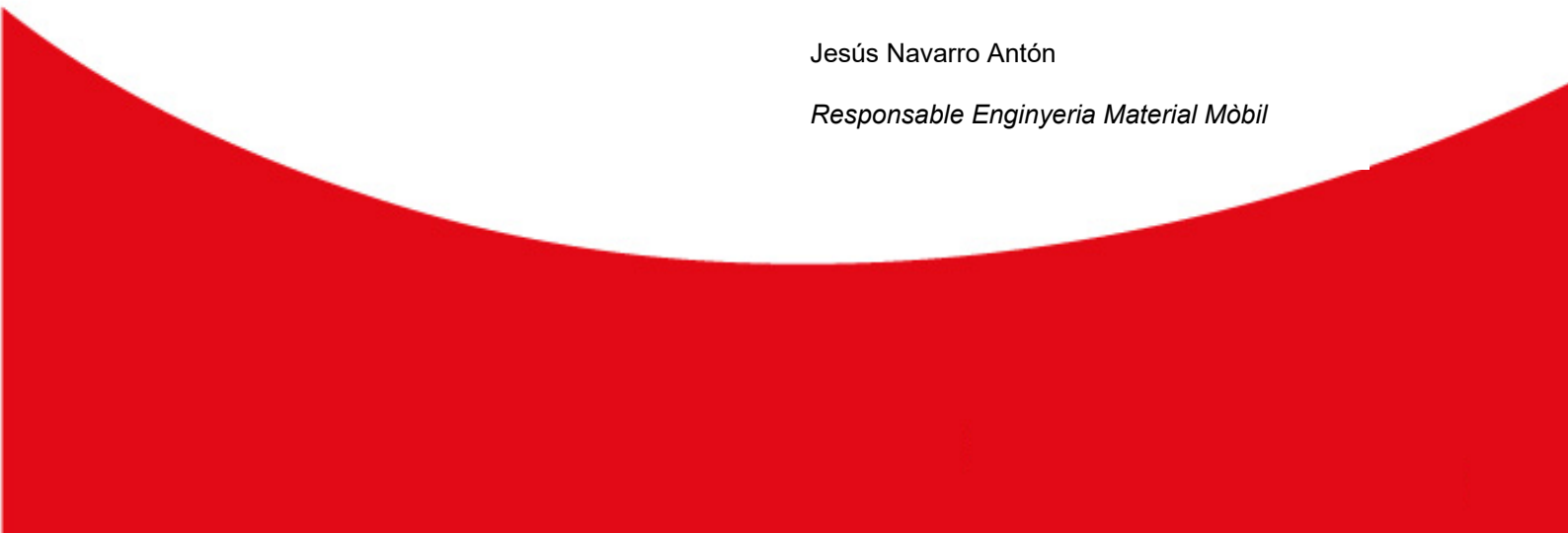


**PLEC DE PRESCRIPCIONS TÈCNIQUES PER A
L'ADQUISICIÓ DE 39 TRENS PER A LES LÍNIES
1, 2, 3 i 4**

2025

Jesús Navarro Antón

Responsable Enginyeria Material Mòbil



ÍNDEX

1.	CONDICIONS GENERALS.....	14
1.1	OBJECTE	14
1.2	CONSIDERACIONS GENERALS	14
1.3	OFERTES	16
1.4	DEFINICIONS I ABREVIATURES	16
1.5	CARACTERÍSTIQUES DE LES LÍNIES.....	17
1.5.1	Característiques de la via.....	17
1.5.2	Subministrament d'energia	19
1.5.3	Condicions climatològiques.....	19
1.6	CARACTERÍSTIQUES GENERALS DEL SERVEI	20
1.6.1	Composició dels trens	20
1.6.2	Acceleracions i desacceleracions	21
1.6.3	Condicions degradades d'explotació.....	22
1.6.3.1	Fallada d'equips de tracció/frenada	23
1.6.3.2	Fallada d'altres equips crítics.....	23
1.6.3.3	Requisits generals en cas de fallada d'equips	24
1.6.4	Velocitats	25
1.6.5	Fre d'emergència mínim garantit (GEBR)	25
1.6.6	Compatibilitat electromagnètica	26
1.6.7	Característiques de l'operació.....	27
1.6.7.1	Transformació cabina a GOA4	27
1.7	NORMATIVA I VISAT DEL PROJECTE	28
1.8	CAPACITAT TRENS.....	29
1.9	CONTORN DE REFERÈNCIA	29
1.10	GÀLIBS	30
1.11	ACCESSIBILITAT UNIVERSAL.....	31
1.11.1	Portes accessibles	32
1.11.2	Seients reservats	33
1.11.3	Espai reservat per a passatge usuari de cadira de rodes	34

1.11.4	Terra del vehicle.....	36
1.11.5	Informació per a passatgers amb discapacitat sensorial.....	36
1.11.6	Condicionament exterior	37
1.11.7	Panells lluminosos interiors.....	38
1.12	MAQUETA	38
2.	ESPECIFICACIONS SOBRE EL MATERIAL MÒBIL	40
2.1	PRESA DE CORRENT I LÍNIA PRINCIPAL (A).....	47
2.1.1	Pantògrafs.....	47
2.1.2	Disjuntor	48
2.2	PRODUCCIÓ I DISTRIBUCIÓ ELÈCTRICA (B)	51
2.2.1	Subministrament i generació de baixa tensió.....	51
2.2.1.1	Bateria	51
2.2.1.2	Convertidors estàtics	56
2.2.2	Aparellatge elèctric.....	60
2.2.2.1	Cables i canalitzacions	60
2.2.2.2	Pas elèctric entre cotxes.....	63
2.2.2.3	Seccionadors d'unitats.....	65
2.2.2.4	Connectors	65
2.2.2.5	Relés de maniobra.....	67
2.2.2.6	Preses de 230V AC	69
2.2.3	Fars i pilots externs	69
2.2.4	Circuits i dispositius de seguretat.....	72
2.2.4.1	Llaç de tracció.....	72
2.2.4.2	Llaç de fre	73
2.2.4.3	Bolet de fre d'emergència	75
2.2.4.4	Polsadors d'anul·lació de proteccions	76
2.2.4.5	Tiradors d'alarma.....	77
2.2.4.6	Central de registre (caixa negra).	78
2.2.4.7	Detecció d'incendis	82
2.2.5	Retorns de corrent	85
2.3	CABINA DE CONDUCCIÓ (C).....	85

2.3.1	Accés al lloc de conducció	92
2.3.2	Sistema de control d'accessos a cabina (CAT).....	97
2.3.3	Elements de la cabina i del lloc de conducció	102
2.3.4	Seient del personal de conducció.	106
2.3.5	Il·luminació Lloc de conducció	109
2.3.6	Ergonomia del lloc de conducció.....	110
2.3.7	Armaris de dotació	115
2.3.8	Porta frontal d'evacuació.....	115
2.4	SISTEMA PNEUMÀTIC (D)	117
2.4.1	Grup motocompressor	117
2.4.2	Condicionament de l'aire.....	120
2.4.3	Dipòsits	121
2.4.4	Instal·lació.....	122
2.4.5	Regulació i proteccions	123
2.4.6	Suspensió pneumàtica.....	123
2.4.7	Circuits auxiliars	123
2.5	PORTES (E)	125
2.5.1	CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES.....	125
2.5.2	REQUISITS FUNCIONALS.....	130
2.5.2.1	Comandament de portes	130
2.5.2.2	Detecció d'obstacles per sensibilitat del motor	131
2.5.2.3	Detecció d'obstacles per vora sensible [antidrag].....	131
2.5.2.4	Comportament davant de detecció de porta oberta.....	132
2.5.2.5	Sistemes de desbloqueig.....	133
2.5.2.6	Dispositiu de tancament	134
2.5.2.7	Indicadors lluminosos de portes	134
2.5.2.8	Soneria de comandaments i portes	137
2.6	EQUIP DE FRE PNEUMÀTIC (F)	139
2.6.1	Equip de control del fre pneumàtic.....	139
2.6.2	Antibloqueig o antipatinatge	142

2.6.3	Fre d'estacionament.....	144
2.6.4	Fre de retenció	146
2.7	EQUIP DE TRACCIÓ (G).....	147
2.7.1	Requisits generals de l'equip de tracció.....	147
2.7.2	Electrònica de control de tracció i proteccions	150
2.7.3	Antipatinatge i antibloqueig cotxes motors	153
2.7.4	Motors de tracció.....	155
2.7.5	Emissor de consigna de tracció	157
2.8	BOGIS (H).....	160
2.8.1	Bastidor	165
2.8.2	Eixos.	165
2.8.3	Rodes.....	165
2.8.4	Caixa de greix.	167
2.8.5	Suspensions	167
2.8.5.1	Suspensió primària	168
2.8.5.2	Suspensió secundària	168
2.8.6	Travessa balladora.....	169
2.8.7	Amortidors.....	170
2.8.8	Reductors.....	171
2.8.9	Equip de fre al bogi	171
2.8.9.1	Timoneria.....	172
2.8.9.2	Cilindres de fre.....	173
2.8.9.3	Disc de fre.....	173
2.8.9.4	Guarnicions i sabates de fre	174
2.8.10	Sabata de neteja	174
2.8.11	Sistema de detecció de descarrilament	174
2.9	ENGANXALLS (I).....	177
2.9.1	Enganxall automàtic.....	177
2.9.2	Enganxall semipermanent.....	179
2.10	CAIXA (J).....	180

2.10.1	General	180
2.10.2	Tractament superficial.....	183
2.10.2.1	Pintura	183
2.10.2.2	Vinil.....	185
2.10.2.3	Acabats i proteccions.....	187
2.10.3	Armaris, cofres i canalitzacions.....	188
2.10.4	Sostre.....	191
2.10.5	Departament de passatge.....	193
2.10.5.1	Seients.....	194
2.10.5.2	Agafadors	195
2.10.5.3	Paviment.....	196
2.10.5.4	Revestiment interior.....	198
2.10.5.5	Passadís d'intercirculació	200
2.10.5.6	Finestres i lluna frontal.....	201
2.10.5.7	Il·luminació interior.....	203
2.11	SISTEMA INFORMÀTIC EMBARCAT (K)	205
2.11.1	Xarxa troncal TCN.....	207
2.11.2	Xarxa Ethernet embarcada (REM)	212
2.11.3	Posada en marxa i desconnexió del tren	213
2.11.3.1	Introducció	213
2.11.3.2	Posada en marxa i desconnexió local	213
2.11.3.3	Posada en marxa i desconnexió remota.....	216
2.12	AIRE CONDICIONAT, CLIMATITZACIÓ I VENTILACIÓ (L).....	217
2.12.1	Equip d'aire condicionat de sala de passatge	217
2.12.2	Equip de climatització de cabina	218
2.12.3	Comandament i control del sistema	219
2.12.4	Ventilació d'emergència.	221
2.13	SISTEMES DE COMUNICACIONS I INFORMACIÓ AL VIATGER (M).....	223
2.13.1	Comunicacions i integració tren terra.....	223
2.13.2	Xarxa Ethernet embarcada	224

2.13.2.1	Bancs i material de laboratori REM	227
2.13.3	Commutador REM	230
2.13.4	Model de dades.....	232
2.13.5	CPU multifuncional.....	234
2.13.5.1	Característiques tècniques (maquinari i plataforma).....	234
2.13.5.2	Funcionalitats i integracions Programari	235
2.13.5.3	Flota objectiu	237
2.13.5.4	Fites i lliuraments	237
2.13.5.5	Antenes exteriors.....	237
2.13.6	Sistema de ràdio DMR.....	238
2.13.6.1	Bastidor de ràdio DMR	239
2.13.6.2	Consola de ràdio DMR	240
2.13.6.3	Antena Ràdio del tren	244
2.13.6.4	Cablejat de connexió del sistema Ràdio DMR.....	246
2.13.6.5	Carregadors per al terminal portàtil DMR ("walkie-talkie") a cada cabina	248
2.13.6.6	Abast del sistema Ràdio DMR	248
2.13.7	Megafonia	248
2.13.7.1	Centraleta de megafonia.....	253
2.13.7.2	Centraleta del personal de conducció.....	253
2.13.7.3	Altaveus	254
2.13.7.4	Microfon ambient	254
2.13.8	Interfonia	254
2.13.8.1	Centraleta d'interfonia.....	260
2.13.8.2	Centraleta del personal de conducció.....	260
2.13.8.3	Intercomunicador del tirador d'emergència.....	261
2.13.8.4	Relacions amb altres sistemes	261
2.13.9	Videovigilància	262
2.13.9.1	Programari de videovigilància.....	263
2.13.9.2	Seient del personal de conducció	265
2.13.9.3	Càmeres	266

2.13.10	Videodifusió.....	271
2.13.10.1	Programari de videodifusió	272
2.13.10.2	Pantalles videoinformació	275
2.13.10.3	Programari pantalles videoinformació.....	283
2.13.11	Senyalització número de servei i indicador de costat obertura de portes	285
2.13.12	Comptador de persones.....	285
2.13.13	Localització de persones embarcades (Beacons Bluetooth).....	288
2.14	MODES DE CONDUCCIÓ	291
2.14.1	ATP-ATO L2	292
2.14.1.1	Descripció legal	292
2.14.1.2	Components Principals del Sistema	292
2.14.1.3	Funcionament del Sistema	293
2.14.1.4	Modes de conducció.....	294
2.14.1.5	Filosofia de Seguretat (Fail Safe)	295
2.14.1.6	ATP/ATO en L2 amb mode Distància Objectiu (DTG).....	295
2.14.2	ATP-ATO L4	295
2.14.2.1	Especificacions Sistema CBTC On-Board	295
2.14.2.2	Especificacions Sistema Comunicacions.....	297
2.14.2.3	Especificacions Espais Reserva	297
2.14.3	ATP-ATO L1/L3.....	297
2.14.4	Tren – Stop	301
2.14.5	Clau Especial	305
2.15	SISTEMA DE TELEMONITORATGE I TELECOMANDAMENT DE TREN.....	307
2.15.1	INTRODUCCIÓ.....	307
2.15.2	SENSORITZACIÓ QUE CAL INCORPORAR ALS TRENS	314
2.15.2.1	Requisits Generals de la Sensorització	314
2.15.2.2	Sensorització per al monitoratge del consum energètic	315
2.15.2.3	Sensorització per al monitoratge dels paràmetres ambientals de l'interior de cada cotxe.....	315
2.15.3	PLATAFORMA DE MONITORATGE DE LA NATIVA DEL FABRICANT	316
2.15.4	PLATAFORMA DE MONITORATGE D'ACTIUS DE FMB (DAVANA), Digital Train	317

2.16	INTEGRACIÓ DE LA SOLUCIÓ DIGITAL TRAIN AL TREN I A LA SEVA XARXA DE COMUNICACIONS	317
2.16.1	Equip de monitoratge passiu del trànsit de la xarxa de tren CIP	318
2.16.2	PC de Digital Train	319
2.16.3	Antenes 4/ 5G i wifi	321
2.16.4	Integració de les dades de la xarxa de tren	321
2.16.5	Requisits d'accés i disponibilitat de dades	321
2.16.6	Obligacions d'integració i coordinació	322
2.16.7	Contingut de la proposta tècnica	322
2.17	TRENS AUSCULTADORS	322
2.17.1	Subsistemes i abast que caldrà incloure als dos trens auscultadors	323
2.18	TELECOMANDAMENTS	332
3	MANTENIMENT BASAT EN CONDICIÓ (CBM)	338
3.1	METODOLOGIA	338
3.2	CONFIGURACIÓ DE LA PLATAFORMA CBM	340
3.3	EQUIPS BÀSICS QUE CALDRÀ MONITORAR	341
3.3.1	Implantació de tècnica de manteniment basat en fiabilitat (RCM)	345
3.4	INTEGRACIÓ AMB ALTRES SISTEMES D'INFORMACIÓ	347
3.5	DOCUMENTACIÓ	347
4.	SEGURETAT FERROVIÀRIA	349
4.1	ENTORN	349
4.2	DOCUMENTS DE REFERÈNCIA	350
4.3	OBJECTIUS DE SEGURETAT FERROVIÀRIA I ACCEPTACIÓ DELS RISCOS	351
4.3.1	Classificació dels Riscos	352
4.3.1.1	Freqüència d'ocurrència	353
4.3.1.2	Gravetat de les conseqüències	354
4.3.1.3	Matriu per a la classificació de riscos	355
4.3.1.4	Determinació del nivell de risc	356
4.3.2	Acceptació de la seguretat ferroviària	357
4.3.2.1	Codis pràctics	357
4.3.2.2	Comparació amb sistemes similars	357

4.3.2.3	Estimació explícita del risc.....	358
4.3.3	Llista d'accidents potencials.....	358
4.4	ORGANITZACIÓ DE L'EQUIP DE SEGURETAT FERROVIÀRIA.....	359
4.5	ESTUDIS I DOCUMENTACIÓ DE SEGURETAT FERROVIÀRIA PER A SISTEMES NOUS ..	359
4.5.1	Pla de Seguretat Ferroviària	360
4.5.2	Anàlisi Preliminar de Riscos.....	361
4.5.3	Registre de perills (Hazard Log).....	362
4.5.3.1	Registre de perills (Hazard Log): Exportacions.....	363
4.5.4	Anàlisi de Mode de Fallades, dels seus Efectes i Criticitat (AMFEC).....	364
4.5.5	Notes tècniques de seguretat	364
4.5.6	Llista d'elements crítics per a la seguretat ferroviària (LECS).....	365
4.5.7	Informe de Verificació	365
4.5.8	Informe de Validació	366
4.5.9	Safety Case de disseny	367
4.5.10	Safety Case de la posada en servei (PeS)	367
4.5.11	Informe d'Avaluació i Certificat ISA.....	368
5.	CIBERSEGURETAT FERROVIÀRIA.....	371
5.1	REQUISITS DE SEGURETAT PER A LA FASE DE DISSENY I INTEGRACIÓ.....	371
5.2	REQUISITS DE SEGURETAT PER A LA FASE DE SUPORT I MANTENIMENT	375
6.	PROTECCIÓ CIVIL.....	378
6.1	COMPORTAMENT DAVANT DEL FOC	378
6.2	REQUISITS DE SEGURETAT CONTRA EL FOC I CONDICIONS D'EVACUACIÓ.....	378
6.3	REQUISITS DE SEGURETAT CONTRA EL FOC ALS EQUIPS ELÈCTRICS.....	379
6.4	SISTEMES DE CONTROL I GESTIÓ DEL FOC	380
6.5	COMPORTAMENT DAVANT DE RELLISCADA	382
6.6	SENYALITZACIÓ A L'INTERIOR DEL TREN.....	383
6.7	DISPOSITIU D'EVACUACIÓ LATERAL	383
6.8	SENYALITZACIÓ.....	384
6.9	RISC ELÈCTRIC.....	384
7	DOCUMENTACIÓ	386
8	FORMACIÓ.....	391

8.1	GENERALITATS.....	391
8.2	PERSONAL IMPLICAT I CONTINGUT	391
8.3	PLA DE FORMACIÓ	393
8.3.1	Cabines de simulació de conducció d'alta immersió	395
8.3.1.1	Representacions Virtuals	396
8.3.1.2	Sistema de so	397
8.3.1.3	Comunicacions	398
8.3.1.4	Sistema de visualització.....	398
8.3.1.5	Comandaments de conducció reals.....	398
8.4	MATERIAL DIDÀCTIC	399
9	SOSTENIBILITAT	401
9.1	DECLARACIÓ AMBIENTAL DE PRODUCTE VERIFICADA	401
9.2	DECLARACIÓ DE COMPLIMENT DEL REACH	402
9.3	INSTRUCCIONS ESPECÍFIQUES DE GESTIÓ DE RESIDUS	404
9.4	PES.....	405
9.5	VIBRACIONS	406
9.6	SOROLL	406
9.7	CONSUM ENERGÈTIC	408
10	NORMATIVA PER A L'ELABORACIÓ DE PLÀNOLS I PER A LA RECEPCIÓ D'INFORMACIÓ GRÀFICA.....	410
10.1	GENERALITATS.....	410
10.2	NORMATIVA PER A L'ELABORACIÓ I RECEPCIÓ DE PLÀNOLS	410
11	ENGINYERIA, FABRICACIÓ, PROVES, I POSADA EN MARXA.....	410
11.1	PERSONAL DE L'ADJUDICATARI.....	411
11.1.1	Organigrama detallat.....	412
11.1.2	Intercanvi de documentació i comunicacions de projecte	413
11.2	APROVACIÓ DEL PROJECTE I INSPECCIÓ DE LA FABRICACIÓ	414
11.2.1	Inspecció i proves durant la fabricació	415
11.2.2	Terminis i informació a subministrar previs a proves tipus i inspeccions del primer article (FAIs). 417	
11.2.3	Terminis i informació a subministrar previs a inspeccions, proves sèrie o assaigs	418
11.2.4	Dret de FMB per sol·licitar repetir qualsevol tipus de proves inspeccions o assaigs	418

11.2.5	Recursos per a les proves, inspeccions o assaigs.....	418
11.2.6	Operacions de control principals	418
11.2.6.1	Control de les caixes	418
11.2.6.2	Programa de control dels bogis	431
11.2.6.3	Programa de les principals operacions de control dels motors de tracció	432
11.2.6.4	Control de l'equip de tracció, convertidors estàtics i la resta d'equips electrònics.	434
11.2.6.5	Control dels subcontractistes.....	434
11.2.6.6	Operacions de control de peces mecàniques i matèries primeres.....	441
11.2.7	Nivells de control que cal aplicar als diferents òrgans del vehicle.....	447
11.2.7.1	Caixa	448
11.2.7.2	Bogis.....	450
11.2.7.3	Motors de tracció	450
11.2.7.4	Equip de tracció	451
11.2.8	Assaigs i controls	452
11.2.8.1	Generalitats	452
11.2.9	Gestió de la fabricació.....	452
11.2.9.1	Pla de control de l'adjudicatari	452
11.2.9.2	Principis del programa de la inspecció de fabricació	455
11.3	PLANIFICACIÓ DE FABRICACIÓ, PROVES I POSADA EN MARXA.....	457

ÍNDEX D'ANNEXOS

1. 21-538-MANUAL PantallesVideodifusió-Trens
2. NORMATIVA PER A L'ELABORACIÓ DE PLÀNOLS I PER A LA RECEPCIÓ D'INFORMACIÓ GRÀFICA
3. Arquitectura de xarxes embarcades i comunicacions tren-terra v2
4. Definició Pantalles videodifusió nous trens_V10
5. Especificacions Arquitectura Sistemes Centrals v2.7
6. Guia bàsica d'integració amb la CPU multifuncional v3
7. PPT-Trens2025_DIGIN-Annexos
8. NTOTIC_011 MAPA DE RISCOS OT+IC
9. NTOTIC_012 DESCRIPCIÓ DELS CONCEPTES DEL LLISTAT SuC
10. NTOTIC_014 REQUISITS SEGURETAT PER A SISTEMES OPERACIONALS FMB
11. NTOTIC_017 PRÀCTIQUES SEGURES DE CODIFICACIÓ DE PLC
12. NTOTIC_018 GUIA REFORÇAMENT DE LA SEGURETAT ENS
13. TRAÇAT_L1_Mercat_Fondo
14. TRAÇAT_L2-Passeig_Artigues
15. TRAÇAT_L3-Zona_Catalunya

1. CONDICIONS GENERALS

1.1 OBJECTE

El present Plec de Prescripcions Tècniques té per objecte definir els principis per al disseny i la construcció de 39 trens per a la xarxa del Ferrocarril Metropolità de Barcelona (d'ara endavant expressada com a FMB) i poder establir ofertes comparables per al subministrament d'aquest.

Tots els requeriments del present plec han de considerar-se com de compliment obligat.

1.2 CONSIDERACIONS GENERALS

Els trens objecte d'aquest plec conviuran amb els trens presents actualment a L1, L2, L3 i L4. L'adjudicatari ha d'assegurar la compatibilitat total entre els trens actuals i els trens objecte d'aquest plec a tots els sistemes. En fase de projecte, es facilitarà la documentació necessària perquè es puguin dissenyar els trens amb aquesta compatibilitat.

El tren ofert ha d'incorporar les tecnologies més avançades que estiguin completament provades i fiabilitzades. No s'admetran propostes no suficientment provades i fiabilitzades. Tampoc s'admetran propostes que requereixin un termini llarg de subministrament o fiabilització.

Altres característiques sol·licitades són seguretat, sostenibilitat, accessibilitat, baix pes, baix consum energètic i baix cost de manteniment.

FMB, dins de la seva política de millora del manteniment del material mòbil, pretén que aquests trens incorporin un sistema avançat de monitoratge remot i manteniment basat en condició (CBM).

Per complir aquests objectius, s'estableixen les premisses següents:

- El present plec de prescripcions tècniques descriu a escala funcional el material rodant que se sol·licita. És obligatori el compliment del plec en tots els seus punts, essent excloses les propostes que no compleixin estrictament aquest plec.
- El tren ofert ha d'estar en condicions de prestar servei amb la màxima fiabilitat en el mínim temps possible. Per a això, els oferents han de presentar tecnologies provades, per la qual cosa s'han d'aportar referències de tots els equips principals oferts. No s'accepten solucions que no estiguin en servei en altres operadors metropolitans de característiques similars.

- El fabricant ha de tenir experiència demostrada en la fabricació de trens de Metro i en totes les fases de la gestió de projectes d'aquesta envergadura, per poder complir amb els requisits d'aquest plec.
- La fabricació dels trens s'ha de dur a terme complint les normatives de qualitat, medi ambient i seguretat vigents.
- El disseny ha d'estar dimensionat i concebut per garantir que el tren pugui prestar servei durant un període mínim de 40 anys.
- La seguretat, tant per als passatgers com per al personal de manteniment i d'operació, ha de ser una prioritat. Per a això, el disseny estarà enfocat a aconseguir els màxims nivells de seguretat, en compliment dels estàndards i les normes més exigents.
- La fiabilitat ha de ser elevada i aconseguir-se en un període en el mínim de temps possible. L'incompliment dels valors oferts comportarà penalitzacions elevades, l'allargament del període de garantia i/o la paralització de la fabricació.
- El disseny ha de ser de tal manera que s'eviti qualsevol mena d'avaría que afecti el servei comercial. En cas que ocorreguessin aquestes avaries, el tren ha de poder recuperar-se d'una manera fàcil. En qualsevol cas, el disseny ha de ser de tal manera que la fallada d'un sol component no provoqui una avaría que afecti el servei comercial.
- El cost de manteniment ha de ser avaluat mitjançant el cost del cicle de vida. Per a això s'ha de posar una atenció especial a la mantenibilitat dels trens. L'incompliment dels valors oferts comportarà penalitzacions.
- El pes i el consum energètic del tren han de ser els més baixos possible per tal de disminuir el consum elèctric i els costos de manteniment de la infraestructura. L'incompliment dels valors oferts comportarà penalitzacions.
- La sostenibilitat ambiental han de ser un criteri fonamental a l'hora de valorar les diferents ofertes en ser valors fonamentals per a FMB.
- L'accessibilitat universal ha de ser un requeriment d'aquest plec per complir amb els millors estàndards universals.
- Els terminis de lliurament són d'importància màxima per a FMB. L'incompliment dels terminis oferts i dels exigits en el PCP comportarà penalitzacions.

- Quant a monitoratge remot i CBM, l'ofertant ha de presentar un sistema altament avançat que permeti reduir les incidències en línia al mateix temps que contribueixi a reduir els costos de manteniment. Ha de disposar d'un equip tècnic que, juntament amb tècnics de FMB, desenvolupi al llarg de 10 anys un sistema altament eficaç.
- Els sistemes d'informació al passatger han de ser d'última generació i altament fiables.

Altres qüestions importants són les següents:

- Els trens han de poder circular amb l'actual sistema de senyalització GOA nivell 2, però han d'estar preparats per poder passar a un GOA nivell 3 i 4. Per tant, la cabina de conducció necessària mentre el tren funcioni en GOA nivell 2 ha de poder ser retirada amb facilitat quan es passi a GOA nivell 3 i 4.
- 6 mesos després de la signatura del contracte, l'adjudicatari presentarà el projecte de fabricació del tren, que ha de ser validat per FMB en un termini màxim de 2 mesos.

1.3 OFERTES

Les ofertes es presentaran redactades en català o en castellà. Tota la documentació que s'adjunti a les ofertes i que es trobi redactada en un altre idioma ha d'acompanyar-se de la traducció jurada corresponent.

1.4 DEFINICIONS I ABREVIATURES

- ATO: "Automatic Train Operation". Conducció automàtica de trens (GOA 2).
- ATP: "Automatic Train Protection". Protecció automàtica de trens.
- ATB: "Automatic Turn Back". Volta automàtica sense conductor.
- CCM: Centre de Control de FMB.
- CBM: sigles en anglès de Manteniment Basat en Condició.
- Manual + 25 (M + 25): manera de conducció del sistema ATP que permet circular en mode manual en un tram de via sense codis. Aquest mode permet el depassament de senyals en vermell. La velocitat màxima que permet és de 25 km/h.
- Mode especial: conducció amb anul·lació del sistema ATP/ATO. La velocitat màxima ha de ser de 25 km/h.
- Mode socorro: conducció amb el sistema informàtic embarcat anul·lat.

- Tren-stop: sistema que existeix en algunes línies i que actua com a suport de l'ATP. El sistema frena d'emergència el tren en cas d'excedir-se un disc en vermell o excés de la velocitat permesa.
- DTG: Distance To Go.
- AW0 Vehicle buit.
- AW1: AW0 + Passatgers asseguts i tripulació.
- AW2: AW1 + Passatgers drets 4 persones/m2.
- AW3: AW1 + Passatgers drets 6 persones /m2.
- AW4: AW1 + Passatgers drets 8 persones /m2.

1.5 CARACTERÍSTIQUES DE LES LÍNIES

Els trens objecte d'aquesta licitació prestaran servei a les línies 1 (ample de via 1.674 mm), 2, 3 i 4 (ample de via 1.435 mm). Els trens objecte d'aquesta licitació han de ser compatibles amb el gàlib de la resta de línies d'ample internacional i podran desplaçar-se per la resta de línies (5, 9 i 10) i recórrer a tots els tallers de manteniment.

La compatibilitat de gàlib d'aquests trens entre les línies per on s'ha indicat que podran circular en servei comercial ha de ser comprovada a les proves tipus.

Les estacions que formen part de la xarxa de FMB disposen d'andanes a un costat o un altre del tren o a tots dos costats alhora.

1.5.1 Característiques de la via

	L1	L2, L3, L4
Galga en via recta	1674 mm	1435 mm
Distància mitjana entre estacions	690 m	714 m
Longitud d'andanes	90 m	90 m

Radi mínim de corba en via general	175 m	80 m
Radi mínim de corba en vies de cotxeres, platges i túnels d'enllaç	65 m	35 m
Peralt màxim	150 mm	145 mm
Rampa màxima	45,55 ‰	45,55 ‰
Radi mínim de diagonals en via general	85 m	100 m
Radi mínim de diagonals en cotxeres i platges	70 m	50 m
Radi mínim d'acord vertical	1000 m	755 m
Tipus d'acord recta-corba	Clotoide o paràbola cúbica	Clotoide o paràbola cúbica
Rampa de peralt màxima	Valor nominal 2,2 mm/m Màx. 5 mm/m	Valor nominal 2,2 mm/m Màx. 5 mm/m
Inclinació de carrils	1/20	1/20
Desenvolupament màxim de les corbes de radi mínim en cotxeres i platges	80 m	80 m
Tangent de diagonals i "bretelles" via general	1/7 1/8.5 1/9	1/5 1/6.33 1/7 1/8.5 1/9
Tangent de diagonals i "bretelles en platja"	1/4.7 1/6.33 1/5	1/4 1/4.7

	1/7 1/8.5 1/9	1/6.33 1/5 1/7 1/8.5 1/9
Entrevia en recta nominal, entre eixos de via	3774 mm	3288 mm
Altura nominal fil de contacte des de nivell carrils	4350 mm	4150 mm
Tipus de carril, s/ UNE-EN 13674-1	54E1	54E1, 54E1T1

Nota: A les línies d'aquesta xarxa de FMB existeix algun cas de corbes i contracorbes sense recta d'enllaç i les pitjors condicions del qual són: corba i contracorba de 110 i 110 m de ràdio respectivament.

1.5.2 Subministrament d'energia

Actualment els circuits d'alimentació del subministrament d'energia a catenària de subcentrals diferents estan interconnectats, a efectes de reduir les caigudes de tensió i afavorir la recuperació d'energia.

A les línies de FMB el subministrament d'energia es realitza per mitjà de la catenària rígida (a excepció dels Tallers de Sant Genís, Santa Eulàlia i Sagrera, on és catenària flexible).

Les tensions nominals d'alimentació són de -1500 Vcc per a la línia 1 i de +1200 Vcc per a les línies 2, 3 i 4 (preveient-se una possibilitat de futura alimentació en aquestes línies a 1500 Vcc). Per tant, els trens oferts han de permetre treballar indistintament en una o una altra tensió sense realitzar cap modificació.

A l'FMB els nivells i les toleràncies de tensions d'alimentació són les marcades per la norma UNE-EN 50163:2005/A2:2020.

1.5.3 Condicions climatològiques

Els vehicles, així com els seus subconjunts, han d'estar dissenyats per suportar condicions climàtiques extremes, operant de manera fiable en un rang de temperatura ambient comprès entre -15 °C i +50 °C. Així mateix, es considera que a l'interior de cofres, armaris i

compartiments tancats es poden assolir temperatures de fins a 70 °C, per la qual cosa tots els equips i els components allotjats en aquests espais han d'estar preparats per treballar de manera contínua a aquestes temperatures sense minva en la seva funcionalitat ni en la seva vida útil.

Tots els equips electrònics auxiliars destinats al control, la protecció, l'alimentació, la supervisió i funcions equivalents han de complir amb els requisits establerts a la norma EN 50155, garantint com a mínim la categoria T3 pel que fa al comportament tèrmic. Per la seva banda, els equips electrònics de potència han de complir amb la norma IEC 61287 o equivalent, d'acord amb la seva naturalesa i exigència operativa.

El disseny de tots els sistemes ha de tenir en compte l'existència de variacions tèrmiques brusques, especialment en escenaris de transició entre entorns tancats (com ara túnels) i espais exteriors exposats a la intempèrie, sense que aquestes fluctuacions afectin el rendiment ni la integritat estructural o funcional dels equips.

Atès que l'estacionament de les unitats podrà realitzar-se en exteriors, s'ha de considerar l'exposició contínua a fenòmens meteorològics adversos. S'establirà com a referència una humitat relativa ambient màxima del 95%, havent de garantir els materials i els sistemes el seu correcte comportament en aquestes condicions.

Els materials que conformin l'estructura del tren i els seus components han de ser adequats per operar en un entorn amb humitat salina i atmosfera industrial, com és el cas de l'àrea metropolitana de Barcelona. En conseqüència, es dotarà a tots els elements de les proteccions interiors i exteriors necessàries per impedir l'aparició d'òxids, de corrosió o d'escrostonaments, garantint en tot cas una durabilitat mínima de 40 anys en condicions normals d'operació.

Finalment, s'estableix que la temperatura mitjana habitual a l'interior dels túnels ha de ser de 35 °C, valor que ha de ser considerat com a referència en el dimensionament tèrmic dels sistemes embarcats.

1.6 CARACTERÍSTIQUES GENERALS DEL SERVEI

1.6.1 Composició dels trens

Els trens han d'estar formats per quatre cotxes motors i un cotxe remolc al mig de la unitat. La composició tindrà la configuració MA₁-MB₁-R-MB₂-MA₂. Els llocs de conducció es trobaran en els dos cotxes MA.

La longitud màxima de la composició no podrà excedir la longitud del tren més llarg present a l'FMB (87.124 m entre cares d'enganxall automàtic).

1.6.2 Acceleracions i desacceleracions

a) Acceleracions a l'efecte de dimensionament

En recta horitzontal, en tota la gamma de velocitats de 0 a 40 km/h, en qualsevol estat de càrrega de passatge i amb tots els cotxes del tren funcionant correctament, s'aconseguirà el manteniment de l'esforç de fre amb una acceleració mitjana d' $1,2 \text{ m/s}^2$ amb la tolerància definida a la norma UNE EN 13452.

El pas de cotxe parat fins a la velocitat màxima i de velocitat màxima a cotxe parat, es realitzarà de tal manera que la variació d'acceleració (jerk màxim) no superi $0,8 \text{ m/s}^3$, incloent-hi l'estrebada a l'arrencada i la frenada, canvis d'acceleració, parada i pas a deriva. L'acceleració i el jerk es podran modificar mitjançant per part de FMB.

L'acceleració residual ha de ser d'almenys 5 cm/s^2 a la velocitat màxima de disseny (90 km/h), funcionant en mode normal, sobre una via a nivell.

Les prestacions de tracció en funció dels valors de tensió de catenària s'ajustaran al que se sol·licita en aquest plec.

Les prestacions en tracció han de ser de tal manera que un tren amb càrrega màxima (AW3) pugui ser remolcat o empès per un tren en buit (AW0) per la màxima rampa present a l'FMB en condicions de mínima adherència.

L'adjudicatari lliurarà en fase de projecte les següents corbes per a cadascuna de les tensions de catenària definides en el projecte (vegeu apartat 1.6):

- Corbes d'"Esforç de tracció contra Velocitat del tren", per a tracció i fre elèctric, per a tensió nominal, mínima i màxima. A la gràfica se sobreposarà la característica de resistència a l'avançament de la unitat en funció de la velocitat per a horitzontal i pendents de 5, 10, 20, 30, 40 i 45 mil·lèsimes. Les fórmules de resistència a l'avançament poden ser les que normalment utilitzi l'adjudicatari per a aquest tipus de càlcul.
- Corbes de "Consum contra Tensió de catenària", per a tracció i fre elèctric.
- Corbes de "Potència en llanda/corrent de línia contra velocitat del tren" en càrrega màxima en via a nivell, per a tracció i fre elèctric, per a tensió nominal, mínima i màxima.

El compliment de les prestacions indicades es verificarà mitjançant els corresponents assaigs en via en fase de projecte.

b) Desacceleracions a l'efecte de dimensionament

En recta horitzontal, en tota la gamma de velocitats de 80 a 0 km/h, en qualsevol estat de càrrega de passatge i amb tots els cotxes del tren funcionant correctament, s'aconseguirà el manteniment de l'esforç de fre amb una desacceleració d' $1,2 \text{ m/s}^2$ amb la tolerància definida a la norma UNE EN 13452.

La desacceleració d'emergència ha de ser d' $1,3 \text{ m/s}^2$ amb la tolerància definida a la norma UNE EN 13452.

El compliment d'aquestes prestacions i les seves toleràncies es demostrarà mitjançant assaig en via segons norma UNE EN 13452-2, acomplerta per l'U.I.C 544-1 en aquells aspectes que no quedin suficientment definits en aquesta.

c) Acceleracions i desacceleracions en servei

L'acceleració en l'arrencada ha de ser regulable en el taller per part de FMB entre els valors $0,8$ i $1,2 \text{ m/s}^2$.

La desacceleració màxima d' $1,2 \text{ m/s}^2$ amb la tolerància segons EN 13452 ha de ser aplicable fins a aquest valor pel personal de conducció, en funció de la posició del manipulador de comandament. El jerk màxim en el procés d'arrencada i frenat ha de ser de $0,8 \text{ m/s}^3$.

Les acceleracions i desacceleracions citades han de ser uniformes i independents de la càrrega i el perfil de la línia i, en cap cas, es tindran en compte per obtenir-ne l'ús de sorreres o similars.

El compliment d'aquestes prestacions i les seves toleràncies es demostrarà mitjançant assaig en via segons norma UNE EN 13452-2, acomplerta per l'U.I.C 544-1 en aquells aspectes que no quedin suficientment definits en aquesta.

1.6.3 Condicions degradades d'explotació.

El material mòbil ha de garantir el seu funcionament segur i operatiu, fins i tot en condicions degradades, mantenint les prestacions mínimes necessàries per a la circulació i l'evacuació segura del passatge, sense comprometre la integritat del tren ni la infraestructura.

S'estableixen les condicions següents, que s'han de complir en cas de fallada parcial o total d'un o de diversos equips essencials:

1.6.3.1 Fallada d'equips de tracció/frenada

Amb un 75% dels equips de tracció/frenada operatius, el tren ha de ser capaç d'arrencar, frenar i circular a velocitat màxima de servei en qualsevol condició de càrrega, adherència mínima i rampa màxima del traçat, sense superar els límits de projecte.

No s'admetran reduccions d'acceleració o de desacceleració superiors al 10 % respecte a condicions nominals.

Amb un 50% dels equips de tracció/frenada disponibles, el tren ha de poder circular fins a l'estació més propera - en qualsevol condició de càrrega, d'adherència i de rampa del traçat - i continuar posteriorment fins al dipòsit sense necessitat d'intervenció externa.

Amb un 25% dels equips disponibles, s'han de garantir, sense depassar les condicions límit dels elements de la unitat, la circulació d'una unitat a càrrega plena, fins a l'estació més propera, on desallotgi viatgers i continuï la seva marxa fins al dipòsit. En fase de projecte s'analitzarà la rampa màxima en què es pot complir amb aquest requisit.

1.6.3.2 Fallada d'altres equips crítics

En cas de la fallada d'un sistema o un component crític, el tren ha de disposar de modes de funcionament degradat que garanteixin la seguretat, la funcionalitat bàsica i la continuïtat del servei. A continuació es detallen, a manera d'exemples, els modes degradats esperats per sistema:

- Fre elèctric: Atesa una fallada total del fre elèctric, el fre pneumàtic s'ha d'activar automàticament per assumir completament l'esforç de frenada sense necessitat d'intervenció del personal de conducció, mantenint les prestacions dinàmiques requerides.
- Fre pneumàtic: En cas de fallada d'una vàlvula o d'un circuit, el sistema ha d'aïllar el segment afectat i garantir la pressió suficient a la resta de la xarxa per mantenir la frenada segura.
- Portes d'accés: Si fallen una o diverses portes, el sistema ha de ser capaç de continuar l'operació amb la resta de portes funcionals, mitjançant actuació del personal a la conducció.

- Sistema informàtic del tren: En cas d'una fallada general del sistema, existirà un commutador que activarà el mode socors del tren. Aquest commutador ha de desactivar per complet tot el sistema informàtic i s'ha d'assegurar que el tren pot arribar a l'estació següent pels seus propis mitjans.
- Sistemes de control i senyalització (ATP/ATO): En cas de fallades, el personal a la conducció commutarà a mode manual, d'acord amb el procediment operatiu de FMB.
- Alimentació auxiliar: En cas de pèrdua d'alimentació auxiliar per fallada d'un convertidor, s'han de mantenir operatius tots els serveis del tren en mode degradat.

En cas de pèrdua d'alimentació auxiliar per fallada de dos convertidors, s'han de mantenir operatius mitjançant sistemes d'emergència (bateries) la il·luminació bàsica, la megafonia, les comunicacions i altres sistemes de seguretat essencials.

- Aire condicionat: En cas de fallada del compressor, el sistema ha de mantenir la ventilació d'emergència.
- Il·luminació interior: En cas de fallada parcial o total, ha d'activar-se automàticament la il·luminació d'emergència mitjançant bateries, assegurant la visibilitat mínima en zones de passatge i de cabina.
- Sistema de detecció d'incendis: Atesa una fallada d'un sensor o d'una unitat de control, s'han d'activar alarmes locals i registrar-se l'esdeveniment en els sistemes de diagnòstic i el sistema de detecció ha de seguir funcionant amb normalitat.
- Pantògraf: En cas de fallada d'un pantògraf, es podrà aïllar elèctricament i mecànicament. El sistema ha de permetre l'operació amb el pantògraf redundant i la fallada s'ha de notificar al personal de conducció

1.6.3.3 Requisits generals en cas de fallada d'equips

La fallada d'un equip no podrà comprometre la seguretat de la circulació ni impedir l'evacuació segura del passatge.

El sistema ha de comptar amb mecanismes de suport (backup) o modes degradats que permetin continuar el servei, almenys fins a l'estació més propera, i poder retirar el tren del servei fins a la base de manteniment més propera.

S'ha de garantir el monitoratge automàtic de la fallada, el seu registre i la seva notificació al conductor i al sistema de control centralitzat.

Tots els modes degradats han d'estar justificats per l'adjudicatari en fase de projecte, incloent-hi anàlisi de risc, procediments de recuperació i demostració de compliment en proves funcionals.

Durant la fase de projecte, l'adjudicatari ha de presentar a FMB:

- Una matriu de modes degradats, detallant per cada subsistema els efectes de la fallada, les capacitats residuals, les accions de mitigació i les condicions de recuperació.
- Evidències del compliment d'aquests requisits mitjançant simulacions, càlculs i assaigs, en les condicions més desfavorables previstes en el traçat.

Aquests documents han de ser validats per FMB previ a la finalització del disseny.

1.6.4 Velocitats

La velocitat màxima dels trens ha de ser de 80 km/h en recta horitzontal en AW3, però tots els seus elements han d'estar previstos per poder suportar, sense deterioració o envelliment prematur, la velocitat de 90 km/h en AW3.

L'adjudicatari ajustarà els equips per aconseguir les prestacions sol·licitades als valors reals d'adherència.

1.6.5 Fre d'emergència mínim garantit (GEBR)

La desacceleració mínima garantida (GEBR, sigles en anglès) no ha de ser inferior a 0,9 m/s² considerant les hipòtesis següents:

- Diàmetre màxim de roda (840 mm).
- Distribució de càrregues: El cotxe més pesat sense fre es considerarà amb càrrega AW2. La resta de cotxes en càrrega AW0.

- Un cotxe sense fre. El cotxe ha de ser el més pesat de la composició.
- Sense resistència a l'avançament.
- Via Recta: pendent 0 %.
- Sistema antipatinatge (WSP) actiu.
- Adherència roda carril 14%.

L'adjudicatari demostrarà aquest valor en fase de projecte durant les proves tipus del tren.

En fase de projecte, l'adjudicatari calcularà el valor de GERB en mullat amb un valor d'adherència d'11% i ha de demostrar que aquest GERB no ha de ser inferior a 0,7 m/s². Aquest valor s'ha de demostrar mitjançant prova específica.

1.6.6 Compatibilitat electromagnètica

L'adjudicatari ha de garantir que el seu tren compleix els requisits de compatibilitat electromagnètica (CEM). Per a això presentarà un pla de proves CEM aprovat per l'FMB, que contempli almenys:

- Compliment de les normes UNE EN 50121.
- Compatibilitat amb sistemes de detecció de trens mitjançant circuit de via conforme a UNE CLC/TS 50238 2:2020.
- Mesurament de camps magnètics conforme a EN 50500:2008/A1:2015, respectant els límits de la Directiva 2013/35/UE i la Recomanació 1999/519/CE.
- Si escau, compliment d'EN 50592:2016 si s'utilitzen comptadors d'eixos com a sistema de detecció.

També s'ha de respectar el que es disposa en el Reial decret 1066/2001, de 28 de setembre, sobre protecció del domini públic radioelèctric i salut enfront d'emissions. Així mateix, tots els cables d'alta tensió dins del cotxe han d'anar degudament apantallats segons criteris de la norma EN 50343 per garantir immunitat interna i minimitzar emissions.

Tots els cables d'alta tensió que passin per l'interior de la caixa / cotxe han d'estar apantallats.

1.6.7 Característiques de l'operació

En l'etapa inicial de servei d'aquests trens, el mode de conducció habitual ha de ser GOA2, és a dir conducció en mode ATP/ATO.

Està previst que durant la vida dels trens aquests hagin de ser transformats per evolucionar a un mode de conducció GOA4, és a dir conducció automàtica sense presència de personal de conducció al tren.

1.6.7.1 Transformació cabina a GOA4

L'oferta econòmica es valorarà, i ha d'incloure necessàriament les intervencions següents:

- Eliminació del pupitre de conducció fix, seient abatible i seient de conducció, assegurant la reversibilitat del muntatge en cas necessari.
- Instal·lació d'un pupitre emergent que mantingui tota la funcionalitat de l'original, amb accés mitjançant eina de seguretat (per exemple, clau de quadrat) per a conducció en situacions excepcionals.
- Eliminació de l'envà de separació cabina/sala de passatge, amb integració estètica de l'espai alliberat i reconstrucció del paviment, el sostre i els panells laterals de forma contínua i homogènia amb el saló.
- Eliminació de portes laterals de cabina i recobrir interiorment i exteriorment amb elements d'interiorisme completament integrats. No s'acceptaran solucions provisionals ni d'ocultació parcial.
- Desmuntatge de l'equip d'aire condicionat específic de cabina, i adaptació del sistema de climatització general per garantir el confort tèrmic de la zona anteriorment ocupada per la cabina.
- Instal·lació d'elements auxiliars com a suports isquiàtics, agafadors i tapes o recobriments nous, seguint criteris d'ergonomia i seguretat per al passatge.
- Adaptació del sistema d'evacuació frontal, conservant l'accés a la porta d'evacuació i el seu mecanisme de desbloqueig accionable pel passatge. S'han de mantenir les condicions d'evacuació originals incorporant un mecanisme de desbloqueig accionable pel passatge garantint la seguretat

- Actualització del sistema informàtic del tren per reflectir la nova configuració de pupitre emergent, eliminació d'elements físics (polsadors, llums, etc.) i modificació de funcions que passen a gestionar-se des de l'HMI.
- Eliminació o integració funcional de tots els elements electrònics i mecànics propis de conducció manual (suport, cortina frontal, detectors d'incendis de cabina, etc.).
- Lliurament dels elements desmuntats a FMB per a la seva possible reutilització com a recanvis.

L'adjudicatari ha de lliurar en fase de projecte:

- Descripció detallada del procés de desmuntatge i de transformació.
- Modelatge 3D de la zona afectada abans i després de la transformació.
- Plans tècnics de detall: configuració GoA2, configuració GoA4, integració interior, cablejat i HVAC.
- Memòria funcional d'adaptació del sistema informàtic del tren.
- Temps d'implantació.

1.7 NORMATIVA I VISAT DEL PROJECTE

El tren ofert ha de complir amb tota la normativa que s'especifica en el present plec, en les seves versions més recents i vigents en el moment de la seva aplicació. En aquells casos en què no es faci referència expressa a una norma concreta, s'entén que tots els elements subministrats han de complir, per aquest ordre de preferència, amb els estàndards següents: UNE, EN, UIC, CEI, DIN, NF.

Durant el desenvolupament del projecte, FMB podrà requerir el compliment d'especificacions tècniques addicionals o pròpies, en funció de les necessitats específiques del servei o de noves disposicions regulatòries aplicables.

El material mòbil ofert ha de complir en tot cas amb la legislació vigent en l'àmbit europeu, estatal, autonòmic i local, tant en matèria tècnica com de seguretat, medi ambient, accessibilitat, protecció de dades o altres àrees normatives d'aplicació.

Com a màxim als vint (20) mesos de la signatura del contracte de cada lot, l'adjudicatari ha de presentar el visat del projecte davant del Col·legi d'Enginyers Industrials de Catalunya, com a

requisit previ per a l'obtenció de l'autorització d'entrada en servei comercial emesa per l'Autoritat Ferroviària competent.

Així mateix, s'han de lliurar a FMB tres (3) còpies visades de tota la documentació tècnica presentada per aquest visat davant del Col·legi professional.

1.8 CAPACITAT TRENS

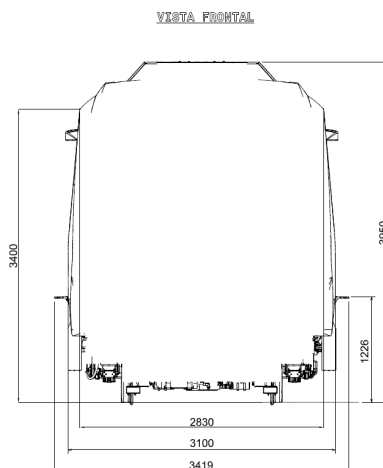
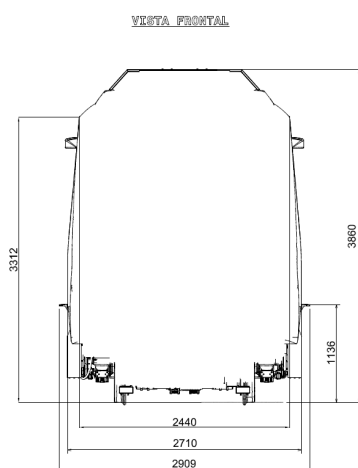
La capacitat de passatge que s'indica a continuació representa la capacitat mínima que ha d'oferir la caixa de passatge del tren. Aquest valor ha estat determinat sobre la base de la configuració funcional prevista (MA1–MB1–R–MB2–MA2), considerant una optimització de l'espai interior i el compliment dels requisits d'accessibilitat, de gàlib, de confort i de seguretat. Els valors inclouen tant la capacitat de passatgers asseguts com drets, segons diferents nivells de càrrega (AW0 a AW4). Aquesta capacitat no podrà ser reduïda respecte als valors aquí definits. El disseny del tren ha de garantir com a mínim les capacitats següents:

COTXE	Seients	PMR	Capacitat Seients	Asseguts + AW1	Asseguts + AW2	Asseguts + AW3	Asseguts + AW4
MA1	20	2	20	71	123	175	226
MB1	24	0	24	77	129	182	234
R	20	2	20	76	132	187	243
MB2	24	0	24	77	129	182	234
MA2	20	2	20	71	123	175	226
TOTAL	108	4	108	372	636	901	1163

Es considerarà per al càlcul, una petjada sota seient de 350 mm. L'adjudicatari, en fase de projecte, ha de demostrar mitjançant el càlcul de capacitat que compleix amb les condicions d'aquest plec.

1.9 CONTORN DE REFERÈNCIA

El contorn de referència que es defineix en aquest apartat reflecteix les dimensions generals dels trens actualment en servei a la xarxa de FMB, i ha de considerar-se com a base orientativa per al disseny inicial. La seva funció és establir un marc de referència en fase d'oferta. L'adjudicatari ha de realitzar, en fase de projecte, un estudi complet de gàlibs conforme a la norma UNE-EN 15273 que validi aquesta compatibilitat en condicions reals, segons especificacions d'aquest plec. La secció i el volum útil del tren s'han de mantenir, com a mínim, en els nivells actuals, i qualsevol desviació ha de ser degudament justificada i validada per FMB sobre la base de criteris de gàlibs, d'accessibilitat i de capacitat de transport.



1.10 GÀLIBS

El tren ha de complir amb els gàlibs estàtic, cinemàtic i dinàmic aplicables a tota la xarxa de FMB (línies, enllaços, dipòsits i cotxeres), conforme a la norma UNE-EN 15273 i altres normes rellevants.

La validació comprendrà simulació dinàmica de molts cossos validada, considerant:

- Lliurament d'expressions d'ocupació estàtica, cinemàtica i dinàmica del tren, amb càlcul i justificació detallada de paràmetres conforme a UNE-EN 15273, incloent-hi identificació de seccions crítiques en la infraestructura.
- Estudis sota condicions operatives representatives, incloent-hi tara i càrrega màxima segons UNE-EN 14363, rangs de velocitat definits per l'explotació, i escenaris de degradació realistes (desinflament de balones, desgast de rodes i de suspensions, etc.).
- Modelatge i simulació basats en escaneig làser 3D d'alta resolució de tota la infraestructura afectada, executats per l'adjudicatari, conforme a UNE-EN ISO 19650 per a gestió d'informació BIM, i lliurament de models en format compatible amb programari de simulació validat.
- Pla detallat d'assaigs de validació teòrica i experimental, incloent-hi anàlisi d'interferències en piquets, encreuaments amb trens de la mateixa sèrie i altres sèries en circulació.
- Procés iteratiu d'ajust de paràmetres i validació creuada amb dades obtingudes en proves reals de camp, incloent-hi instrumentació dinàmica i assaigs en línia.

Durant la fase de projecte s'ha de lliurar:

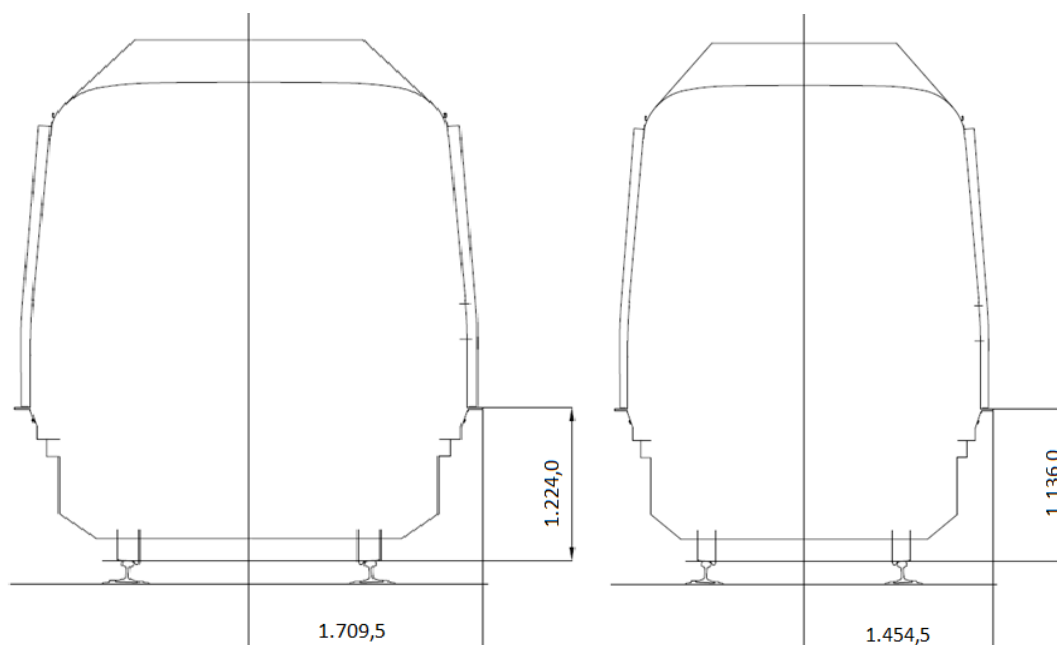
- Paràmetres actualitzats i gàlib validat final, amb informes tècnics detallats.
- Models digitals tridimensionals actualitzats de tota la infraestructura afectada.
- Resultats complets d'avaluació dinàmica en tota la xarxa, amb documentació segons UNE-EN 13803.
- Definició i justificació de perfils de velocitat òptims i definitius per a cada línia afectada.
- Informe complet de resultats de proves experimentals, amb instrumentació i anàlisi de resultats conforme a UNE-EN 14363.
- Seccions transversals de túnels i altres estructures amb envelopants acotades, generades a intervals màxims de 5 metres.

1.11 ACCESSIBILITAT UNIVERSAL

El material mòbil que caldrà subministrar ha de complir la legislació vigent en matèria d'accessibilitat universal: el Decret 209/2023 d'àmbit autonòmic, el Reial decret 1544/2007 d'àmbit estatal i el Reglament 1300/2014 (ETI PMR Ferroviari) d'àmbit europeu. Pel que fa a l'Annex

VI.2 "Fronteres entre el material mòbil i l'andana" del citat Reial decret, el tren ha de complir els requeriments següents:

	L1	L2-L3-L4
Altura de la part superior de l'estrep de porta respecte al centre del pla de via (eix y):	1.224,0	1.136,0
Distància del centre del pla de via a l'extrem de l'estrep de porta (eix x):	1.709,5	1.454,5



Distàncies d'estrep per a L1 i per a L2, L3 i L4

Seguint les especificacions del Decret 209/2023 de 28 de novembre que estableix el nou Codi d'Accessibilitat de Catalunya, la redacció del qual té en compte la unificació de criteris amb les normatives dels països de l'entorn europeu, els vehicles ferroviaris han de complir les condicions següents per ser considerats accessibles.

1.11.1 Portes accessibles

Es disposarà de portes accessibles a cadascun dels extrems de la unitat a banda i banda (total 4 portes per tren) que comuniquin directament amb les zones reservades per a les persones usuàries de cadires de rodes.

Aquestes portes compliran amb les característiques següents:

- Tenir un ample lliure de com a mínim de 1.300 mm a una altura de 1.500 mm, en qualsevol cas, mai ha de ser menor de 1.200 mm en tot el buit útil de la porta i l'altura ha de ser la màxima possible, tenint en compte el gàlib de la caixa, sent com a mínim de 1.900 mm i com a màxim de 2.000 mm. En fase de projecte, l'adjudicatari ha d'analitzar si és viable el compliment del Codi Català d'Accessibilitat tenint en compte les restriccions de gàlib de la infraestructura de FMB i les necessitats de videoinformació per a tot el passatge.
- Estar senyalitzades a la part exterior amb el SIA.
- Obertura automàtica a cada estació, sense requerir que el passatger accioni el polsador o el botó de sol·licitud/avís. Aquesta funcionalitat només s'ha de realitzar en mode ATP-ATO. En la resta de modes de conducció no s'ha d'obrir automàticament i funcionaran com la resta de portes.
- La protecció del passatge perquè no pugui ser copejat a la porta accessible estarà assegurada pel sistema de detecció d'obstacles de les portes que compleixen amb la norma europea EN14752.

Les portes accessibles tindran un brunzidor en el polsador intern i extern. Haurà d'emetre un avís amb un to i una freqüència diferents dels avisos d'obertura i tancament de les portes, que permeti la seva distinció. L'avís sonarà dos segons abans de l'habilitació / permissió i es mantindrà actiu mentre el tren es trobi estacionat amb les portes obertes fins que s'activi l'avís de tancament, amb una separació entre avisos de dos segons per facilitar la seva distinció.

1.11.2 Seients reservats

El tren disposarà de vint seients reservats a persones amb mobilitat reduïda no usuàries de cadires de rodes, repartits en files de quatre seients reservats per cotxe, situats al centre de cadascun d'aquests.

Els seients reservats compliran les especificacions següents:

- Tenir un color contrastat en relació amb la resta de seients. FMB disposa d'un disseny personalitzat de senyalització que ha d'estar integrat en el material del mateix seient reservat mitjançant impressió en làser o sistema de fabricació similar. En cap cas s'acceptaran serigrafies/pintats fàcilment erosionables i/o desgastables. El mètode a utilitzar per a la integració de la senyalització en el seient ha de ser aprovat per FMB en fase de projecte. El disseny i el color de la senyalització es lliurarà al fabricant durant la fase de projecte.

- Estar senyalitzats amb els pictogrames corresponents.
- Altura del seient entre 45 cm i 48 cm, i perímetre amb formes arrodonides.
- Disposar de reposabraços intermedis en el seu disseny i en les seves proximitats que faciliti aixecar-se a les persones amb mobilitat reduïda
- A la zona de seients reservats ha d'existir un pictograma de gos d'assistència.

1.11.3 Espai reservat per a passatge usuari de cadira de rodes

Han d'existir espais lliures de seients amb capacitat per allotjar a quatre passatgers en cadira de rodes, dos a cada cotxe extrem del tren, en les proximitats de les primeres portes. Aquests espais han de complir amb els requisits següents:

- El rectangle que forma l'espai reservat es posicionarà amb el costat llarg paral·lel a l'eix longitudinal del vehicle. En aquesta superfície no pot existir cap obstacle que produeixi ressalt a nivell de terra.
- Dimensions mínimes de l'espai reservat:
 - Llarg: 1,30 m.
 - Ample: 0,80 m.
- Cada espai reservat ha de comptar amb una mampara embuatada situada a la seva part posterior, de manera que serveixi de suport al passatger per recolzar l'esquena i el cap.
- El passatge en cadira de rodes ha de posicionar-se, en la superfície esmentada, mirant cap a la part posterior del vehicle o de front i paral·lel al seu lateral, mai en posició transversal.
- Se senyalitzarà amb el pictograma del SIA a una altura entre 0,90 m i 1,20 m, en el lateral de l'espai reservat. Ha d'incloure la instrucció d'ús.



Pictograma

- En el lateral de l'espai reservat s'instal·larà una barra horitzontal de diàmetre entre 3 cm i 4 cm, a una altura compresa entre 0,70 m i 0,90 m, separada del parament almenys 4 cm.
- L'itinerari des de la porta accessible que li correspongui fins a l'espai reservat per a passatgers en cadira de rodes ha de complir les condicions següents:
 - a) No pot contenir cap graó ni discontinuïtat del terra.
 - b) Ha de tenir una amplada de pas lliure d'obstacles igual o superior a 0,90 m.
 - c) Els canvis de direcció han de garantir un espai lliure de 1,20 m de diàmetre.
 - d) Ha de contenir un espai lliure per a girs de 1,50 m de diàmetre, que pot envair l'espai reservat.
 - e) Ha d'incloure els mateixos mecanismes i dispositius que el passatge pot utilitzar en altres zones, com ara bolet de fre, tirador d'emergència, interfon, carregadors i altres, situats a una altura entre 0,80 i 1,20 m mesurats des del terra.
- En aquesta zona s'agruparà l'interfon, el botó de fre i el tirador d'emergència en un únic element, situats a una altura entre 0,80 i 1,20 m mesurats des del terra per garantir l'abast per part de les persones en cadires de rodes que ocupin l'espai reservat.
- S'ha d'instal·lar un polsador de sol·licitud d'aturada, ha de ser lluminós de color blau, i ha de tenir confirmació sonora.
- Es col·locarà el símbol del SIA de color groc RAL 1021 al terra de l'espai reservat, amb la finalitat de reforçar la seva senyalització i de garantir el seu ús preferencial per part de persones usuàries de cadira de rodes.
- Ha de disposar de cinturons de seguretat que garanteixin la seguretat durant la marxa.
- Ha de disposar d'un sistema de sensorització dels espais reservats per a cadires de rodes per informar de la seva ocupació. El sistema ha de ser capaç de detectar la presència de la cadira de rodes sense que el seu ocupant hagi de realitzar cap acció. El sistema identificarà inequívocament la cadira de rodes respecte d'altres elements similars com ara bicicletes, patins, etc. La transmissió de la dada d'ocupació es realitzarà de manera automatitzada als sistemes d'informació al passatge, a la pantalla de conducció i al centre de control mitjançant la lògica del sistema informàtic del tren,

havent de definir-se aquesta funcionalitat en fase de projecte per a la seva validació per part de FMB.

1.11.4 Terra del vehicle

Ha de ser de materials que no produeixin reflexos, i antilliscant tant en sec com en mullat.

No existiran graons en el recorregut interior del vehicle.

La línia de vora de l'estrep estarà senyalitzada a cada porta en tota la seva longitud amb una franja de material antilliscant i de llarga durada, de color contrastat en relació amb la resta del terra i amb el color de la porta, aplicat entre les betes de l'estrep per minimitzar el desgast i evitar que es deslamini. Aquesta franja ha d'estar integrada en el material de l'estrep de manera que no sofreixi desgast prematur i es desprengui. No s'acceptaran materials tipus bandes enganxades o pintades. La solució definitiva ha de ser aprovada en fase de projecte per FMB.

Així mateix, el disseny dels estreps ha d'evitar l'acumulació d'aigua i facilitar el desguàs. Els estreps de les portes han d'estar dissenyats de tal manera que minimitzin el graó per facilitar l'estanquitat i facilitin així l'entrada a les cadires de rodes. Aquest disseny ha de ser validat en fase de projecte per FMB.

1.11.5 Informació per a passatgers amb discapacitat sensorial

El tren disposarà de dispositius que de manera visual i acústica informin sobre la propera parada, i de qualsevol altre avís de veu o acústic referent a alteracions del servei.

S'instal·larà un sistema de bucle d'inducció magnètica per a persones amb dispositius d'assistència auditiva en tots els cotxes del tren.

El sistema ha de complir íntegrament amb els requisits de la norma UNE-EN IEC 60118-4:2016, garantint la seva funcionalitat, qualitat acústica i adequació a l'entorn ferroviari.

L'adjudicatari presentarà en fase de projecte l'arquitectura del sistema proposat, les especificacions de l'equip amplificador, el disseny del bucle i la forma d'integració amb el sistema de megafonia i videodifusió del tren.

El sistema ha d'estar plenament integrat amb el sistema d'informació al viatger del tren, i la seva gestió es realitzarà des de la pantalla de conducció del tren.

Es preveurà la gestió diferenciada de senyals acústics crítics (avisos, alarmes, etc.).

Els mesuraments del sistema, tant en fase de validació com en manteniment, s'han de realitzar segons la norma UNE-EN IEC 60118-4:2016, incloent-hi:

- Soroll magnètic de fons.
- Nivell de camp magnètic amb senyal sinusoidal de 1,6 kHz a 0 dB.
- Corba de resposta en freqüència amb soroll rosa.
- Assaigs auditis subjectius mitjançant telebobina.

Les mesures s'han de realitzar a una altura de 1,20 m sobre el terra i distribuïdes al llarg del passadís central del cotxe, especialment a les zones habilitades per a cadires de rodes.

Es documentarà i presentaran els assaigs següents:

- Nivell d'intensitat del camp magnètic dins del rang establert (100 mA/m ± 3 dB).
- Mesurament de la distorsió harmònica.
- Verificació de la uniformitat del camp a les zones de cobertura.
- Absència de soroll de fons que superi el llindar màxim permès.

L'adjudicatari aportarà tota la documentació tècnica en fase de projecte, esquemes elèctrics, plans, fitxes d'equip i procediments de verificació, necessaris per a la seva validació per part de FMB.

El sistema serà validat durant la fase de proves dinàmiques del tren, en condicions reals d'operació. No s'acceptaran solucions que no acreditin de manera fefaent la correcta transmissió del so, sense distorsions, interferències ni pèrdua d'intel·ligibilitat.

El disseny del sistema ha de permetre el seu manteniment preventiu i correctiu, identificant operacions de manteniment i eines especials (mesurador de qualitat sonora).

1.11.6 Condicionament exterior

Es col·locarà un pictograma SIA a la part frontal dreta del vehicle. La porta accessible del vehicle també estarà senyalitzada tant en la seva part exterior com en la interior amb el SIA.

1.11.7 Panells lluminosos interiors

Els caràcters gràfics de tots els panells lluminosos interiors han de complir amb el que s'estipula a la norma ISO 3864-1.

Durant la fase de projecte, s'ha de consensuar amb FMB el tipus d'il·luminació que s'instal·larà, així com totes les seves funcionalitats.

1.12 Maqueta

L'adjudicatari, màxim 9 mesos després de la signatura del contracte, lliurarà una maqueta de realitat virtual (3D) de la cabina de conducció i de la sala de passatge a escala interior de sala de passatgers, que ha de mostrar les 3 zones principals: una zona de seients, la zona per a cadira de rodes i la zona de l'espai multifuncional. L'adjudicatari ha de subministrar els equips necessaris per poder realitzar i visualitzar aquesta simulació (ulleres de realitat virtual, PC, maqueta, ...). La maqueta virtual ha de ser validada per FMB en un termini màxim d'1 mes des de la data de presentació oficial. La validació d'aquesta maqueta podrà tenir sol·licitud de modificacions que s'han de tenir en compte a la maqueta física.

Durant la fase de projecte, i com a màxim 15 mesos després de la signatura del contracte, es lliurarà una maqueta del tren a mida real. La maqueta real no es podrà fabricar fins que la maqueta virtual no estigui validada per FMB. La maqueta incorporarà tots els elements reals possibles que s'instal·laran al tren a fabricar per l'adjudicatari, que entre d'altres seran:

- Seient conducció amb suspensió pneumàtica
- Manipulador de conducció.
- Pupitre
- Seient.
- Polsadors.
- Paviment.
- Tiradors alarma i desbloquejats.
- Pantalles
-

La maqueta estarà formada per un cotxe amb cabina de conducció (polsadors, seients, pantalles, il·luminació interior i exterior, portes, seient, vidres, i tots els components necessaris i realistes de com serà la cabina final i la caixa del passatge amb interiorisme realista al disseny, seients, barres i agafadors, pantalles, finestres, portes, armari de dotació, el sistema de desallotjament de passatge (frontal i lateral), vàlid per a túnel de via simple, via doble, tren acoblat, tren paral·lel, etc. En l'àmbit interior de sala de passatgers ha de mostrar les 3 zones principals: una zona de seients, la zona per a cadira de rodes i la zona de l'espai multifuncional.

La maqueta ha de ser validada per FMB en un termini màxim de 2 mesos des de la data de presentació oficial. La validació d'aquesta maqueta podrà tenir sol·licitud de modificacions que s'han de tenir en compte en el disseny oficial del tren.

La responsabilitat del transport i l'adequació de la maqueta anirà a càrrec de l'adjudicatari. En concret, si algun element necessita alimentació pneumàtica (per exemple, per al seient del personal de conducció) ha d'instal·lar un compressor adequat per a aquest propòsit. També serà responsabilitat de l'adjudicatari la instal·lació dels accessos fixos a l'interior de sala de passatgers per a persones de mobilitat reduïda (rampes amb barana) complint amb la normativa vigent per a aquest tipus d'accessos. L'adjudicatari realitzarà una avaluació de riscos des del punt de vista de Prevenció de Riscos Laborals de la maqueta que ha de lliurar a FMB una vegada instal·lada. L'adjudicatari ha de considerar almenys dues ubicacions d'exposició d'aquesta maqueta.

Es realitzaran dues maquetes miniatura per lot a escala del tot el tren per a persones amb discapacitat visual. L'escala de la maqueta serà aproximadament d'1:16. L'escala definitiva juntament amb les característiques i els materials (ABS, niló, fusta...) es definiran en fase de projecte i han de ser validades per FMB.

2. ESPECIFICACIONS SOBRE EL MATERIAL MÒBIL

En fase de projecte es presentaran almenys 3 (TRES) propostes de disseny interior i exterior. FMB decidirà el disseny final a partir d'aquestes propostes, en un termini màxim de 2 mesos. Aquestes propostes es presentaran amb la documentació necessària (plans, simulació 3D,...) per a la seva valoració i amb el nivell de detall suficient per a la seva avaluació i aprovació per part de FMB. L'aprovació del disseny per part de FMB serà necessària per a l'inici de la fabricació.

Durant la fase de projecte, totes les propostes realitzades per l'adjudicatari han d'estar incloses en l'abast d'aquest contracte, així com en el preu i els terminis de lliurament oferts.

Tots els equips que no tinguin comunicació amb el sistema informàtic (bogis, eixos, motors, pantògrafs,...) disposaran d'un tag RFID que permeti identificar de manera ràpida i inequívoca l'equip. L'adjudicatari subministrarà els equips necessaris per llegir aquestes etiquetes i el programari necessari. L'etiqueta ha de ser robusta i assegurar que no es desprèn ni es deteriora durant tota la vida útil de l'equip, per tant, a priori, es descarten solucions tipus "etiqueta enganxada". Aquesta identificació serà validada per FMB. Durant la fase de projecte, l'adjudicatari treballarà amb FMB per establir un nom i un codi per a tots els components i els sistemes.

Tota la tecnologia utilitzada als trens serà tecnologia sobradament provada i amb referències en altres explotacions ferroviàries. FMB es reserva la potestat de sol·licitar en qualsevol fase del projecte la documentació justificativa corresponent, podent descartar aquells equips o elements no justificats degudament, sense cap cost per a FMB.

L'adjudicatari en fase de projecte demostrarà el compliment de la norma EN 14363, incloent-hi la seguretat contra el descarrilament en via guerxa i l'avaluació del comportament dinàmic, aplicant la metodologia descrita en la mateixa norma, en funció de les característiques del vehicle i les condicions d'explotació. En fase de projecte, l'adjudicatari demostrarà que el disseny dels vehicles permetrà complir els requisits de la norma EN 14363: "Railway applications. Testing for the acceptance of running characteristics of railway vehicles. Testing of running behavior and stationary tests". En fase projecte s'aportaran els càlculs mitjançant simulació.

En fase de projecte, l'adjudicatari demostrarà que l'Índex de Comoditat Mitjana NMV, definit i avaluat d'acord amb la norma EN-12299, no serà superior a 2 ($NMV \leq 2$).

El sistema de control del tren ha de gestionar els nivells de càrrega (AW) amb criteris tècnics clars i definits, alineats amb la seguretat operativa i el compliment de prestacions contractades. Per aquest efecte s'estableixen els requeriments següents:

- No ha de generar-se cap alarma ni informació visible en cabina fins a assolir el valor AW4, entenent que fins a aquest nivell el tren ha de garantir totes les prestacions de tracció i frenada, tant en conducció manual com automàtica (LLIGO). El compliment d'aquestes prestacions ha de ser justificat per l'adjudicatari mitjançant càlcul tècnic durant la fase de projecte.
- Per sobre del valor AW4, i només en aquest cas, s'ha d'activar una senyalització a la pantalla de conducció. Aquest missatge serà validat per FMB en fase de projecte.
- La gestió d'aquesta alarma ha d'estar suportada pel sistema de detecció de càrrega mitjançant la pressió de la suspensió pneumàtica, o un altre mitjà validat tècnicament. En cap cas podrà afectar automàticament l'operació del tren, tret que així es determini en fase de projecte.
- El tren ha de ser capaç de circular en condicions d'AW4 sense comprometre la desacceleració d'emergència mínima garantida. Si l'anàlisi de l'adjudicatari demostra una pèrdua de prestacions superiors a les tolerades, s'han d'incorporar les mesures de disseny necessàries per a la seva compensació, i aquestes han de ser validades per FMB.
- La lògica d'activació d'aquesta alarma, així com el seu impacte en els modes de conducció, la seva visualització en cabina i el text exacte que es mostra, han de ser validats per FMB abans del tancament de l'enginyeria funcional dels sistemes.
- L'adjudicatari ha d'incloure aquesta lògica i els criteris de sobrecàrrega en el Manual de Conducció i en la documentació funcional del sistema, assegurant coherència amb el comportament real del tren.

El sistema de control del tren ha de garantir l'execució precisa del punt de parada, complint les toleràncies establertes contractualment i en coordinació total amb el sistema ATC instal·lat. A aquest efecte:

- L'adjudicatari serà el responsable de la implantació i la validació del sistema de parada del tren, incloent-hi el seu comportament en operació ATO, la gestió del fade-in/fade-out, els retards i les toleràncies de parada.

- La interfície funcional i de dades entre el sistema ATC i la resta de subsistemes del tren ha d'estar clarament definit per l'adjudicatari en fase de projecte i ser validat per FMB.
- Qualsevol desviació funcional observada durant la validació o posada en servei que afecti el comportament del tren en punt de parada ha de ser esmenada per l'adjudicatari, incloent-hi les adaptacions necessàries al programari.
- Les funcions que involucrin coordinació entre contractes diferents (ex. entre el fabricant del sistema ATC i l'adjudicatari) han de tenir definides clarament les responsabilitats de cada part en els documents d'interfície aprovats, sent obligació de l'adjudicatari la correcta integració dels equips subministrats per tercers i la seva validació funcional al tren, amb les proves d'integració necessàries.
- La lògica de fade-out, d'activació d'ajudes al conductor, de desbloqueig de portes i altres funcionalitats associades al punt de parada, s'han d'implementar conforme als criteris definits i validats per FMB, i qualsevol modificació posterior a la validació tècnica ha de ser prèviament aprovada per FMB.

Tots els equips presents al tren han d'estar convenientment refrigerats/ventilats de manera que maximitzin la seva vida útil i han d'estar protegits en cofres amb tapa contra projeccions de pedres o altres objectes que pugui haver-hi a la via.

En el dimensionament es tindrà en compte la tolerància i l'envelliment dels seus elements constitutius, de manera que una deriva eventual dels valors nominals permeti a l'equip complir convenientment la seva funció durant la seva vida útil estimada.

El tren podrà ser encarrilat amb els mitjans actuals que disposa FMB basats en gats hidràulics per a l'elevació del tren i la translació sobre una biga longitudinal.

Els trens podran anar acoblats en cas d'avaria d'un d'ells i que no li permetés circular pels seus propis mitjans.

Els trens es dimensionaran amb un nivell de redundància d'equips tal que davant qualsevol avaria permeti arribar a l'estació següent per evacuar passatge, arrencant en el màxim pendent i corba, i amb la càrrega màxima, i ja en buit prosseguir fins a la cotxera, amb independència del trajecte.

En cas d'avaria d'un tren, aquest podrà ser rescatat acoblant-ne un altre i la composició ("Tren avariats - Tren rescatador") podrà circular pels seus propis mitjans.

L'Oferent aportarà referències suficients (2 o més) d'experiències demostrades (en servei comercial d'almenys dos anys) dels principals equips i sistemes en un servei metropolità com el necessari per FMB. S'acceptaran referències d'equips no exactament iguals quan les diferències només siguin degudes a l'adaptació a les característiques operacionals de FMB. Aquestes referències s'han de demostrar mitjançant Certificat d'Operadors on indiquin que els equips i els sistemes està complint amb els requeriments de fiabilitat i seguretat en aquelles xarxes on estan prestant servei. S'han d'aportar obligatòriament referències de com a mínim els sistemes i equips següents:

Subsistema A: Presa de corrent i línia principal:

- Pantògraf.
- Disjuntor.

Subsistema B: Producció i distribució elèctrica:

- Convertidors auxiliars.
- Bateria.
- Relés.

Subsistema C: Elements de govern i control:

- Central de registre (caixa negra).
- Seient personal de conducció.

Subsistema D: Equip pneumàtic:

- Grup motocompressor.
- Torre d'assecador.

Subsistema E: Portes:

- Portes accés passatger (inclòs sistema antidrag).

Subsistema F: Frens:

- Control de Fre.

Subsistema G: Tracció:

- Equip de tracció.
- Motor de tracció.

Subsistema H: Bogis:

- Bastidor de bogi.
- Travessa i corona d'unió.
- Suspensió primària.
- Suspensió secundària.
- Reductor.
- Rodes.
- Eixos.
- Caixa de greix.

Subsistema I: Enganxalls i connexions:

- Enganxall automàtic.
- Enganxall semipermanent.

Subsistema J: Caixa:

- Estructura.
- Capçals.
- Passadís.

Subsistema K: Informàtica embarcada:

- Electrònica de control central.
- Xarxa de comunicació.

Subsistema L: Equips d'aire condicionat:

- Equip aire condicionat cabina
- Equip aire condicionat sala

Subsistema M: Equips d'informació a passatge i vigilància:

- Sistema informació passatge.
- Sistema de Videovigilància.
- Sistema de Videoinformació.
- Sistema detecció d'incendis.
- Sistema comptador de passatge.

El disseny i el subministrament dels equips del tren ha de facilitar la seva utilització segura conforme al que s'estableix a l'RD 1215/1997, permetent a l'operador complir les seves obligacions en matèria de prevenció de riscos laborals.

Tots els dispositius que requereixin accionament manual han d'estar dissenyats i dimensionats d'acord amb els límits de força recomanats establerts a la norma UNE-EN 1005-3 'Seguretat de les màquines. Comportament físic de l'ésser humà. Part 3: Límits de força recomanats per a la utilització de màquines', amb la finalitat de garantir un ús segur i ergonòmic per al personal operatiu i de manteniment.

Tots els armaris i les caixes d'equips del tren han d'estar clarament identificats mitjançant un cartell o un rètol visible que indiqui el nom i la codificació de l'equip allotjat en el seu interior. A més, els que continguin components elèctrics han d'incorporar senyalització específica de risc elèctric, indicant de manera clara i permanent la tensió present. Aquesta obligació s'estén també a les caixes situades sota bastidor.

Tota la senyalització ha de complir amb el que estableixen els Reials decrets 485/1997, 1215/1997, 1644/2008 i 614/2001, en matèria de senyalització de seguretat, condicions mínimes de seguretat en els llocs de treball, requisits essencials de seguretat i salut en màquines i protecció enfront del risc elèctric.

En el disseny dels equips, dels dispositius i dels sistemes que requereixin manipulació física per part del personal, s'han de tenir en compte les diferències de gènere i d'edat, adoptant com a criteri de disseny el factor més restrictiu. Aquesta exigència s'estableix conforme al que disposa la Llei 31/1995 de Prevenció de Riscos Laborals, amb la finalitat de garantir condicions segures i saludables per a tot el personal.

En compliment del que estableix el Reial decret 614/2001, sobre disposicions mínimes per a la protecció de la salut i la seguretat dels treballadors enfront del risc elèctric, el tren ha d'estar dissenyat per eliminar qualsevol possibilitat de contacte elèctric directe o indirecte en tots els elements accessibles al passatge i al personal de manteniment de primer nivell.

Tots els elements de regulació manual, com ara interruptors, selectors, vàlvules o comandaments mecànics, han d'estar situats a una altura i una posició que permeti el seu ús sense necessitat d'utilitzar plataformes, escales o altres mitjans auxiliars. En cap cas s'acceptarà la instal·lació de comandaments o dispositius d'accionament que resultin inaccessibles per a una persona amb una alçada d'1,60 metres, en compliment dels criteris ergonòmics establerts per la norma UNE-EN ISO 14738:2010, relativa als principis de disseny ergonòmic per a components de màquines i espais de treball.

2.1 PRESA DE CORRENT I LÍNIA PRINCIPAL (A)

La línia de tensió de tracció han d'estar convenientment protegida i cablejada com s'indica en la norma EN 50343 i l'EN 45545, fins al cofre del disjuntor principal. Per assegurar la fiabilitat i la seguretat en tensió contínua, s'aplicaran a més les disposicions rellevants de la sèrie IEC 61992.

2.1.1 Pantògrafs

Els trens han d'estar dotats de dos (2) pantògrafs per semiunitat, instal·lats en els cotxes MA i MB, la qual cosa representa un total de quatre (4) pantògrafs per tren.

Es garantirà el perfecte contacte amb la catenària rígida, així com en aquells trams de catenària flexible, en tot el rang d'altures, des de la posició inferior fins a la posició superior, mantenint-se la força estàtica nominal dins de la tolerància requerida per a una captació de corrent continu estable.

Els pantògrafs s'instal·laran preferentment sobre el bogi extrem de cada cotxe motriu, amb la finalitat de reduir els desplaçaments laterals en inscripció en corba. Durant la fase de projecte, l'adjudicatari ha de verificar i justificar documentalment que la ubicació compleix amb els gàlils estàtics, dinàmics i cinemàtics segons la norma EN 15273, que respecta les envolupants de la infraestructura de la xarxa de FMB, i que garanteix la compatibilitat amb la catenària conforme a la norma EN 50367.

Els pantògrafs han de complir amb els requisits que estableixen les normes UNE-EN 50206-1 i UNE-EN 50206-2, incloent-hi els assaigs tipus i sèrie per a metros i ferrocarrils lleugers. Així mateix, s'ha de garantir la compatibilitat amb la catenària rígida de la xarxa de FMB. El compliment d'aquestes normes s'acreditarà mitjançant certificats d'assaig vàlids emesos pel fabricant de l'equip o mitjançant documentació tècnica validada per l'adjudicatari.

L'esforç estàtic de contacte serà ajustable, amb un valor nominal de 70 ± 10 N, mantingut de manera uniforme al llarg de tot el camp d'operació del pantògraf. Les bandes de fregament han de ser de grafit, i l'adjudicatari ha d'homologar almenys dos proveïdors de bandes abans de la posada en servei del primer tren.

L'elevació i el descens dels pantògrafs han de ser mitjançant motor elèctric, amb control elèctric individual per pantògraf, sensors d'estat/posició, i sistema d'anul·lació elèctrica i mecànica independent per a cada unitat. Els pantògrafs han d'estar monitorats mitjançant el sistema informàtic embarcat, que permetrà la supervisió d'ordres de pujada/baixada, estat de connexió, estat mecànic, anul·lació individual del pantògraf i alarmes.

El pantògraf podrà ser elevat i baixat manualment des de l'interior del tren en cas d'emergència, a més de poder ser controlat (pujada/baixada/anul·lació) des de la cabina de conducció mitjançant la pantalla d'ajuda a la conducció i mitjançant un pulsador físic dedicat a aquesta finalitat. La maniobra d'abatiment serà suau i amortida, garantint la protecció de la línia de contacte.

Amb l'objectiu de prevenir riscos laborals durant les tasques d'inspecció o de manteniment del pantògraf, aquest no s'abatrà de manera intempestiva quan estigui en posició elevada, garantint així la seguretat del personal tècnic. Per a això s'ha de disposar d'un sistema de bloqueig mecànic o elèctric que impedeixi el seu abatiment en aquestes circumstàncies. Aquest sistema ha de ser validat per FMB durant la fase de projecte.

Adicionalment, s'ha d'incorporar senyalització de risc per atrapament a la zona del pantògraf, incloent-hi:

- Adhesius d'avertiment d'atrapament situats en tots els costats visibles del pantògraf.
- Franges de senyalització en color groc/negre, aplicades tant en el perímetre accessible com en els elements mòbils del sistema, d'acord amb l'RD 485/1997 sobre senyalització de seguretat.

Al costat de cada pantògraf s'instal·larà un dispositiu de protecció contra sobretensions (parallamps) estàtic, sense manteniment, la degradació del qual no es vegi afectada per l'envelliment ni agents externs. Aquest dispositiu ha de complir amb les normes UNE-EN 60099-4, UNE-EN 50526-1 i IEC 62848-1.

En el sostre del cotxe, adjacent a la base del pantògraf, s'instal·larà un cofre per al fusible de protecció de línia de tracció. L'estat d'aquest cofre ha de ser monitorat pel sistema informàtic embarcat del tren.

Es prendran com a referència addicional, les normes UIC608-R i UIC552 quan aportin criteris tècnics complementaris d'instal·lació o disseny, sempre que no entrin en conflicte amb les normes UNE-EN i IEC específiques en el present plec.

2.1.2 Disjuntor

Es disposarà d'un disjuntor principal de tracció en corrent continu, situat a cada semiunitat, capaç d'actuar en tots dos sentits de circulació de corrent (tracció i frenada), amb l'objectiu de garantir la protecció del sistema elèctric davant fallades o anomalies.

L'accionament del disjuntor serà elèctric o electromagnètic, amb obertura per ressort precarregat i capacitat de desconexió ràpida, assegurant el tall fins i tot en cas de fallada d'alimentació. El comandament manual s'ha de situar a la cabina de conducció, a la pantalla d'ajuda a la conducció, i anirà acompanyat d'un polsador físic i un pilot dedicat que indiqui el seu estat (connectat o desconectat).

Haurà d'estar prevista una separació segura entre la part d'alta i la de baixa tensió dins del cofre del disjuntor. El disjuntor s'ha d'allotjar preferentment en un cofre exclusiu. En cas de situar-se en un cofre compartit amb altres equips, s'ha de garantir la seva separació física mitjançant compartimentació estructural, de manera que no sigui accessible des d'altres seccions del cofre. El disseny ha d'impedir l'accés directe al disjuntor si no s'obre específicament el seu compartiment. Aquest cofre estarà fabricat en material metàl·lic o compost amb resistència mecànica adequada, contra pols, aigua, humitat i impactes, amb grau de protecció mínim IP55 i IK10, revestiment interior no conductor, ignífug, lliure d'halògens, amb comportament antiarc i antinflama, i conforme als estàndards ferroviaris.

El sistema de control assegurarà l'aïllament automàtic de l'equip causant de l'anomalia, i només permetrà el rearmament si ha desaparegut aquesta causa. El disjuntor únicament es podrà rearmar si no es detecta una avaria persistent que impedeixi el seu funcionament segur, garantint que el tren pugui recuperar la tracció només en condicions correctes.

Quan no es realitzi la connexió del disjuntor, el sistema informàtic embarcat ha d'indicar al personal de conducció els motius de la impossibilitat de connexió, proporcionant informació de la fallada.

Durant la fase de projecte, l'adjudicatari ha de lliurar les especificacions tècniques del disjuntor, incloent-hi com a mínim els paràmetres següents:

- Circuit principal d'alta tensió:
 - Tensió de funcionament assignada.
 - Tensió d'aïllament assignada.
 - Poder de tall en curtcircuit (mínim 30 kA).
 - Poder de tancament en curtcircuit.
 - Categoria de funcionament.
 - Corba intensitat – temps de disparament.

- Circuit auxiliar de baixa tensió:
 - Tensió nominal d'alimentació i ordre de control.
 - Rang de tensions de funcionament.
 - Temps d'obertura mecànica.
 - Temps de tancament mecànic.
- Condicions de funcionament:
 - Temperatura ambient de treball.
 - Grau de pol·lució.

El disseny i el funcionament del disjuntor ha de complir amb el que s'estableix a les normes següents, segons apliquin:

- UNE-EN 60077-2 i 60077-3: Equips elèctrics de material rodant ferroviari – disjuntors de tracció i requisits funcionals.
- UNE-EN 60947-2: Dispositius de tall en baixa tensió – disjuntors amb característiques de protecció.
- UNE-EN 50388: Coordinació de protecció entre el disjuntor de bord i la subestació.
- UNE-EN 50123-3 (o la seva successora IEC 61992-3): Equipament elèctric en corrent continu per a material rodant – components auxiliars.

Les proteccions del disjuntor han d'estar coordinades amb les de la subestació elèctrica corresponent, conforme al que s'indica a la norma UNE-EN 50388.

2.2 PRODUCCIÓ I DISTRIBUCIÓ ELÈCTRICA (B)

2.2.1 Subministrament i generació de baixa tensió

Cada tren anirà dotat dels elements necessaris per al subministrament d'energia als seus serveis auxiliars. Aquests inclouran equips com ara els convertidors estàtics i les bateries necessàries per generar i regular les tensions contínues i alternes que es necessitin per alimentar els equips del tren.

Els trens tindran una concepció redundant de tots els sistemes de producció d'energia elèctrica en baixa tensió per a l'alimentació dels equips auxiliars. L'objectiu és assegurar la fiabilitat màxima dels serveis auxiliars del tren, fins i tot en el cas de la fallada d'algun dels equips de producció d'energia.

2.2.1.1 Bateria

El sistema de bateries, inclosa la seva càrrega i la distribució elèctrica al llarg del tren a la tensió nominal, també serà redundant.

Cada tren estarà equipat amb dues bateries d'acumuladors connectades en paral·lel. L'estratègia de càrrega d'aquestes bateries s'implementarà mitjançant equips específics o s'integrarà en el sistema de conversió d'energia auxiliar del tren, segons l'arquitectura general proposada per l'adjudicatari. La capacitat nominal de cadascuna es determinarà en funció de les corbes característiques proporcionades pel fabricant i de les especificacions contingudes en aquest plec.

La tensió nominal de cada bateria serà de 110 V. L'adjudicatari determinarà el nombre d'elements, la tensió nominal de cadascun, la capacitat total, el pes i les corbes de càrrega i descàrrega a 25 °C, considerant tant el funcionament normal del cotxe com les condicions excepcionals que es detallen en aquest plec.

En funció del valor de tensió, l'adjudicatari determinarà el règim de càrrega més adequat, incloent-hi la seva adaptació en funció de la temperatura ambient.

Per al dimensionament es considerarà:

1. Que les bateries han d'alimentar durant un mínim d'1 hora els sistemes següents:
 - Enllumenat i senyalització interior i exterior.
 - Ventiladors d'emergència.
 - Posada en marxa.

- Comunicacions
 - Sistemes de seguretat.
2. Que els equips alimentats, des del previ de bateria, en mode d'espera (standby) han de mantenir-se en funcionament durant almenys 4 dies.
 3. Funcionament del sistema de rescat o última milla.

Aquests càlculs es justificaran degudament en la fase de projecte.

Com a mínim, els subsistemes/equips següents funcionaran mitjançant alimentació de bateria davant l'absència de tensió de línia:

- Circuits elèctrics de comandament.
- Sistema informàtic embarcat.
- Enllumenat ordinari durant 5 minuts després de la pèrdua de tensió, passat el qual funcionarà exclusivament l'enllumenat d'emergència.
- Megafonia
- Radiotelefonia i comunicacions tren-terra bidireccionals.
- Fars i pilots exteriors.
- Accionament elèctric de portes de passatge (una obertura general).
- Control d'equip pneumàtic.
- Electrovàlvules antibloqueig.
- Avisadors acústics de tancament de portes.
- Sistema de Tren Stop.
- Sistemes ATP-ATO (actualment alimentats a 72 V).
- Sistema d'informació al viatger.
- Equip de registre de seguretat (caixa negra).
- Sistema de videovigilància.

- Ventilació d'emergència.
- Pantògraf.
- Accés i control de cabina.
- Sistema de rescat o última milla
- Uns altres que l'adjudicatari proposi i justifiqui durant el projecte.

El sistema inclourà un test d'estat de bateries integrat en el sistema informàtic embarcat, que permetrà monitorar tensió, corrent i temperatura, i transmetre aquestes dades a través del canal de comunicacions determinat en el projecte.

Al costat del bastidor s'instal·larà un seccionador per a desconexió en càrrega i un magnetotèrmic de protecció, l'estat dels quals serà monitorat pel sistema embarcat.

Quan la càrrega de la bateria assoleixi un llindar crític, s'activarà una senyalització lluminosa visible des de l'exterior per facilitar la seva recàrrega, segons especificacions d'aquest plec. Aquests llindars es justificaran amb les corbes de descàrrega corresponents.

El tren disposarà d'un relé de tensió mínima per a supervisió contínua de la tensió de bateria. Si es detecta una tensió inferior a un llindar definit, el sistema de control donarà ordre d'apagada controlada del tren per preservar energia suficient per a la posterior arrencada i recàrrega.

Quan la tensió de bateria descendeixi per sota d'un segon llindar mínim, definit conforme a la norma EN 50155, el sistema ha de forçar la desconexió de totes les càrregues connectades al bus de contínua alimentat des de bateries (previ de bateria). Aquesta mesura té per objecte salvaguardar la integritat dels equips electrònics embarcats, evitant el seu funcionament fora dels marges de tensió especificats i prevenint danys derivats de situacions de baixa tensió o descàrrega profunda a la bateria.

La bateria es muntarà sobre bastidor d'acer inoxidable situat sota bastidor del cotxe, amb sistema extraïble que permeti la seva manipulació per una sola persona aplicant una força inferior a la que s'indica a les normes ISO 11228-1:2021 i UNE-EN 1005-3. Aquest sistema serà durador i lliure de manteniment.

Els cofres de bateries han de comptar amb un grau de protecció que determini l'adjudicatari conforme a la norma IEC 60529, que garanteixi l'estanquitat enfront de la pols i de dolls d'aigua a pressió tenint en compte que els trens són sotmesos a la rentada en el túnel de rentatge, per la qual cosa els components instal·lats sota bastidor estan exposats a aigua a pressió i humitat.

El disseny ha d'evitar acumulacions d'aigua, permetre un drenatge adequat i garantir la ventilació funcional de la bateria sense comprometre la seva protecció mecànica ni el compliment del grau IP especificat.

Les connexions elèctriques en tot el seu recorregut (des de la bateria fins a l'interior dels armaris i borns) han d'estar protegides. Aquesta protecció ha de ser prou robusta per assegurar que s'evitin els contactes accidentals durant les tasques de manteniment. La solució adoptada per l'adjudicatari ha de ser validada per FMB en fase de projecte.

Es garantirà una ventilació adequada del compartiment de bateries amb la finalitat d'evitar acumulacions de gasos, conforme a la norma UNE-EN 50547. El disseny ha de permetre l'evacuació eficaç dels gasos generats durant els cicles de càrrega i descàrrega, mitjançant solucions de ventilació natural o forçada, i evitar zones d'estancament.

La caixa de bateria comptarà amb tractament anticorrosiu. La tapa disposarà de sistema de tancament de doble seguretat que impedeixi la seva obertura accidental en servei. Aquest sistema ha de ser validat per FMB.

Tots els elements alimentats en baixa tensió des de bateria han d'estar dissenyats conforme a les variacions de tensió definides a la norma IEC 60077-1.

L'estratègia de càrrega de les bateries ha de contemplar com a mínim els punts següents, així com el que recomana el fabricant de la bateria:

- Monitoratge de l'estat de càrrega (SoC) i de l'estat de salut (SoH) de cada bateria, amb publicació de dades a la xarxa embarcada.
- Adaptació de la corba de càrrega als paràmetres definits pel fabricant, incloent-hi regulació per corrent, tensió o mode de flotació.
- Compensació de tensió en funció de la temperatura conforme a la UNE-EN 50547 o equivalent.
- Manteniment en flotació després de la càrrega, amb tensions dins dels marges permesos segons la UNE-EN 50155:2018, apartat 5.1.

En cas de fallada de tots els sistemes de càrrega, el tren ha de poder entrar en un mode d'operació segura sense alimentació auxiliar activa, complint amb les exigències mínimes de funcionament definides en aquest plec.

L'adjudicatari, en fase de projecte, ha de realitzar assaigs específics conforme a la UNE-EN 50215 (o norma equivalent) per validar el sistema de càrrega en conjunt amb les bateries,

incloent-hi simulacions sota perfils tèrmics i elèctrics representatius. En la fase de projecte, s'han de presentar les característiques tècniques del sistema proposat, incloent-hi els paràmetres de compensació de tensió i de corrent en funció de la temperatura.

2.2.1.1.1 *Sistema de rescat o última milla*

El tren disposarà d'un sistema d'alimentació auxiliar a partir de les bateries ja existents al tren que permeti la funcionalitat d'"última milla", entesa com la capacitat d'autopropulsar-se de manera totalment autònoma sense tensió de catenària, per a trajectes limitats davant d'una interrupció del subministrament.

Aquest sistema garantirà que el tren pugui desplaçar-se una distància mínima d'1,5 km en condicions de via amb pendent 0 ‰ i càrrega AW3 (ocupació màxima), mantenint capacitat de tracció, frenada i comunicació embarcada.

El sistema de bateries destinat a aquesta funcionalitat ha de complir els requisits tècnics següents:

- Autonomia mínima garantida d'1,5 km en autopropulsió contínua.
- Velocitat operativa en aquest mode: 10 km/h.
- Disponibilitat del sistema des de repòs, fins i tot després de desconexió de catenària o tall de tracció principal.
- Integració amb el sistema de control i monitoratge del tren, amb possibilitat d'activació manual del mode última milla.
- Supervisió de l'estat de càrrega, temperatura i cicles de vida, integrats en el sistema de diagnòstic embarcat.
- Compliment de la normativa de seguretat contra incendis i materials: UNE-EN 45545.
- Disseny conforme a condicions ambientals ferroviàries: EN 50155 i EN 60077.
- L'enllumenat d'emergència, la comunicació, la ventilació d'emergència i les funcions de seguretat del tren han d'estar actius.
- Ha d'existir un control de velocitat que impedeixi que el tren superi els 30 km/h en cas de pendent.

Aquest sistema no substitueix el mode socors del sistema informàtic del tren, però ha d'estar operatiu en condicions nominals, incloent-hi arrencada des d'aturat, acceleració controlada i parada segura, complint els requeriments de seguretat funcional corresponents.

2.2.1.2 Convertidors estàtics

Cada tren ha de disposar de dos convertidors estàtics completament independents, la funció principal dels quals serà subministrar energia elèctrica de baixa tensió per alimentar de manera contínua i segura tots els sistemes del tren: il·luminació, climatització, ventilació, portes, compressors, sistemes d'informació al viatger, comandament i control, senyalització, càrrega de bateries, entre d'altres.

2.2.1.2.1 *Requisits funcionals generals*

La posada en marxa i la desconexió dels convertidors es podran realitzar de manera manual o automàtica.

Els convertidors han de funcionar automàticament i sense necessitat d'intervenció específica per a totes les tensions nominals de les línies L1, L2, L3 i L4, sense reducció de prestacions, ni modificació de maquinari o programari. Només s'admetrà com a excepció justificada L1.

El sistema ha d'adaptar automàticament els seus paràmetres operatius al rang de tensió d'entrada.

No s'han de produir caigudes apreciables davant de transitoris de càrrega o pics de consum.

La potència del convertidor es dimensionarà amb tots els consums funcionant simultàniament a plena càrrega, havent-se d'absorbir les puntes de corrent generades en la connexió i la desconexió dels equips que alimenta, sense que la tensió o la freqüència de sortida se surtin dels marges de tolerància especificats.

En cas de fallada d'un dels convertidors d'alimentació auxiliar, el sistema ha de ser capaç d'alimentar tot el tren des d'un sol convertidor, mantenint-se operatius tots els sistemes essencials, inclosos l'aire condicionat, la ventilació forçada, la il·luminació, el control i les comunicacions.

En fase de projecte es lliurarà un balanç de càrregues amb els consums de tots els equips, i estarà subjecte a aprovació per part de FMB.

El convertidor inclourà sensors de tensió, corrent, temperatura i altres magnituds rellevants, accessibles en temps real des de la pantalla del lloc de conducció i publicades en el sistema informàtic embarcat.

2.2.1.2.2 *Requisits constructius i de muntatge*

S'han d'instal·lar en ubicació d'accés fàcil per a tasques de manteniment.

El seu disseny permetrà el desmuntatge sense haver de desmuntar altres elements del bastidor.

La ventilació es realitzarà sense filtres, podent-se usar reixetes de protecció. El disseny ha de ser aprovat per FMB en fase de projecte.

Després de la seva encesa, s'ha de garantir l'inici de subministrament en un màxim de 5 segons.

Es dotaran de proteccions contra curtcircuits, sobrecàrregues, sobretensió, subtensió, sobretemperatura i fallades internes. Quan actuïn, totes les proteccions han d'informar el sistema informàtic embarcat.

Cada convertidor auxiliar ha d'estar protegit externament enfront de sobreintensitats i sobretensions mitjançant un sistema de protecció independent, més ràpid que les proteccions internes del mateix convertidor, i selectivament coordinat amb aquestes. Aquest sistema de protecció serà reactivable des de cabina i supervisat mitjançant el sistema de diagnòstic embarcat.

La zona de control electrònic disposarà de protecció IP65 segons IEC 60529 i estarà separada de la zona d'alta tensió. Les zones obertes també han d'estar degudament protegides, i el conjunt complirà el nivell de protecció a determinar pel fabricant de l'equip.

Incorporaran un sistema de descàrrega automàtica de condensadors i un indicador visual d'absència de tensió clarament visible.

Les targetes de control han d'estar disposades en un bastidor central, accessible, amb codificació que impedeixi errors d'inserció. Disposaran de Leds indicadors d'estat i d'avaria. El bastidor estarà en una zona visible, accessible i separada de la tensió de tracció.

El disseny del convertidor serà de tal manera que els circuits de tensió de tracció han d'estar separats de la resta, permetent accedir a zones no sotmeses a tensió de tracció amb l'equip en servei. Es garantirà la descàrrega segura de condensadors després de la desconexió i l'absència de tensió mitjançant senyalització lluminosa visible.

2.2.1.2.3 *Generació i qualitat del subministrament*

La tensió de sortida serà de:

- 400 Vca $\pm 5\%$ a 50 Hz $\pm 1\%$, amb distorsió harmònica total (THD) inferior al 15%.
- Tensió per a la càrrega de bateries: $\pm 1\%$ de la tensió en flotació.

El neutre ha d'estar accessible per alimentar càrregues monofàsiques.

Serà capaç d'alimentar circuits de climatització, compressors, ventiladors, càrrega de bateries i qualsevol altre sistema definit durant el desenvolupament del projecte.

S'exigirà una reserva de capacitat mínima del 10% per sobre de la potència nominal total de càrrega.

En fase de projecte s'ha de justificar el dimensionament de cada equip alimentat, així com la tolerància davant de talls breus de catenària.

El filtre d'entrada del convertidor es dissenyarà tant per evitar la injecció d'harmònics a la catenària que poguessin afectar a altres equips, com per filtrar el corrent d'entrada del convertidor.

2.2.1.2.4 *Condicions especials d'alimentació i de funcionament*

Un dels convertidors disposarà d'una presa exterior de 400 V AC 50 Hz, amb neutre, per a l'alimentació en taller de tots els serveis auxiliars del cotxe de manera que no sigui necessari que el grup convertidor estigui connectat a la línia de tensió de tracció. L'adjudicatari ha de tenir en compte la diferència de potencial entre terres dels tallers i proposar la solució més adequada. Si aquesta connexió està establerta, s'ha d'assegurar automàticament que la línia de sortida del grup convertidor estigui desconnectada de la distribució.

L'altre convertidor tindrà la capacitat d'arrencar des de la tensió de catenària, pujant manualment el pantògraf, sempre que existeixi presència de tensió en catenària. L'adjudicatari assegurarà que aquesta operació es realitza amb totes les condicions de seguretat requerides, per a això, l'adjudicatari, en fase de projecte, ha de validar aquesta operació i els estris a utilitzar amb FMB.

2.2.1.2.5 *Eficiència i tecnologia*

El rendiment energètic de cada convertidor ha de ser igual o superior al 94% des de càrrega mitjana fins a càrrega plena, per a tot el marge de tensió d'entrada.

Els semiconductors de potència han de ser d'última generació. En fase de projecte, l'adjudicatari ha de proposar almenys dos fabricants alternatius.

2.2.1.2.6 *Supervisió, diagnòstic i comunicació*

Ha d'incloure un sistema d'autodiagnòstic capaç d'identificar mòduls, targetes o components amb fallades. S'ha de proporcionar un programa monitor que, a través d'un Ordinador Portàtil connectat al mateix convertidor o al sistema informàtic del tren, proporcioni en temps real els paràmetres de funcionament del convertidor, necessaris per al seu manteniment preventiu i correctiu.

Els convertidors han de tenir una comunicació total amb el sistema de control del tren, enviant estats, alarmes i paràmetres operatius.

Els convertidors han de reportar al sistema central del tren els estats funcionals següents:

- Operatiu.
- Incidència menor.
- Funcionament degradat.
- Fora de servei.

El sistema emmagatzemarà històrics amb dates, valors analògics i digitals, accessibles des de l'eina de manteniment.

Les dades s'han d'exportar en format estructurat, compatible amb eines d'anàlisi tècnica.

El monitoratge en temps real ha de ser possible mitjançant connexió de PC al convertidor i al sistema embarcat del tren, podent-se visualitzar des de la pantalla de conducció.

El sistema de comunicacions del convertidor ha de ser plenament compatible amb el protocol definit per a la resta del tren.

2.2.1.2.7 *Resiliència enfront de fallada del sistema informàtic*

El convertidor ha de garantir la continuïtat d'alimentació de serveis auxiliars fins i tot en cas de fallada total del sistema informàtic del tren. Aquesta funció ha d'estar justificada mitjançant una anàlisi detallada dels modes de comandament i maniobra alternatius.

2.2.1.2.8 *Normativa aplicable*

Els convertidors estàtics han de complir amb les normes i les regulacions següents (versions vigents en fase de projecte) i/o les que l'adjudicatari justifiqui en fase de projecte:

- EN 50155, EN 50124, EN 50125, EN 50163, EN 50207, EN 50121-3-2, IEC 61373, EN 45545.
- CEI 571-1, 571-2, 571-3, 411-5, CEI 1287-1, UIC 616.
- EN 61000-4-4 i EN 61000-4-5 (immunitat electromagnètica).
- IEC 62477-1 (seguretat funcional de convertidors de potència).

Qualsevol requisit addicional que derivi del desenvolupament del projecte i que afecti el disseny, la seguretat o la interoperabilitat ha de ser validat per FMB.

2.2.2 Aparellatge elèctric

2.2.2.1 Cables i canalitzacions

Tots els cables i sistemes de canalització del tren garantiran un funcionament segur, fiable i conforme amb les exigències de l'entorn ferroviari. Els elements elèctrics i electrònics muntats en armaris han de ser plenament accessibles des de l'exterior dels armaris i sense necessitat d'obrir altres muntants interns de l'armari, sense quedar a la seva part interna o posterior, evitant configuracions que dificultin el manteniment o augmentin el risc de fallada per sobreescalfament o acumulació de pols.

Els materials, la disposició i la instal·lació asseguraran la resistència a condicions ambientals adverses, vibracions, interferències electromagnètiques, impactes mecànics i riscos tèrmics o químics. El disseny del cablejat minimitzarà les interferències creuades, la longitud dels recorreguts i la complexitat innecessària.

2.2.2.1.1 *Tipologia de cables i característiques tècniques*

Tots els cables utilitzats compliran com a mínim amb les normatives següents:

- EN 50264: per a cables de potència i senyalització de baixa tensió, d'aïllament termoplàstic o elastòmer.
- EN 50306: per a cables de baixa potència i control amb diàmetre reduït, especialment en sistemes amb alta densitat de conductors.
- EN 45545-2: requisits de comportament enfront del foc (hazard levels segons HL1, HL2 o HL3 en funció de l'ús).
- UNE 20431 / UNE 20432: característiques específiques de resistència dielèctrica, tèrmica i mecànica en cables de control i energia.

- U.I.C. 895: resistència enfront d'olis, de combustibles i d'agents químics.
- UITP/APTA: se seguiran les recomanacions del document "Performance specifications for development of electric wire and cable with improved fire characteristics for use in underground transit systems", especialment les referides a estàndards CEI 332-1, NF C 32-070, IEEE 383 i NFPA 258.

Tots els cables han de ser ignífugs, autoextingibles, lliures d'halògens, amb baixa emissió de fums i gasos corrosius en cas de combustió, d'acord amb EN 60332-1-2, EN 61034-2 i EN 50267-2-1/2.

2.2.2.1.2 *Instal·lació del cablejat*

La instal·lació del cablejat complirà amb la norma UNE EN 50343, que estableix els mètodes de connexió, terminació i validació de cables elèctrics en vehicles ferroviaris, així com amb els principis de seguretat mecànica definits a 50155, EN 45545-2 i EN 50310 per a continuïtat equipotencial. A més, es tindran en compte les recomanacions UITP per a seguretat elèctrica i resistència a desgast per vibració.

2.2.2.1.3 *Fixació segura i lliure de desgast*

Tots els cables aniran perfectament subjectes en canalitzacions, safates o tubs específics, amb elements de fixació antilliscants, resistent a vibracions, calor i humitat. No es permet l'ús de brides plàstiques directament sobre l'estructura del vehicle o sobre elements rígids que puguin provocar desgast per contacte. En el seu lloc, s'usaran abraçadores de fixació ferroviàries, homologades segons EN 45545-2 HL3 i amb suports dielèctrics o cautxús d'amortiment per evitar microdesgast.

Queda estrictament prohibit l'ús de fixacions flotants o amb possibilitat de desplaçament del cable amb el pas del temps.

2.2.2.1.4 *Protecció enfront de la fricció i la vibració*

Tots els trams de cable que discorrin en contacte o proximitat amb parts estructurals o metàl·liques del tren han d'estar encapsulats o folrats amb mànegues protectores o fundes antiabrasives d'alt rendiment. Així mateix, es protegiran aquestes parts estructurals o metàl·liques, recobrint els cantells amb elements adequats per a aquest fi.

Als punts on el cable travessi divisions estructurals (mampares, terra, caixes, etc.), s'utilitzaran passamurs certificats (EN 45545-2 HL3, o millor) que impedeixin talls per vores metàl·liques.

No es permetrà sota cap circumstància el pas directe de cablejat a través de xapa o estructures sense protecció mecànica.

Els radis de curvatura han de complir el que s'estableix a 50343, respectant un mínim de $6 \times$ el diàmetre exterior del cable. En el cas de cables apantallats, s'aplicaran criteris més exigents.

2.2.2.1.5 *Tensions mecàniques i jocs*

Queda prohibit qualsevol disseny que permeti joc, llaç o tensió residual en cables, especialment en zones mòbils o articulades (bogis, portes, passarel·les). En aquestes zones s'ha d'instal·lar bucles de servei calculats, amb topologia de reserva controlada, que minimitzin la tensió i evitin flexions cícliques d'angle alt.

2.2.2.1.6 *Distribució, agrupament i senyalització*

Els circuits de potència principal, potència auxiliar, baixa tensió i comunicacions s'instal·laran per separat en canalitzacions independents, físicament segregades i amb apantallament, si es requereix per evitar interferències, conforme als principis de l'EN 50121-3-2.

El recorregut del cablejat serà continu, sense empalmaments intermedis, excepte en caixes de connexió autoritzades.

Tot cable serà identificat a tots dos extrems amb etiquetes duradores, resistent al foc, a l'UV i als dissolvents. El sistema de codificació serà validat durant la fase de disseny.

Els extrems dels cables es connectaran a terminals mecànics tipus connexió per pressió, sense ús de soldadures. Per a senyal i control s'usaran connexions tipus Faston o borns de pressió, segons la categoria i conforme a EN 60999-1.

Queda expressament prohibit l'ús de ponts de cable entre borns adjacents.

2.2.2.1.7 *Seguretat elèctrica i protecció*

Tots els cables han d'estar protegits enfront de sobrecorrent i curtcircuit mitjançant fusibles o interruptors selectius, de manera que només es desconnecti el circuit afectat, sense propagar l'anomalia.

El dimensionament de les proteccions ha de considerar la resistència pròpia del cablejat, la seva capacitat tèrmica i el corrent de curtcircuit del sistema.

En recorreguts d'alta tensió, els cables han d'estar encapsulats i la seva disposició garantirà la seguretat total del personal, segons requisits d'EN 50153.

Tots els passos a través de mampares, terres o divisions estructurals han d'estar segellats i estancs mitjançant premsaestopa o sistemes equivalents aprovats.

2.2.2.1.8 Validació

En fase de disseny, l'adjudicatari presentarà a FMB:

- El model 3D d'armaris elèctrics.
- La proposta d'encaminat complet del cablejat.
- El sistema d'identificació i d'etiquetatge.

Tres mesos abans del lliurament del primer tren, s'ha de proporcionar:

- Llistat complet de cables muntats, incloent-hi: tipus, secció, longitud, interconnexions i funció.
- Plans de recorregut, fixació i agrupament.
- Justificació del compliment de les normes citades.

2.2.2.2 Pas elèctric entre cotxes

El pas elèctric entre cotxes es realitzarà exclusivament mitjançant mànegues aèries desmuntables i endollables per tots dos costats, connectades a les testeres per tots dos costats. Aquest sistema ha d'assegurar una connexió fiable, estanca i resistent enfront de condicions dinàmiques, tèrmiques i ambientals pròpies de l'explotació ferroviària.

Cada extrem de mànega disposarà de connectors ferroviaris de tipus industrial reforçat, adequats per als corrents, les tensions i els protocols de comunicació emprats. Els connectors han d'estar equipats amb mecanismes de tancament segurs, i comptar amb grau de protecció mínim IP67 conforme a l'EN 60529, amb resistència a impactes segons IK08.

S'han de preveure suports metàl·lics o amortits, en tots dos costats de les testeres, que mantinguin fixa la mànega. No s'acceptaran brides plàstiques.

El suport ha d'evitar qualsevol flexió excessiva del connector o de la mànega, i protegir mecànicament la connexió de manipulació accidental.

Els conductors han de ser conformes a EN 50264 o EN 50306 segons secció, amb revestiment ignífug lliure d'halògens conforme a EN 45545-2, classificats com a mínim HL2.

Les mànegues han de tenir longitud suficient i marge de reserva per permetre:

- Gir relatiu de les caixes a les corbes de radi mínim de via definit per a l'explotació.
- Moviment vertical, lateral i torsional degut a suspensió i bogis.
- Amplituds d'oscil·lació sota càrrega dinàmica i desacoblament temporal sense esforç.

S'han d'evitar:

- Tensió residual a les mànegues en posició extrema.
- Contacte amb els topalls, bogis, faldilles o estructures.
- Parts vistes que puguin entrar en el gàlib dinàmic o freguin amb la via.

L'adjudicatari ha de simular i justificar aquests moviments mitjançant anàlisis cinemàtiques o prototips, i sotmetre a l'aprovació de FMB les característiques geomètriques i el disseny funcional dels connectors i les mànegues.

Tots els circuits elèctrics han de comptar amb proteccions individualitzades adequades per al tipus de servei, garantint la desconexió selectiva en cas de fallada o curtcircuit, conforme a la normativa EN 50153 (protecció de persones enfront de tensions perilloses).

Les connexions han de garantir baixa resistència de contacte, evitar falsos contactes i permetre desconexió ràpida sense risc elèctric.

Es prohibeixen les connexions soldades. Tots els terminals han de ser del tipus connexió per pressió industrial o multicontacte d'alta fiabilitat.

Durant la fase de projecte, l'adjudicatari ha de presentar a FMB:

- Esquemes elèctrics del pas entre cotxes.
- Model 3D de connectors i disposició en testeres.
- Justificació del comportament en corba i dinàmica de circulació.
- Proposta de codificació, identificació i protecció mecànica.
- Llistat de circuits que travessen cada mànega.

2.2.2.3 Seccionadors d'unitats

Les composicions dels trens han de ser dissenyades de manera que puguin funcionar com a semiunitat, en cas necessari, entenent com semiunitat una composició formada per MA-MB i/o MA-MB-R, separada físicament. Aquest mode de funcionament ha de ser fàcilment configurable i sense elements externs (connectors, jumpers...) als del mateix tren.

S'instal·laran seccionadors de línies de tren a fi de poder anul·lar elèctricament una semiunitat avariada ($MA_{1/2}$ - $MB_{1/2}$ -R), de manera que es pugui circular amb l'altra semiunitat ($MA_{1/2}$ - $MB_{1/2}$ -R) no avariada i sense que afecti els sistemes de seguretat del tren.

El nombre de seccionadors, les línies a incloure, així com la seva ubicació al tren, ha de ser justificada per l'adjudicatari en fase de projecte.

Els seccionadors disposaran de plaques amb la identificació de les línies o grups de línies que seccionen.

Aquest mode de funcionament ha de ser validat per FMB en fase de Projecte.

2.2.2.4 Connectors

Tots els connectors utilitzats en els sistemes i els equips del tren han de complir amb requisits específics de fiabilitat, de resistència ambiental, de compatibilitat electromagnètica i de facilitat de manteniment, propis d'aplicacions ferroviàries. La seva selecció i instal·lació han de garantir la continuïtat elèctrica, la seguretat operacional i la facilitat d'intervenció en condicions reals d'explotació.

Tots els connectors instal·lats en els sistemes i equips del tren se seleccionaran atenent a:

- La seva idoneïtat per a la funció que han de realitzar en funció del tipus de senyals elèctrics transmesos, així com de les característiques constructives i mecàniques requerides en cada cas.
- S'instal·laran connectors homologats per a aplicació ferroviària, segons normativa vigent.
- S'han d'escollir models amb diverses fonts de subministrament, per evitar dependències de fabricants.
- Per minimitzar l'estoc de manteniment, l'adjudicatari ha de reduir al màxim la diversitat de connectors implementats al tren, emprant el màxim de connectors del mateix tipus, encara que quedin pins lliures.

L'adjudicatari ha de justificar en fase de Projecte, tenint en compte la seva funció i localització en el tren, l'elecció dels connectors en funció de:

- Material de la carcassa i tipus de protecció aplicada.
- Característiques constructives dels pins (material, acabat, etc.).
- Reparabilitat (facilitat de substitució del connector complet o dels seus pins).
- Retenció de contacte.
- Rigidesa dielèctrica (adequada a les tensions elèctriques i condicions ambientals en cada cas).
- Xoc tèrmic (inalterable en cas d'escalfament o refredament ràpid per qualsevol causa).
- Vibracions a suportar en el tren sense pèrdua de contacte.
- Xoc físic (impactes transmesos per l'arrencada o la parada d'equips).
- Nombre de connexions i de desconexions que es poden efectuar sense que el connector perdi les seves característiques mecàniques i elèctriques nominals.
- Rang de temperatura de treball.
- Resistència elèctrica d'aïllament entre contactes (adequada a les tensions elèctriques i condicions ambientals en cada cas).
- Humitat, projeccions d'aigua corrosiva.
- Estanquitat enfront de pols i d'aigua.

L'elecció dels connectors situats a l'exterior dels cotxes s'efectuarà tenint en compte per a cada cas les condicions particulars de treball, com ara esquitxos d'aigua salina, rentat en túnel, detergents, pols, així com altres condicions ambientals que puguin ocasionar la deterioració i la corrosió d'aquests. S'ha de complir amb els requisits IP65 com a mínim, d'acord amb la norma EN 60529.

Els connectors a implementar al tren han de ser sotmesos a l'aprovació de FMB, per a això l'adjudicatari, en fase de Projecte, aportarà dades de diferents fabricants de connectors homologats per a aplicació ferroviària. A aquest efecte s'aportaran referències dels connectors

emprats en altres explotacions ferroviàries de característiques similars a FMB, amb dades reals de la fiabilitat d'aquests.

Tots els connectors del tren han de disposar d'un sistema d'enclavament mecànic, que impedeixi que es puguin afuixar per l'efecte de les vibracions. No s'han de requerir eines especials per afuixar els connectors, podent-se afuixar amb la mà. També han d'estar dotats de codificació mecànica que impedeixi la inserció de connectors en posicions errònies.

En compliment de l'establert en el Reial decret 614/2001, sobre disposicions mínimes per a la protecció de la salut i seguretat dels treballadors enfront del risc elèctric, tots els connectors en baixa tensió, especialment els relacionats amb sistemes de bateries situats en armaris elèctrics accessibles des de zones de passatge, han de disposar de sistemes d'aïllament físic robust, de manera que s'eviti el contacte accidental amb elements sota tensió. Aquest sistema d'aïllament ha de ser validat per FMB en fase de projecte.

2.2.2.5 Relés de maniobra

Tots els relés i els contactors instal·lats al tren han d'estar específicament homologats per a aplicacions ferroviàries, complint amb els requisits definits a les normes EN 50155 per a condicions ambientals, EN 60077-2 per a components electromecànics, EN 50205 per a relés de seguretat i EN 45545-2 quant al comportament enfront del foc. El seu disseny i muntatge garantirà un funcionament fiable sota les condicions d'operació pròpies de l'entorn ferroviari, incloent-hi temperatura, humitat, vibracions, impactes, pols i atmosferes potencialment contaminants.

Tots els relés i els contactors han de ser del tipus endollable i modular, amb sòcol fix cablejat al sistema del tren i relé desmuntable connectat mitjançant endoll ràpid. Incorporarà un sistema d'enclavament o retenció mecànica que impedeixi la seva desconexió involuntària per efectes de vibració o xoc. La substitució del relé no requerirà eines ni intervenció sobre el cablejat existent, afavorint el manteniment ràpid i segur.

Els equips operaran correctament dins d'un marge de variació de tensió d'alimentació de +15 % / -30 % respecte al seu valor nominal, conforme a l'establert per la norma EN 50155 per a funcionament continu en sistemes ferroviaris. S'ha d'assegurar addicionalment que la temperatura de la carcassa i dels components accessibles no superi els valors segurs de contacte i que no provoqui deformacions ni fallades funcionals a causa de sobreescalfament perllongat.

Durant la fase de projecte, l'adjudicatari justificarà l'elecció de cada tipus de relé o contactor, aportant dades certificades sobre la seva vida útil segons la seva funció, la seva càrrega de treball i el nombre de maniobres.

Durant la fase de projecte, l'adjudicatari ha de realitzar un estudi tècnic específic de totes les funcions que requereixin l'ús de relés o de contactors, considerant:

- La freqüència estimada de maniobres de cada funció durant la vida útil del tren.
- El tipus i el nivell de càrrega elèctrica associada (tensió, intensitat, naturalesa de la càrrega).
- Les condicions reals d'operació i l'entorn de FMB (temperatura, humitat, accessibilitat, manteniment).
- L'impacte de la possible degradació del component en la disponibilitat del tren.

A partir d'aquesta anàlisi, l'adjudicatari proposarà, per a cada aplicació concreta, el tipus de relé més adequat (encapsulat o estàndard ferroviari), justificant tècnicament i documentalment la seva idoneïtat quant a:

- Vida útil elèctrica i mecànica, conforme a les condicions d'operació.
- Capacitat de commutació sota les càrregues previstes.
- Resistència ambiental i necessitats de manteniment.

La justificació es basarà en documentació del fabricant (fitxes tècniques, corbes de commutació, cicles de vida, etc.) i l'estudi realitzat per l'adjudicatari de la funció, càrregues i maniobres del relé, i ha de demostrar que el component compleix, com a mínim, amb:

- ≥ 1 milió de maniobres mecàniques sense càrrega,
- ≥ 100.000 maniobres elèctriques sota càrrega assignada,

I que està certificat segons les normes EN 60077-2, IEC 61810-1 i EN 50155 (quan apliqui).

L'estudi serà presentat a FMB per a la seva avaluació i validació durant la fase de projecte, havent d'estar alineat amb criteris de fiabilitat, mantenibilitat i seguretat en l'exploració.

Els relés i els contactors han d'incorporar sistemes de protecció contra les sobretensions generades per la desconexió de la bobina, com ara díodes de roda lliure o altres dispositius equivalents. Aquesta protecció ha d'impedir la propagació de pics de tensió a altres equips

sensibles, contribuint al compliment dels requisits de compatibilitat electromagnètica segons la norma EN 50121-3-2.

Tots els models han de comptar amb una protecció adequada enfront de condicions ambientals exigents, com ara pols, humitat, boira salina o agents químics. El grau de protecció mínim serà IP20 per a aplicacions a l'interior d'armaris, i IP54 o superior per a components instal·lats en zones exposades o semiobertes. Els materials han de ser resistent a la radiació ultraviolada, a la corrosió i al foc, complint almenys els requisits de l'EN 45545-2, nivell HL2.

La solució adoptada ha d'estar orientada tant a la fiabilitat operativa com a l'estandardització de components, afavorint la reducció de variants i la facilitat d'aprovisionament i de manteniment durant el cicle de vida útil del tren.

2.2.2.6 Preses de 230V AC

S'instal·laran preses de 230V AC tipus Shuko amb presa de terra, en ambdues cabines de conducció i en cadascun dels cotxes. El nombre, el model, la disposició i la potència disponible a les preses serà definit en la fase de projecte per FMB.

2.2.3 Fars i pilots externs

A cada costat de la part inferior de la testera de cabina, se situarà un doble far per a il·luminació del túnel (llum blanca), amb llums, curtes i llargues, de llarga durada. Tota la il·luminació serà tipus LED. Aquests llums han de ser fàcilment substituïbles en un temps màxim de 5 minuts. Mitjançant aquesta il·luminació es podrà circular:

- 1) Amb llums curtes i llargues simultàniament.
- 2) Només amb llum curta.
- 3) Amb llums totalment apagades.

A cada costat de la part superior de la testera es col·locaran dos grups òptics de leds blancs i vermells.

Les llums vermelles i blanques de posició funcionaran directament associades al sentit de marxa seleccionat, de manera que quan la selecció impliqui moviment cap endavant, s'apaguin les llums vermelles del costat de la cabina de conducció i s'encenguin les llums blanques d'aquesta, i si la selecció és de marxa enrere, s'ha de generar la mateixa seqüència en la testera de la cabina contrària.

S'il·luminaran els dos mòduls vermells de totes dues testeres quan al tren no estigui connectada cap clau de govern o no s'hagi seleccionat direcció (en conducció manual) o el sistema de conducció automàtica no hagi pres el control del tren en una direcció determinada.

Per al comandament manual dels fars existiran en el pupitre de conducció polsadors per encendre i apagar els fars d'il·luminació de túnel (curtes i llargues). Cap combinació sobre l'actuació dels polsadors podrà generar cap mena d'avaría. Aquests polsadors se situaran en el lloc de conducció de manera que estiguin diferenciats i distanciat de la resta. Quan algun d'aquests polsadors estigui activat, s'il·luminaran.

A l'exterior del tren s'instal·laran pilots indicadors LED d'alta intensitat, amb l'objectiu d'informar visualment sobre l'estat de diversos sistemes del vehicle. Tots els fars i els indicadors han d'estar alimentats a 24 V cc, tindran un grau de protecció mínim IP65, i hauran de ser visibles des de qualsevol punt de l'andana.

El disseny i la funcionalitat de tots els fars i els indicadors se sotmetran a l'aprovació de FMB durant el desenvolupament del projecte.

Aquests indicadors se situaran en els laterals exteriors de cada cotxe costat Via 1 i costat Via 2.

A la part superior i al centre de cada lateral exterior de cada cotxe (un per costat), es disposaran els tres pilots lluminosos següents amb les característiques següents:

- Altura aproximada: 2 metres sobre el nivell del pis del cotxe.
- Substitució: Tots els pilots han de ser substituïbles des de l'interior de la caixa en un temps inferior a 15 minuts, sense necessitat de desmuntar cap altre equip.

Els pilots han de ser els següents:

a) Pilot blanc – Estat del llaç de portes

S'encén en blanc fix quan alguna porta del lateral corresponent (portes d'accés, cabina o evacuació) no estigui correctament tancada.

S'apaga automàticament quan totes les portes d'aquest lateral i cotxe estan tancades.

b) Pilot vermell – Alerta de tancament de portes

Durant l'habilitació o obertura de portes: apagat.

Durant l'avís acústic de tancament: s'encén en vermell intermitent.

Durant el tancament de portes: continua intermitent en vermell.

Una vegada completat el tancament de totes les portes del cotxe: s'apaga.

c) Pilot ambre – Activació d'alarma de passatge

S'encén en ambre fix únicament quan estigui accionat algun tirador d'alarma de passatge en el cotxe corresponent.

En els cotxes equipats amb cabina de conducció, es disposaran, a més dels anteriors, els indicadors següents:

a) Pilot blau – Activació de mode especial (ATP/ATO)

S'encén en blau fix quan s'activa el selector de mode especial o M+25 del sistema de conducció automàtica (ATP/ATO) actiu en aquest moment.

b) Pilot vermell – Estat de bateria

Indicador visible tant des de l'exterior com des de l'interior del tren.

Assenyalarà visualment un estat anòmal de descàrrega de la bateria, segons el llindar definit en fase de projecte.

Permetrà detectar l'estat de càrrega sense necessitat d'energitzar el tren.

En fase de projecte s'avaluarà la possibilitat de substituir aquest pilot per una indicació de l'estat de bateria a la pantalla IP frontal del tren.

2.2.4 Circuits i dispositius de seguretat

Els llaços de seguretat són circuits elèctrics que recorren el tren d'extrem a extrem, connectant tots els equips i els dispositius que poden ordenar la frenada del tren o el tall de l'esforç de tracció, quan existeixin condicions que afectin la seguretat d'aquest o dels passatgers. Normalment aquests llaços estan tancats elèctricament, però quan algun dels elements obre el circuit, s'activa el fre d'emergència i/o s'elimina de manera segura l'esforç de tracció.

Existiran principalment dos llaços de seguretat, encara que l'adjudicatari podrà proposar variacions sobre aquests que han de ser aprovades per FMB:

- Llaç de tracció.
- Llaç de fre.

Per anul·lar cadascun dels llaços s'ha d'accionar un "polsador-interruptor" de seguretat, emplaçat en el lloc de conducció amb comandament del tren (bypass llaç de tracció/bypass llaç de fre). Aquests polsadors han d'estar convenientment precintats, havent-se de trencar totalment el precinte per poder pressionar-los, aquest precinte ha de ser aprovat per FMB en fase de projecte. Serà de color vermell i s'il·luminarà en estar premut. Serà possible visualitzar l'estat dels diferents llaços de seguretat (obert, tancat) a la pantalla de conducció.

També es podran anul·lar intervencions de certs elements en els llaços mitjançant l'accionament dels "polsadors-interruptors" de seguretat corresponents, emplaçats en el lloc de conducció amb comandament del tren. (Bypass llaç parcial d'un element). Aquests polsadors han de ser de les mateixes característiques que l'anterior.

La relació de sistemes que comptaran amb un bypass específic per anul·lar la seva actuació sobre els llaços de seguretat es concretarà conjuntament entre l'adjudicatari i FMB durant la fase de projecte.

El recorregut del circuit de llaç pels cotxes serà per conductes independents de la resta de la instal·lació.

2.2.4.1 Llaç de tracció

El llaç de tracció s'implementarà mitjançant un cable unipolar blindat amb gran resistència a l'abradió. Aquest circuit elèctric es dissenyarà amb tècniques de seguretat en fallades, amb especial atenció a derivacions de cablejat que puguin comprometre la funcionalitat correcta del llaç.

L'obertura del llaç de tracció provocarà:

- El tall de la tracció en tots els cotxes motors, amb obertura del contactor de tracció.
- L'activació d'una senyalització en el lloc de conducció mitjançant un avís automàtic de fallada a través de la pantalla de monitoratge amb indicació de l'element i la causa que ha provocat l'obertura del llaç.

L'obertura del llaç de tracció es produirà quan:

- a) En conducció manual el selector de marxa no està en "0" en el lloc de conducció sense comandament.
- b) No es troba activa l'ordre de tancar portes, en la línia de tancament de portes.
- c) No totes les portes del tren es troben tancades i enclavades.
- d) Quan existeixi ordre d'autorització d'obertura de portes.
- e) Es desacobli un tren, quedant frenats els dos trens desacoblats.
- f) Ho demandi l'ATP.
- g) Ho demandi la central de fre.
- h) En fre d'estacionament no es trobi afluixat.
- i) L'alimentació exterior de B.T. de suport al tren estigui connectada.

L'adjudicatari, en fase de projecte, indicarà i justificarà les situacions no contemplades en aquest document que sigui necessari obrir el llaç de tracció.

2.2.4.2 Llaç de fre

El llaç de fre s'implementarà mitjançant un cable unipolar blindat amb gran resistència a l'abradió. Aquest circuit elèctric es dissenyarà amb tècniques de seguretat en fallades, amb especial atenció a derivacions de cablejat que puguin comprometre la funcionalitat correcta del llaç.

L'obertura del llaç de fre provocarà:

- El tall de la tracció en tots els cotxes motors, amb obertura del contactor de tracció.
- L'aplicació de la màxima pressió de fre pneumàtic mantenint els equips d'antibloqueig actius.

- L'activació d'una senyalització en el lloc de conducció mitjançant un avís automàtic de fallada a través de la pantalla de monitoratge amb indicació de l'element i la causa que ha provocat l'obertura del llaç.

L'obertura del llaç de fre es produirà quan:

- a) Es desacobli un tren format durant el servei, quedant frenades les dues parts del tren.
- b) S'accioni qualsevol dels aparells d'alarma situats en el departament de passatgers, durant els primers 45 metres recorreguts des de la represa de la marxa en una estació (aquesta distància s'ha de poder configurar d'una manera segura). En el cas de conducció automàtica sense personal de conducció, la funcionalitat es definirà en la fase de projecte.
- c) L'adjudicatari ha d'assegurar que, davant d'una situació real de falta de pressió d'aire al tren, no pugui produir-se mai l'anul·lació del llaç d'emergència.
- d) L'ATP no es trobi operatiu i el Tren-Stop faci petició de frenada. El Tren-Stop obrirà el llaç quan: es depassi un semàfor vermell, es depassi una balisa de velocitat a major velocitat que la permesa per la balisa i quan el Tren-Stop no detecti una balisa de semàfor entre balises d'estacions. Quan excedeixi la distància a la qual devia trobar la balisa de reseteig i càrrega de distància (estació) i qualsevol altra situació que l'equip Tren-Stop consideri que afecta la seguretat del tren.
- e) L'equip ATP demandi fre d'emergència.
- f) El sistema de conducció automàtica sense personal de conducció faci petició de fre d'emergència.
- g) S'activi el sistema de detecció de descarrilo.
- h) S'activi el bolet de fre d'emergència.
- i) S'activi home mort.
- j) Se sol·liciti frenada d'emergència mitjançant el manipulador de tracció/fre (posició F7).
- k) El selector de marxa es trobi en posició neutra.
- l) Cap cabina del tren no es trobi activa.

- m) S'activi el sistema antiarrossegament dinàmic en els primers 100 metres recorreguts des de la represa de la marxa en una estació (aquesta distància s'ha de poder configurar d'una manera segura).
- n) En cas d'obertura del llaç de portes en els primers 100 metres recorreguts des de la represa de la marxa en una estació (aquesta distància s'ha de poder configurar d'una manera segura).

L'adjudicatari, en fase de Projecte, indicarà i justificarà les situacions no contemplades en aquest document però que sigui necessari obrir el llaç de fre.

2.2.4.3 Bolet de fre d'emergència

El bolet de fre d'emergència és un polsador amb enclavament situat en el lloc de conducció que permet demandar l'aplicació de fre d'emergència des del lloc amb comandament de tren, en aquelles situacions que es consideri que afecten la seguretat del tren.

Es podrà accionar el bolet de fre des de tots dos llocs de conducció, sense estar condicionat al fet que qualsevol d'aquests tingui cabina habilitada.

La seva actuació provocarà les accions següents:

- Obertura del llaç de tracció i inhibició de la tracció a tots els cotxes del tren.
- Obertura del circuit del llaç de fre, amb aplicació del fre d'emergència i actuació del sistema antibloqueig en cas necessari. El sistema antibloqueig s'ha de dissenyar amb tots els requeriments de seguretat necessaris per complir amb aquesta funció.

Tant l'activació del bolet de fre d'emergència com la frenada del tren i l'actuació del sistema antibloqueig (conseqüència de l'activació del bolet de fre) es realitzarà mitjançant un sistema de seguretat en fallades.

Aquest mode de fre és el de màxim nivell de seguretat de tots els disponibles al tren. L'adjudicatari ha de demostrar en fase de projecte que el seu nivell de seguretat resulta adequat, mitjançant els estudis corresponents enfront de normatives i codis pràctics que gaudeixin d'ampli reconeixement en el sector ferroviari (normes EN, fitxes U.I.C, especificacions d'interoperabilitat, etc.).

L'activació ha de ser per obertura de circuit elèctric i, una vegada accionat, quedarà enclavat mecànicament, sent necessari desenclavar-lo per a la seva normalització. L'estat del bolet de fre d'emergència se senyalitzarà per un pilot lluminós que s'il·luminarà en accionar-lo, al mateix temps que informarà del seu estat al sistema informàtic del tren.

El polsador serà del tipus “bolet” sent el seu color vermell i la base destacada en groc. El polsador amb enclavament emprat per a la funció del bolet de fre d'emergència ha d'estar homologat (ISO 13850, IEC 60947-5-5...) per a accionament en maniobres de seguretat.

La ubicació en el lloc de conducció serà aprovada per FMB en fase de projecte, i ha de complir:

- Accés fàcil i ràpid per al seu accionament, però evitant la possibilitat d'accionament involuntari.
- En cas de conducció automàtica sense personal de conducció, ha de ser accessible mitjançant trapa.

2.2.4.4 Polsadors d'anul·lació de proteccions

En els llocs de conducció s'implementaran polsadors d'anul·lació dels següents elements de seguretat del tren:

- Anul·lació Tren-Stop.
- Anul·lació llaç de tracció.
- Anul·lació llaç de fre.
- Anul·lació home mort.
- Anul·lació llaç de portes.
- Anul·lació antiarroassegament (*antidrag*).
- Anul·lació accés cabina i presa de tren.

L'actuació sobre els diferents bypass quedarà gravada a la central de registre (caixa negra) del tren.

L'adjudicatari proposarà les anul·lacions que consideri necessàries o que sorgeixin en la fase de projecte i totes han de ser sotmeses a l'aprovació de FMB.

En fase de projecte es definirà aquelles que ha de ser precintables. Per poder activar-les serà necessari trencar el seu precinte. S'il·luminaran en activar-se. Es validaran per FMB en fase de projecte.

La ubicació en els llocs de conducció dels polsadors-interruptors d'anul·lació i de reposició ha de ser aprovada per FMB.

En conducció automàtica sense personal de conducció es preveurà que es puguin ordenar les anul·lacions abans descrites mitjançant l'enviament d'una ordre de l'operador del CCM.

2.2.4.5 Tiradors d'alarma

Es col·locarà un tirador d'alarma a cada porta, amb intercomunicació amb el personal a la conducció. Els tiradors d'alarma s'accionaran mitjançant un sistema amb enclavament mecànic. Una vegada accionada la palanca, aquesta s'enclavarà. Es podrà efectuar la reposició dels tiradors accionats i enclavats remotament des del lloc de conducció amb comandament de tren o des del CCM i localment des del tirador. En cap cas podran ser rearmats pel passatger.

Sempre que s'accioni algun dels tiradors d'alarma del tren i s'estigui en conducció manual:

- a) S'il·luminaran els dos indicadors lluminosos de color ambre situats en els dos laterals del cotxe on s'ha accionat.
- b) S'il·luminarà un indicador lluminós en el lloc de conducció on també ha de sonar una alarma acústica, la qual se silenciarà en reposar tots els aparells d'alarma accionats o mitjançant un reconeixement d'aquesta alarma acústica. A més, s'ha de rebre la informació que identifiqui el tirador accionat.
- c) A través del sistema d'interfon del tren s'establirà una comunicació bidireccional independent entre el personal de conducció i el passatger. Si el tren ja ha recorregut els 45 metres des de la sortida de l'última estació, s'inhibirà l'aplicació del fre d'emergència fins que el tren es trobi aturat, moment en el qual caldrà reposar l'aparell d'alarma per desferenar-lo. La inhibició l'efectuarà l'equip de caixa negra; no obstant això, si l'adjudicatari considera que existeix un altre sistema més apropiat per a aquesta funció, ha de justificar-ho en fase de projecte. Per tant, l'adjudicatari ha de considerar que l'equip de caixa negra ha de tenir el nivell de seguretat adequat per a aquesta funció.
- d) L'equip de videovigilància fixarà la imatge de les càmeres associades al tirador. La pantalla d'informació mostrarà les senyalitzacions de cadascun dels tiradors accionats, indicant amb quin d'ells s'ha establert comunicació per megafonia en cada moment, que ha de coincidir amb el que apareix a la pantalla de videovigilància.
- e) Des de la cabina de conducció es podrà ordenar la reposició del tirador.
- f) En el cas de no "reconeixement" de l'alarma al cap d'un temps establert (15 segons), l'equip de radiotelefonia donarà coneixement al CCM establint comunicació

CCM-passatge. Aquest temps ha de ser configurable per FMB, així com l'anul·lació d'aquesta funcionalitat.

En conducció automàtica sense personal de conducció, quan s'accióni algun dels tiradors d'alarma del tren:

- a) S'establirà una comunicació bidireccional independent d'àudio i vídeo amb l'operador del CCM.
- b) La comunicació es podrà finalitzar quan l'operador del CCM ho ordeni.
- c) En el CCM s'ha de rebre la informació que identifiqui els tiradors accionats, indicant el tirador i el tren amb el qual s'ha establert comunicació.
- d) L'operador del CCM podrà ordenar la reposició del tirador mitjançant l'enviament d'una ordre a través del canal de comunicació bidireccional tren-terra que es determini quan serà el moment.
- e) En el cas de conducció automàtica sense personal de conducció, la funcionalitat de l'aplicació del fre d'emergència abans que el tren recorri 45 metres des de la sortida de l'última estació es definirà en la fase de projecte.

El tipus i les característiques tècniques dels intercomunicadors dels tiradors d'alarma han de ser especificades per l'adjudicatari en fase de Projecte.

S'ha de garantir la qualitat de la comunicació acústica entre el tirador d'alarma i el lloc de conducció o CCM en qualsevol circumstància; per a això, l'adjudicatari ha d'aportar un estudi en fase de Projecte, amb les especificacions de la sensibilitat que tindrà el micròfon en funció de la direcció de procedència del so i garantir l'atenuació del soroll ambient captat pel micròfon.

El tirador d'alarma i els intercomunicadors s'instal·laran junts. A la senyalització d'aquests s'indicarà la funcionalitat de cadascun.

2.2.4.6 Central de registre (caixa negra).

Existiran dues centrals de registre de dades o esdeveniments (Caixa Negra) per tren.

La central de registre obtindrà la mesura de la velocitat del tren, captant-la dels eixos que a criteri de l'adjudicatari proporcionin la mesura més fiable per evitar els efectes d'error en patinatge i lliscament. Aquests senyals es filtraran adequadament per eliminar la possible arribada de falsa informació deguda a sorolls elèctrics.

Els captadors de velocitat han de reconèixer el sentit de gir dels eixos, havent de mesurar velocitats des de 0 km/h (detecció absoluta de velocitat zero) fins a una velocitat superior a la velocitat d'aplicació de fre d'emergència per sobre velocitat del tren. S'han d'aportar dades del sistema de captació de velocitat, de la resolució i la linealitat del sistema de captació de velocitat, sent sotmeses a l'aprovació de FMB.

El sistema de captació de velocitat ha de ser redundat a cadascun dels equips de Caixa Negra, sent capaç de detectar qualsevol fallada del captador.

El valor numèric del diàmetre de rodes es podrà introduir des del mateix equip Caixa Negra i des del lloc de conducció per pantalla de monitoratge. Aquest valor estarà acotat entre els màxims i els mínims admissibles per la roda, no permetent introduir valors fora d'aquestes cotes. El diàmetre de rodes s'introduirà en un sol equip i tots els altres equips rebran aquesta informació a través del bus (ATP, tren stop, caixa negra, tracció, etc.).

Aquest equip disposarà d'una memòria que permeti el registre dels senyals amb dos nivells de resolució i de durada.

La Central de Registre adquirirà l'estat de les seves entrades (discretes o analògiques) amb les característiques següents:

- Les entrades digitals són mostrejades cada 10 ms pel Gravador d'Esdeveniments.
- Les entrades analògiques són mostrejades cada 40 ms pel Gravador d'Esdeveniments

Sobre aquestes entrades s'aplicarà un filtrat per maquinari i per programari.

Quan es produeixi un canvi en l'estat a qualsevol dels senyals digitals i analògics, s'efectuarà el registre en memòria d'aquest estat i del nivell que tinguin en aquest instant tots els senyals i els paràmetres.

En el cas dels senyals analògics i de velocitat, per evitar el registre de soroll en un senyal, es registrarà un senyal quan es doni un valor de desviació percentual mínim, necessari del senyal d'entrada respecte a l'últim valor registrat.

La memòria tindrà prou capacitat per registrar tots els senyals i les entrades digitals, amb la freqüència mínima indicada, durant un interval mínim de 60 dies.

L'arquitectura de l'equip serà modular, permetent ampliar els senyals registrats en almenys un 20%.

El dispositiu d'enregistrament tindrà com a mínim capacitat per registrar 32 entrades digitals cablejades, 4 entrades analògiques a definir en la fase de projecte.

Entre els senyals analògics a registrar, han d'estar com a mínim:

- Velocitat de l'equip (a partir de la velocitat s'obtindrà la corba d'acceleració que també registrarà).
- Velocitat de l'equip ATP.
- Senyal de l'esforç desenvolupat pels equips de tracció i de fre de la unitat.
- Senyal de consigna (la demandada en conducció manual, o pel sistema de conducció automàtica).
- Tres entrades addicionals i configurables per a tractament de senyals.

Els senyals a registrar, analògics i digitals, es definiran en la fase de projecte a partir d'una proposta inicial que ha de ser elaborada per part de l'adjudicatari i aprovada per FMB.

El registre dels senyals digitals directes i dels provinents del bus s'ha d'efectuar de manera que no existeixin retards que puguin conduir a una interpretació errònia del context d'incidències.

També gravarà la posició del tren a la línia. En el cas de circular per Línies amb Tren-Stop en via, es gravarà el codi d'estació rebut per l'equip ATP o, si no n'hi ha, pel Tren-Stop, amb el nom de l'estació corresponent.

Tots els senyals registrats han d'estar identificats en el temps i l'espai, és a dir, composició del tren, lloc i hora en què s'ha produït l'esdeveniment.

La presència de modes degradats en el sistema informàtic no afectarà el registre dels senyals crítics per a l'anàlisi d'incidències.

L'equip de registre efectuarà un acte-test a la seva posada en marxa i quan se li indiqui mitjançant les ordres adequades. En cas d'anomalia, s'ha de mostrar una indicació de fallada i s'enviarà el senyal de fallada a l'equip informàtic i a la pantalla de monitoratge.

Les dades de data i hora dels Equips de Registre sincronitzaran a tots els equips del tren que utilitzin rellotge en temps real, a través del monitoratge, ja que el rellotge d'aquest equip serà utilitzat com a patró. Tots dos equips de registre han d'estar sincronitzats. L'equip de registre del cotxe MA1 actuarà com a patró del rellotge de temps real i, en cas d'avaría d'aquest, ho

serà l'equip del cotxe MA2. Els canvis introduïts en el rellotge de temps real quedaran registrats en aquest amb les dades d'abans i de després de la modificació, per garantir la traçabilitat.

La data i l'hora del tren serà enviada des del CCM. El tren sincronitzarà l'hora de la caixa negra a través de la xarxa informàtica embarcada.

En fase de Projecte, l'adjudicatari podrà proposar una gestió alternativa del patró de temps real, que serà sotmès a l'aprovació de FMB.

S'ha de contemplar l'existència d'horari d'estiu i d'hivern, i s'ha de poder sincronitzar l'hora dels trens automàticament o des del CCM.

Les dades de numeració de cotxe, diàmetre de rodes, etc. li han de ser enviades a l'equip mitjançant el sistema informàtic embarcat.

La recuperació de les dades registrades i el seu tractament s'efectuarà mitjançant ordinador portàtil. Per a això, se subministrarà el programari necessari, que ha de funcionar sota entorn Windows.

L'equip Caixa Negra disposarà d'un connector USB o ETHERNET per a l'extracció de les dades.

El programa d'extracció de dades permetrà establir l'interval de temps de dades registrades que es desitgi extreure per a la seva anàlisi.

En fase de projecte, l'adjudicatari ha de sotmetre a l'aprovació de FMB el programa d'extracció i d'anàlisi de les dades recuperades de l'equip de registre, podent ser objecte de rebuig l'equip en el cas que es consideri que les prestacions ofertes per aquest siguin insuficients.

El mòdul de suport físic de les dades registrades (caixa negra) serà extret fàcilment del seu equip en el tren i inserit en una eina especial de bolcat de dades en banc sense necessitat d'establir configuracions personalitzades. L'esborrament de les dades només es podrà efectuar mitjançant la clau apropiada. L'adjudicatari subministrarà aquesta eina amb el programari necessari.

L'Equip de registre (Caixa Negra) on romanen les dades registrades estarà lliure de tot manteniment.

L'estructura de les dades registrades serà oberta en un format que permeti el seu tractament mitjançant full de càlcul o base de dades, per elaborar informes i estadístiques. Així mateix, per a futures ampliacions de la xarxa, el programari del registrador ha de permetre la incorporació

de noves estacions, així com la reconfiguració del nom de senyals digitals i analògics, etc. El programari del tractament de dades s'ha d'adequar fàcilment a aquests canvis.

L'equip de registre tindrà detecció de 45 i 100 metres de distància recorreguda, essent aquest valor configurable per FMB. Aquest senyal de sortida serà emprat a la maniobra dels tiradors d'alarma i d'antiarrossegament dinàmica, d'acord amb el que s'especifica a l'apartat dedicat a aquests.

Aquestes actuacions han d'estar supervisades pel mateix equip de registre, gravant i informant el lloc de conducció d'un funcionament anòmal per mitjà del sistema informàtic de tren.

S'ha de poder efectuar un bolcat remot de dades registrades a la caixa negra de qualsevol tren cap a CCM o tallers.

La configuració per defecte del programari de la caixa negra serà el corresponent a la sèrie de trens corresponent a l'objecte del present plec. En cas de canvi de configuració (per exemple, mode proves, forçat estat sortides, etc.) es mostrarà aquest estat a la pantalla d'informació al personal de conducció, una senyalització i un registre en el mateix equip.

Després del tancament de les portes i en posar-se en moviment el tren, es començarà a comptar la distància.

En fase de Projecte, l'adjudicatari ha de justificar la seguretat del suport de registre de dades gravades enfront de condicions que poguessin afectar la integritat aquestes (xoc, aixafament, vibracions, temperatura, aigua, camps electromagnètics, etc.), així com el compliment de les normes ferroviàries aplicables a caixes negres: CEI 60571, CEI 61373, CEI 61375, UNE EN 50121.

El registrador ha de complir amb els requeriments de la norma EN62625.

L'extracció de les dades de la caixa negra es podrà realitzar també des de la cabina de conducció.

2.2.4.7 Detecció d'incendis

El sistema de detecció d'incendis ha de complir amb el que s'estableix a les normes següents:

- UNE-EN 50553:2012, relativa als requisits per a la capacitat de rodament en cas de foc a bord del material rodant.

- EN 45545-1, EN 45545-2 i EN 45545-5, que regulen respectivament els requisits generals, el comportament enfront del foc dels materials i el disseny del sistema de protecció contra incendis.

Cada tren estarà dotat d'un sistema de detecció d'incendis tipus seguretat en fallades, que inclourà sensors òptics de fum distribuïts a l'interior de cada cotxe i detectors de foc en els cofres d'equips situats sota bastidor. El sistema comptarà amb dues centrals per tren que operaran de forma redundant, garantint la seva disponibilitat en cas de fallada.

Els sensors òptics de fum han de disposar d'un sistema d'autodiagnòstic capaç de detectar acumulació de brutícia o deterioració del rendiment òptic. En tal cas, el sistema ha d'emetre una prealarma de manteniment preventiu, informant de la necessitat de neteja o revisió del sensor.

Aquesta prealarma no ha d'afectar la capacitat funcional del sensor ni suprimir la seva capacitat de detecció durant el temps en què es troba en aquest estat. La detecció de fum ha de mantenir-se operativa en tot moment mentre no s'assoleixi el llindar de fallada crítica del sensor.

El sistema ha de reportar aquesta prealarma al sistema informàtic del tren, registrant-la adequadament per a planificació de manteniment. La gestió d'aquesta condició ha de ser demostrada durant les proves funcionals del sistema.

El nombre i la ubicació dels sensors s'ha de definir sobre la base d'un estudi de cobertura elaborat per l'adjudicatari i presentat durant la fase de projecte, justificant la seva eficàcia de detecció conforme a la norma EN 45545-5. El sistema ha de ser capaç de detectar fum procedent tant de l'interior com de l'exterior del tren, i ha d'identificar amb precisió l'origen del focus (intern o extern) i informar d'això al sistema informàtic del tren. L'adjudicatari instal·larà el nombre de sensors necessari per garantir aquesta funcionalitat.

Així mateix, l'adjudicatari proposarà, per a la seva validació per FMB, la funcionalitat i les accions automàtiques o manuals que ha d'executar el tren en cas de detecció d'incendi, tant si es troba en conducció manual com en mode automàtic sense personal de conducció. Aquestes accions podran incloure, entre altres, el control de trapes d'aire exterior, funcionament del sistema de climatització i ventilació d'emergència, activació i enregistrament del sistema de videovigilància, i comportament dels sistemes de comunicació.

En cas de conducció manual, s'ha de mostrar un avís clar a la pantalla de monitoratge, identificant el cotxe i el sensor que ha originat l'alarma.

El sistema no ha de requerir reajustaments de calibratge al llarg del temps per deriva dels sensors. Davant la fallada d'un sensor, aquest ha d'informar automàticament al sistema informàtic del tren i podrà ser anul·lat sense afectar l'operativitat global del sistema.

La detecció d'incendi en els cofres sota bastidor no ha d'implicar la immobilització automàtica del tren, permetent-se la circulació fins a l'estació més propera per a l'evacuació segura del passatge, tret que existeixin riscos immediats per a la seguretat o indicacions explícites del sistema de control.

Durant la fase de projecte, l'adjudicatari ha de demostrar la fiabilitat del sistema per evitar falses alarmes, així com detallar les mesures disposades per evitar la propagació del foc en cas de produir-se.

2.2.5 Retorns de corrent

El tren ha d'incloure les connexions de retorn d'energia al carril necessàries per garantir la correcta circulació del corrent de retorn cap a la font de subministrament. El sistema de descàrrega a carril ha d'assegurar que aquest corrent torni sense produir riscos de xoc elèctric ni danys als equips o als elements estructurals, de conformitat amb l'establert a la norma EN 50153.

Tal com estableix aquesta norma, queda expressament prohibit utilitzar els coixinets dels eixos com a part del camí de retorn de corrent, havent d'implementar-se sistemes de retorn específics que assegurin continuïtat elèctrica controlada i segura.

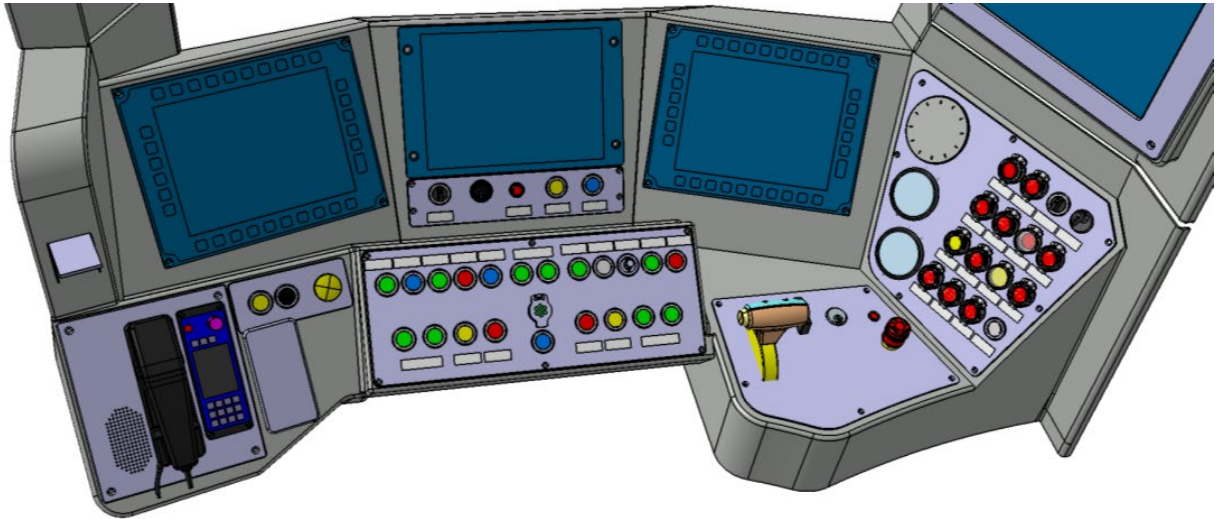
El disseny ha de complir a més amb les recomanacions tècniques de la fitxa UIC 610-0.17 (o la seva versió actualitzada), i amb els principis aplicables de la norma EN 50122-1, quant a la seguretat elèctrica del circuit de retorn des del punt de vista del vehicle.

2.3 CABINA DE CONDUCCIÓ (C)

El pupitre de conducció contindrà tots els aparells, els manipuladors, els pulsadors, etc. necessaris per a la conducció. També s'inclouran la resta dels aparells i les informacions que han de ser fàcilment identificables i accessibles des del seu seient.

En fase de projecte, l'adjudicatari ha de lliurar a FMB un estudi d'ergonomia sobre la cabina de conducció, els elements de conducció (pulsadors, seient, visibilitat...) i l'accés (portes, escales...), realitzat per un tercer independent i de contrastada reputació en aquesta disciplina, presentant credencials i referències per a la seva validació per FMB. Aquest estudi ha de justificar que el disseny de la cabina i del pupitre proposat per l'adjudicatari compleix amb la normativa UIC corresponent i els requeriments especificats en aquest plec.

Com a base de disseny del pupitre s'emprarà la distribució d'elements següent:



Distribució proposta pupitre

A cada lloc de conducció s'instal·larà un esforcímetre amb escala positiva i negativa que mostrarà, en l'escala positiva, la suma del parell motor desenvolupat per tots els equips de tracció del tren quan està traccionant; i en l'escala negativa, la suma de l'esforç de fre elèctric i de fre pneumàtic desenvolupat per tots els cotxes.

A cada lloc de conducció s'instal·larà un amperímetre de línia amb escala positiva i negativa que mostrarà, a l'escala positiva, el corrent absorbit de catenària per la unitat, i a l'escala negativa, el corrent total retornat per la unitat cap a la catenària durant el fre regeneratiu.

Als llocs de conducció existirà un amperímetre de doble escala per indicar el corrent de bateria i un voltímetre que senyalitzi la tensió d'aquesta.

Al pupitre del lloc de conducció existiran dos pulsadors, (pulsador CON) i (pulsador DES), amb els quals respectivament es podrà ordenar la connexió i la desconexió en mode local manual del disjuntor de tracció. En aquest cas, el manipulador tracció-fre ha d'estar situat en la posició de deriva.

Per posar en marxa el tren es disposarà d'un sistema d'identificació de personal de conducció que ha de poder ser actualitzable des del CCM.

En el lloc de conducció, concretament en la pantalla de monitoratge, ha d'existir senyalització visual que informi sobre l'estat del disjuntor.

A cada lloc de conducció s'instal·larà un voltímetre per informar de la tensió present en el circuit d'alta tensió de la unitat de tracció. Les informacions mostrades pel voltímetre no han d'estar

condicionades per l'estat operatiu del sistema informàtic. La caiguda total o parcial d'aquest sistema no afectarà el funcionament del voltímetre.

El punt de presa del mesurament ha d'estar situat abans del disjuntor de tracció o el fusible de convertidor, a fi de garantir que el voltímetre de línia senyalitzi sempre la tensió d'entrada present en el circuit d'alta tensió de la unitat.

El lloc de conducció serà dissenyat de tal manera que, complint amb tots els requeriments d'aquest plec, es pugui realitzar l'evacuació del passatge per la porta frontal de cabina.

En fase de projecte, l'adjudicatari subministrarà els plànols degudament acotats del lloc de conducció, indicant en la seva proposició els elements que inclou, així com les solucions adoptades per a les portes d'accés des d'exterior i passatge i el compliment de requeriments sol·licitats.

El lloc de conducció es dissenyarà complint els requeriments d'ergonomia que recull la norma UIC 651.

El comandament de tracció i de fre del tren en llocs de conducció es realitzarà a través dels elements següents:

- Clau de govern amb sistema d'identificació de personal de conducció.
- Selector de marxes.
- Manipulador de marxa fre.

Els 3 elements citats han d'estar enclavats mecànicament (no serà suficient l'enclavament elèctric), de manera que per desplaçar el selector de marxes a una posició diferent de zero sigui necessari connectar la clau de govern. Per poder moure el manipulador rotatiu de tracció-fre cal col·locar el selector de marxa en una posició diferent de zero. El sistema ha de ser robust i sense ajustos per evitar bloquejos del manipulador.

Tant la clau de govern com el sistema d'identificació de personal de conducció, han de ser compatibles amb els actuals a FMB.

En el lloc de conducció s'han de col·locar serigrafies identificatives de les diferents posicions que poden prendre els tres elements citats.

La serigrafia de tots els elements de la cabina de conducció ha de ser unificada en tipus de lletra i dimensions i ha de ser validada per FMB.

Les característiques del control de velocitat han de ser ergonòmiques i han de ser sotmeses a l'aprovació de FMB.

Els polsadors de selecció, l'autorització d'obertura i el tancament del costat esquerre han d'estar situats en el lloc de conducció a l'esquerra del personal de conducció i els del costat dret a la dreta.

Els aparells es distribuïran de tal manera que la seva accessibilitat sigui fàcil per a la revisió i la neteja.

Es proposaran diversos materials per a la carcassa del pupitre, tenint en compte que ha de ser inestellable, fàcilment rentable, no descolorint-se amb l'ús, incombustible i resistent a l'abradió. Així mateix, l'acabat de la superfície del pupitre no ha de produir reflexos no desitjats que dificultin la conducció del personal de conducció. Serà modular i fàcilment desmuntable de la resta del conjunt per efectuar la revisió dels aparells.

Els teclats, les pantalles i els instruments de mesura tindran proteccions antivandàliques.

Els teclats i l'accionament tindran una resistència òptima per a l'accionament amb la mà.

Els polsadors de bypass (fre, portes, home mort, etc.) han d'estar en lloc accessible al personal de conducció.

La pantalla de conducció ha de ser tàctil i disposar a més de botons perimetrals que siguin redundants als crítics que hi hagi en pantalla. La pantalla d'IHM ha d'estar redundada de tal manera que la fallada d'una d'elles no afecti la informació necessària per al personal de conducció i, per tant, no afecti el servei.

El disseny de les pantalles de conducció instal·lades en cabina per al personal de conducció, així com les destinades a funcions de manteniment o supervisió del sistema, ha de complir els requisits funcionals i de validació següents:

- Les pantalles de conducció, de diagnòstic, de manteniment i de supervisió han de ser clarament llegibles i de comprensió immediata, prioritzant la correcta percepció de la informació crítica, la lògica de navegació i l'ús adequat de codis de color i simbologia.
- La codificació de colors, pictogrames, llegendes, vores, botons, iconografia i estructures gràfiques serà dissenyada conforme a criteris d'ergonomia, claredat visual i estandardització funcional, i ha de ser sotmesa obligatòriament a la validació de FMB durant la fase de projecte. No s'admetran com a vàlides solucions derivades de trens anteriors sense aprovació explícita de FMB.

- L'adjudicatari ha de presentar a FMB, com a part de l'enginyeria de detall, una proposta completa de tots els menús, les pantalles, les estructures jeràrquiques, la navegació i l'estil visual de la pantalla d'ajuda a la conducció (HMI). Aquesta proposta ha d'incloure:
 - Mostres funcionals navegables.
 - Justificació tècnica de la codificació de colors emprada.
 - Esquema de navegació i estructures jeràrquiques.
 - Proves de validació de contrast i llegibilitat.

En cas de discrepància sobre el disseny visual o funcional de les pantalles, la decisió tècnica de FMB serà vinculant. L'adjudicatari ha d'implementar els canvis requerits sense que això suposi una modificació contractual.

Les pantalles han de garantir la seva correcta visualització sota totes les condicions d'il·luminació esperades a la cabina de conducció i en condicions de vibració, temperatura i EMI conforme a EN 50155 i EN 50121-3-2.

Les pantalles del lloc de conducció han de disposar, com a mínim, de les mateixes característiques de direccionalitat respecte a l'angle d'observació de la pantalla que permeti un correcte visionat dels missatges i de les imatges, des de qualsevol posició localitzada als voltants del lloc de conducció. Ha de ser robusta, tàctil, amb protecció antivandàlica enfront de cops i d'erosions, i a més ha de disposar de botons perimetrals que siguin redundants als crítics que hi hagi en pantalla.

La pantalla de monitoratge tindrà control automàtic de brillantor i de contrast, de manera que els ajustarà en funció del nivell de lluminositat existent a la zona de conducció, a fi de no enlluernar el personal de conducció i garantir la seva correcta visibilitat. A aquest efecte, s'ha d'incorporar un sensor per a mesurament del nivell de lluminositat en cabina que no tingui retard en la resposta enfront de canvis bruscos d'il·luminació (transicions túnel-exterior, túnel-estacions i viceversa). Dins de la regulació automàtica de brillantor i de contrast es podran triar 3 rangs de treball d'intensitat (brillantor i contrast) a elecció del personal de conducció.

En fase de projecte, l'adjudicatari ha d'adjuntar especificacions tècniques de la pantalla utilitzada, destacant: vida útil prevista del monitor, fiabilitat, resistència antivandàlica, robustesa per a aplicació ferroviària, etc., LCC, garantia, manteniment.

L'adjudicatari ha de proporcionar les especificacions tècniques completes de totes les pantalles de visualització integrades al tren (cabina, passatge, manteniment, etc.), d'acord amb els

principis ergonòmics establerts al Reial decret 1215/1997. Aquestes especificacions han d'incloure, com a mínim:

- Tipus de pantalla i tecnologia utilitzada.
- Nivell de luminància i de contrast.
- Brillantor ajustable i rang disponible.
- Dimensions de visualització.
- Grandària mínima de font de text, que no ha de ser inferior a 0,4 mm d'altura per mil·límetre de distància de visualització.
- Visibilitat adequada des dels angles d'operació previstos.

Així mateix, s'ha de garantir que les pantalles permetin una lectura còmoda, sense reflexos, adaptades a condicions de llum variables i adequades per a torns perllongats de treball.

Els equips i els dispositius del pupitre han d'estar situats dins de l'àrea d'abast màxim (550 mm-650 mm des de l'espatlla).

A cada cabina hi ha d'haver un sistema de detecció i d'avís capaç d'informar a la cabina activa a través de la pantalla de control de tren i d'una alarma sonora i puntual que la cabina no activa es troba ocupada per persones.

El lloc de conducció ha d'incorporar doble pantalla que facilitarà el control de la seguretat del passatge pel personal de conducció. Aquestes pantalles han d'estar compartides per dos equips de seguretat diferents:

a) Equip de control del passatge a l'interior dels cotxes:

A l'interior dels cotxes es disposarà d'unes càmeres de CCTV que permetin controlar completament el passatge del tren, sense angles morts de cobertura interna.

b) Càmeres retrovisores:

Es podrà activar de manera manual o automàtica mitjançant selecció a la pantalla d'ajuda a la conducció

A cada lateral del tren es disposarà d'una càmera a cada cabina de conducció i de dues càmeres als remolcs, existint un total de 8 càmeres retrovisores per tren,

evitant així punts cecs a les andanes en corba. La visió de les andanes servirà per poder supervisar l'entrada i la sortida del passatge del tren i per poder reprendre la marxa una vegada ha pogut comprovar que ha acabat el moviment de les persones. Aquests elements són addicionals als sol·licitats en altres seccions del plec o annexos (p.ex.: annex relacionat amb garantia, fiabilitat, disponibilitat i mantenibilitat, etc.). S'ha de garantir que no es produirà condensació a les càmeres.

Durant la fase de projecte, l'adjudicatari ha d'aportar un estudi d'optimització de camp de visió i ha de demostrar que no existeixen zones mortes sense cobrir per les càmeres. La qualitat d'imatge que ofereixin les càmeres ha de ser adequada i suficientment detallada tant en resolució, nitidesa i llum per detectar qualsevol detall que pugui ser rellevant per a la conducció i la seguretat.

Com a complement a les càmeres retrovisores, cada cabina ha d'equipar una càmera frontal just sota el parabrisa que permeti gravar possibles obstacles o atropellaments, així com permetre visualitzar les operacions d'acoblament i desacoblament, i de funció de marxa enrere.

FMB ha de validar en fase de projecte la disposició, la qualitat d'imatge i la visualització de les càmeres.

El sistema de càmeres retrovisores del tren s'ha d'adaptar automàticament al tipus d'andana present a cada estació, garantint en tot moment una visualització clara des de cabina per supervisar de manera segura l'embarcament i el desembarcament de viatgers.

S'estableixen els modes de funcionament següents:

a) Estacions amb una sola andana lateral

En el monitor corresponent al costat de l'andana, es visualitzaran les càmeres situades al capdavant i a la cua del tren.

En el monitor del costat contrari, es visualitzaran les càmeres centrals.

b) Estacions amb andana central i lateral

La retrovisió inicial s'establirà sobre l'andana central.

En el monitor del costat de l'andana central es visualitzaran les càmeres del capdavant i la cua.

En el monitor del costat contrari es visualitzaran les càmeres centrals.

Una vegada completat el tancament de portes de l'andana central, el sistema commutarà automàticament la retrovisió a l'andana lateral:

En el monitor del costat de l'andana lateral es visualitzaran les càmeres del capdavant i la cua.

En el monitor contrari, les càmeres centrals.

c) Requisit addicional per a estacions amb andana doble (central + lateral)

Durant l'arrencada des d'estacions amb andana doble, el sistema ha de prioritzar a tots dos costats de cabina l'enfocament de les càmeres extremes (capdavant i cua) corresponents al seu costat, almenys durant els primers 100 metres de recorregut després de la sortida de l'estació.

El personal de conducció ha de quedar centrat amb el pupitre respecte a les pantalles, i es maximitzarà l'angle de visibilitat, complint en tot moment el que s'indica a la norma UIC 651.

La cabina de conducció incorporarà els elements següents: eixugaparabrises, antibaf i para-sol (amb accionament elèctric).

Sota el pupitre es disposarà d'un calefactor d'aire calent amb difusores orientables i el més proper a la posició dels peus del personal de conducció, essent compatible amb el reposapeus. El calefactor solament s'ha de poder activar a la cabina habilitada.

2.3.1 Accés al lloc de conducció

Per a l'accés al lloc de conducció, s'ha de dotar d'una porta a cada costat del vehicle que permeti l'accés directe des de l'exterior a la cabina de conducció i d'una porta que permeti la comunicació des de la cabina a la sala de passatge.

Les portes d'accés exterior a la cabina de conducció han de ser del tipus corredissa lliscant d'accionament manual.

L'obertura manual de les portes s'ha de poder realitzar amb una sola mà i sense necessitat de postures forçades o esforços excessius. A aquest efecte, es garantirà que amb una mà:

- La força inicial d'accionament per iniciar l'obertura no superi els 150 N.
- La força de manteniment per completar l'obertura no excedeixi els 70 N.

Tant la maniobra d'obertura com la de tancament han d'estar exemptes de brusquedats i de sorolls, i han d'estar amortides al final del seu moviment i no interferiran amb la resta de portes o elements del tren.

El pas de les portes d'accés lateral a la cabina de conducció des de l'exterior, amb la fulla en posició oberta, no serà en cap circumstància inferior a 0,625 m d'amplada lliure, i d'igual altura que les portes de passatge.

Es cuidarà especialment l'estanquitat general de la cabina i es prendran les mesures necessàries perquè les portes hermetitzin completament la cabina.

La separació entre cabina de conducció i passatge ha de ser a partir d'un envà estanc i opac, per impedir la visibilitat des de la sala de passatge i el pas de possibles substàncies que puguin trobar-se a la zona de passatge (pols, disparament d'extintors, etc.).

L'accés al tren, des de la via, es realitzarà mitjançant escala fixa integrada a l'estructura del tren de manera vertical. Complirà amb els requisits establerts a la UNE-EN ISO 14122-4:2017 "Seguretat a les màquines, mitjans d'accés permanent a màquines i a instal·lacions industrials (Escala fixes)":

- Disposaran de dos muntants laterals. La separació entre els dos muntants estarà compresa entre 400 mm i 600 mm.
- L'escala estarà dotada d'esglaons successius amb una amplada mínima de 300 mm i espai suficient darrere el graó per introduir completament el peu.
- Disposaran en el seu estrep d'un material que permeti la bona adhesió del calçat.
- La separació entre els esglaons successius ha de ser constant i estarà compresa entre 225 mm i 300 mm.
- La distància de separació entre la superfície de sortida (plànol del patí de la via) i el primer esglaó no ha de sobrepassar els 400 mm.
- L'esglaó superior ha d'estar col·locat al mateix nivell que la plataforma d'arribada.
- Estarà dotada d'agafadors o baranes a banda i banda.
- L'altura mínima dels passamans serà d'1 m i l'espai lliure de premsió en el seu entorn no serà inferior a 60 mm.

- En tot el recorregut del passamà no hi haurà cap obstacle ni cap suport que pugui entorpir el lliscament de les mans al llarg dels passamans.
- La resistència al lliscament del terra serà de classe 3.
- El diàmetre del passamà estarà comprès entre 38 i 50 mm.

S'ha de disposar d'una il·luminació mínima de 50 luxs (a l'altura del terra) que s'activi en cas d'emergència per facilitar l'evacuació del personal.

La il·luminació interior de la cabina del personal de conducció complirà la norma UNE EN 13272.

S'ha de disposar de senyalització de sortida d'emergència sobre les portes d'accés directe a cabina des de l'exterior.

La porta d'accés al lloc de conducció (interior de caixa passatge i/o a l'exterior del vehicle), disposaran d'accionaments degudament protegits i poc visibles per al passatge, podent-se integrar en l'entorn del marc de la porta o en la mateixa estructura del vehicle.

El disseny del sistema de control d'accessos serà el més petit i discret possible i integrat tant en la testera com en l'envà de separació amb la sala de passatgers, amb l'objectiu d'evitar, en la mesura del possible, la seva vandalització.

El seu accionament es podrà realitzar independentment de l'estat del tren, amb bateria o sense, per garantir sempre l'obertura i el tancament. S'instal·laran dos accionaments a dues altures, de tal manera que siguin fàcilment accessibles tant a escala de via com a escala d'andana o terra del tren, amb obertura i tancament individualitzats de la resta de portes i bloquejables de manera que no suposi realitzar moviments per sobre de l'espatlla.

Punt en porta cabina-passatge com a cabina exterior el sistema contemplés la possibilitat que s'hi ha activat el sistema de control d'accessos, però finalment no s'obri la porta, en aquest cas, i passat un temps la porta deu quedar bloquejada novament evitant que aquesta quedi amb la possibilitat d'obrir-se indefinidament.

La porta d'accés a la cabina des de la sala de passatge ha d'estar situada a l'esquerra de l'envà de la cabina alineada amb la porta frontal d'evacuació i amb la maneta d'obertura en posició vertical i enrasada amb la superfície de la porta amb una profunditat mínima de 3 cm .

Aquesta porta d'accés a cabina des de passatge disposarà d'un marc estanc i únicament s'obrirà cap a l'interior de la cabina. La porta de cabina passatge a cabina conducció disposarà d'un espiell.

Des de l'interior de cabina, totes les portes, tant les laterals com la situada a l'envà de separació amb la sala de passatge, es podran obrir sempre sense necessitat de clau ni de targeta o un altre element d'identificació, independentment de si el sistema de control d'accés està operatiu o anul·lat.

A continuació, es relacionen de manera il·lustrativa alguns dels requeriments que han de complir els accessos, sense que això signifiqui que no s'hagin de complir la totalitat dels requeriments i les recomanacions que contemplen les normes UIC 651, Reial decret 485/1997 o altres normes de referència, independentment de si es troben o no en aquesta relació:

- Les cabines en els extrems han de tenir almenys una sortida que permeti un accés senzill del personal al passadís que condueixi a l'extrem oposat del tren.
- Si a la sortida d'escapada existeix una porta, ha d'obrir-se cap a fora de la cabina de conducció.
- Aquesta porta ha de ser fixa (no obrir-se sola) però el mecanisme d'obertura ha de ser fàcil i ràpid d'usar.
- Si existeix la possibilitat d'obstrucció de la porta (equipatge, passatgers) la porta ha de poder obrir-se en ambdues direccions (cap a dins o cap a fora de la cabina) o ser lliscant.
- La sortida ha de ser fàcilment accessible tant per al personal de conducció com per a l'acompanyant.
- La cabina ha de ser accessible des de tots dos costats des de l'exterior, ja sigui directament a la cabina del personal de conducció o en un compartiment adjacent.
- Les portes laterals (per accedir des de l'exterior) que estiguin disponibles directament a la cabina del personal de conducció, únicament s'han d'obrir cap a l'interior de la cabina. La distància mínima de la ruta que ha de garantir que el personal de conducció pugui sortir de la cabina de manera segura i sense dificultat serà de 2.000 mm.
- L'altura mínima de la porta de cabina serà de 2.000 mm.
- L'amplada mínima de la porta de cabina serà de 2.000 mm.
- L'amplada lliure mínima de la porta de cabina serà de 625 mm.

- Els graons d'accés a la porta lateral han de quedar en el mateix pla vertical i equidistants entre si. Han de ser antilliscants.
- Amb la finalitat de garantir la seguretat del personal i de millorar la visibilitat dels límits d'accés, s'ha de senyalitzar mitjançant una franja clarament visible, contínua i d'una amplada mínima de 30 mm, similar a la utilitzada en els estreps d'accés al tren.
- La distància màxima entre graons ha de ser de 300 mm.
- L'amplària mínima dels graons ha de ser de 300 mm i han de ser tots iguals.
- La profunditat recomanada dels graons ha de ser de 150 mm.
- És obligatòria la presència d'un agafador a banda i banda de les portes i els graons que permetin l'accés a la cabina del personal de conducció. La seva longitud mínima serà de 1.000 mm.
- Els agafadors han de ser arrodonits i sense cantells vius. Han d'estar fixats a la cabina únicament en els seus extrems.
- La distància màxima entre l'extrem inferior i el superior de l'agafador serà de 1.200 mm.
- La distància mínima entre l'extrem superior de l'agafador i el terra de la cabina serà de 1.200 mm.
- L'espai lliure entre l'agafador i la superfície de la cabina serà com a mínim de 50 mm.
- Si la maneta d'obertura de les portes exteriors no és accessible des del nivell de via, s'ha d'incloure una maneta extra a la part inferior de la porta.
- Les manetes han de ser arrodonides i sense cantells vius.
- La posició de l'eix rotacional de la maneta serà com a mínim de 80 mm des de l'extrem inferior de la porta, i de 50 mm des del lateral.
- La longitud mínima de les manetes ha de ser de 120 mm.

2.3.2 Sistema de control d'accessos a cabina (CAT)

El sistema permetrà l'obertura de les portes (tant la porta d'accés lateral com la porta de passatge-cabina) en remot i enviarà la confirmació de l'estat d'aquestes (oberta, tancada, lector o pany en fallada). El sistema ha de registrar l'històric d'accessos de cada porta, amb la data i l'hora, i el número de targeta que sol·licita l'accés.

L'accés, tant a les cabines de conducció com als comandaments del tren per a la posada en marxa, ha d'estar dotat d'un sistema de control d'accessos. El control d'accés per a la cabina ha d'estar instal·lat a la porta d'accés que segrega la cabina de conducció de la zona de passatge i a les portes laterals d'accés a cabina. A les portes laterals de cabina, per a accés del personal de conducció, el sistema de control d'accessos ha d'estar instal·lat doblement i a dues altures, de tal manera que es pugui accedir a aquest des de la zona de vies i des de l'andana de manera ergonòmica.

Aquest control d'accessos ha de ser amb un sistema del tipus sense contacte i ha de llegir les targetes existents del personal de FMB. Les targetes han de ser DESFIRE EV3. Si durant el desenvolupament del projecte FMB fes un canvi o una actualització de la tecnologia, l'adjudicatari adaptarà el sistema a aquesta tecnologia sense cap cost per a FMB. Ha de ser programable i actualitzable des del CCM. La targeta utilitzada per accedir al tren s'ha de registrar en el sistema informàtic del tren i en el registrador d'esdeveniments.

Ha de ser programable i actualitzable des del CCM mitjançant el canal de comunicacions.

Així mateix, és necessari disposar d'una opció que permeti anul·lar el sistema de control d'accés de manera que no es vegi afectada l'operativa del tren. Aquesta anul·lació s'ha de registrar en el registrador d'esdeveniments del tren. Així mateix, en cas de produir-se l'anul·lació, s'ha d'enviar aquesta informació al CCM a través del canal de comunicació que determini FMB en fase de projectes.

En cas que el sistema no funcioni adequadament o es detectin mal funcionaments d'aquest no previstos o no acceptables per part d'Operació, es tindrà l'opció de deixar el sistema inactiu en cas que així es decideixi, mentre se soluciona el problema, es modifica o es desinstal·la.

Les dues portes laterals de cabina han d'anar equipades amb un mecanisme de desbloqueig amb pany securitzat. El sistema i la ubicació del pany es definirà en fase de projecte.

En cas de desconnexió o bypass del sistema, la porta de cabina passatge a cabina conducció quedaria amb el pany securitzat obert i per accedir a la cabina només caldria obrir el pany de cop amb clau securitzada.

	ACCÉS MITJANÇANT TARGETA EN FUNCIONAMENT NORMAL	ACCÉS MITJANÇANT TARGETA EN BYPASS, ANUL·LAT O DESCONNECTAT
PORTES LATERALS	ACCÉS SOLAMENT PASSANT LA TARGETA	NO APLICA
PORTA ENVÀ CABINA A SALA PASSATGE	ACCÉS PASSANT LA TARGETA I POSTERIORMENT OBRINT AMB LA CLAU AMB CLAU SECURITZADA	ACCÉS AMB CLAU SECURITZADA

La porta de cabina passatge ha de tenir un pany securitzat electromecànic que tanqui amb cop, i eviti que en qualsevol circumstància o situació la porta quedi oberta. El sistema d'obertura d'aquesta porta, s'ha d'obrir la porta amb targeta sense contacte. en cas que el sistema no funcionés s'obriria amb la clau securitzada.

Des de l'interior de cabina es podrà obrir sempre sense necessitat de clau ni de targeta o un altre element d'identificació, independentment de si el sistema de control d'accés està operatiu o anul·lat.

A continuació es detallen els components i l'arquitectura que ha de tenir el sistema per a la seva compatibilitat amb els existents actualment a FMB:

- **Lectors RFID:** Els trens han d'estar equipats amb lectors RFID sense contacte estratègicament situats a les 2 portes de l'envà que separa la cabina de la sala de passatgers.
- **Electrònica de Control d'Accés Embarcada:** aquesta unitat s'integra a la xarxa del tren i gestiona els lectors RFID. Les seves funcions inclouen:
 - Processar les sol·licituds d'accés i habilitació de cabina.
 - Registrar esdeveniments, incloent-hi la data, l'hora, l'ID de la targeta, l'ID del lector i l'estat de les portes.

- Comunicar-se amb l'equip i el programari de control d'accés embarcat.
 - Emmagatzemar localment l'última llista blanca d'IDs de targetes autoritzades.
 - Sincronitzar la data i l'hora amb la referència de temps proporcionada pel sistema informàtic del tren.
- **Node de Comunicacions (CPU multifuncional):** el sistema comptarà amb dos mòdems 4G/Wifi instal·lats. Aquests nodes operaran en mode redundat actiu-passiu, on només un gestiona la comunicació tren-terra.

El node de comunicacions proporciona exclusivament les comunicacions tren-terra.

- **Equip i programari control d'accés embarcat:** El control d'accés requereix disposar d'un equip i un programari encarregat de la seva gestió.

Les funcions que ha de realitzar seran:

- Emmagatzemar i distribuir a l'electrònica de control d'accés, la llista blanca d'IDs de targetes autoritzades juntament amb el seu permís.
 - Consultar a l'API / Broker si hi ha canvis a la llista blanca, si n'hi ha, la descarrega i l'envia a l'electrònica de control d'accés.
 - Consultar a l'API / Broker TMB si hi ha ordres remotes per processar, com per exemple obertura de portes, i enviar-la a l'electrònica de control d'accés.
 - Enviar informació d'estat del sistema a l'API / Broker TMB.
- **Plataforma centralitzada:** Actualment FMB disposa d'una plataforma centralitzada, situada a terra, que gestiona el sistema de control d'accessos. Les seves funcions principals són:
 - Emmagatzemar i administrar la llista blanca d'usuaris autoritzats, amb diferents nivells d'accés:
 - Nivell 1: Només accés a cabina
 - Nivell 2: Accés a cabina i habilitació cabina

- Nivell 3: Accés a cabina, habilitació cabina i accés a pantalla manteniment tren, configurar els permisos d'accés i habilitació de cabina per a cada usuari.
 - Supervisar l'estat del sistema de control d'accessos en temps real.
 - Emetre ordres remotes al tren, com ara l'obertura de portes i l'actualització de la llista blanca.
 - Rebre i emmagatzemar els esdeveniments d'accés i d'habilitació transmesos pel node de comunicacions.
 - Proporcionar una interfície d'usuari per a la gestió del sistema.
- **Xarxa Embarcada:** Aquestes xarxes interconnecten els diferents components del sistema a bord del tren, incloent-hi:
 - Node de comunicacions.
 - Electrònica de control d'accessos.
 - Caixa negra (EVR - Event Recorder).
 - Dos rúters NetBox (en els cotxes Ma1 i Ma2).

El flux de funcionament normal del sistema d'accés a cabina serà el següent:

- Accés a la Cabina: L'usuari acosta la seva targeta MIFARE a un lector RFID.
- El lector transmet la informació de la targeta a l'electrònica de control d'accessos.
- L'electrònica verifica si l'ID de la targeta es troba a la llista blanca emmagatzemada localment.
- Si la targeta està autoritzada, es desbloqueja la porta corresponent.
- Es registra l'esdeveniment d'accés, incloent-hi la data, l'hora, l'ID de la targeta, l'ID del lector i l'estat de la porta.
- **Comunicació amb Servidor central i Actualització de la Llista Blanca:**
Quan es connecten les bateries de servei del tren ("preparació" del tren), el node

de comunicacions s'activa i proporciona comunicacions amb l'exterior. El control d'accés ha de:

- Consulta a l'API / Broker TMB, per mitjà d'unes credencials definides, si té l'última versió de la llista blanca per a aquest tren.
 - Si la llista blanca és diferent de la que ja té, el control d'accés la descarrega i l'emmagatzema localment.
 - El control d'accés envia la nova llista blanca a l'electrònica de control d'accessos a través del servidor FTP intern.
 - Informa el sistema informàtic del tren sobre la disponibilitat d'una nova llista blanca, i al seu torn, el sistema informàtic del tren ho notifica a l'electrònica de control d'accessos.
- **Registre i Transmissió d'Esdeveniments:** L'electrònica de control d'accessos registra tots els esdeveniments d'accés i d'habilitació de cabina, incloent-hi la informació detallada de l'esdeveniment.
 - Si el tren està preparat (connectat a la xarxa informàtica del tren), els esdeveniments s'envien al registrador d'esdeveniments (caixa negra) en temps real a través del sistema informàtic del tren.
 - Si el tren està despreparat, els esdeveniments s'emmagatzemen en una memòria intermèdia local de l'electrònica de control d'accessos.
 - Una vegada que el tren es connecta a la xarxa informàtica del tren, els esdeveniments emmagatzemats s'envien al registrador d'esdeveniments (caixa negra).
 - El servidor central pot sol·licitar els esdeveniments registrats en el registrador d'esdeveniments (caixa negra).
 - El registrador d'esdeveniments (caixa negra) envia els esdeveniments al node de comunicacions a través del sistema informàtic del tren.
 - El node de comunicacions transmet els esdeveniments al servidor central.

- **Gestió Remota des del Servidor Central:** El servidor central permet la gestió remota del sistema de control d'accessos, incloent-hi:
 - **Obertura Remota de Portes:** Per desbloquejar qualsevol porta del sistema, per exemple, si un usuari té problemes amb la seva targeta. El control d'accessos preguntarà a l'API / Broker TMB si hi ha alguna ordre per a ell.
 - **Actualització Remota de la Llista Blanca:** El servidor central pot generar una nova llista blanca per a trens, que pujarà a l'API / Broker TMB i el control d'accés serà l'encarregat de consultar si hi ha modificacions; si n'hi ha, se les descarregarà i actualitzarà el sistema de control d'accés.
 - **Consulta d'Estat:** El servidor central podrà consultar via API / Broker TMB informació sobre l'estat del sistema; per a això, el control d'accés ha de reportar-ho a l'API / Broker TMB.

El sistema funciona en els modes degradats següents:

- **Fallada de Comunicació amb el servidor central:** Si el tren perd la connexió amb el servidor central, el sistema de control d'accessos utilitza l'última llista blanca emmagatzemada localment en el seu sistema. Els usuaris amb targetes autoritzades en aquesta llista podran accedir a la cabina, però no es podran actualitzar les autoritzacions ni rebre ordres remotes.
- **Fallada de l'Electrònica de Control d'Accessos:** Si l'electrònica falla, es pot accedir a la cabina utilitzant una clau física tipus Lince a través de les portes de l'envà. Els lectors RFID i la llista blanca no s'utilitzen en aquest cas.
- **Bypass d'Habilitació:** En cas de fallada, es pot habilitar la cabina mitjançant un bypass, sense necessitat d'utilitzar la targeta RFID.

2.3.3 Elements de la cabina i del lloc de conducció

Entre els elements a introduir en el lloc de conducció han de figurar, llista no exhaustiva:

- Clau de govern amb sistema de posada en marxa del tren amb identificador de personal de conducció.
- Selector de marxes.
- Manipulador marxa - fre de tipus rotatiu.

- Panell de conducció ATP-ATO, incloent-hi el velocímetre.
- Velocímetre (ha d'estar tot el centrat possible, dins del camp visual de conducció i independent del sistema informàtic del tren, ATC o qualsevol altre sistema informàtic embarcat).
- Esforcímetre. Manòmetre de canonada principal i cilindres de fre.
- Polsadors de selecció, autorització d'obertura, tancament de portes i Bip-Bip d'avís de tancament de portes.
- Botó vermell d'aturada d'emergència
- Polsador de reconeixement del tirador d'alarma.
- Polsador de reconeixement de Tren-Stop deslocalitzat.
- Polsador enllumenat cabina.
- Polsador de fars.
- Panell de comandament de la megafonia i el micròfon.
- Panell de comandament del Radiotelèfon, incloent-hi selector de canals.
- Polsador bypass del fre de retenció dedicat.
- Polsadors CON i DES del fre d'estacionament.
- Polsadors CON i DES del disjuntor.
- Pantalla de Monitoratge.
- Panell de control de monitors de videovigilància.
- Pilot lluminós senyalització PMR.
- Polsador CON i DES de bateria. El de desconexió de bateria portarà una tapa de protecció.
- Polsador pujar i baixar pantògraf.

- En fase de projecte, l'adjudicatari indicarà les característiques (mida, qualitat, resolució...) dels monitors dedicats per a la funció retrovisor i videovigilància. S'han de sotmetre a l'aprovació de FMB.
- Elements susceptibles de ser necessaris per a la conducció automàtica i manual.
- Polsador obertura general de portes.

En fase de projecte es definiran quins elements del pupitre i de la cabina de conducció (ex. Posada a terra) han de disposar d'una tapa de protecció per evitar actuacions indegudes o involuntàries sobre aquests elements.

La col·locació dels dits en els polsadors de selecció i d'obertura de portes serà la més paral·lela al terra possible. La posició dels dits i el canell serà neutra sense doblers de dits (falanges).

La força a exercir amb els dits sobre els botons s'estableix a 10N (en cap circumstància serà superior als 11.8N). L'adjudicatari ha de presentar un informe justificatiu del compliment d'aquest requeriment en fase de projecte. S'ha de demostrar el compliment d'aquest requeriment en el primer tren fabricat.

Tots els elements que subministren informació han d'anar agrupats amb la finalitat d'evitar la dispersió, estant situats a llocs fàcilment visibles pel personal de conducció, però han de quedar ocults al passatge en el cas de conducció automàtica sense personal de conducció.

Els comandaments més utilitzats se situaran de manera el més vertical possible i propers al personal de conducció:

- o Els comandaments de portes (part més inferior).
- o Comandaments d'arrencada d'ATO: centrats i damunt dels comandaments de portes.

Tots els polsadors han de disposar de les seves senyalitzacions lluminoses corresponents quan estiguin actius, i aquestes han de ser a base de leds i es disposarà d'un polsador de prova de llums que, en accionar-lo, il·luminarà totes les senyalitzacions.

La intensitat de la brillantor dels polsadors de senyalització serà regulable pel personal de conducció, fins a un mínim que permeti la seva visualització.

Els polsadors de bypass (fre, portes, home mort, etc.) han d'estar precintats i en un lloc accessible al personal de conducció, però distribuïts de tal manera que eviti una actuació involuntària per part del personal de conducció.

El micròfon ha d'estar integrat en el pupitre, no serà de tipus flexo o qualsevol altre sistema superposat.

El pulsador d'Home mort ha de ser del tipus tàctil capacitiu i amb funcionalitat de doble efecte. Disposarà de sistema d'avís tant lluminós com acústic. El funcionament (manual, automàtic, tren parat...) i les temporitzacions de l'Home Mort (cicle curt i llarg) han de ser validats per FMB en fase de projecte.

El funcionament del manipulador de tracció/fre serà del tipus rotatiu, tot i que l'adjudicatari podrà proposar alternatives degudament justificades. El dispositiu d'home mort estarà inclòs en el manipulador marxa/fre. La solució final i el seu funcionament ha de ser aprovada per FMB en fase de projecte.

En tot cas, el disseny del manipulador ha de complir amb els requisits ergonòmics establerts a la norma UNE-EN 894-3, assegurant que les forces requerides per al seu accionament no superin els valors següents:

- Desplaçament des de la posició de neutre: màxim 3,2 kg (≈ 32 N).
- Aplicació de tracció del tren: màxim 1,2 kg (≈ 12 N).

Aquestes forces s'han de garantir durant tota la vida útil de l'equip, i han de ser verificades en fase de validació del disseny.

Es disposarà d'un reposacanells ergonòmic per a la utilització del manipulador de tracció/fre.

El manipulador de tracció/fre oposarà una resistència al desplaçament suficient per evitar el seu accionament involuntari. Tindrà dues posicions:

1. Connectat: En la qual es pren el comandament del tren, sempre que no existeixi clau de govern prèviament connectada a l'altre lloc de conducció. Per tant, en cas que els dos llocs de conducció tinguin la clau de govern connectada, manarà la primera que s'hagi connectat, i la segona agafarà el comandament si passa per 0 i es torna a connectar després que la primera sigui desconnectada.

2. Zero: Mantindrà els equips auxiliars en servei.

El selector de marxes tindrà cinc posicions, que en ser seleccionades permetran el desplaçament del tren:

- Enrere: Cap enrere amb una velocitat màxima de 10 km/h.

- Zero: No hi ha cap marxa seleccionada i fre d'emergència activat.
- Túnel: Cap endavant amb velocitat màxima de 4 km/h.
- Maniobra: Cap endavant amb una màxima de 10 km/h.
- Endavant: Cap endavant, amb tall de tracció a la velocitat de 80 km/h i l'aplicació de fre d'emergència a 90 km/h.

La validació de la cabina i del lloc de conducció en el seu conjunt, juntament amb la disposició de tots els seus elements, serà sotmesa a l'aprovació de FMB durant la fase de projecte i de realització de la maqueta corresponent. Serà necessària la validació i l'acceptació de la maqueta per part de FMB per poder iniciar la fase de la seva fabricació.

2.3.4 Seient del personal de conducció.

El seient del personal de conducció ha de complir amb tots els requeriments d'ergonomia recomanats que estableix la norma UIC 651, i ha d'estar correctament integrat i en harmonia amb el pupitre i amb la resta d'elements existents en el lloc de conducció, permetent el moviment lliure d'aquest en tots dos extrems de regulació dels seus components mòbils.

El seient del personal de conducció ha de tenir, almenys, les característiques següents:

- Capacitat de regulació en altura i distància per l'usuari.
- Capacitat de regulació en angle del suport lumbar.
- Suspensió pneumàtica i amb clau d'aïllament no fàcilment accessible i degudament protegida davant d'accionaments involuntaris...
- Respatller ajustable per l'usuari.
- Rotació horitzontal del seient (com a mínim +90° -90°) amb enclavament en la posició de conducció.
- Compliment amb la norma EN45545 de protecció contra el foc.
- Reposacaps amb regulació en altura i angle per l'usuari.
- Reposabraços plegable i regulable en altura, inclinació i longitud. En qualsevol cas, les dimensions del reposabraços, fins i tot regulant el seient en tot el seu

recorregut, ha de permetre reposar el colze en tot el recorregut d'accionament del manipulador. El reposabraços complirà amb les característiques següents:

- Longitud útil del reposabraços del seient: 250-300 mm (+/- 10 mm).
- Amplada del reposabraços: 60-80 mm (+/- 10 mm).
- Tapisseria del seient molt resistent a l'abració i fins i tot el maltractament, i fàcilment rentable i/o substituïble.

En fase projecte, l'adjudicatari ha de presentar almenys tres (3) models diferents de seients de conducció. El seient definitiu ha de ser aprovat per FMB.

El seient del personal de conducció estarà dissenyat conforme a principis ergonòmics i ha de complir amb el que estableix el Reial decret 1215/1997, relatiu a les disposicions mínimes de seguretat i de salut per a la utilització pels treballadors dels equips de treball. En particular, l'adjudicatari ha de proporcionar:

- Especificacions tècniques completes dels seients, incloent-hi:
 - Rang de pes de l'usuari (mínim i màxim).
 - Resistència i comportament davant de vibracions.
 - Nivell de transpirabilitat dels materials en contacte amb el cos.
 - Característiques de neteja i de manteniment.
 - Dimensions (altura, profunditat, amplada, altura de respall, etc.).
- Instruccions clares d'ús i de regulació, que han de subministrar-se juntament amb el manual d'operació del tren. Aquestes instruccions permetran a l'usuari adaptar el seient a les seves característiques físiques de manera segura i senzilla, tant en posició com en ajust de respall o amortiment, si escau.

El lloc de conducció estarà el més centrat possible respecte de l'eix longitudinal del vehicle, permetent la màxima visibilitat possible tenint en compte la ubicació de la porta d'evacuació frontal de cabina.

A continuació, es relacionen de manera il·lustrativa alguns dels requeriments d'ergonomia que ha de complir el seient, sense que això signifiqui que no s'hagin de complir la totalitat de

requeriments i de recomanacions que contempla la norma de referència UIC 651 independentment de si es troben o no en aquesta relació:

- El seient ha d'estar situat de manera que el personal de conducció es trobi assegut i orientat en la direcció de les vies mentre condueix.
- Un segon seient orientat en la direcció de la via ha d'estar disponible per a un acompanyant en cabina.
- El seient ha d'estar fermament fixat a la cabina per garantir la seva estabilitat (per exemple, a terra o a una de les parets).
- La posició del seient ha de permetre una evacuació ràpida de la cabina per part del personal de conducció.
- Si el seient es pot fer girar amb aquesta finalitat, s'ha de poder assegurar per a l'ús normal (conducció) sense quedar bloquejat.
- El seient i el respatllet han de ser fixos i permetre el seu ajust.
- Es recomana que el seient i el respatllet estiguin coberts per un material transpirable i fàcilment rentable que permeti una transpiració normal del personal de conducció.
- La distància entre els reposabraços serà com a mínim de 450 mm.
- La longitud mínima del respatllet serà de 450 mm.
- L'amplada del respatllet serà com a mínim de 420 mm.
- La inclinació del respatllet estarà compresa entre els 5° i 15°.
- La longitud del seient estarà compresa entre els 380 i 430 mm.
- La inclinació recomanada del seient serà de 5°.
- L'altura del seient mesurada en SRP serà com a mínim de 420 mm.
- La regulació mínima de l'altura del seient serà de 70 mm.
- La regulació mínima de la profunditat del seient serà de 150 mm.

En qualsevol cas, es garantirà que la regulació del seient proporcioni unes condicions òptimes de conducció per a les condicions antropomètriques de la població tipus de FMB (estatura entre 155 cm i 200 cm).

El seient ha de permetre realitzar totes les funcions normals de conducció en posició asseguda i en una postura correcta del personal de conducció des del punt de vista ergonòmic, i facilitar el seu ajust als maquinistes de diferents alçades.

Se situarà sobre una base sòlida i a una altura i distància del pupitre tals que compleixin les condicions ergonòmiques establertes per a la conducció i les dimensions antropomètriques facilitades per FMB, respecte a la plantilla.

Ha de ser possible obrir les portes laterals, considerant qualsevol posició del respall del seient (entre 0° i 20° d'inclinació respecte a l'eix vertical o de qualsevol altre element fix).

El seient es podrà desplaçar de forma senzilla, de tal manera que permeti el pas d'evacuació necessari per a la porta d'evacuació frontal, complint amb tots els requeriments d'accessibilitat.

En cabina es disposarà d'un seient auxiliar plegable amb respall, reposabraços abatible i en sentit de la marxa. Des de la ubicació d'aquest seient auxiliar s'han de poder veure les actuacions del personal de conducció. La ubicació i el tipus de seient han de ser validats en la fase de projecte per FMB.

2.3.5 Il·luminació Lloc de conducció

A la zona del lloc de conducció s'ha de garantir una correcta il·luminació del lloc de conducció i dels armaris quan s'hi accedeixi. No es produiran ombres en el pupitre durant la conducció estant el personal de conducció assegut o dret. L'interruptor d'accionament se situarà en el lloc de conducció i lluirà quan ho faci l'enllumenat del lloc de conducció.

El sistema d'il·luminació del pupitre ha d'estar dissenyat de manera que no generi reflexos ni efectes mirall sobre els vidres frontals de la cabina, garantint així una visibilitat òptima de la via a l'interior del túnel durant la conducció, conforme a la normativa de seguretat ferroviària aplicable.

Així mateix, el sistema d'il·luminació general de la cabina ha de ser independent del sistema d'il·luminació del pupitre, permetent al conductor regular-los per separat. Es verificarà que la llum del pupitre no interfereixi ni obstaculitzi la visió cap a l'exterior, especialment en zones de túnel amb baixa lluminositat ambiental.

Tots dos sistemes han de complir amb els nivells de luminància, de distribució i de confort visual definits per la norma UNE-EN 12464-1:2022 relativa a la il·luminació de llocs de treball.

La il·luminació del lloc de conducció ha d'atènyer els 200 lx i ser regulable en intensitat per part del personal de conducció.

La proporció de luminància $\left(\frac{L_{max.}}{L_{min.}}\right)$ per a les pantalles visuals sobre el pupitre del personal de conducció; la resta del pupitre del personal de conducció i l'entorn serà 1: 3: 10 respectivament.

Tots els senyals lluminosos han de poder ser llegits correctament, ja sigui amb llum de cabina apagada, llum natural o amb llum artificial secundària.

Els polsadors i els indicadors lluminosos que no siguin ajustables i que estiguin il·luminats contínuament han de tenir una luminància de (0.1 + 0.1) lx. Si es permet un ajust en el nivell de luminància, aquest ha d'estar en un rang de 0.3 lx a 30 lx.

La il·luminació ha de ser uniforme i de 50 lx a escala de pupitre per evitar ajustos continuats de la pupil·la.

2.3.6 Ergonomia del lloc de conducció

El disseny del lloc de conducció, tant per a la seva forma com per a la distribució d'aparells, de pantalles i de palanques de comandament, es realitzarà amb criteris ergonòmics, prenent com a norma de referència l'U.I.C 651.

El disseny del lloc de conducció i els seus components ha de tenir en compte les mesures antropomètriques de la plantilla de FMB (altura entre 155 cm i 200 cm).

El lloc de conducció ha de tenir en compte la inclusió d'un seient per al personal de conducció, tot això sense detriment de la zona de pas en cas d'emergència per al passatge. La ubicació i la funcionalitat d'aquest seient han de ser validades per FMB en fase de projecte.

El lloc de conducció ha de disposar d'un reposapeus, el qual serà regulable en altura i en angle d'inclinació mitjançant un pedal situat en el seu lateral dret. Aquesta regulació permetrà adaptar les mesures mínima i màxima del personal de conducció de FMB (entre 1,55 i 2 m d'alçada).

En cas de conducció automàtica, es disposarà dels ancoratges de fixació i de les guies corresponents per poder col·locar un seient en cas de ser necessària una conducció manual. Aquests ancoratges han de ser inaccessibles i imperceptibles per al passatge.

Les dimensions de la cabina han de ser conforme a la fitxa U.I.C 651.

A continuació, es relacionen a manera il·lustrativa alguns dels requeriments d'ergonomia que ha de complir l'entorn de cabina, de pupitre, de visibilitat, d'elements auxiliars, etc., sense que això signifiqui que no s'hagin de complir la totalitat de requeriments i de recomanacions que contempla la norma de referència UIC 651, independentment de si es troben o no en aquesta relació:

Entorn de cabina

- El terra de la cabina ha de ser pla, sense graons.
- El terra ha d'estar recobert per un material antilliscant i fàcil de netejar.
- L'altura en tots els punts de la cabina on el personal de conducció pugui estar en posició dempeus serà de 2.000 mm.
- La profunditat de la cabina pel que fa a la vista del personal de conducció en posició asseguda (mesurada de la lluna davantera a l'element més proper darrere del seient del personal de conducció), serà com a mínim de 1.500 mm.
- L'amplària de la cabina a l'altura de la vista del personal de conducció serà com a mínim de 2.000 mm.
- La distància des dels ulls del personal de conducció a la lluna davantera ha d'estar compresa entre els 500 i els 1.200 mm.
- El volum d'aire dins de la cabina serà com a mínim de 10 m³. Hi ha d'haver un volum mínim de renovació d'aire de 30 m³/h per persona i que sigui regulable en funció de l'ocupació de la cabina fins a un màxim de 60 m³/h.

Pupitre

- El pupitre de conducció, així com els elements de conducció i de control, han d'estar disposats de manera que permetin al personal de conducció adoptar una postura normal, sense perjudicar la seva llibertat de moviments.
- La forma i les dimensions del pupitre han de garantir un accés fàcil del personal de conducció al seient, així com prou llibertat per al moviment de genolls i de cames.
- Els controls s'han de disposar de manera funcional i lògica, tant a escala individual com d'agrupació de funcions.

- L'entorn òptim d'abast i visual del personal de conducció ha d'incloure únicament els controls i els dispositius d'informació que hagin de ser manipulats o monitorats durant la conducció normal o en cas de perill.
- La resta de controls i d'indicadors haurien de quedar en un segon pla per evitar distraccions.
- Aquests controls i indicadors han de ser dissenyats de manera que el personal de conducció pugui identificar-los i manejar-los sense error fins i tot en la foscor, i a més ser capaç de llegir la informació disponible sense dificultat tant en condicions diürnes com nocturnes.
- Els controls i els indicadors han d'estar clarament identificats. Quan no s'aporti un pictograma, el text identificatiu ha de ser curt i evitar ambigüitats.
- La inclinació de la pantalla estarà compresa entre els 20° i els 40°.
- La distància entre la vora més prominent del pupitre i el punt SRP del seient serà com a mínim de 350 mm.
- L'espai mínim per al genoll serà de 140 mm.
- La distància mínima entre la vora del seient i el fons del pupitre serà de 300 mm.
- L'altura de la part inferior del pupitre estarà compresa entre els 800 i els 900 mm.
- El gruix màxim del pupitre serà de 170 mm.
- L'altura màxima de la superfície del pupitre serà de 1.050 mm.
- La profunditat mínima de l'espai sota el pupitre serà de 600 mm.
- La distància recomanada entre el *Heel Point* (HP) del reposapeus i la vora més prominent del pupitre serà de 170 mm.

Reposapeus

- L'amplada mínima del reposapeus serà de 500 mm.
- L'altura del **Heel Point** (HP) serà regulable entre els 150 i els 250 mm.
- La inclinació de la seva superfície de suport serà regulable entre 15° i 25°.

- La superfície ha d'estar recoberta d'un material antilliscant.

Visibilitat

- Quant a la visibilitat exterior, la norma UIC 651 marca la posició de dos elements elevats i dos elements situats més baixos, que s'han de visualitzar des de la posició de conducció. En concret, aquests elements se situen davant de la cabina amb les especificacions següents:
 - **Senyals alts:** a 2,50 metres a banda i banda del centre de la via, a una altura de 6,30 metres i 10 metres davant de la cabina.
 - **Senyals baixos:** a 1,75 metres a banda i banda del centre de la via, a la mateixa altura d'aquesta, i a 15 metres davant de la cabina.
- La lluna de cabina oferirà una visió nítida, sense deformació de la imatge i sense mostrar reflexos. S'evitaran els reflexos i la deformació de la imatge en el vidre de testera.

L'altura de la cabina no ha de ser inferior a 2000 mm en qualsevol punt accessible.

La distància entre el terra de la cabina i la vora superior de la finestra del plafó frontal no ha de ser inferior a 1800 mm.

La separació entre els elements materials existents en el lloc de treball serà suficient perquè els treballadors puguin executar la seva labor en condicions de seguretat, de salut i de benestar.

Estarà equipada amb sistema d'il·luminació d'emergència, alimentat a partir de la bateria, preferiblement amb la unitat d'alimentació incorporada.

La seva disposició, plantejada des del punt de vista ergonòmic, permetrà que aquest pugui realitzar la seva missió amb eficàcia, regularitat i seguretat (norma UNE-ENV-12299).

Es tindran en compte tots els factors que racionalitzin i millorin les seves condicions de treball, com ara:

- Una bona visibilitat (conforme a la fitxa U.I.C 651 OR annex D), considerant la particularització de la ubicació dels senyals lluminosos a la xarxa de Metro. La ubicació del seient de conducció ha de permetre la visió dels miralls i les pantalles retrovisores que es troben a les andanes de la xarxa de FMB.

- Bones condicions de ventilació i de temperatura (es complirà el que s'estableix a la norma UNE EN 14813).
- Una manipulació senzilla dels òrgans de conducció (segons U.I.C 612 i U.I.C 651 OR annex I).
- Un confort acceptable, amb atenuació de sorolls i de vibracions, seient adequat, etc. Haurà de complir el que s'especifica als apartats "9.5 VIBRACIONS" i "9.6 SOROLL".

El lloc de conducció no ha de presentar superfícies afilades o tallants.

En els acabats de les superfícies de l'estructura de la cabina no s'han de produir reflexos no desitjats (per exemple, superfícies brillants). El reflex de la llum ha de ser difús i no concentrat.

La disposició del lloc de conducció vindrà determinada per un estudi ergonòmic realitzat per l'adjudicatari, conforme a la norma U.I.C 651 i als requeriments d'aquest plec, que prengui en consideració cada moviment del personal de conducció, cada element indicador i els angles de visió indispensables per a la conducció i l'obertura i el tancament de portes a les estacions.

L'estudi es farà tenint en compte les mesures antropomètriques, tant mínimes com màximes, del personal de conducció de trens de FMB. Aquest estudi també servirà per determinar els elements que hagin d'anar al pupitre i la seva distribució.

Les vibracions pel que fa a la conducció arribaran atenuats al personal de conducció de manera que el nivell màxim rebut no sigui superior (segons el Reial decret 1311/2005) a:

VIBRACIONS MÀ-BRAÇ	VIBRACIONS DE COS SENCER
Valor límit d'exposició per a 8 h 5 m/s ²	Valor límit d'exposició per a 8 h 1,15 m/s ²
Valor d'exposició que dona lloc a una acció per a 8 h 1,5 m/s ²	Valor d'exposició que dona lloc a una acció per a 8 h 0,25 m/s ²

En qualsevol cas, s'ha de complir el que especifiquen les normes UNE-EN ISO 5349 i ISO 2631.

L'ancoratge del pupitre de conducció serà de manera que elimini les vibracions.

En fase de projecte, l'adjudicatari facilitarà a FMB els mesuraments, assaigs o proves relatius a la vibració mà-braç i cos sencer, tant en posició dempeus com en posició de conducció

asseguda, abans de la posada en servei del tren. Els resultats dels mesuraments els ha de validar FMB.

2.3.7 Armaris de dotació

A la cabina s'ha de disposar de penjadors per a la roba, així com d'armaris lliures per dipositar-hi articles personals (motxilla o bossa). Aquests penjadors s'han d'ubicar a l'envà de cabina.

Els armaris que continguin elements per a la conducció, per a resolució d'incidències, o que s'hagin de manipular en algun moment, han d'estar propers al lloc de conducció o dins de la cabina i dotats del corresponent tancament amb clau de quadradet.

Els armaris disposaran de:

- Un carregador de radiotelèfon de línies convencionals.
- Un suport per a telèfon mòbil.
- Una llanterna amb carregador a cadascun dels extrems del tren.
- Dues preses de tensió de 230 V.
- Tamboret per a accés a trapes.

Utillatge fre d'estacionament.

La llista definitiva d'elements i la disposició dins del tren la validarà FMB en fase de projecte.

Els conjunts de l'armari del pupitre han d'estar perfectament protegits contra l'entrada de pols, perquè així sigui s'instal·laran les juntes corresponents amb una protecció mínima IP-54, segons la norma UNE 20324. La distribució d'aquests armaris, així com la mida i la posició, l'ha de validar FMB en fase de projecte.

2.3.8 Porta frontal d'evacuació

S'ha d'instal·lar una porta d'evacuació frontal d'una amplada mínima de pas 480 mm. Tant el pupitre com el seient del personal de conducció han d'estar dissenyats perquè permetin l'evacuació.

La porta d'evacuació frontal estarà formada per una porta batent d'una sola fulla, la qual farà una obertura cap a l'exterior, sense sortir del gàlib del tren, alhora que desplegarà una escala per permetre l'evacuació d'emergència per al personal de conducció. En cas de transformar el tren per a conducció automàtica, s'adaptarà per a l'evacuació del passatge.

En el disseny de la porta d'evacuació frontal, es garantirà la visibilitat correcta dels miralls retrovisors d'andana a les estacions on hi hagi doble andana.

El pas de les portes d'evacuació frontal de la cabina de conducció a l'exterior serà de la màxima amplada possible, i estarà a la banda esquerra de cabina.

L'obertura de la porta serà senzilla. El desplegament complet de l'escala d'evacuació s'ha de fer en menys de 30 segons, incloent-hi l'obertura de la porta. L'escala disposarà de baranes i la petja i la contrapetja han de complir amb la legislació vigent. La porta en posició oberta s'ha de mantenir immobilitzada mitjançant algun sistema de fre o de retenció. El temps de plegat ha de ser inferior a 3 minuts.

El dispositiu d'accionament estarà cobert per una tapa precintada i extraïble.

El mecanisme serà d'accionament electromecànic amb diagnosi d'estat i bloqueig elèctric d'obertura. El funcionament del mecanisme ha d'estar supervisat pel sistema informàtic i el sistema de conducció automàtic si n'hi hagués, quedant alliberat en cas d'absència de tensió de bateria.

L'estat de la porta d'evacuació frontal l'ha de monitorar sistema informàtic del tren.

La reactivació del sistema de desbloqueig tipus tirador ha de ser manual i s'ha de poder fer amb la mateixa clau de quadradet que es fa servir als altres tancaments del tren.

El terra de l'escala ha de ser de classe 3 i disposar d'una franja clarament visible, contínua i d'una amplada mínima de 30 mm, similar a la utilitzada als estreps d'accés al tren.

La solució definitiva l'ha de validar FMB en fase de projecte.

2.4 SISTEMA PNEUMÀTIC (D)

El sistema pneumàtic ha de ser de “canonada única”, de la qual surten les ramificacions per als diversos circuits. Cada circuit queda protegit per la corresponent vàlvula de retenció i aixeta d'aïllament.

A cada cotxe s'han de disposar dues preses addicionals per a subministrament d'aire extern, d'enllaç ràpid per a la mànega, una a cada costat de la caixa. Aquestes preses han de ser completament compatibles amb les existents actualment a les instal·lacions de FMB.

Els dipòsits principals han d'estar en comunicació amb la canonada principal i s'estableix un equilibri de pressions al llarg del tren.

Els elements que formin part del sistema pneumàtic han d'estar muntats sobre un panell tancat, el qual no ha de presentar cap canonada a l'exterior del cotxe.

Tots els elements han de ser de fàcil reposició, i quedaran subjectes al panell per cargols i juntes tòriques, sense necessitat de rosca cap tub.

En el cas d'una composició múltiple per acoblament, les canonades úniques (TDP) han d'estar connectades entre si, de manera que equilibrin les pressions a totes les unitats.

2.4.1 Grup motocompressor

Es muntaran dos grups motocompressors per tren, per produir l'aire comprimit necessari.

Els grups motocompressors encarregats del subministrament de l'aire comprimit tenen un funcionament alternatiu fent que el temps total de funcionament sigui el mateix.

El compressor ha de ser lliure d'oli especialment dissenyat per al sector ferroviari.

La pressió de treball ha d'estar compresa entre 8,5 i 11 kg/cm², regulable.

Pot funcionar en règim continu durant 24 hores, sense detriment de les seves característiques, amb una contrapressió de 11 kg/cm². El compliment d'aquest requisit es demostrarà mitjançant el corresponent assaig en banc, en fase de projecte.

El sistema de producció d'aire ha d'estar dimensionat de manera que, en condicions de pressió, temperatura i càrrega pneumàtica normals, cada compressor treballi en un règim eficient i tèrmicament estable. La lògica de comandament ha de garantir la distribució equilibrada del temps de funcionament entre ambdós compressors al llarg del servei, així com evitar arrencades/parades innecessàries o funcionament continu per mal dimensionament del sistema. L'adjudicatari ha de justificar mitjançant simulació i proves que el règim operatiu

previst assegura la durabilitat, eficiència i fiabilitat del compressor conforme a les seves especificacions de disseny i ha de ser validat per FMB.

La bancada de subjecció del grup ha de ser de manera que el conjunt motor-compressor sigui fàcil de canviar (temps de l'operació de 15 a 20 minuts), en conseqüència, preveure's connexions elèctriques i pneumàtiques, robustes i senzilles de muntar i desmuntar.

L'equip de producció d'aire no ha de transmetre cap tipus de vibració a la caixa de passatge, per a ells es preveuran els elements necessaris per eliminar aquesta vibració.

Tot l'equip a la pressió atmosfèrica, la pressió nominal s'assoleix en un màxim de 12 minuts.

En cas de fallar un grup de producció d'aire, l'altre ha de ser capaç de mantenir el servei normal del tren complet, augmentant proporcionalment el temps relatiu de funcionament.

S'ha de disposar d'un comptador d'hores de funcionament i posada en marxa i es podran consultar les dades a la pantalla de conducció.

El compressor ha d'estar equipat amb un sistema de detecció d'avaría que transmetrà la informació al sistema informàtic que impedeixi la posada en marxa en cas d'anomalia. Aquest sistema ha de detectar com a mínim paràmetres com sobre temperatura, sobrecorrent, temps de càrrega...

El compressor d'aire ha d'estar dissenyat específicament per instal·lar-lo en vehicles ferroviaris i complir els assaigs tipus i de sèrie definits a la norma IEC 60349-2.

S'ha de protegir la línia i el compressor amb un magnetotèrmic i un interruptor diferencial amb senyalització i possibilitat de reactivació manual des del lloc de conducció. A la sortida del compressor, cal disposar d'una vàlvula de seguretat interna del mòdul de producció d'aire, per protegir el circuit de sobrepressions.

El comandament dels compressors ha d'estar concebut per funcionar autònomament quan estigui fora de servei el sistema informàtic o l'equip de comandament pneumàtic per garantir la producció d'aire.

El sistema informàtic del tren ha d'intervenir sobre l'arrencada i l'atur dels compressors de manera que prioritzi:

- A l'inici de la càrrega del tren, han de funcionar els 2 compressors per minimitzar el temps i assolir la pressió de treball.

- Amb tren carregat, hi ha un primer llindar de pressió mínima que determina l'arrencada d'un dels compressors. El sistema informàtic estableix uns rangs de temps perquè els períodes de treball dels dos compressors siguin homogenis.
- Hi ha d'haver un segon llindar de pressió a partir del qual arrencaran els 2 compressors.

La producció d'aire es garanteix en cas d'algun error dels transductors o davant de l'aïllament pneumàtic d'algun cotxe.

S'ha de garantir el funcionament dels compressors, encara que hi hagi avaria als canals de comunicacions o als processadors, havent de contemplar aquest extrem en el disseny dels modes degradats del sistema de monitoratge i control; així com de l'equip de comandament pneumàtic.

El comandament dels dos compressors principals s'ha de fer de manera eficaç i segura utilitzant tècniques "failsafe". Una sola avaria o incidència al sistema de control no pot comprometre el subministrament d'aire comprimit al tren.

L'adjudicatari, en fase de projecte, ha de justificar i garantir el règim de treball més adequat per a ambdós compressors i sobre la base de dissenyar un sistema totalment redundat (tant a nivell programari com maquinari) de subministrament d'aire. Qualsevol pèrdua d'element o funcionalitat redundada ha de poder ser indicada en el lloc de conducció o en CCM, encara que no impliqui afectació observable.

El disseny global de comandament del sistema que subministri l'aire comprimit al tren s'ha de fer prestant especial atenció als modes degradats de funcionament d'aquest i optimitzant al màxim mobilitat segura del tren davant fallades del sistema de comandament. L'adjudicatari ha d'exposar i justificar la solució global adoptada, amb posterioritat se sotmetrà a l'aprovació de l'FMB.

L'adjudicatari ha d'implantar un sistema d'emergència que permeti la connexió dels dos compressors principals del tren, quan aquesta connexió no sigui possible efectuar-la mitjançant el sistema informàtic de monitoratge i control, per mal funcionament d'aquest o qualsevol altra errada, tant de control com de comunicacions, de què depenguin els compressors. S'han de proporcionar, en fase de projecte, les diferents franges de treball, tant en mode nominal com en els diferents estats degradats.

El comandament ha de governar el funcionament dels compressors principals perquè la pressió d'aire a la canonada general es mantingui en tot moment dins de valors adequats per al funcionament correcte de l'equip pneumàtic.

Cada motor compressor ha de tenir protecció tèrmica i contra sobrecàrregues, de manera que l'estat de les proteccions esmentades sigui conegut per la lògica de comandament dels compressors, i pot ser enviat al sistema informàtic i al CCM, per decidir la desconexió temporal o permanent del compressor, si és necessari.

S'han de monitorar tots i cadascun dels paràmetres rellevants per supervisar-ne el funcionament correcte per la lògica de comandament dels compressors, a fi d'ordenar-ne la desconexió, si cal, abans que pugui patir dany.

S'ha de garantir el subministrament d'aire comprimit al tren per la qual cosa la lògica de comandament dels compressors principals ha de tenir en compte l'estat dels dos compressors del tren i dels convertidors estàtics de les dues unitats que generen l'alimentació alterna per a aquests compressors. La lògica de comandament ha de poder reconfigurar les interconnexions elèctriques entre convertidors i compressors per garantir el subministrament d'aire al tren, sempre que hi hagi un convertidor estàtic i un compressor operatiu.

En condicions normals de servei i en cas que es trobin ubicats als cotxes amb cabina, funcionarà el compressor oposat a la cabina de conducció activa.

2.4.2 Condicionament de l'aire

A la sortida del grup motocompressor s'ha d'instal·lar un assecador de doble columna. A aquest sistema s'ha d'afegir una purga adequada als abocaments dels quals no incidiran sobre els carrils i el funcionament dels quals pot estar associat —o no— al mateix funcionament del compressor.

El control de les càmeres assecants actives el memoritzarà el compressor per assegurar-ne la correcta alternança.

Els assecadors han de portar un sistema que permeti revisar l'estat de l'agent absorbent visualment sense haver de desmuntar-lo.

A la sortida de l'assecador s'ha d'assolir un punt de rosada suficient per no produir condensats a la instal·lació, a la temperatura inferior especificada al plec.

L'aire subministrat pel sistema pneumàtic del tren ha de complir amb la norma ISO 8573-1, amb una classe de puresa mínima 3-2-0, o equivalent, definida com a:

- Classe 3 per a partícules sòlides: màxim 5 μm , fins a 5 mg/m^3 ,
- Classe 2 per a contingut d'aigua: punt de rosada $\leq -40\text{ }^{\circ}\text{C}$,

- Classe 0 per a contingut d'oli: definit pel fabricant, però en cap cas superior a 0,01 mg/m³.

El compliment d'aquesta qualitat s'ha de certificar mitjançant assaig a banc i garantit durant la vida útil del sistema d'assecatge i filtratge.

2.4.3 Dipòsits

L'adjudicatari ha d'instal·lar els dipòsits necessaris per proveir tota la instal·lació pneumàtica de la unitat amb la pressió mínima nominal del compressor, de manera que es puguin efectuar, com a mínim, tres frenades consecutives màximes en estat de càrrega màxima (AW3), amb parada completa de la unitat en cas de no funcionar cap compressor.

Tots els dipòsits han de portar, en una zona visible i convenientment adossada, la corresponent indicació del marcatge CE per un organisme de control autoritzat (OCA). A més, han d'incorporar aïllaments i tot allò que calgui per fer-ne les verificacions periòdiques sense necessitat de desmuntatge.

Han de disposar d'un regulador de pressió de manera que aquesta es mantingui entre 8,5 i 10 kg/cm² als dipòsits principals.

Tots els dipòsits principals han de disposar d'una aixeta per purgar-la.

Els dipòsits han de ser d'alumini i han de complir la normativa UNE-EN 286-4 per a calderins d'alumini, la Directiva de recipients a pressió, així com qualsevol altra normativa vigent quant a recipients a pressió que els sigui aplicable. De compliment obligat per al material rodant ferroviari per la nota d'aplicació: REP Guia 01_02_v3 reglamentació específica guia 6 del 22/5/2012 del Reial decret 2060/2008 de 12 de desembre relatiu a equips a pressió.

Els recipients han de ser de forma geomètrica simple, han d'estar compostos d'un cos cilíndric de secció transversal circular (virola) i de dos fons bombats toricsfèrics que han de tenir la convexitat cap a l'exterior (tapes o fons).

Els dipòsits s'han de poder fer servir durant tota la vida útil del vehicle a què estan incorporats, fins a un màxim de 40 anys. Això no obstant, en circumstàncies especials (quan s'estigui substituint o renovant una sèrie de vehicles) es pot prolongar la durada en servei sota una supervisió específica.

Les revisions que segons normativa s'hagi de fer als dipòsits s'han de poder fer sense necessitat de desmuntar-los del tren.

2.4.4 Instal·lació

Tots aquells elements que siguin possibles, han d'anar muntats al panell pneumàtic reduït, per tant, la longitud de canonada. En aquells llocs en què calgui fer servir canonades flexibles, han de ser de material resistent a l'aigua, olis i greixos i s'han de col·locar de manera que no tinguin frecs entre si, ni amb cap element del cotxe.

Els principals mòduls i elements pneumàtics han de comptar amb claus d'aïllament de fàcil accés, perquè no calgui buidar la instal·lació completa per dur-ne a terme la substitució.

La unió dels aparells o de les canonades s'ha de fer amb ajuda de ràcords. L'adjudicatari ha d'indicar el tipus de ràcords que es proposen utilitzar, els quals han de ser explícitament acceptats per FMB, durant la fase de projecte. El sistema proposat ha d'assegurar la màxima fiabilitat de la unió.

Les canonades han de ser d'acer inoxidable sense soldadura. Cal evitar la producció d'òxids i degradacions interiors de les canonades que dificultin el funcionament correcte del sistema pneumàtic i de l'equip de fre.

El nombre de fixacions ha de ser suficient per a la fixació correcta evitant vibració de les canonades, fregaments i possibles desconexions intempestives d'algun ràcord.

Els radis de curvatura dels tubs utilitzats han de ser els adequats perquè no es produeixin disminucions a la secció d'aquests.

Les connexions pneumàtiques mitjançant mànega flexible han de ser les mínimes possibles i la connexió pneumàtica caixa-bogi s'efectuarà mitjançant dos connectors pneumàtics múltiples de fàcil desmuntatge per al seu desacoblament.

Les canonades de bogi han d'acabar en una meitat d'aquest connector que estarà fixada al bogi i l'altra meitat es col·locarà a l'extrem de les mànigues flexibles que provenen de l'equip de caixa.

Les mànigues flexibles han de ser de material resistent a l'envelliment i a les condicions de treball i dimensionades per a la pressió de treball. La seva longitud serà la que permeti desplaçaments relatius caixa-bogi de manera que no quedin forçades o escanyades al seu pas.

Les derivacions de les canonades es faran de manera que evitin el pas d'aigua procedent de la condensació.

Les manetes de les claus d'aïllament han d'estar verticals a la posició "normal de treball". Han de tenir una osca que indiqui la direcció del pas d'aire.

Els panells de fre i altres panells auxiliars han d'anar muntats en cofres tancats amb tapa, amb tancaments segurs, hermètics (IP65) i fàcils d'obrir per a la inspecció, sense produir vibracions ni sorolls.

2.4.5 Regulació i proteccions

La instal·lació pneumàtica del tren ha de comptar amb els elements necessaris per garantir un funcionament segur i controlat del sistema d'aire comprimit en tot moment.

Per això, s'integraran els transductors de pressió i pressòstats necessaris als cotxes que allotgin grups compressors, de manera que s'asseguri la correcta connexió i desconexió automàtica dels compressors segons els llistats definits pel sistema de control.

Així mateix, per protegir la instal·lació pneumàtica davant de situacions de sobrepressió —derivades de fallades als dispositius de regulació o de comandament—, s'ha d'instal·lar una vàlvula de seguretat aigües avall del dipòsit principal. Aquesta vàlvula actua automàticament quan la pressió superi un valor comprès entre el 10% i el 12% per sobre de la pressió màxima de servei.

El disseny del sistema de protecció ha de garantir que cap component pneumàtic embarcat pugui quedar exposat a pressions superiors a les admissibles pel disseny.

2.4.6 Suspensió pneumàtica

L'alimentació s'ha de fer de la canonada principal, mitjançant una electrovàlvula de tancament monitorant-ne l'estat.

La diferència de pressió entre pilotes del mateix bogi serà compensada per una vàlvula de desbordament.

S'ha de disposar d'un sistema per mitjà del qual es pugui eliminar l'aire de la suspensió, i se n'ha d'assentar sobre els límits.

Les variacions de pressió a la suspensió, a causa de la càrrega, s'enviaran a l'equip de control i unitat de fre pneumàtic, a fi de mantenir constants les acceleracions i desacceleracions, així com la diferència de pressió entre bogis d'un mateix cotxe. Les vàlvules i els dispositius de càrrega quedaran incorporats al bogi.

2.4.7 Circuits auxiliars

El tren disposarà d'un xiulet d'avís instal·lat sota bastidor a cada capçal extrem del tren.

El xiulet serà accionat electropneumàticament mitjançant un polsador situat al pupitre de conducció, i ha de permetre a més l'accionament remot des d'altres sistemes autoritzats (per exemple, conducció automàtica).

Quan s'accioni el polsador, només sonarà el xiulet del capçal actiu (en el sentit de marxa o cabina habilitada).

La intensitat i freqüència dels avisadors acústics han de complir la norma EN 15153-4. No obstant això, el sistema ha de ser validat amb FMB en condicions reals d'operació, especialment en estacions subterrànies i andanes tancades. En concret:

- El senyal acústic ha de ser inequívocament perceptible per usuaris i personal d'operació, tant a estacions subterrànies com a trams exteriors.
- S'ha de fer una especial atenció a no generar molèsties excessives ni interferències amb altres avisos o sistemes de megafonia.
- La intensitat, el to, la freqüència i el tipus d'avisador han de ser definits i ajustats conjuntament amb FMB durant la fase de projecte, sobre entorn real i tren prototip.

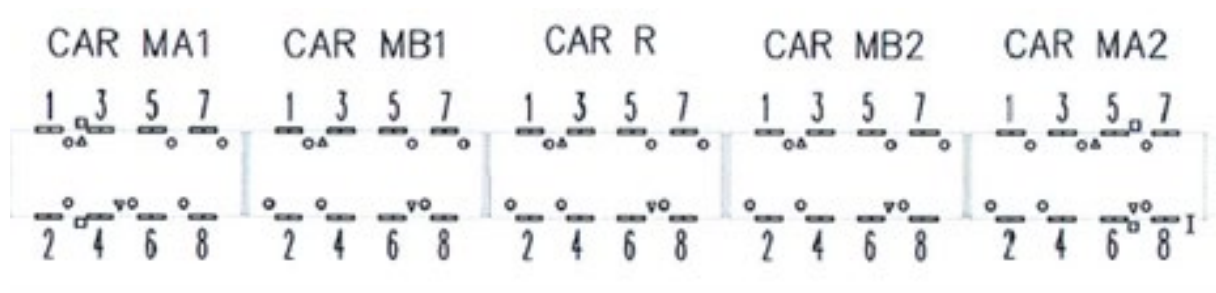
Finalment, el seient del personal de conducció ha de disposar de suspensió pneumàtica, i es connectarà directament a la TDP (canonada de pressió), sense necessitat de panell específic de regulació.

2.5 PORTES (E)

2.5.1 CARACTERÍSTIQUES TÈCNIQUES

Les portes d'accés a passatge s'han de dissenyar d'acord amb la norma UNE-EN 14752, utilitzant la versió més actualitzada disponible a la fase de disseny del projecte.

Les portes d'accés a viatgers tindran la següent numeració.



Aquesta numeració ha de ser la utilitzada a la xarxa de comunicació del tren.

Cada porta ha d'estar etiquetada. L'etiqueta s'ha de col·locar en una posició visible des de l'interior de la sala de passatge. Tant el material de la identificació de la porta, la seva fixació i la posició ha de ser consensuada amb FMB en fase de projecte.

La fulla de la porta ha de ser exteriorment d'alt contrast cromàtic en relació amb la resta del vehicle. En fase de disseny, FMB ha de definir els colors exactes a implementar.

Les portes laterals han de ser del tipus de doble moviment lliscant encaixable de manera que en posició tancada queden alineades amb els costats del cotxe, i en posició oberta hi queden superposades.

El nombre de portes a cadascun dels laterals del cotxe ha de ser de quatre, cadascuna amb dues fulles i sense muntant intermedi.

L'adjudicatari ha de realitzar una maqueta amb el contorn de la caixa per a la realització de totes les proves tipus indicades a la norma i les que pugués indicar FMB a la fase de disseny el tren.

La distància entre eixos de portes ha de ser de 4.197 mm. S'ha de mantenir l'equidistància entre aquestes al llarg de tota la composició.

Les dimensions mínimes del buit útil de porta que s'ha d'oferir per al pas de passatge, amb portes totalment obertes, ha de ser de mínim 1.900 mm d'alçada per 1.300 mm d'amplada a

una alçada de 1.500 mm, en qualsevol cas, l'amplada lliure de la porta mai no ha de ser menor a 1.200 mm a tot el buit útil.

L'accionament s'efectua mitjançant un motor elèctric que opera ambdues fulles, les quals han d'estar sincronitzades per executar simultàniament les maniobres d'obertura i tancament, utilitzant els elements mecànics de transmissió de moviment adequats. Tant la maniobra d'obertura com de tancament han d'estar exemptes de brusquedats, sorolls i han d'estar esmorteïts al final del seu moviment.

Totes les portes han d'incloure un pulsador extern i un altre intern per a l'activació de l'obertura que s'ha d'instal·lar a una alçada compresa entre 0,90 m i 1,20 m. Aquest dispositiu ha de presentar un alt contrast cromàtic i sobresortir del parament, facilitant així la detecció per persones amb discapacitat visual. A més, sobre el dispositiu ha de figurar a Braille la lletra "O", corresponent a "Obrir" i "Open". El pulsador ha de disposar de senyalització visual la funcionalitat de la qual s'especifica a l'apartat corresponent d'aquest Plec.

Les portes han d'emetre senyals sonors i lluminosos perceptibles tant des de l'exterior com des de l'interior del vehicle, a fi d'avisar sobre l'obertura i el tancament de les portes. Es podran utilitzar els sistemes d'informació al viatger més propers a cada porta per indicar-ne l'estat. La funcionalitat i les característiques tècniques estan especificades dins l'apartat corresponent d'aquest plec.

Cada porta ha d'estar controlada individualment mitjançant una targeta de control electrònica avançada de darrera generació. La ubicació i muntatge de les targetes de control ha de ser de fàcil accés per a la seva ràpida substitució (inferior a tres minuts). L'adjudicatari ha d'homologar a FMB perquè aquest pugui reparar de forma autònoma les targetes electròniques de control. Han de disposar de funcions implementades d'autotest, tant del seu estat de funcionament com de l'estat operatiu general de la porta (en servei o fora de servei). Les targetes electròniques de control de les portes han de complir amb el nivell d'integritat de seguretat SIL2 com a mínim pel que fa a les funcions de detecció d'obstacles i obertura del llaç de tracció/llaç de fre d'emergència per activació del sistema "antidrag".

Cada tarja de porta ha de disposar d'un comptador intern del número de maniobra. Aquesta dada es publicarà al sistema informàtic de tren i ha de ser accessible. Haurà de registrar cadascuna de les activacions del sistema "antidrag" i s'ha de publicar al sistema informàtic de tren, de manera que permeti analitzar quan i en quina porta s'ha produït una activació.

Les fallades i esdeveniments de les maniobres de portes han de ser registrades a la pròpia targeta de porta acompanyats de data i hora de la seva aparició.

S'han de poder extreure des de la pròpia targeta (connexió USB o Ethernet) i des del lloc de conducció a través del connector del sistema informàtic o del sistema tren-terra que es defineixi cap al CCM, en un format que permeti la seva anàlisi i tractament en fulls de càlcul, bases de dades, etc.

En cas que aparegui alguna incidència en una targeta de comandament o a la porta associada, s'ha de transmetre al sistema informàtic embarcat, amb indicació de la porta afectada i informació del tipus de fallada. L'estat de les portes del tren es podrà consultar mitjançant la pantalla de monitoratge dels llocs de conducció.

El mecanisme d'obertura de portes estarà protegit contra el vandalisme, tant en mecanismes, finals de carrera, guies, cremalleres, etc. Tots aquests elements no són visibles i de difícil accés per al passatge tant interiorment com exteriorment.

Hi ha d'haver un sistema d'estanquitat a tot el perímetre del buit i al contacte de les dues fulles, que impedeixi l'entrada d'aigua i brutícia, fins i tot durant les operacions de rentat a pressió, de l'exterior de la caixa.

S'han de realitzar les proves d'estanquitat de portes, polsadors i manetes sota un arc segons la norma EN 14752, última versió.

El conjunt de les fulles i el mecanisme ha d'estar fabricat amb material per prevenir qualsevol tipus d'oxidació. En cas necessari, s'ha d'incorporar un sistema de drenatge per evitar l'acumulació de líquids.

Cada fulla de porta ha d'estar equipada amb una lluna la disposició de la qual, dimensions i disseny han de ser acords amb la resta del cotxe i intentant maximitzar la mida d'aquesta, en qualsevol cas, la mida mínima de la lluna serà de 1.080 x 400 mm. Aquestes llunes han de complir amb les especificacions establertes a la norma UNE-EN 14752. Tant la lluna de la fulla com les fulles, tant per la part interior com exterior, han d'estar recobertes amb vinil antivandàlic, que ha de ser validat per FMB en fase de projectes. La superfície interior i exterior de les portes ha de ser llisa sense discontinuïtats, excepte a la zona de la lluna de la finestra, i entre totes dues, es disposarà a banda dels elements estructurals necessaris amb l'aïllament adequat.

Les juntes de goma de les fulles han de ser fàcilment substituïbles i posseiran l'elasticitat suficient per no fer malbé a les maniobres d'obertura i tancament al passatge.

Es podrà realitzar l'ajust i anivellament de les fulles sense la necessitat de desmuntar-les del cotxe. Totes les portes de la unitat han de disposar d'un sistema de desbloqueig interior i

exterior, que en permeti l'accionament en situacions d'emergència segons el que indica la norma EN 14752.

S'han d'instal·lar estreps laterals fixos que tindran per objecte facilitar l'accés/descens a les estacions. Han d'anar fixats a la caixa de manera que es puguin desmuntar. Els estreps han de complir els requeriments d'accessibilitat descrits a l'apartat corresponent d'aquest plec, evitant esglaons. Han de ser amb extrems arrodonits, evitant arestes o elements tallants. El disseny de l'estrep evitarà impactes tallants i atrapaments. L'angle d'atac de l'estrep serà de 30 graus i la longitud mínima ha de ser tan gran que ocupi tot el buit de portes. L'estrep ha de ser de dues peces, una fixa a caixa i l'altra que serà un element fusible dissenyat perquè en cas d'interferència amb algun element del gàlib es desprengui del tren.

Els estreps laterals han de proporcionar una accessibilitat completa, minimitzant el llinar de distància entre el tren i l'andana. Els estreps han de complir la norma EN 14752.

El disseny estructural de l'estrep del tren ha de garantir que, en condicions normals d'operació, no pateixi deformacions permanents, desprendiments ni pèrdua de funcionalitat davant de contactes ocasionals amb dispositius fixos instal·lats a la vora de l'andana destinats a reduir l'espai entre andana i tren (gap fillers).

Aquests dispositius estan fabricats amb cautxú, amb característiques mecàniques específiques que permeten el contacte esporàdic amb el tren sense deteriorar-se. El material mòbil ha d'estar dissenyat per suportar aquest contacte sense comprometre la integritat de l'estrep ni dels elements estructurals adjacents.

En particular, el disseny de l'estrep del tren ha de tenir en compte:

- La resistència mecànica del "gap filler" (per exemple: cautxú natural amb duresa mínima de 60 Shore A, resistència a tracció ≥ 8 MPa, elongació $\geq 350\%$).

L'adjudicatari, en fase de projecte, ha d'acreditar, mitjançant simulacions i assaigs dinàmics si es requereix, que el conjunt estrep resisteix aquests contactes sense desprendre's ni causar deteriorament estructural, i que la interacció compleix les condicions de servei previstes.

La línia de vora de l'estrep ha d'estar senyalitzada a cada porta en tota la seva longitud amb una franja de material antilliscant i de llarga durada, de color contrastat en relació amb la resta del terra i amb el color de la porta, aplicat entre les betes de l'estrep per minimitzar el desgast i evitar que es deslaminí. Aquesta franja ha d'estar integrada en el material de l'estrep de manera que no sofreixi desgast prematur i es desprengui. No s'acceptaran materials tipus bandes enganxades o pintades. La solució definitiva ha de ser aprovada en fase de projecte per FMB.

Així mateix, el disseny dels estreps ha d'evitar l'acumulació d'aigua i facilitar el desguàs. Els estreps de les portes han d'estar dissenyats de tal manera que minimitzin el graó per facilitar l'estanquitat i facilitin així l'entrada a les cadires de rodes. Aquest disseny ha de ser validat en fase de projecte per FMB.

El conjunt de la porta ha d'estar dissenyat per resistir i operar amb els esforços generats durant l'operació del tren (càrrega, acceleració transversal, sobrepressió túnel, etc.).

Tot el conjunt de mecanisme ha d'estar muntat en una estructura resistent i autoportant la qual es fixarà a caixa, i permetrà que el muntatge i posteriors substitucions puguin efectuar-se sense cap ajustament.

A l'interior del cotxe i a l'alçada dels mecanismes de portes s'instal·laran trapes de registre per permetre el manteniment dels mecanismes amb facilitat. Aquestes trapes han de complir els requeriments d'aquest plec.

Tot el mecanisme de portes tant superior com laterals, han d'estar convenientment protegits de manera que el passatge no hi pugui actuar i que aquest no sigui visible.

Disposaran de detectors de final de carrera de porta tancada i enclavada que actuaran sobre el llaç de seguretat de portes. Emetran el senyal de porta tancada, quan el sistema d'enclavament mecànic de seguretat actuï, a fi de tenir la seguretat plena que la porta ha quedat tancada.

En posició tancada, totes les portes han d'estar enclavades mitjançant un sistema de bloqueig mecànic, el qual s'alliberarà quan:

- Es donin les condicions establertes al projecte per al procés d'obertura.
- En accionar el dispositiu de desbloqueig interior de la porta amb el tren completament aturat.
- Quan s'accioni el dispositiu d'obertura d'emergència (des de l'exterior) sota qualsevol circumstància.

Cada porta ha d'incorporar un dispositiu de tancament o porta fora de servei, situat en un costat de la porta accessible a una alçada inferior de 160 cm, convenientment dissimulat perquè no pugui ser manipulable pel passatge. Per a la seva operació, s'ha de fer servir una clau de quadradet.

El tren estarà dotat d'un llaç de seguretat de portes que reconeixerà que totes les portes estan tancades i enclavades correctament.

El llaç de seguretat de portes, Velocitat 0 km/h, selecció de costat de portes, autorització d'obertura i tancament ha de ser implantat mitjançant línies de maquinari cablejades, emprant tècniques fail-safe. En cap cas la fallada del maquinari o programari no pot generar situacions que comprometin la seguretat en la gestió de l'obertura i el tancament de portes. Es podran implementar funcions redundants de confirmació a través del programari del sistema informàtic embarcat, però no s'accepta que aquestes substitueixin la línia de maquinari.

Al programari del sistema informàtic del tren s'ha d'implantar el reconeixement individual de l'estat d'obertura o tancament individual de cada porta del tren, així com qualsevol altre estat en què es trobi la porta.

El sistema informàtic embarcat ha d'informar en tot moment quan s'obre el llaç de portes i determina la porta. Aquesta informació es podrà consultar per mitjà de la pantalla de monitoratge dels llocs de conducció.

2.5.2 REQUISITS FUNCIONALS

FMB pot, sense cap cost per a FMB, requerir qualsevol nova funcionalitat que no impliqui canvis substancials a l'arquitectura de la porta durant la fase de projecte.

2.5.2.1 Comandament de portes

El sistema ha de permetre l'obertura de totes les portes d'una banda, des del lloc de conducció.

El mecanisme de portes de passatge serà del tipus elèctric alimentat per la bateria. Ha d'estar controlat per una targeta electrònica de comandament individual per a cada porta.

Les maniobres d'autorització d'obertura i tancament de les portes s'han de poder efectuar únicament des del lloc de conducció amb comandament del tren.

Els pulsadors d'autorització d'obertura han d'estar doblegats i caldrà accionar-los simultàniament perquè l'ordre sigui efectiva.

L'habilitació del costat d'obertura de portes del tren amb el sistema ATP actiu es farà automàticament.

En accionar el tancament, s'apagaran les fletxes d'indicació del costat d'obertura.

Hi ha d'haver un pulsador al pupitre que en ser accionat permeti l'obertura de totes les portes del costat seleccionat del tren, sense necessitat que el passatge accioni l'element que activa l'obertura de cada porta.

Qualsevol accionament d'un dispositiu que intervingui en l'obertura-tancament de portes ha de ser registrat pel registrador d'esdeveniments del tren.

2.5.2.2 Detecció d'obstacles per sensibilitat del motor

Les portes han d'estar equipades amb un sistema de detecció d'obstacles al tancament i obertura. Aquest sistema de detecció d'obstacles ha de complir els requisits de la norma UNE-EN 14752 en la seva versió més recent.

En cas de detecció d'un obstacle durant el procés de tancament, les dues fulles faran la reobertura de 100 mm en direcció a obertura des del punt de detecció. El nombre de reobertures i l'amplitud d'obertura de les fulles han de ser paràmetres configurables pel personal de FMB, sense necessitat de cap modificació del programari.

Després del nombre de rebots determinat a la fase de projecte (inicialment de vuit intents de tancament) amb un segon d'espera entre el quart i el cinquè rebot, les fulles es quedaran 100 mm obertes, i es mantindran en aquesta posició d'obertura de manera indefinida, durant la qual el motor no exercirà cap.

En cas de detecció d'un obstacle, aquesta situació s'indicarà al pupitre de conducció mentre persisteixi l'anomalia. Quan la porta queda oberta després del darrer rebot, es mostra la imatge de la càmera més propera a la porta amb l'atrapament a la pantalla de visualització de CCTV.

La força de tancament de la porta ha de complir amb la corba 1 de l'apartat 5.2.1.4.2.2 de la UNE-EN 14752 en la seva versió més recent durant la fase de projecte.

Els temps d'actuació màxims per a una maniobra completa d'obrir i tancar, han de ser de 6 segons com a màxim.

2.5.2.3 Detecció d'obstacles per vora sensible [antidrag]

Les portes han d'incorporar la funció de seguretat "antidrag" segons norma EN 14752, utilitzant la versió més actualitzada disponible a la fase de disseny del projecte. El tipus *antidrag* ha de ser simètric.

El sistema antidrag ha de complir amb les especificacions següents:

- El sistema *antidrag* només s'activarà a porta tancada i enclavada.
- En cas de detecció d'*antidrag* a tren aturat s'obrirà el llaç de tracció. Senyalitzarà a cabina la porta detectada, s'activarà la càmera més propera i s'activarà la comunicació cabina-passatge de l'intercomunicador més proper a la porta. En cas de retirada de

l'objecte (antidrag no actiu), el sistema s'ha de reposar automàticament tancant el llaç de tracció.

- Durant el moviment, el sistema *antidrag* estarà actiu durant els primers 100 metres des de l'inici de la marxa del tren. En cas d'activació dins dels primers 100 metres, el tren aplicarà emergència. La porta amb la detecció activa serà senyalitzada a les pantalles de la cabina de conducció i s'activaran les càmeres més properes. Cal reconèixer l'alarma *antidrag* per continuar la marxa, sense haver d'inhibir o anul·lar el sistema antidrag.
- El sistema *antidrag* només estarà actiu a les portes que s'hagin obert i tancat. Si en una estació una porta no s'ha obert, el sistema estarà inactiu.
- A les cabines de conducció, cal disposar d'un sistema d'inhibició de la funció antidrag independent del bypass de portes. En cas d'activació del sistema *antidrag* a una porta, la funció d'inhibició permet anul·lar aquesta activació en aquesta porta específica. El sistema estarà inactiu fins que la porta es torni a obrir. Alhora, ha de ser possible anul·lar el sistema *antidrag*.

El sistema de seguretat *antidrag* i la seva funcionalitat l'ha de validar FMB en fase de projecte.

2.5.2.4 Comportament davant de detecció de porta oberta

Les portes no s'han de poder obrir ni desbloquejar des de l'interior del tren, ni forçant-les mitjançant l'accionament del desbloqueig de portes, quan la velocitat sigui diferent de 0 km/h.

Hi ha d'haver una segona verificació de la concordança dels senyals per evitar l'obertura de la porta o les portades sense autorització i permisió, a més de la velocitat zero.

S'establirà un criteri de seguretat fail-safe de manera que cap mena d'avaria mecànica, elèctrica o de programari pugui provocar que les portes s'obrin de manera intempestiva.

El senyal acústic de tancament de portes ha d'estar acompanyat, tant interiorment com exteriorment, mitjançant una senyalització visual.

Sempre que en un cotxe hi hagi una porta oberta:

- Es tallarà la tracció a tot el tren.
- Sempre que es detecta porta oberta amb velocitat caldrà haver-hi una ordre de tancament forçant el tancament de la porta. En cas de no confirmació de tancament, el motor continuarà prement per assegurar el tancament de les fulles.

- S'indicarà el cotxe on hi ha la porta oberta, activant la il·luminació del pilot blanc lateral, situat a l'exterior del cotxe i corresponent cotxe i costat on hi ha la porta oberta.
- A través del sistema de monitoratge es podrà localitzar la porta oberta, amb indicació de l'estat individual de tots dos fulls.

2.5.2.5 Sistemes de desbloqueig

Totes les portes de la unitat han de disposar d'un sistema de desbloqueig des de l'interior i l'exterior, que en permeti l'accionament en situacions d'emergència segons el que indica la norma EN 14752. Si el sistema de desbloqueig necessita sirgues per al seu accionament, han de ser de baixa fricció. L'esforç per a l'obertura manual de les portes desbloquejades serà l'indicat a la norma EN 14752.

Sistema de desbloqueig interior EED

- S'ha de situar a un costat de la porta, durant el desenvolupament del projecte FMB aprovarà les propostes presentades per l'adjudicatari quant a la ubicació del dispositiu.
- El dispositiu serà de color verd i dissenyat d'acord amb la norma UNE-EN 14752 vigent durant la fase inicial de disseny del projecte.
- Quan el tren estigui en moviment, el sistema de desbloqueig de portes no permetrà actuar el desbloqueig o aquest es rearmarà automàticament. S'ha d'assegurar que l'obertura es pugui produir, encara que sigui manualment, davant de qualsevol avaria o accident, amb la condició que per desbloquejar-la el tren estigui completament aturat, es pot reactivar des del lloc de conducció, des del CCM o localment des de la pròpia porta.
 - En activar la palanca de desbloqueig de portes, quan el tren estigui detingut, el pulsador de portes s'il·luminarà de manera que, en ser accionat, la porta s'obrirà, i també serà possible forçar l'obertura manualment sense que el motor de porta exerceixi esforç de tancament. No serà possible obrir una porta, si la palanca és accionada amb el tren en moviment. La reactivació de les palanques comportarà el tancament de la porta i s'efectuarà: En línies amb conducció automàtica i quan les comunicacions tren-terra estiguin plenament operatives, cal preveure l'existència d'un telecomandament per a la reposició de les palanques accionades. Amb personal de conducció des del lloc de conducció. Amb clau de quadrat des de la pròpia porta.

- En accionar una palanca de desbloqueig s'ha d'informar el lloc de conducció identificant la porta.

Sistema de desbloqueig exterior [EAD]

Es dotarà totes les portes d'un sistema d'obertura d'emergència exterior que complirà el que estableix la norma EN 14752.

- Accionable des de l'exterior tant des de nivell de via com des de nivell d'andana.
- Quan s'accioni el dispositiu, la porta s'ha de poder obrir en qualsevol circumstància [tren parat/tren amb moviment].
- Aquest sistema serà mecànic/elèctric i estarà dins de llaç de portes.
- El dispositiu, un cop accionat, es reactivarà automàticament.
- En activar la palanca, la porta es desbloquejarà, cosa que permetrà obrir-la manualment sense que el motor de la porta exerceixi esforç de tancament. A més, s'il·luminarà el polsador de la porta, de manera que, en ser accionat, la porta s'obrirà.
- Amb el tren apagat, en cas que es produeixi l'obertura d'una porta utilitzant el comandament de desbloqueig exterior, en engegar el tren des de la cabina de conducció, cal indicar que la porta està oberta. Es podran tancar les portes desbloquejades des de cabina sense actuació local a la porta.
- El sistema de desbloqueig de porta se senyalitzarà mitjançant un senyal fotoluminescent indicant la informació necessària per al desbloqueig de la porta.

2.5.2.6 Dispositiu de tancament

En cas que calgui anul·lar una porta, aquesta ha de ser bloquejada mecànicament i elèctricament, impedit així la seva obertura. L'anul·lació elèctrica de la porta serà possible únicament quan aquesta estigui tancada, aquesta anul·lació es podrà realitzar de forma remota des de cabina i CCM. En ser activada se senyalitzarà a la pròpia porta una indicació de 'porta fora de servei' (a definir a la fase de projecte). Després del tancament mecànic de la porta, el tren ha de continuar monitorant l'estat de les fulles i actuar com la resta de portes en cas de detectar porta oberta. S'informarà el lloc de conducció identificant la porta.

2.5.2.7 Indicadors lluminosos de portes

El tren disposarà d'un indicador lluminós situat a la llinda de cada porta a l'interior del vehicle:

Característiques tècniques

- A l'interior del vehicle, a la llinda de cada porta d'accés a passatgers, s'hi instal·larà una il·luminació tipus led.
- L'indicador ocuparà el màxim de superfície de la llinda. Estarà integrat i enrasat.
- Estarà protegit amb mesures antivandàliques.
- Ha de canviar color segons l'estat de la porta.
- Ha de ser visible des de qualsevol punt de l'interior del cotxe i projectarà la llum cap a l'exterior i serà visible des de la zona d'andanes.
- S'ha de poder reemplaçar en un temps inferior a 10 minuts.

Requisits funcionals

- **Porta habilitada:** la il·luminació de la llinda s'encendrà permanentment en verd.
- **Durant l'obertura de la porta:** la il·luminació de la llinda s'encendrà en verd intermitentment, fins a l'obertura completa de la porta, després lluirà en verd permanent mentre la porta continuï amb habilitació.
- **Durant l'ordre de tancament (avisador acústic):** la il·luminació de la llinda s'encendrà en vermell intermitent durant l'avis acústic bip-bip de tancament de portes.
- **Durant el tancament:** l'indicador lluminós de la llinda de la porta continuarà lluint a vermell intermitent fins al tancament complet de la porta, s'il·luminarà amb el mateix color que la resta de la il·luminació interior ordinària.
- L'indicador lluminós s'encendrà permanentment a vermell en les condicions següents:
 - Porta tancada (per mitjà de clau de quadradet).

- Porta aïllada (per mitjà de l'electrònica de la porta).
- L'indicador lluminós s'encén de color vermell intermitent en les condicions següents:
 - Detecció d'atrapament (per mitjà de l'antidrag).
 - Activació del comandament de desbloqueig exterior o interior.

El tren disposarà d'un indicador lluminós polsador interior i exterior:

Característiques tècniques

- La senyalització visual dels polsadors ha de complir tots els requisits de l'apartat referent als senyals visuals dels botons de la porta segons la norma UNE-EN 14752 més actual en el moment de disseny del projecte.

Requisits funcionals

- **Porta habilitada:** els indicadors lluminosos, tant interiors com exteriors, s'encendran permanentment de color verd.
- **Durant l'obertura:** els indicadors lluminosos, tant interiors com exteriors, s'encendran intermitentment de color verd fins que obertura completa de porta; després es quedaran il·luminats permanentment de color verd mentre la porta té habilitació.
- **Durant l'ordre de tancament (avisador acústic):** els indicadors lluminosos, interior i exterior s'encendran intermitentment de color vermell.
- **Durant el tancament:** els indicadors lluminosos, interior i exterior, continuaran encesos intermitentment de color vermell, fins al tancament complet de la porta, i després s'apagaran.
- Els indicadors lluminosos del polsador, interior i exterior, s'encendran permanentment de color vermell en les condicions següents:
 - Porta tancada (per mitjà del quadradet de tancament).
 - Porta aïllada (per mitjà de la pantalla de conducció).

- Els indicadors lluminosos del pulsador, interior i exterior, s'encendran intermitentment de color vermell en les condicions següents:
 - Detecció d'atrapament (per mitjà de l'antidrag).
 - Desbloqueig de la porta mitjançant comandament desbloqueig interior o exterior.

Durant la fase de projecte, l'adjudicatari ha de presentar una proposta de la funcionalitat i tipus d'il·luminació que ha de ser validada per FMB,

2.5.2.8 Soneria de comandaments i portes

- **Habilitació/missió de portes.** Amb l'ordre d'habilitació/missió de portes (per part del personal de conducció), el tren ha d'emetre un so (dins de sala i a l'exterior) per indicar portes habilitades. La durada (entre 1 i 2 segons) i el to d'avís la definirà FMB.
- **Soneria de tancament de portes.** El nivell sonor ha de ser regulable i cal ajustar-lo per mitjans propis. L'avís acústic s'emet tant a l'interior com a l'exterior del tren.
- **Soneria i ordre de tancament de portes.** L'ordre de tancament de portes ha d'estar precedit per un senyal acústic "Bip-Bip". A les cabines de conducció s'instal·larà un pulsador que activarà aquest senyal. Durant els primers dos segons des de l'inici de l'alerta sonora, qualsevol ordre de tancament de portes no tindrà cap efecte. Transcorreguts aquests dos segons, una ordre de tancament de les portes emesa dins un interval que es determinarà a la fase de projecte iniciarà el tancament de les portes. El senyal acústic ha de mantenir-se actiu fins que totes les portes estiguin completament tancades, moment en el qual cessarà.

En cas que no s'emeti una ordre de tancament dins de l'interval permès per al tancament de les portes, el personal de conducció ha de sol·licitar, mitjançant el pulsador de senyal acústic "Bip-Bip", una nova alerta sonora, iniciant així un nou cicle de tancament.

Totes les alertes sonores han de complir tots els requisits de característica, freqüència i nivell de pressió sonora establerts a la norma UNE-EN 14752 vigent durant la fase inicial del projecte.

La durada i el nivell de pressió sonor de totes les alertes han de ser ajustables per personal de FMB.

2.6 EQUIP DE FRE PNEUMÀTIC (F)

Tant el comandament com l'equip de fre seguiran el criteri fail-safe.

L'adjudicatari caracteritzarà els supòsits per a tots els estats de càrrega (d'AW0 a AW4) en operació, d'acord amb EN 13452.

Estarà preparat per substituir totalment o parcialment, de forma automàtica, el fre elèctric, en cas d'avaria del mateix i de manera que es mantinguin els mateixos valors de desacceleració.

La pressió dels cilindres de fre variarà automàticament amb la càrrega del vehicle.

La maniobra de frenada o desfrenada serà ràpida i simultània a tot el tren. En fase de projecte s'especificaran els temps de resposta equivalent amb fre de servei i amb fre d'emergència, calculats segons indica l'EN 13452-1. Els valors han de respectar els requisits aplicables de la norma EN 13452-1 en funció del tipus de material rodant.

Els principals aparells han de poder retirar-se sense necessitat d'haver de buidar la instal·lació d'aire, per a això es col·locaran aixetes que els aïllin de la resta del circuit.

Els pressòstats han de ser regulables i no han de requerir cap ajustament de tarat, una vegada efectuada la primera regulació. Han de tenir estanquitat interna i externa IP65. El pressòstat de mínima ha de ser de doble contacte en paral·lel i de seguretat.

L'equip de fre de pneumàtic ha de complir els requisits aplicables, en funció del tipus de material rodant, de la norma EN 13452-1. Els assaigs per a la validació del sistema de fre es faran d'acord amb l'EN 13452-2.

S'ha de disposar d'una clau d'aïllament del fre pneumàtic de servei per bogi, en els casos que per avaria no el pugui fer la unitat de fre. Les claus han de ser accessibles a sala de passatge, sense necessitat d'haver de baixar a la via. L'actuació sobre aquestes ha de ser monitorada.

S'ha de poder anul·lar el pas d'aire entre cotxes. Les claus han de ser accessibles a sala de passatge sense necessitat d'haver de baixar a la via. L'actuació sobre aquestes ha de ser monitorada pel sistema informàtic i necessitarà una confirmació en pantalla de conducció per part del personal de conducció.

2.6.1 Equip de control del fre pneumàtic

Per garantir la disponibilitat del fre pneumàtic del cotxe, l'equip de control del fre disposarà de les informacions que siguin necessàries per conèixer l'estat dels diferents elements de l'equip

pneumàtic, així com de les mesures de pressió del circuit pneumàtic que també siguin necessàries.

La frenada elèctrica serà prioritària fins a la mínima velocitat possible, proporcionant la totalitat de l'esforç necessari per assolir les prestacions requerides per al fre de servei. El fre pneumàtic es concep com un complement del mateix, que s'aplicarà a baixes velocitats, o en cas de fallada de la frenada elèctrica.

El fre pneumàtic s'aplicarà a la màxima velocitat possible. En fase de projecte i 6 mesos posteriors a la signatura del contracte es lliurarà un estudi on demostrï la velocitat a què inicia l'aplicació del fre pneumàtic en condicions normals d'operació.

El sistema de frenada del tren ha de prioritzar en tot moment l'ús del fre elèctric (regeneratiu o reostàtic), de manera que el fre pneumàtic només entrarà en funcionament quan la velocitat del tren sigui inferior a 5 km/h quan el fre elèctric no estigui disponible. Aquesta transició s'ha de gestionar de manera suau i automàtica per garantir el confort del passatger i l'eficiència energètica.

El blending entre el fre elèctric i el fre pneumàtic s'ha de fer de manera que, al llarg d'una frenada des de màxima velocitat, no es generin oscil·lacions en la desacceleració del tren superiors a $\pm 0,10 \text{ m/s}^2$. El blending necessari serà el mínim, entre fre elèctric i pneumàtic, que asseguri sempre una desacceleració uniforme idèntica a la demandada des del manipulador o per l'ATO per a totes les condicions de càrrega. S'ha de definir durant el desenvolupament del projecte la transició entre fre purament elèctric i fre pneumàtic a baixes velocitats.

En cas de fallada del fre de servei d'un cotxe, el sistema ha de ser capaç de distribuir l'esforç de frenada entre la resta de la composició, sense afectar el servei i respectar els nivells de seguretat.

En cas d'absència total del fre elèctric, el sistema de fre pneumàtic ha d'estar dimensionat per assumir les funcions de frenada dinàmica del tren en condicions de càrrega màxima, sense restriccions operatives de velocitat per aquesta causa.

El disseny del sistema de fre de fricció ha de permetre l'operació del tren durant el temps necessari per completar el trajecte en curs o assolir una estació d'evacuació, sense provocar danys permanents ni degradació significativa dels elements.

En fase de projecte, l'adjudicatari ha de demostrar mitjançant càlculs i assaigs que l'equip de fre de fricció disposa de capacitat tèrmica suficient per garantir aquesta funcionalitat, i que el rendiment del sistema pneumàtic no comprometrà la seguretat ni la mobilitat del tren en aquestes condicions.

El disseny de l'equip de control de fre pneumàtic, així com la interconnexió amb els elements encarregats de garantir el fre del tren, s'efectuarà amb criteri fail-safe de manera que en cap cas no s'ha de comprometre la seguretat del vehicle.

L'equip de control de fre pneumàtic ha d'ordenar l'obertura del llaç d'emergència quan detecti que hi ha una situació que pugui afectar la seguretat del vehicle.

L'existència de fallada a l'equip de fre pneumàtic de qualsevol cotxe o bogi implicarà l'obertura del llaç d'emergència, per la qual cosa ha de ser possible l'anul·lació del fre al cotxe i/o del bogi afectat, sense haver d'anul·lar el llaç d'emergència de tot el tren. Aquesta solució ha de ser validada per FMB.

L'equip de control de fre pneumàtic estarà connectat al bus del sistema informàtic per intercanviar les informacions i ordres de comandament. adjudicatari justificarà la necessitat d'implantar línies maquinari, per transmetre aquelles ordres que consideri que hagin de ser externes al bus del sistema informàtic.

El programari d'equip de control de fre pneumàtic ha de ser desenvolupat, depurat i validat mitjançant procediments que garanteixin la seguretat de funcionament amb auto detecció de defectes i errors.

La concepció de disseny del sistema de comandament de fre pneumàtic garantirà la redundància real, de manera que la fallada de qualsevol element ha de ser transparent per al funcionament del sistema i ha d'anar acompanyada de la senyalització local corresponent en lloc de conducció i de forma remota al CCM.

Els equips de control de fre pneumàtic incorporaran auto diagnòstic de fallades, avaries i esdeveniments per determinar-ne l'estat operacional:

- Operatiu.
- Incidència que no afecta el servei.
- Mode degradat amb reducció de prestacions.
- Fora de servei.

El mateix equip diagnosticarà l'origen de l'anomalia i l'acotarà de la manera més precisa possible. El resultat dels autodiagnòstics serà transmès al bus del sistema informàtic, i es podrà visualitzar a la pantalla de monitoratge. S'entendrà també com a anomalia la pèrdua de redundància.

Mitjançant el menú de monitoratge es consultarà l'estat dels equips de tracció, mitjançant la visualització dels paràmetres interns analògics i digitals que informin del funcionament. Per això, el fabricant de l'equip de control del fre pneumàtic s'ha d'adaptar al protocol de comunicacions que vindrà establert pel sistema de monitoratge seleccionat. Basant-se en aquest protocol, a la fase de projecte, l'adjudicatari sotmetrà a l'aprovació de FMB les característiques de la informació mostrada a través del monitoratge.

Es dotarà l'equip de control del fre pneumàtic d'un sistema de registre històric de fallades i esdeveniments, datats en temps real, que han d'estar acompanyats del context associat a cada tipus d'esdeveniment o error. Aquest context consistirà en el registre del valor dels senyals analògics i l'estat dels senyals digitals rellevants associats a cada tipus d'esdeveniment.

L'adjudicatari garantirà que el bolcat de l'històric d'incidències, o fallades de l'equip de control del fre pneumàtic, es pugui efectuar:

1. En mode local un Ordinador Portàtil a través del bus del sistema informàtic, i directament del propi equip de fre.
2. De manera remota cap al CCM a través del canal de comunicacions que al seu moment es determini. A aquest efecte es proporcionarà el programari necessari per poder interpretar aquest històric, i s'ha de sotmetre a l'aprovació de FMB el format de presentació d'aquests.

Es proporcionarà un programa monitor que, a través d'un Ordinador Portàtil connectat al mateix convertidor o al sistema informàtic del tren, proporcioni en temps real els paràmetres de funcionament del convertidor, necessaris per al seu manteniment preventiu i correctiu.

2.6.2 Antibloqueig o antipatinatge

El tren estarà dotat d'un sistema de protecció contra el bloqueig de rodes durant frenada pneumàtica, conforme al concepte WSP (Wheel Slide Protection) definit a la norma EN 15595.

Aquest sistema haurà d'actuar sobre el sistema de fre pneumàtic amb l'objectiu de maximitzar l'adherència roda-carril en condicions de baixa fricció o via contaminada.

El sistema antibloqueig del fre pneumàtic ha de:

- Detectar i corregir en temps real situacions de bloqueig o lliscament imminent d'un o més eixos durant la frenada pneumàtica.
- Actuar de manera individualitzada per eix o bogi, utilitzant captadors de velocitat dedicats per eix.
- Estar operatiu en tota la gamma de velocitats del tren, des de 0 km/h fins a 90 km/h, i ser especialment eficaç:
 - En velocitats baixes (zona crítica de bloqueig),
 - En frenades d'emergència,
 - Durant la transició de fre elèctric a pneumàtic.

Durant la fase de projecte, l'adjudicatari ha d'aportar la documentació tècnica que acrediti la funcionalitat del sistema, incloent-hi:

- Temps de resposta del sistema antibloqueig obtinguts en condicions representatives (per exemple, bloqueig simultani dels 4 eixos d'un cotxe).
- L'estratègia de control antibloqueig, detallant:
 - Algorismes i lògica d'actuació,
 - Llindars d'accionament i recondicionament,
 - Priorització d'actuació en cas de conflictes entre eixos o bogis.

El sistema ha de demostrar la seva eficàcia especialment en situacions de baixa adherència.

El sistema d'antibloqueig pneumàtic ha d'incorporar una funció d'autodiagnòstic de tipus fail-safe, capaç de detectar-ne i classificar-ne l'estat operatiu en els nivells següents:

- Operatiu normal,
- Incidència sense afectació al servei,
- Mode degradat (amb reducció de prestacions),
- Fora de servei (amb notificació al sistema central del tren).

Adicionalment, ha de comptar amb:

- Registre històric de fallades i esdeveniments, incloent-hi segellat horari i variables associades (pressions, velocitats, estats).
- Eina de monitoratge tècnica, accessible mitjançant:
 - Connexió directa des de terminal de manteniment,
 - O des del sistema informàtic del tren.
- Visualització a la cabina de l'estat del sistema WSP pneumàtic i les alertes a través del sistema de supervisió.
- Interfície de comunicacions compatible amb el protocol de xarxa del tren, integrant els senyals necessaris per a manteniment i explotació.

El disseny, implementació i validació del sistema antibloqueig ha de complir amb el que estableix la normativa següent:

- EN 15595 – Railway applications – Braking – Wheel slide protection systems.
- EN 50126 (RAMS),
- EN 50129 (seguretat funcional de sistemes electrònics).

2.6.3 Fre d'estacionament

Amb fre d'estacionament aplicat i en condicions normals, el tren no podrà traccionar. Es preveurà algun sistema perquè, davant d'una falsa senyalització, o davant d'una avaria real, es pugui traccionar mitjançant anul·lació llaç de tracció, etc.

S'informarà de l'estat del fre d'estacionament als llocs de conducció mitjançant la pantalla del sistema de monitoratge i control. L'aplicació del fre d'estacionament serà automàtica quan disminueixi la pressió de la TDP i per absència d'alimentació elèctrica.

El comandament local es realitzarà mitjançant un polsador de connexió i un de desconexió, situats al lloc de conducció. Perquè la connexió es faci efectiva i es buidin els cilindres de fre d'estacionament, caldrà que el selector de marxes i el manipulador marxa-fre estiguin a zero i el tren aturat.

El fre d'estacionament només es pot controlar des del lloc de conducció amb clau de govern connectada: la posada a zero de la clau de govern implicarà una connexió automàtica del fre d'estacionament.

Per retirar el fre d'estacionament es requerirà que hi hagi clau de govern connectada al lloc de conducció que s'accioni, i tenir el selector de marxa en una posició diferent de zero.

Es disposarà d'un sistema que permeti desallotjar l'aire dels cilindres de fre en els casos que per avaria del fre d'estacionament no el pugués efectuar la unitat de fre. Aquest sistema podrà ser actuat a distància des de la cabina. El sistema també permetrà ser actuat manualment i serà accessible des de la sala de passatge, sense haver d'haver de baixar a la via. L'actuació sobre aquestes ha de ser monitorada pel sistema informàtic i necessitarà una confirmació en pantalla de conducció per part del personal de conducció. El tren disposa d'un utilatge d'accionament mecànic per al desbloqueig del fre d'estacionament des de l'interior de cada cotxe. Aquests espais han de complir amb els requisits següents:

- El dispositiu ha de permetre l'accionament des de dues posicions:
 - Des de l'interior de la caixa de passatge, en posició dreta, sense necessitat d'inclinar-se.
 - Des del nivell de via, facilitant-ne la manipulació en cas d'intervenció exterior.
- El sistema ha d'instal·lar-se a les cabines dels cotxes MA1 i MA2.
- Els armaris on s'allotgi el mecanisme han d'incorporar senyalització clara i visible des de l'exterior que n'identifiqui la funció.
- A la part interior dels armaris esmentats s'han d'incorporar instruccions clares sobre el procediment d'accionament, així com sobre la correcta posició corporal de l'operari durant el seu ús.

Quan el fre d'estacionament d'un o més eixos estiguin anul·lats, s'informarà d'aquesta situació als llocs de conducció mitjançant la pantalla del sistema informàtic. Així com quan el fre estigui aplicat en algun eix.

Davant d'un aïllament de fre d'estacionament per part del personal de conducció, aquest ha de poder reconèixer l'avís que ha accionat les sirgues d'aïllament dels dos bogis per permetre el tren.

Quan el tren estigui a GOA4 sense personal de conducció, l'ATC serà l'encarregat de gestionar l'aplicació o l'alliberament del fre d'estacionament. A GOA4 des del CCM es podrà ordenar la connexió i la desconexió del fre d'estacionament d'un tren, mitjançant ordre llançada per l'operador des del CCM a través del canal de comunicacions bidireccional tren-terra que en el

seu moment es determini. Des del tren s'enviarà la informació de l'estat de connexió o la desconexió del fre d'estacionament de tots els eixos del tren.

2.6.4 Fre de retenció

Es dotarà el tren de fre de retenció per evitar el desplaçament del tren quan es retira el fre d'estacionament i s'ordena tracció.

El fre de retenció s'aplicarà de manera automàtica en aturar-se el tren.

Hi haurà un pulsador dedicat situat al lloc de conducció, l'única funció del qual serà poder anul·lar l'aplicació del fre de retenció, mentre es mantingui accionat.

El fre de retenció evitarà el moviment del tren, fins i tot en condicions de pendent màxim de la línia i amb càrrega màxima, aplicant la pressió necessària als cilindres de fre. En aquestes condicions, si s'ordena traccionar, es moderarà de forma automàtica la pressió aplicada per permetre el gir dels eixos dels cotxes motors, evitant moviments intempestius, aquesta pressió ha de disminuir de manera gradual i proporcional al parell motor disponible al conjunt del tren, fins a assolir els 5 km/h.

S'ha de preveure com fer l'anul·lació de la retenció automàtica en cas de fallada.

2.7 EQUIP DE TRACCIÓ (G)

2.7.1 Requisits generals de l'equip de tracció

Cada conjunt de tren constarà de 4 unitats de tracció, iguals i formades una pels cotxes MA1 i MB1 i l'altra pels cotxes MA2 i MB2.

En cas de fallada en un equip de tracció, cal garantir una tracció mínima d'almenys 90% d'empenta de tracció, amb els altres equips de tracció. En aquest cas, s'efectuarà un increment de demanda a la resta de cotxes operatius per compensar el parell perdut, i continuar complint-se amb els requisits especificats en aquest plec, sense comprometre la integritat dels equips de tracció disponibles.

Cada cotxe motor disposarà d'un equip de tracció complet, compartint amb l'altre cotxe motor de la seva unitat només els elements de captació d'energia, posada a terra i disjuntor.

L'equip de tracció ha de fer servir semiconductors de potència de darrera generació, escalables a futures evolucions tecnològiques. L'adjudicatari ha d'indicar 2 (DOS) fabricants diferents d'aquests semiconductors.

El canvi del semiconductor de potència no obligarà al canvi dels seus "gate drivers". L'adjudicatari ha de demostrar aquest punt en la fase de projecte.

El convertidor ha de complir el que disposen les normes UNE EN 61287-1 per a convertidors de potència, i els seus mòduls de control amb la norma UNE EN 50155 per a equips electrònics.

Per a la interoperabilitat entre línies d'un tren, el canvi de tensió nominal de funcionament dels equips en passar d'una línia a una altra es farà de manera automàtica sense necessitat d'actuació per part de personal de conducció. El tren i els seus equips són capaços d'adaptar-se als diferents nivells de tensió presents a les diferents línies de FMB.

En funció de la tensió d'alimentació, l'equip de tracció ha de modificar els paràmetres de funcionament que siguin necessaris, sense reducció de les prestacions nominals, ni aparició de situacions en què es posi en risc la disponibilitat, la funcionalitat i la seguretat de l'equip.

L'equip elèctric dels trens està dissenyat de manera que detecti i tracti els enlairaments del pantògraf de la catenària suport les variacions brusques de la tensió d'alimentació, com són, per exemple, les originades per pèrdua de contacte entre pantògraf i catenària, o per obertura de disjuntors a les subestacions d'electrificació, i també suport les ferroviari. Referent a això, la cadena de tracció ha de complir els requisits que s'estableixen a la UNE EN 61377.

La cadena de tracció es dimensionarà tenint en compte que la velocitat màxima de servei del tren serà de 80 km/h. Quan el tren arribi a aquesta velocitat, es tallarà de forma automàtica la tracció. Aquesta velocitat podrà ser configurable per FMB, al marge de 70 km/h a 90 km/h, amb una precisió, com a mínim, d'1 km/h.

Si el tren arriba als 90 km/h s'aplica automàticament fre d'emergència fins que la velocitat es redueixi a 5 km/h. Quan s'arribi a aquesta velocitat, es retirarà automàticament el fre d'emergència i es podrà tornar a aplicar tracció.

En cas d'avaria d'un equip de tracció, aquest s'inhibirà o, si cal, es desconnectarà de l'alta tensió de forma automàtica, per a la qual cosa caldrà preveure els dispositius necessaris. La desconexió automàtica es realitzarà només en circumstàncies que afectin la seguretat del tren o del mateix equip de tracció.

L'anul·lació de la desconexió de l'equip de tracció, es podrà efectuar de forma local amb tren (activant un polsador situat al lloc de conducció en un lloc que eviti el seu accionament involuntari).

En cas de fallada de l'electrònica d'un cotxe, el sistema ha de permetre des de la cabina l'anul·lació selectiva de l'equip afectat, garantint l'aïllament del subsistema defectuós sense comprometre l'operació segura del tren.

El sistema de control ha de redistribuir automàticament l'esforç de frenada elèctrica entre la resta dels cotxes operatius, de manera que es mantinguin les prestacions mínimes requerides de frenada per a cada mode d'operació (servei, urgència i emergència), d'acord amb els valors establerts en aquest Plec.

L'adjudicatari ha de demostrar aquesta funcionalitat mitjançant simulacions dinàmiques validades i proves funcionals durant la fase de projecte, incloent-hi escenaris de fallada representatius i condicions d'adherència desfavorables.

El sistema ha de complir els requisits de redundància, modularitat i tolerància a fallades especificades als apartats corresponents del present Plec, i ha d'estar alineat amb la normativa EN 13452-1 i EN 50126/50129 quant a seguretat funcional i condicions degradades.

L'equip ha d'estar dissenyat per maximitzar la injecció d'energia durant la frenada regenerativa, mantenint aquesta operació activa fins al nivell de tensió admissible més gran per la xarxa d'acord amb la norma UNE EN 50163:2005/A2:2020.

S'exigirà que el sistema de tracció permeti una tensió de tall de la frenada regenerativa el més elevada possible, de manera que el pas a frenada reostàtica només es produeixi quan la tensió en catenària arribi al límit superior, sense sobre passar-ho, permès segons norma.

El tren ha de gestionar la transició entre frenada regenerativa i reostàtica de forma eficient, prioritzant la injecció a xarxa i minimitzant l'ús de resistències de dissipació.

En fase de projecte, l'adjudicatari ha de realitzar les proves i simulacions necessàries que acreditin mitjançant un informe justificatiu el comportament correcte del sistema de tracció del material rodant en condicions reals d'operació. Aquestes proves inclouran la verificació de la tensió de retorn a catenària durant la fase de frenada regenerativa, la transició a frenada reostàtica, i la interacció amb els sistemes d'alimentació de la infraestructura existent (subestacions, seccionadors, feeders, etc.).

Així mateix, caldrà analitzar la compatibilitat electromagnètica i energètica del tren amb els altres trens en servei, especialment en situacions de recuperació simultània d'energia o circulació en règim degradat, per tal d'assegurar l'estabilitat de tensió i el compliment dels límits establerts a la norma UNE-EN 50163:2005/A2:2020.

Les resistències de fre han de ser tan petites com sigui possible en volum i pes, però es dimensionaran perquè l'equip de tracció pugui prestar servei exclusivament amb el fre reostàtic sense devolució d'energia a catenària. Seran de material anticorrosiu i no s'admetran terminals soldats, ni deformacions temporals o permanents degudes a la temperatura.

S'ha de minimitzar o anul·lar el soroll generat pel fre reostàtic, i l'adjudicatari ha d'aportar dades del nivell de soroll generat en dB(A) amb corrent màxim en les resistències de fre. L'adjudicatari aportarà dades de la tècnica emprada per a això en fase projecte.

Per dissenyar els equips de tracció no s'acceptaran sistemes de refrigeració forçada per circuit tancat d'aigua o qualsevol líquid refrigerant. Cal garantir l'evacuació de la calor de l'equip en qualsevol condició de funcionament. Per garantir-ho, s'implementaran les proteccions tèrmiques que siguin necessàries.

Si l'equip de tracció necessita ventilació forçada per aire, l'adjudicatari en fase projecte ha de justificar que el cabal d'aire no es redueix al llarg del temps per agents externs, especialment pols o brutícia, i cal aportar documentació relativa al manteniment necessari. Es reduirà, al màxim possible, el soroll generat per la ventilació, incorporant-hi els elements necessaris. Els ventiladors han de ser fàcilment desmuntables, sense necessitat de desmuntar l'equip del tren, per fer-ne la neteja.

Tots els subconjunts i components han de ser de fàcil accés per al seu manteniment, per la qual cosa l'adjudicatari ha d'aportar documentació justificativa de l'accessibilitat a tots els elements de l'equip en fase projecte.

No caldrà el desmuntatge del cofre de tracció del tren per procedir a la substitució de components del tren.

Els cofres de tracció han de ser fàcilment desmuntables del bastidor del vehicle, i no interferiran aquesta operació amb altres elements situats sota bastidor. Es preveuran connectors i sistemes de subjecció robustos, fiables i fàcils de desmuntar amb aquesta finalitat.

Els cofres de tracció han d'estar proveïts d'un doble sistema de seguretat relacionat amb el procés de manipulació durant el muntatge i desmuntatge, com ara un tirant o sirga entre altres opcions. Aquest sistema d'aïllament ha de ser validat per FMB en fase de projecte.

2.7.2 Electrònica de control de tracció i proteccions

Totes les targetes de l'equip han d'estar centralitzades en un únic bastidor que en faciliti la fàcil i ràpida substitució. Les targetes han de ser fàcilment desmuntables del conjunt. Al frontal s'inclouran el màxim nombre de senyalitzacions de l'estat de cada targeta, cosa que facilitarà la localització d'avaries.

Les targetes al bastidor han d'estar codificades, de manera que no puguin ser inserides en una posició incorrecta. Totes les targetes han d'anar identificades amb número de sèrie i amb el seu nom a la pròpia targeta i en la seva posició al bastidor.

L'equip de tracció disposarà de les proteccions necessàries per garantir la integritat dels seus elements, en les condicions normals de servei a la línia. Les actuacions desencadenades per les proteccions esmentades han de ser les més adequades en cada cas, de manera que garanteixin que l'obertura de disjuntor, contactors i l'aïllament de l'equip de tracció només es produeixi en aquells casos en què sigui estrictament necessari.

L'equip de tracció disposarà, com a mínim, de les proteccions següents:

- Protecció diferencial davant de derivació a massa.
- Proteccions de 50 Hz.
- Sobreintensió i subtensió de la tensió de catenària.
- Sobrecorrent de línia.

- Sobretensió i subtensió al condensador de filtre.
- Sobrecorrent a les resistències del fre reostàtic.
- Sobretensions a la sortida a motors de tracció.
- Sobrecorrents a la sortida a motors de tracció.
- Proteccions tèrmiques dels semiconductors de potència i altres elements de l'equip que ho necessitin.
- Altres que l'adjudicatari consideri necessàries per a la protecció de l'equip de tracció.

En fase de projecte es detallaran els modes degradats associats al tret de les proteccions descrites, i als avisos previs de les proteccions esmentades.

El sistema de refrigeració dels semiconductors de potència ha d'estar dotat dels sensors necessaris perquè, en cas que hi hagi una reducció de l'evacuació de la calor, el control de la tracció activi els mecanismes necessaris per evitar que s'assoleixin temperatures que afectin la vida útil dels semiconductors o la integritat.

El bastidor de control de cada equip de tracció estarà connectat al bus del sistema informàtic embarcat per intercanviar les informacions i ordres de comandament.

Els equips de control de fre pneumàtic incorporaran auto diagnòstic de fallades, avaries i esdeveniments per determinar-ne l'estat operacional:

- Operatiu.
- Incidència que no afecta el servei.
- Mode degradat amb reducció de prestacions.
- Fora de servei.

El control de tracció estarà dotat d'un programari d'autodiagnosi que indiqui el mòdul o la targeta en què està localitzada l'avaria. El resultat dels autodiagnòstics serà transmès al bus del sistema informàtic, i es podrà visualitzar a la pantalla de monitoratge. Basant-se en aquest protocol, a la fase de projecte, l'adjudicatari sotmetrà a l'aprovació de FMB les característiques de la informació mostrada a través del monitoratge.

Es dotarà l'equip de tracció d'un sistema de registre històric d'error/esdeveniments amb data i hora en què s'ha produït, que han d'estar acompanyats del context associat a cada tipus

d'esdeveniment o error. Aquest context consistirà en el registre del valor dels senyals analògics i l'estat dels senyals digitals rellevants associats a cada tipus d'esdeveniment.

L'adjudicatari garantirà que el bolcat de l'històric d'incidències, o errors de l'equip de tracció, es pugui efectuar de manera local a un Ordinador Portàtil a través del bus del sistema informàtic (MVB o el que es determini). A aquest efecte es proporcionarà el programari necessari per poder interpretar aquest històric, i s'ha de sotmetre a l'aprovació de FMB el format de presentació d'aquests.

Es proporcionarà un programa monitor que, a través d'un Ordinador Portàtil connectat al mateix convertidor o al sistema informàtic del tren, proporcioni en temps real els paràmetres de funcionament del convertidor, necessaris per al seu manteniment preventiu i correctiu.

S'incorporarà al control de tracció la funció d'autotest de l'equip de tracció, sense i amb alta tensió aplicada. Aquesta funció ha d'informar de l'estat de l'equip de tracció i dels elements que puguin presentar anomalia.

Es podran obtenir registres, en temps real, de les variables analògiques i digitals més significatives de l'equip de tracció i aquestes han de ser publicades al bus informàtic. L'adjudicatari juntament amb FMB definirà quines variables s'han de publicar en fase de projecte.

S'hi incorporarà una funció que permeti definir un context de senyals analògics i digitals, que quan compleixin determinades condicions activaran la captura gràfica d'un conjunt de senyals també predefinible. Aquest registre comprèn com a mínim un període de temps de +/- 3 segons des de l'activació de la condició de registre.

Cada equip de tracció incorporarà un contactor principal, la missió del qual serà aïllar el circuit de tracció de l'alta tensió quan aquest equip de tracció estigui fora de servei, o quan hi hagi qualsevol tipus d'anomalia que hagi de provocar la desconnexió de catenària de l'equip de tracció.

S'ha de garantir que l'obertura del contactor s'efectuï sempre que el corrent a seccionar sigui nul o tingui un valor suficientment baix per no fer malbé els contactes per arc.

L'equip de tracció ha de permetre una reconexió immediata davant d'una obertura del llaç d'emergència, en recuperar-se aquest, sense que l'equip de tracció es vegi afectat en cap de les funcions o característiques.

El comandament de tracció i fre del tren es realitzarà a través dels elements presents al lloc de conducció (Clau de govern, Selector de marxes, Manipulador de marxa fre, ...).

El control dels motors de tracció que fa el convertidor de potència permet el canvi de sentit de marxa del Tren sense utilitzar procediments electromecànics.

S'ha de poder circular marxa enrere a 25 km/h, per a això s'instal·larà un pulsador precintat a l'interior dels armaris de conducció. Aquest pulsador s'il·luminarà en ser accionat, i quan se situï el selector de marxas a "Enrere" s'activarà una alarma acústica i visual. L'estat del pulsador es registrarà a l'equip de caixa negra. Se seleccionaran les càmeres necessàries per a aquesta maniobra de forma automàtica però també es podrà fer de forma manual.

El sistema de tracció i fre del tren ha d'incorporar una funció automàtica de prevenció de retrocés en pendent (anti-roll-back) que impedeixi el desplaçament no intencionat cap enrere del tren quan estigui detingut, especialment en pendents ascendents, i no hi hagi ordre de tracció activa. Aquesta funció s'ha d'activar de manera automàtica quan el tren s'aturi, i s'ha de mantenir fins que s'ordeni la tracció cap endavant o s'habiliti explícitament una maniobra d'entrada des de cabina. El sistema ha d'operar tant en condicions normals com en condicions degradades de servei, i ha de garantir que:

- El tren roman immòbil en pendents màxims prevists a la infraestructura.
- No es produeix retrocés durant la transició entre frenada i tracció.
- No cal intervenció activa del conductor per al seu funcionament normal.
- Es coordinarà amb la resta d'equips com IATP-ATO.

L'adjudicatari ha de demostrar el compliment mitjançant simulacions, assaigs de validació en via i documentació tècnica durant la fase de projecte, incloent-hi pendents representatius del traçat previst per a l'explotació.

2.7.3 Antipatinatge i antibloqueig cotxes motors

El sistema de tracció del tren ha d'integrar les funcions següents:

- Antipatinatge, per evitar el lliscament de les rodes motrius durant la tracció.
- Antibloqueig en frenada elèctrica, per evitar l'arrossegament o lliscament de les rodes motrius durant la frenada regenerativa o reostàtica.

Ambdues funcions han d'estar implementades al sistema de control de tracció i han de ser gestionades electrònicament per eix, de forma autònoma i segura, garantint una utilització òptima de l'adherència disponible en tot moment.

El sistema ha de:

- Detectar i corregir el patinatge d'un o més eixos durant la fase de tracció.
- Ajusteu l'esforç motriu en temps real per evitar pèrdua d'adherència o aparició de plans en rodes.
- Actuarà per eix individual mitjançant captadors de velocitat dedicats.
- Estarà operatiu en tota la gamma de velocitats (0–90 km/h), prestant especial atenció a l'arrencada des de parada, moment especialment crític.
- El jerk associat a les correccions no superarà els 0,8 m/s³, sent aquest paràmetre ajustable per personal de FMB mitjançant eines de configuració.

Durant la frenada elèctrica (regenerativa o reostàtica), l'equip de tracció ha de controlar l'antibloqueig de rodes motrius, modulant el parell de frenada en funció del nivell d'adherència roda-carril. La lògica de WSP ha de fer el següent:

- Actuar per eix,
- Detectar condicions de bloqueig o lliscament,
- Corregir-les mitjançant reducció selectiva del parell de frenada.

Cada eix comptarà amb captadors de velocitat capaços de:

- Detectar sentit de gir,
- Mesurar des de 0 km/h fins a 90 km/h,
- Garantir una resolució i linealitat adequades, justificades per documentació tècnica.

El sistema inclourà un autotest programari per a les funcions d'antipatinatge i antibloqueig elèctric, amb capacitat de:

- Diagnòstic de captadors, controladors, lògica i cablejat,
- Identificació de fallades amb indicació del cotxe i eix afectats,
- Senyalització al lloc de conducció, a través del sistema de monitoratge del tren.

Durant la fase de projecte, l'adjudicatari ha de presentar a FMB:

- Els temps de resposta obtinguts en condicions desfavorables (ex. patinatge o bloqueig simultani de 4 eixos),
- L'estratègia de control i recuperació d'adherència,
- La lògica d'actuació i algorismes emprats en cada mode.

El sistema serà totalment compatible amb:

- El sistema de fre pneumàtic,
- Els sistemes de seguretat del tren (protecció contra marxa bloquejada, control d'esforç, etc.),
- El sistema informàtic del tren per a monitoratge centralitzada.

El sistema ha de complir amb els estàndards següents:

- EN 15595 (protecció contra bloqueig i lliscament de rodes),
- EN 50155 (condicions ambientals per a equips electrònics ferroviaris),
- EN 50126-1 i EN 50129 (seguretat funcional i fiabilitat de sistemes ferroviaris).

2.7.4 Motors de tracció

Les prestacions del motor de tracció han de ser les adequades per aconseguir que els trens circulin en les condicions de marxa especificades en aquest plec i de manera que en fre la recuperació d'energia sigui òptima en tota la gamma de velocitats.

Els motors de tracció han de ser de corrent altern, trifàsics, asíncrons del tipus gàbia d'esquirol. Els motors s'han de dimensionar perquè els trens compleixin les prestacions dinàmiques especificades en aquest Plec.

En fase de projecte s'aportarà la informació següent dels motors:

- Potència nominal i potència màxima.
- Parell nominal i parell màxim.

- Màxima velocitat de gir.
- Tensió fase-fase a velocitat màxima.
- Rendiment a potència nominal i velocitat màxima.
- Pèrdues totals a potència nominal i velocitat màxima.
- Temperatura ambient de funcionament. S'ha d'ajustar al rang de -15° a $+50^{\circ}$.
- Classe d'aïllament.
- Grau de protecció del motor.
- Pes.
- Corbes característiques del motor en buit i plena càrrega, les quals s'han de verificar al banc de proves.
- Com a mínim es lliuraran les gràfiques següents, tenint totes elles com a eix d'abscisses la velocitat de gir del motor (rpm) – freqüència de l'estator:

EN TRACCIÓ :

Corba 1: ORDENADES: Parell motor i Potència.

Corba 2: ORDENADES: Tensió eficaç i corrent eficaç.

Corba 3: ORDENADES: (Relació: tensió estator/freqüència (estator) i lliscament en % i en Hertz).

EN FRE (les mateixes gràfiques):

Corba 1: ORDENADES: Parell motor i Potència.

Corba 2: ORDENADES: Tensió eficaç i corrent eficaç.

Corba 3: ORDENADES: (Relació: tensió estator/freqüència (estator) i lliscament en % i en Hertz).

- Potència equivalent del càlcul de diagrama de marxa i el seu escalfament.
- Sobrecàrrega màxima de parell i potència admissibles per a aquest motor durant 30, 15 i 1 minut.

Les dades i corbes del motor es donaran per a cadascuna de les tensions de catenària definides a la normativa.

El bogi serà bimotor (un motor per eix) amb els motors suspesos dels travessers centrals del bastidor del bogi.

Estarà proveït dels dispositius necessaris perquè en cas de trencament dels amarratges s'impedeixi la caiguda del motor a la via.

Els motors han de ser autoventilats, tancats, i oferiran un grau de protecció mínim IP55.

En fase de projecte es presentarà a FMB el tipus de rodaments elegits, que han de ser àmpliament dimensionats. S'han de proporcionar, almenys, tres fabricants homologats de rodaments per al motor triat.

Els rodaments impediran el pas de corrents paràsits a través d'aquests.

Els motors han d'estar totalment suspesos i s'efectuarà la transmissió de l'esforç tractor als eixos a través d'acoblaments elàstics.

Els motors de tracció se sotmetran als assaigs tipus i sèrie previstos a les normes CEI núm. 349-2. (Rules for rotating electrical machines for rail and road vehicles). Seran normes aplicables les NFF16101, NFF16102, UIC 619 i CEI 85.

El rotor estarà equilibrat estàticament i dinàmicament. Els contrapesos o eliminació de material per a equilibrat han de ser de fàcil aplicació i no afectaran la resistència de les peces o bon funcionament del motor.

La carcassa del motor ha d'estar protegida contra corrosions degudes a condicions ambientals adverses o projeccions d'aigües salines.

El subministrador de la cadena de tracció ha d'indicar el procediment de captació de velocitat dels motors, proporcionant dades sobre la resolució i la linealitat de la mesura des de 0 km/h a 90 km/h. Els captadors han de reconèixer el sentit de gir dels eixos.

2.7.5 Emissor de consigna de tracció

El manipulador de tracció-fre, o l'ATO, generarà una consigna en funció del parell requerit de tracció o fre, que serà lineal i proporcional al desplaçament en el cas del manipulador. Aquesta consigna serà enviada a través de la xarxa troncal TCN, als equips que la requereixin de manera redundada.

La transmissió de senyals des dels elements de comandament de tren, o l'ATO, es realitzarà a través del bus del sistema informàtic, llevat dels que per motius de seguretat s'hagin de fer a través de línies maquinari cablejades clàssiques que ha de justificar l'adjudicatari.

En demanar F7 a través del manipulador marxa fre, pel sistema de conducció automàtica sense personal de conducció, o per l'ATO, el senyal de l'emissor de consigna ha de desaparèixer, de manera que es desencadenarà l'obertura del llaç d'emergència per l'equip de control de fre pneumàtic.

En cas de fallada del sistema informàtic, l'adjudicatari preveurà una consigna local, a nivell d'equips, i dels senyals digitals maquinari de tracció i fre necessaris per traccionar i frenar el tren. El canvi de mode de conducció ha de ser segur i ràpid per evitar que el servei de la línia quedi afectat.

El desplaçament del manipulador marxa-fre tindrà 4 zones clarament definides: tracció, deriva, fre de servei i fre d'emergència. Aquestes zones han d'estar coordinades amb les funcions de sistema de conducció automàtica.

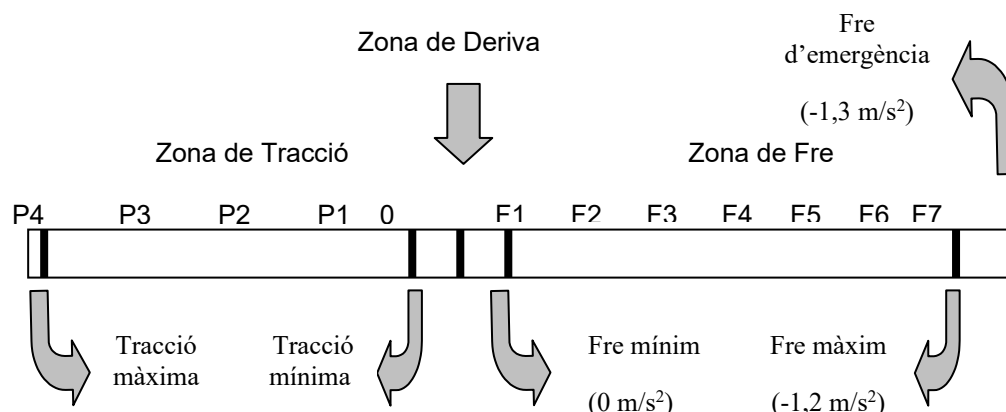
La zona de tracció estarà compresa entre les posicions marcades com a P1 i P4, existint 2 posicions intermèdies marcades com a P2 i P3.

La zona de deriva estarà compresa entre les posicions marcades com a P1-0-F1.

La zona de fre de servei estarà compresa entre les posicions F1 i F6, existint 4 posicions intermèdies marcades com a F2, F3, F4 i F5.

La posició de fre d'emergència, F7, serà a l'extrem de la zona de fre de servei, al costat de F6 (tal com es mostra al croquis). Per evitar el desplaçament involuntari del manipulador cap a la zona de fre 7, la zona de pas del manipulador de F6 a F7 oposarà una resistència al moviment adequada.

Quan el manipulador estigui a la zona de F7 quedarà enclavat, i per desenclavar-lo caldrà fer un esforç similar al necessari per portar el manipulador cap a F7.



A la zona de tracció, el manipulador generarà una consigna per aplicar als motors, proporcional al desplaçament del manipulador. L'equip de tracció ajustarà el parell dels motors per obtenir una acceleració constant, sent l'acceleració de 1 m/s² per a tot el tren a P4. A partir d'aquest punt, la potència aplicada als motors serà constant.

En posar el manipulador a la zona de fre de servei, el tren frenarà amb una desacceleració proporcional a la posició del manipulador entre F1 i F6, sent 0 m/s² per a F1 i $-1,2 \pm 0,05$ m/s² per a F6. La desacceleració demandada s'obtindrà mitjançant la suma del fre elèctric disponible i el fre pneumàtic suplementari que calgui.

En portar el manipulador a la zona de fre d'emergència F7, s'aplica fre pneumàtic i s'obté una desacceleració de $-1,3 \pm 0,05$ m/s².

La transmissió de senyals des dels elements de comandament de tren es realitzarà a través del bus del sistema informàtic, llevat dels que per motius de seguretat s'hagin de fer a través de línies maquinari cablejats que ha de justificar l'adjudicatari.

El manipulador estarà dotat d'un dispositiu de codificació de la seva posició per informar-ne el sistema informàtic. El sistema informàtic informarà de la demanda de consigna, generada pel codificador, els equips del tren que la requereixin.

L'adjudicatari podrà proposar un altre tipus de sistema i funcionament degudament justificat. En funcionament del manipulador tracció-fre ha de ser aprovat per FMB.

2.8 BOGIS (H)

La sustentació dels cotxes es farà mitjançant dos bogis independents per cotxe. Els bogis seran:

- Motors: els dos eixos amb capacitat tractora (eixos motors).
- Remolcs: els dos eixos sense capacitat tractora (eixos remolcs o portants).

El dimensionament dels bogis complirà amb la norma UNE-EN 13749 "Aplicacions ferroviàries. Eixos muntats i bogis. Mètodes per especificar els requisits estructurals dels bastidors de bogi".

Com a principis generals de disseny, s'han de considerar fonamentalment els corresponents a simplicitat del bastidor, accessibilitat i manteniment reduït, compatible amb unes excel·lents característiques respecte a alta adherència, estabilitat de marxa, repartiment de càrrega a les rodes, perfecte rodament i inscripció als traçats de les línies de FMB i la màxima seguretat deguda al servei a prestar.

Els bogis allotjaran els elements corresponents dels equips de tracció i frenada, llevat del cas del cotxe remolc que només incorporarà els de frenada, per la qual cosa en la concepció del bastidor s'han d'ubicar els suports i els suports corresponents.

El bogi estarà dotat de les antenes, tacogeneradors d'ATP, ATO i elements necessaris per a la conducció automàtica. Les antenes tindran la protecció mecànica necessària perquè no es facin malbé davant el cop de petits objectes, el disseny de la protecció serà validat en fase de projecte per FMB

El bogi incorporarà també els elements per a la suspensió del vehicle.

El greixatge del contacte roda carril es farà amb elements estàtics des de la via.

Als trens que circulin per línia 2 s'instal·laran greixadors embarcats amb l'objectiu de minimitzar el desgast de carril i pestanya, reduir nivells sonors en revolts, mantenir condicions òptimes d'adherència, sense comprometre la frenada ni la tracció. L'adjudicatari ha d'elaborar i presentar un estudi tècnic justificatiu que contempli:

- Característiques geomètriques de la xarxa (ràdios de corba, arracades, superelevacions, etc.).
- Anàlisi d'interacció roda-carril i dinàmica del material mòbil.
- Influència dels sistemes actuals de greixatge en via ja existents.

- Compatibilitat entre el greix utilitzat actualment i la proposta per a trens.
- Avaluació de l'impacte en adherència i eficiència del sistema.

Aquest estudi l'ha de validar FMB i determinarà:

- Necessitat d'instal·lar el sistema de greixatge embarcat per a L2.
- Nombre d'engreixadors, ubicació i tipus.
- Freqüència d'aplicació i condicions d'activació.

El sistema podrà incorporar:

- Aplicadors de greix tipus líquid o en pastilla, amb disseny d'eficàcia provada a ferrocarrils, a determinar en fase de projecte.
- Dipòsit de greix, que podrà ser del tipus convencional (dipòsit recarregable) o tipus pastilla sòlida autoconsumible, segons proposta de l'adjudicatari.
- Protecció contra agents externs (aigua, pols, impactes).
- Sistema integrat al bastidor o proper al bogi, accessible per a tasques de manteniment.

El funcionament i control del sistema ha de complir amb:

- Activació automàtica programada, en funció de distància recorreguda, detecció de corba o geoposicionament.
- Possibilitat d'activació manual des de cabina per a proves o situacions específiques.
- Funció d'anul·lació manual o remota des del sistema embarcat, en cas de fallada o manteniment.

El sistema inclourà autodiagnòstic automàtic amb informe de:

- Nivell de greix o desgast de pastilla.
- Error d'activació o pressió anòmala.
- Estat de vàlvules, sensors i línies d'aplicació.
- Els errors s'enviaran al sistema informàtic del tren, visualitzat a la pantalla de conducció i disposarà de registre històric d'esdeveniments.

El sistema ha de ser compatible amb els sistemes de greixatge en via actualment instal·lats a FMB, per a això:

- El tipus de greix ha de ser compatible amb els sistemes de greixatge en via existents, tot garantint que no hi hagi interferència entre els dos sistemes (ni sobregreixatge ni pèrdua d'adherència).
- El sistema ha de garantir absència de contaminació sobre la superfície de rodament del carril.

L'adjudicatari proposarà una estratègia de greixatge compatible entre greixador embarcat i greixador de via.

Es realitzarà una prova tipus per validar la correcta ubicació, eficàcia i funcionament del sistema.

A les proves sèrie, es verificarà l'estat i el muntatge correcte de cada greixador i la seva activació controlada.

S'exigirà a l'adjudicatari la realització d'un estudi comparatiu de desgast i nivell sonor amb/sense sistema actiu, durant la fase de projecte.

Tots els components han de ser accessibles sense desmuntar el bogi.

El sistema engreixador de pestanyes s'inclourà al Pla de manteniment.

Es farà el càlcul de la taxa de descàrrega de roda en funció de la rampa de peralt, per a cada tipus de suspensió. A fi d'assegurar que els resultats obtinguts són satisfactoris i estan d'acord amb el que requereix el criteri d'acceptació serà la norma UNE-EN 14363 "Aplicacions ferroviàries. assaigs i simulacions per a acceptar les característiques dinàmiques dels vehicles ferroviaris. Comportament dinàmic i assaigs estàtics".

Per compensar el desgast de rodes (de fins a 100 mm en diàmetre), es podrà regular l'alçada de la caixa mitjançant cales, escalonaments, etc. Aquesta operació ha de ser fàcilment realitzable i en cap cas no caldrà desmuntar el bogi.

Tots els elements constitutius del bogi han de ser intercanviables, per la qual cosa els bogis resultants han de ser també intercanviables en qualsevol posició del tren.

Els bogis dels cotxes remolcs han d'estar concebuts i calculats per ser convertits fàcilment en bogis motors, i han de tenir tots els suports i allotjaments necessaris per a aquest fi.

El sistema de propulsió del bogi s'efectua mitjançant dos motors, actuant cadascun sobre un eix, mitjançant els reductors i acoblaments elàstics necessaris.

La subjecció dels motors serà exclusivament del bastidor del bogi. Haurà de ser tan a prop com sigui possible del centre del bogi.

Es preveurà la unió elèctrica necessària entre la caixa i el bogi de manera que el corrent de tornada no produeixi efectes perjudicials.

A la unió elèctrica i pneumàtica entre caixa i bogi s'utilitzaran connectors d'alta fiabilitat i qualitat que permetin una gran maniobrabilitat en les operacions d'alçada de bogis, reforços de cordes, acoblaments, avaries, etc.

El bogi i els seus equips han d'estar protegits contra la corrosió, tenint en compte les condicions ambientals existents a la xarxa de FMB.

L'adjudicatari ha de presentar-se, com a mínim, la documentació que a continuació s'indica per a cada tipus de bogi (amples UIC i Ibèric tant per bogis motors com remolcs):

- Plànol de conjunt i detall dels bogis.
- Pes i característiques principals dels bogis.
- Càlculs dinàmics d'estabilitat del vehicle per a màxima velocitat de 90 km/h amb perfils de rodament nous i usats.
- Càlcul previ de les freqüències pròpies de les suspensions vertical i transversal.
- Càlcul de la vida útil i períodes de greixatge dels rodaments de caixa de greix, motors i reductores.
- Càlcul de les prestacions del fre de servei i de l'estacionament.
- Previsió en quilòmetres de durada de les rodes.

En la fase inicial del projecte s'ha de lliurar un informe justificatiu d'anàlisi de l'accessibilitat dels diferents elements principals a efectes de manteniment i descripció de les operacions de desmuntatge i muntatge dels mateixos a fi de valorar la seva mantenibilitat.

Les hipòtesis de càrrega, els criteris de càlcul i els d'anàlisi s'establiran d'acord amb la norma UNE-EN 13749 per a la categoria de bogi corresponent.

El màxim desequilibri de càrrega entre bogis de la unitat serà de $\pm 8\%$. Addicionalment, els desequilibris de càrregues per roda no superaran el 4% entre rodes del mateix eix, 2% entre eixos del mateix bogi, i 2% entre les dues files de roda d'un mateix cotxe.

Sobre el primer tren prototip fabricat, es realitzaran els corresponents assaigs extensiomètrics i de vibracions sobre la caixa, bastidor, eix i rodes, indicant l'adjudicatari, els punts a controlar i les tensions previsibles a obtenir, les quals es contrastaran amb els resultats reals a les vies de FMB. Aquests assaigs han de ser validats per FMB. Tot el cablejat, així com la sensòrica utilitzada per a aquests mesuraments, ha de deixar-se instal·lada als bogis per a la seva utilització en el futur per part de FMB.

Amb la caixa del tren elevada els bogis han de ser capaços de romandre suspesos de manera segura sense ajuda d'elements externs a aquest.

Es disposarà als extrems dels travessers, d'elements d'amarratge per fer el transport del bogi, en posició horitzontal sobre les rodes per mitjà de cabrestant o barra d'arrossegament.

Es disposarà de punts de subjecció per a elevació vertical per poder transportar el bogi mitjançant pont grua.

L'adjudicatari ha de demostrar en fase de projecte, mitjançant càlculs, que el disseny dels bogis permetrà complir en tot el cicle de vida dels equips/elements amb la norma EN 14363, incloent-hi condicions degradades o de desgast dels diferents elements d'influència, en els models de simulació.

S'han d'indicar en fase de projecte les velocitats crítiques per a les freqüències de ressonància del bogi, tant per a la circulació en buit com amb càrrega màxima, i totes han de ser molt superiors a la velocitat màxima permesa pel tren.

Durant les proves dinàmiques en via del primer tren prototip amb càrrega màxima, dos dels bogis motors extrems (cua i cap d'una unitat), se sensoritzaran per verificar que el nivell d'esforços i tensions no superen els valors de disseny i càlcul del bogi i els acceptables per la via.

Al llarg de la vida útil del material mòbil, no serà admissible l'aparició de cap tipus d'esquerda o fissura al bastidor del bogi ni a la travessa balladora en cas que n'hi hagués. L'aparició d'algun d'aquests defectes serà considerada contra la seguretat i exigirà de l'adjudicatari una campanya immediata de comprovació de tot el parc i, si escau, la reparació a càrrec seu ja sigui dins o fora del període de garantia.

2.8.1 Bastidor

El bastidor ha d'assegurar la capacitat resistent a tot tipus de sol·licitacions a què es puguin veure sotmesos tant els bastidors, així com els seus components, degudes a les condicions de servei a efectuar a FMB.

El primer bastidor en fabricació serà sotmès a un assaig extensiomètric i de fatiga d'acord amb la norma UNE-EN 13749, per tal d'estudiar-ne els límits admissibles, el comportament i verificar la validesa del disseny.

2.8.2 Eixos.

L'adjudicatari s'atendrà a les especificacions reflectides a les normes UNE-EN 13260 i 13261, excepte indicació en contra o una altra normativa que l'adjudicatari cregui oportú i que ha de ser aprovada per FMB.

Els eixos compliran les normes EN 13103 i EN 13104 o, si no n'hi ha, d'altres que l'adjudicatari estimi oportunes, que han de ser aprovades per FMB.

La impedància entre dues rodes d'un mateix eix serà inferior al valor establert a la norma EN 13260.

Els extrems de l'eix han de ser plans i ben allissats (llevat dels punts per al tornejat i les fixacions) per poder examinar fàcilment per ultrasons, en les operacions normals de manteniment, l'existència de fissures en eixos.

Caldrà acompanyar cada eix amb el certificat de qualitat que certifiqui tots els controls realitzats.

El conjunt eix muntat es podrà desmuntar sense necessitat de desmuntar el bogi de la caixa.

2.8.3 Rodes

Les rodes han de ser senceres i han d'estar construïdes en acer no aliat i de baix contingut en carboni.

Les rodes del tren han de monobloc i han d'estar fabricades en acer d'acord amb la norma UNE-EN 13262 amb qualitat R7. Per a L1 les rodes han de ser de categoria 1. Les rodes han de ser les adequades per a les condicions de càrrega i velocitat pròpies de l'entorn de FMB. Així mateix, han d'haver estat dissenyades, dimensionades i homologades d'acord amb els requisits establerts a la norma UNE-EN 13979-1, relativa a la validació del disseny estructural de rodes d'acer monobloc per a ferrocarril.

El perfil geomètric de la roda serà el definit per la norma NF F03-402 i ha de complir amb les toleràncies i criteris dimensionals establerts a la norma UNE-EN 13715, incloent-hi les dimensions del vel i la llanda.

L'adjudicatari ha de fer un estudi detallat de la interacció dinàmica roda-carril amb l'objectiu de definir el perfil de roda més adequat per a les condicions d'explotació de la nostra xarxa.

L'estudi ha d'incloure:

- Anàlisi de la dinàmica del vehicle amb diferents perfils de roda (incloent-hi l'actual i alternatives viables) mitjançant simulacions multibody en condicions representatives de circulació (curvatura, velocitat, tipus de via, transicions, etc.).
- Avaluació i proposta de la conicitat equivalent i la seva influència en l'estabilitat dinàmica, el guiatge, el comportament en corba, el desgast i el soroll.
- Simulacions de desgast predictiu a mitjà termini sota hipòtesis de càrrega i condicions reals de servei, amb especial atenció al desgast a la pestanya.
- Anàlisi de compatibilitat del perfil proposat amb el perfil de carril en ús a la xarxa, considerant toleràncies i possibles combinacions desfavorables.
- Recomanació tècnica del perfil òptim, justificant l'elecció mitjançant els resultats de les simulacions i proposant, si és necessari, una adaptació de toleràncies de manteniment o estratègies de tornejat.

Qualsevol modificació proposada ha de ser avaluada i aprovada prèviament per FMB.

L'adjudicatari ha d'aportar en fase de projecte a FMB tres proveïdors de rodes homologats i ha de donar a FMB el pla constructiu per a la fabricació de les rodes.

El diàmetre del cercle de rodament d'una roda nova serà de 840 mm, establint-se la capacitat màxima de desgast d'acord amb el gàlib inferior del bogi, podent ser fins a 100 mm, mesurats segons el diàmetre. Cal assegurar que el tractament tèrmic a què han de ser sotmeses les rodes cobreix el desgast màxim previst. El límit de sortida de torn per a servei comercial serà de 740 mm. A la cara externa de la llanta de la roda hi haurà un testimoni/entalla d'últim tornejat, aquest ha de complir amb la norma UIC510-2 i ser visible fins al final de la vida útil de la roda.

L'adjudicatari indicarà les diferències admissibles de rodes entre les d'un mateix eix, entre eixos del mateix bogi i entre rodes de diferents bogis del cotxe i la unitat.

Per a cada eix muntat es trametrà a FMB el diagrama corresponent de les pressions de calat de les rodes, realitzat segons UNE-EN 13260, i els assaigs no destructius per roda mitjançant tècnica d'ultrasons.

A la galleda de la roda s'han de preveure els canals i orificis de decalat per a l'acoblament dels dispositius d'extracció de roda sota pressió d'oli. A la galleda s'incorporarà un ressalt circular de manera que mitjançant el útil adequat es pugui realitzar el desescalat de la roda, realitzant la tracció sobre aquest.

Les rodes han d'estar preparades per ser reperfilades al torn de fossa i al de bancada.

L'acabat de les rodes serà pintat per prevenir-ne la corrosió.

2.8.4 Caixa de greix.

Els rodaments han de ser de rodets normalitzats per a ferrocarril i de primeres marques acreditades àmpliament al sector ferroviari. En cas de fer servir un altre tipus de rodament ha de ser aprovat per FMB.

Compliran la norma UNE-EN 12080 "Aplicacions ferroviàries. Caixa de greix. Rodaments" i la norma UNE 18050 "Rodaments per a caixes de greix de ferrocarrils. Inspecció de recepció".

Les caixes de greix han de ser estanques a la pols i a l'aigua (IP65).

La caixa de greix ha de permetre la inspecció del conjunt i el recanvi de les escombretes de posada a terra del bastidor.

Tots els eixos han de tenir el mateix tipus de rodament estàndard, i aquests són dimensionats per al més sol·licitat, segons la distribució d'esforços.

L'adjudicatari, tres (3) mesos abans de la posada en servei, ha de validar mitjançant assaig conforme a normativa (EN 12081 i EN 12082) almenys dos tipus de lubricants que puguin ser adquirides a la Unió Europea. Aquests lubricants han de complir la norma UNE-EN 14865." Aplicacions ferroviàries. Greixos lubricants per a caixes de greix".

L'adjudicatari, tres (3) mesos abans de la posada en servei, ha d'homologar almenys dos fabricants de rodaments.

2.8.5 Suspensions

La suspensió del vehicle estarà formada per dues etapes, primària i secundària, garantint entre totes dues un adequat grau de confort al departament de passatge i una correcta circulació del bogi tant en corba com en recta, tenint en compte les irregularitats de la via i el gàlib màxim admissible en les línies a les quals s'adscriurà el material rodant i les accelerades. La solució de la suspensió ha de ser validada per FMB.

L'adjudicatari, en fase de projecte, ha d'especificar el recorregut màxim de les dues suspensions, que en total no ha de superar els 80 mm.

2.8.5.1 Suspensió primària

Durant tota la vida útil de la suspensió primària, fins al límit de pèrdua de característiques, l'índex de comoditat mitjana, NMV, definit i avaluat d'acord amb la norma EN-12299, no serà superior a 2 ($NMV \leq 2$). En fase de projecte caldrà aportar càlculs per simulació incloent-hi elements en les condicions degradades d'influència en el confort (elements elàstics rigiditzats i/o perfils de roda desgastats). Aquestes simulacions s'han de fer sobre dades de via amb qualitat geomètrica representativa de les vies de FMB. S'emprarà un model validat a partir dels resultats dels assaigs de confort en condicions nominals.

Aquests elements han de ser intercanviables entre si, per als cotxes motors i remolcs. Vindran marcats amb un número de sèrie, càrregues admissibles, mes i any.

Es disposaran entre la caixa de greix i la suspensió els elements necessaris que permetran el llevant del bogi amb els eixos suspesos.

En el moment de lliurament del tren, cap ressort primari no serà calat, excepte per les cales de fàbrica que l'adjudicatari consideri per assolir l'alçada nominal de ressorts primaris en tara. No cal suplementar la suspensió primària abans del primer cicle llarg.

El límit de la cursa a compressió de la suspensió, situat sobre la caixa de greix, estarà proveït d'un element de cautxú per evitar el contacte directe metall amb metall.

La concepció i els assaigs dels elements de la suspensió primària es conduiran tenint en compte la norma UNE-EN 13913. L'adjudicatari, en fase de projecte, subministrarà a FMB les especificacions tècniques de dimensionament, elaboració i assaig establertes per a aquest producte.

Les suspensions primàries han d'estar categoritzades i marcades segons fluència per garantir-ne la intercanviabilitat.

2.8.5.2 Suspensió secundària

La suspensió secundària ha de ser pneumàtica i ha de tenir incorporat un sistema de regulació automàtica d'alçada en funció de la càrrega.

La construcció de la suspensió secundària ha de comptar amb un dispositiu que permeti ajustar fàcilment l'alçada del pis després de reperfil·lar les rodes.

La suspensió secundària ha de complir la norma UNE-EN 13597 "Aplicacions ferroviàries. Components de suspensió de cautxú. Membranes de cautxú per a molles de suspensió pneumàtica". L'adjudicatari, en fase de projecte, ha de subministrar a FMB les especificacions tècniques de dimensionament, elaboració i assaig establertes per a aquest producte.

S'ha d'indicar la freqüència pròpia de la suspensió, la qual es mantindrà constant en qualsevol condició de càrrega i circulació, així com els diagrames de flexibilitat vertical i transversal als diferents estats de càrrega i dades de vida probable d'aquesta.

El disseny de la suspensió serà de tal manera que han d'existir els elements de seguretat necessaris perquè, en cas de pèrdua de pressió en un, o en la totalitat de les pilotes, el tren pugui continuar la marxa fins a desallotjar passatge a la següent estació i posterior retir als tallers. En aquesta situació no s'han de produir, encara que sigui momentàniament, inclinacions anormals que no puguin ser absorbides pels acoblaments entre cotxes, o sortir del gàlib indicat en aquest Plec, ni impedir el gir normal del bogi.

S'ha de demostrar la seguretat de marxa amb pilotes desinflades, incloent-hi circulacions en aquesta condició en els assaigs de comportaments dinàmics, d'acord amb la norma EN 14363.

La suspensió secundària tindrà un topall mecànic de recorregut màxim vertical, que ha de garantir en cas d'excessiu inflat de les pilotes, mantenint la caixa als límits de seguretat. Aquest dispositiu permetrà aixecar el bogi en el cas de descarrilament i l'ha de deixar girar lliurement. També es preveurà que es pugui aixecar la caixa inflant les pilotes, per facilitar la col·locació dels gats d'encarrilar.

La suspensió secundària ha de tenir un sistema de detecció d'avaries que generi un avís d'alarma al sistema informàtic del tren.

El bogi disposarà d'una clau de tancament perquè, en el cas de fuga d'aire, no es provoqui en cap cas un descens de pressió a la instal·lació general per sota de la pressió mínima admissible per al funcionament correcte de la resta dels equips. Així mateix, es dotarà el conjunt d'una presa de pressió que indicarà la variació de la càrrega sobre la suspensió. Es preveu la possibilitat de dotar cada manxa de la suspensió secundària d'una presa de pressió.

2.8.6 Travessa balladora

El suport de la caixa sobre el bogi s'ha de fer per mitjà de la travessa balladora a través de la suspensió secundària, que la uneix al bastidor del bogi i a una corona d'unió per permetre el gir relatiu de la caixa sobre el conjunt bogi.

Per dimensionar la travessa balladora han de ser aplicables els mateixos criteris i hipòtesis de càlcul que els indicats per al bastidor de bogi.

Cal adjuntar càlcul de la resistència estàtica ja fatiga, tenint en compte totes les possibles forces actuants.

L'adjudicatari, en fase de projecte, lliurarà els càlculs justificatius de durada de vida per a les càrregues previstes.

S'incorporaran dues bieles longitudinals per assegurar la transmissió dels esforços de tracció i frenada, a nivell de centre d'eixos de rodament, i estan equipades amb articulacions elàstiques per evitar la transmissió de sorolls i vibracions a la caixa. Els elements elàstics de les articulacions han de seguir els criteris de la norma UNE-EN 13913.

S'incorporaran topalls de seguretat limitadors de gir i impactes transversals que impediran que, en cas de descarrilament, es produeixi un gir excessiu en què puguin ser danyats elements del bogi. Aquests límits han de ser d'actuació progressiva.

La lubricació de la corona serà mitjançant greix, per a la qual cosa aquesta disposarà dels corresponents greixadors fàcilment accessibles tots ells des del lateral dels cotxes.

2.8.7 Amortidors

L'adjudicatari en fase de projecte indicarà el tipus, número i funció dels amortidors necessaris.

L'adjudicatari, en fase de projecte, remetrà el diagrama de funcionament (compressió/extensió) de cada amortidor comparant-los amb els esforços dinàmics previstos i el temps de manteniment d'aquestes característiques.

En cas de fallada d'un o diversos amortidors mai no hi ha pèrdua de seguretat. Per mitigar les conseqüències de la dita fallada, es col·locaran, independentment dels amortidors, uns límits de cautxú, d'acció progressiva que limitin el desplaçament transversal i longitudinal. S'ha de demostrar, en fase de projecte, mitjançant assaig que en les condicions degradades que s'estableixin com a resultat de l'anàlisi de modes de fallada, elaborada per l'adjudicatari, es manté la seguretat del comportament dinàmic, d'acord amb la norma EN 14363.

L'adjudicatari, en fase de projecte, subministrarà a FMB les especificacions tècniques de cada amortidor, així com de les de les seves articulacions elàstiques de cautxú elaborades conforme als criteris de les normes UNE-EN 13680 i UNE-EN 13913, respectivament.

2.8.8 Reductors

Els reductors han de ser d'una o dues etapes de reducció, a elecció de l'adjudicatari, sempre que es compleixin els requisits d'integració, rendiment i manteniment establerts al plec.

La disposició mecànica és tal que l'eix del motor estigui orientat transversalment respecte a l'eix de sortida del reductor (disposició transversal). No s'admetran configuracions on l'eix del motor i l'eix del reductor estiguin alineats longitudinalment amb el sentit de marxa del tren.

La configuració dels engranatges, així com l'acoblament entre el motor de tracció i el reductor, han de garantir un funcionament fiable en presència de desalineacions angulars o radials, tant estàtiques com dinàmiques, causades per la flexibilitat o els moviments relatius de la suspensió primària o secundària.

El reductor estarà dimensionat per transmetre els màxims esforços de tracció i frenat, així com els esforços que es derivin de vibracions induïdes pels eixos al rodament.

Els esforços de reacció originats al reductor s'absorbiran a través d'un braç antiparell que uneixi el reductor amb el bastidor del bogi.

Les reductores han de ser perfectament estanques en la seva totalitat, i no s'ha d'afegir oli fins al canvi de lubricant.

El reductor disposarà d'una tapa de visita per a comprovació de l'estat interior dels engranatges, així com dels taps corresponents de buidatge, omplert i espiell, que permeti comprovar tant el nivell d'oli com la seva coloració. Es marcaran els nivells màxim i mínim. Aquest espiell disposarà de tapa de protecció. Un dels taps estarà dotat amb un sistema magnètic de separació de partícules metàl·liques.

El conjunt Motor-reductor, estarà previst per a la transmissió de tota la potència, tant en tracció, com en fre, i podrà absorbir qualsevol nivell de desalineació entre els elements de subjecció (bogi-caixa-motor), així com els xocs i vibracions procedents del rodament sense veure's afectat en el seu treball normal i no veient-se afectada la vida útil i dels temps entre.

2.8.9 Equip de fre al bogi

L'equip de fre pneumàtic serà dimensionat en funció dels estudis previs de capacitat de fre necessaris per complir les prestacions i les característiques exigides en aquest plec.

En termes generals, els elements que constitueixen l'equip de fre són:

- Disc de fre.

- Cilindres de fre.
- Ormeig.
- Guarnicions i sabates de fre.
- Fre d'estacionament.

2.8.9.1 Timoneria

La timoneria de fre ha d'estar dissenyada per transmetre l'esforç de frenada des dels actuadors pneumàtics als òrgans de fricció de manera eficaç, equilibrada i robusta, amb el mínim manteniment possible i garantint fiabilitat durant tota la vida útil del tren.

L'adjudicatari ha d'indicar les mesures adoptades per evitar la caiguda a la via de qualsevol element de la timoneria en cas de trencament o afluixament accidental.

La geometria i la disposició dels elements han de minimitzar el joc mecànic, evitant sorolls, vibracions o desgast prematur.

La timoneria no ha d'interferir amb el moviment del bogi ni amb l'accés a la resta de components per a manteniment o inspecció.

El sistema ha d'assegurar una distribució simètrica i equilibrada de l'esforç de frenada entre els dos costats de l'eix.

No serà necessària cap regulació intermèdia a la timoneria, fins i tot en cas de desgast màxim de les guarnicions, mantenint-se l'esforç de frenada dins dels marges establerts.

La timoneria de fre ha d'estar dissenyada per funcionar sense necessitat de lubricació periòdica, mitjançant l'ús de materials autolubrificants, casquets secs o solucions equivalents.

El sistema ha d'estar concebut per mantenir-ne la funcionalitat sense intervenció durant els intervals normals de manteniment preventiu.

Tots els elements mòbils han d'estar protegits davant l'acció d'aigua, brutícia, pols, greix, impactes de pedra o altres contaminants.

Els materials emprats han de ser resistents a la corrosió i la fatiga, incloent-hi tractaments superficials adequats com galvanitzat, cataforesi o recobriments polimèrics, en funció de l'entorn d'operació previst.

2.8.9.2 Cilindres de fre

Els cilindres o blocs de fre han d'estar instal·lats en llocs el més accessibles possible, i serà fàcil la substitució de les sabates (guarnicions), així com el canvi dels cilindres o blocs que es podran realitzar sense desmuntar el bogi.

El joc entre sabata i disc es mantindrà constant gràcies a l'acció d'un regulador que compensi automàticament el desgast de les sabates. El regulador estarà incorporat al cilindre o bloc de fre.

L'interior dels blocs o cilindres ha d'estar protegit contra l'entrada de pols, salinitat i corrosió.

Es disposarà de fre d'estacionament per eix, que ha d'anar incorporat al mateix cilindre normal de servei, mitjançant un ressort que actuï quan disminueixi la pressió d'aire.

El fre d'estacionament podrà mantenir el cotxe aturat amb una càrrega excepcional de passatge (AW4) en una rampa del 4,5% de pendent i un 25% de cilindres fora de servei. En fase de projecte es presentarà el càlcul justificatiu.

Els cilindres de fre d'estacionament portaran instal·lats un cable de connexió per al desbloqueig manual de fre, així com un sistema per a detecció de fre d'estacionament aplicat.

A cada bogi s'incorporaran sirgues accessibles des de la via per banda i banda del tren, i des de l'interior del vehicle, per desbloquejar el fre d'estacionament. L'esforç màxim d'accionament d'aquests tiradors de desbloqueig no és superior al que indica la norma ISO 11228-1:2021 i UNE-EN 1005-3.

2.8.9.3 Disc de fre

Els discos han d'estar dimensionats de manera que puguin suportar sense deteriorament ni deformacions o esquerdes, tres processos de frenada consecutius del tren amb càrrega excepcional (8 p/m²) i des de la màxima velocitat.

La capacitat de dissipació d'energia dels discos serà tal que, en el cas d'avaría del fre elèctric, el sistema de fre pneumàtic podrà treballar indefinidament, sense limitació al servei (en càrrega màxima, sense aplicar limitacions de velocitat i incloent-hi la frenada d'emergència al punt més desfavorable de la línia). Les temperatures assolides en aquestes condicions en discos i guarnicions no han de provocar danys sobre aquests elements, ni produir pèrdua de prestacions de frenada.

Els discos de fre han d'estar formats per dues parts. La calada interior a l'eix i l'exterior cargolada i aquesta part serà substituïble sense necessitat de calar i desescalar elements de

l'eix. L'adjudicatari, en fase de projecte, presentarà una memòria de les operacions necessàries per a aquesta substitució i plànols constructius del disc partit.

L'adjudicatari, en fase de projecte, ha de presentar el càlcul tèrmic del sistema de frenada pneumàtica, que ha de ser validat mitjançant un assaig en banc.

L'adjudicatari indicarà en fase de projecte les pressions de calat dels discos sobre l'eix, incorporant aquests el corresponent sistema d'extracció.

2.8.9.4 Guarnicions i sabates de fre

Les sabates han de ser sintètiques i no s'acceptaran elements contaminants en la composició (amiant, plom, zinc, etc.).

L'adjudicatari, en fase de projecte, adjuntarà les corbes en què s'indiquin les característiques del coeficient de fricció amb la temperatura, velocitat, pressió específica, etc. Aquestes han d'haver estat avaluades mitjançant un assaig prenent com a base les prescripcions de la fitxa UIC 541-03.

La qualitat de les sabates complirà amb els estàndards i les normes del mercat europeu. En fase de projecte se n'han de proporcionar les característiques (temperatures admissibles de bec i règim permanent, desgast, etc.), que han de ser vàlides per a l'aplicació, en base als càlculs tèrmics a lliurar.

Les sabates quedaran ajustades perfectament perquè no tinguin folgança i no provoquin desgasts prematurs i el seu muntatge i desmuntatge ha de poder efectuar-se de forma ràpida i senzilla.

2.8.10 Sabata de neteja

Els bogis portaran instal·lades una sabata de neteja per a cada roda que cobreixi tota la banda de rodament. La seva funció serà la neteja de la zona de rodament de la roda.

La sabata s'autoajustarà automàticament en tot el recorregut en funció del seu desgast i reperfilat de roda.

2.8.11 Sistema de detecció de descarrilament

El tren estarà dissenyat per a un nivell d'automatització GoA4, per la qual cosa s'ha de preveure, des de la fase de disseny, la implantació futura d'un sistema de detecció de descarrilament, que compleixi els requisits funcionals i de seguretat associats a aquest nivell d'automatització.

El disseny del tren ha de contemplar la integració d'un sistema de detecció de descarrilament sense necessitat de modificacions estructurals en el futur.

La disposició d'elements mecànics, elèctrics i de control ha de permetre una integració directa del sistema complet.

Tots els trens inclouran des de la seva fabricació una preinstal·lació completa del sistema de detecció de descarrilament, que inclourà:

- Cablejat d'alimentació i senyal,
- Connectors
- Canalitzacions i proteccions,
- Interfícies amb el sistema de control i fre del tren,
- Ancoratges estructurals o punts de fixació per als sensors i mòduls associats.

El sistema previst ha de ser capaç de realitzar la detecció individual per eix, permetent identificar de manera precisa el bogi o cotxe afectat.

El disseny i la implementació del sistema (inclosa la seva futura implantació) ha de complir amb la norma UNE-EN 62267, i considerar la seguretat funcional conforme a EN 50126 i EN 50129.

A l'oferta econòmica a valorar sobre el sistema de detecció de descarrilaments no s'inclourà la part preinstal·lada del sistema al tren descrita anteriorment en aquest apartat. A l'oferta econòmica a valorar del sistema de detecció de descarrilament s'inclourà necessàriament:

- Amuntegament, muntatge i instal·lació dels detectors de descarrilament, incloent:
 - Instal·lació de suports cargolats a la caixa de greix de l'eix.
 - Muntatge de sensors en aquests suports amb ajustament en alçada.
 - Connexió elèctrica amb el cablejat preinstal·lat.
 - Instal·lació de convertidors i relés de descarrilament.
- Integració del senyal de descarrilament amb el llaç d'emergència mitjançant relés temporitzats.
- Anàlisi de seguretat i càlcul estructural de suports (per elements finits), d'acord amb la normativa vigent (p. ex. EN 61373, GRMT 2100).

- Compatibilitat electromagnètica dels equips (EN 50121, EN 61000-4-3).
- Compliment de normes d'equips embarcats (EN 50155).
- Compliment de requisits mediambientals (materials no tòxics, pintura i imprimació anticorrosiva).
- Autodiagnòstic del sistema, incloent:
 - Supervisió activa de l'estat dels sensors (detecció de fallades o valors permanents).
 - Generació d'esdeveniments de diagnòstic al sistema informàtic.
- Incorporació de funcionalitats d'anul·lació del sistema des de cabina (pulsador de bypass i telecomandament), amb registre a caixa negra.
- Registre d'esdeveniments: detecció de descarrilament, aplicació de fre d'emergència, anul·lació del sistema, fallades de sensors o relés, entre d'altres.
- Proves de posada en marxa del sistema, incloent-hi:
 - Validació funcional.
 - Verificació de connexions i paràmetres.
 - Comprovació d'actuació del llaç d'emergència.

L'adjudicatari ha de lliurar en fase de projecte:

- Lliurament de dossier de seguretat del sistema, incloent-hi:
 - Manual tècnic.
 - Resultats d'assaigs i certificacions.
 - Detalls de manteniment preventiu i correctiu.
- Descripció funcional del sistema complet.
- Arquitectura tècnica detallada.
- Llista d'elements necessaris: sensors, relés, mòduls de connexió, convertidors DC/DC, cablejat, punts de connexió, etc.

- Esquemes d'integració amb el sistema de fre, el llaç d'emergència i el sistema informàtic del tren.
- Justificació tècnica de compatibilitat amb el tren, seguretat funcional.

Un cop implantat, el sistema de detecció de descarrilament ha de ser capaç de detectar l'esdeveniment de manera autònoma i activar automàticament una frenada d'emergència, fins i tot en absència de tensió principal.

Així mateix, ha de generar un senyal d'alarma que es transmetrà al sistema de monitoratge del tren, amb indicació del cotxe i bogi afectats.

2.9 ENGANXALLS (I)

A cada tren hi ha d'haver dos tipus d'acoblaments:

- a) Acoblament automàtic, que servirà per acoblar trens. Ha de fer l'acoblament mecànic i pneumàtic.
- b) Acoblament semipermanent, entre els cotxes que formen el tren. Ha de fer l'acoblament mecànic, pneumàtic i elèctric.

Els cotxes units mitjançant enganxalls semipermanents han d'anar dotats de dues sirgues de seguretat que no permetin el desacoblament i la caiguda del passadís d'intercirculació, en cas de trencament de l'enganxall.

2.9.1 Enganxall automàtic

Aquests enganxalls se situaran als capçals extrems del tren, la seva missió serà acoblar trens mecànica i pneumàticament de forma automàtica. L'enganxall no disposarà de botonera.

El model d'enganxall automàtic ha d'assegurar la compatibilitat amb el material rodant existent a FMB, amb què s'han d'acoblar les noves unitats a les operacions d'auxili.

Es disposarà de sirgues amb els punts d'ancoratge corresponents en caixa com a doble seguretat en cas que fos necessari el remolcat d'un tren. Les sirgues i els barrons d'arrossegaments han de ser compatibles i podran instal·lar-se alhora.

L'acoblament s'efectua amb un tren aturat i l'altre a velocitat inferior a 5 km/h.

Per desacoblar s'accionarà un dispositiu disponible al lloc de conducció per a aquest efecte i es podrà retirar lliurement el tren. Per tant, un únic agent pot efectuar ambdues maniobres sense abandonar el lloc de conducció.

Les maniobres d'acoblament o desacoblament es poden fer en corbes de 50 m de radi i rectes amb canvi de rasant i acords verticals de 1000 m de radi. En fase de projecte s'han d'indicar les posicions límits que puguin prendre els enganxalls automàtics, semipermanents o sistemes equivalents per inscripció en corbes, corba-contracorba, recta-corba, així com pels desplaçaments relatius caixa-bogi deguts a les deflexions de les suspensions i els desgasts de rodes.

L'acoblament disposarà d'un sistema de guiatge i sustentació que el mantindrà en posició constant a les testeres lliures (auto centrat vertical).

Els acoblaments portaran guies per al seu acte centrat horitzontal.

En el sentit longitudinal existiran elements elàstics, indeformables en servei normal, tipus elastòmer, homologats per la UIC. A més a més, disposaran dels elements elàstics adequats capaços d'absorbir els esforços del servei amb passatge.

Es disposarà dels dispositius necessaris per impedir que es produeixin desacoblaments intempestius als trens durant la marxa, amb independència de l'estat de la via o altres factors i en cas de produir-se, quedaran frenades ambdues parts.

Hi ha una vàlvula d'aïllament accionable des de l'interior de la cabina contigua, per a la canonada única que travessa l'enganxall.

Per a casos d'emergència i quan per algun motiu molt especial no sigui possible acoblar dos cotxes de la mateixa sèrie o diferent, es preveuran unes barres d'acoblament que quedaran subjectes a tots dos vehicles per mitjà d'un boló. El lloc on s'allotgi la barra ha de resistir un esforç capaç de remolcar un altre tren a tara.

Els acoblaments compliran la norma UIC 522

Se subministraran les barres per poder acoblar d'emergència amb qualsevol de les sèries actuals de què disposa FMB.

L'adjudicatari especificarà en fase de projecte les característiques principals de l'enganxi, segons el següent índex:

- Esforç màxim a tracció del cap: _____ kN
- Esforç màxim a compressió sense deformació permanent: _____ kN
- Cursa a tracció i compressió del sistema elàstic: _____ mm
- Energia absorbida elàsticament (a tracció i compressió): _____ kJ

- Absorció del sistema d'impactes: _____ kJ
- Cursa del sistema d'impactes: _____ mm
- Màxim angle al pla vertical: +/- _____ °
- Màxim angle al pla horitzontal: +/- _____ °
- Marge d'actuació del centrador: +/- _____ °

Els enganxalls hauran de suportar o estar protegits perquè els rentats del tren no els afectin.

2.9.2 Enganxall semipermanent

L'acoblament o desacoblament dels cotxes d'un tren s'efectua normalment al taller, encara que es preveurà la possibilitat de realitzar-lo en línia, si és necessari.

L'acoblament es farà amb els cotxes aturats i admetrà una diferència de cotes entre enganxalls de 100 mm.

L'acoblament mecànic es concebrà com a unió embridada de dos semiacoblaments, que comprèn el guiatge mecànic i els filtres pneumàtics.

S'ha de poder intercanviar l'enganxall semipermanent sense necessitat de desmuntar altres equips o desacoblar elèctricament els cotxes.

L'adjudicatari especificarà en fase de projecte les característiques principals d'aquest tipus d'enganxalls, segons l'índex següent:

- Esforç màxim a tracció: _____ kN.
- Esforç màxim a compressió sense deformació permanent: _____ kN.
- Cursa a tracció i compressió del sistema elàstic: _____ mm.
- Energia absorbida elàsticament (a tracció i compressió): _____ kJ.
- Absorció del sistema d'impactes: _____ kJ.
- Carrera del sistema d'impactes: _____ mm.
- Màxim angle al pla vertical: +/- _____ °
- Màxim angle al pla horitzontal: +/- _____ °
- Marge d'actuació del centrador: +/- _____ °

2.10 CAIXA (J)

2.10.1 General

L'estructura de la caixa ha de ser d'alumini.

Els capçals, el bastidor, les parets laterals, els capçals i el sostre de la caixa s'han d'elaborar com a conjunts prèviament soldats. Posteriorment, aquestes seccions s'acoblaran a través d'unions soldades, formant una estructura autoportant definitiva.

Els càlculs de resistència de la caixa es basaran en l'estat de càrrega màxima (AW3) per a resistència estàtica i l'estat de càrrega nominal per a resistència a la fatiga.

La fletxa màxima de la caixa ha de ser inferior a 1/1000 de la distància entre pivots, en condició de càrrega màxima.

L'estructura de la caixa ha de complir tots els requisits indicats a la norma UNE-EN 12663-1 "Requisits de dimensionament de les estructures dels vehicles ferroviaris. Part 1: Locomotores i material rodant de viatgers (i mètode alternatiu per a vagons de mercaderies)." per a vehicles de categoria P-III.". El compliment dels requisits esmentats ha de ser demostrats en banc d'assaigs en la fabricació de la primera caixa".

Les caixes han d'estar equipades amb dispositius absorbidors d'impactes (anti-climbers) a la part davantera i posterior que puguin resistir una col·lisió frontal amb danys limitats a la caixa (estructura) d'acord amb la norma UNE-EN 15227: "Protecció passiva davant de xocs frontals", segons els quals el vehicle de FMB es classifica a la categoria CII.

La caixa del vehicle ha de poder suportar les forces següents:

- Forces resultants de la pròpia massa del vehicle més la càrrega màxima.
- Forces resultants dels cicles de càrrega i descàrrega.
- Forces dinàmiques resultants d'accelerar, frenar, acoblar i remolcar.
- Forces induïdes per les irregularitats i el traçat de la via.
- Forces que sorgeixen durant l'aixecament i encarrilament de la caixa del vehicle.

S'adoptaran solucions estructurals actuals que afavoreixin la reducció de pes per tal d'optimitzar en la mesura del possible la despesa energètica, sense detriment de la resistència,

de les condicions de seguretat estructural per al passatger en cas de col·lisió frontal o lateral i del confort del vehicle.

L'adjudicatari ha de fer els càlculs de verificació respecte a la resistència mecànica i les propietats de vibració de la caixa. Els càlculs de resistència es faran utilitzant Mètodes d'elements finits (FEM). Els resultats d'aquests càlculs es descriuran en un informe que s'ha de proporcionar a FMB en fase de projecte. La validació del càlcul de l'estructura de caixa s'ha de fer mitjançant els assaigs extensiomètrics corresponents durant les proves de validació.

Durant les proves dinàmiques en via de la Unitat prototip amb càrrega màxima (AW3), tres de les caixes (un MA, un MB i un R), es monitoraran amb galgues extensiomètriques als punts de màxima sol·licitació mecànica per verificar que el nivell d'esforços i tensions no superen els valors de disseny i càlcul.

La freqüència pròpia de la caixa ha d'estar prou allunyada de les freqüències de servei i suspensions, a fi d'evitar fenòmens de ressonàncies.

Tots els elements exteriors i interiors del vehicle s'han de construir de manera que no es puguin deixar anar accidentalment o trencar-se, excepte en cas de vandalisme extrem. Això s'aplica a elements com equips de sostre, trapes de sostre, barres de suport, passamans d'interior.

Els requisits estructurals per a equips i els elements fixats a l'estructura de la caixa han de complir els requisits de la norma EN 12663-1.

Els elements i sistemes suspesos sota la caixa han d'estar assegurats contra un error de subjecció d'una manera doble i independent.

S'han d'instal·lar almenys 2 punts d'elevació a extrems de cada caixa, així com dos punts suplementaris per banda a extrems de cada bogi que permeti l'elevació segura de la caixa per a tasques de manteniment. Cadascun dels punts es marcarà de manera identificable amb adhesius estàndard. Aquests punts han d'estar reforçats adequadament i es marcaran de manera identificable amb adhesius estàndard.

La capacitat de càrrega requerida per punt d'elevació de la caixa ha de ser com a mínim la de tara del cotxe acabat amb tots els equips muntats i cotxe acabat, juntament amb el pes del bogi complet i han d'estar degudament calculats de manera que no es produeixin aixafaments ni deformacions als travessers de caixa.

Els punts de llevant han de ser accessibles des de la perpendicular a terra del punt esmentat sense que sigui necessari desmuntar cap equip o element del tren ni hi hagi cap tipus d'obstacle o interferència. La ubicació final ha de ser validada per FMB.

La secció transversal útil de les caixes serà la màxima possible respectant el gàlib cinemàtic del tren, de manera que la capacitat de passatge sigui òptima.

Durant el cicle de vida de les unitats de tren, considerant un ús permanent i nominal, no apareixeran fissures a cap element estructural de la caixa, ni de suport ni en soldadures. Els desgasts dels materials no comprometran la integritat dels elements estructurals de la caixa ni s'arribarà al límit de fatiga.

La superposició de plaques i perfils no s'utilitzarà, tret que es demostrï que no és possible la corrosió en aquestes circumstàncies.

Les matrius i els motlles de fabricació quedaran a disposició contractual de FMB, durant un període no inferior a 25 anys.

S'hi inclouran punts d'ancoratge per a la subjecció d'elements resistents que evitin que en cas de desacoblament o trencament de l'enganxall, protegeixin el despeniment o trencament del passadís. L'adjudicatari en fase de projecte presentarà l'estudi del càlcul de les sirgues que demostrï que es compleix aquest requeriment. També s'han d'incloure punts d'ancoratge per a la instal·lació de sirgues de seguretat entre trens.

A la geometria del bastidor s'han d'incloure elements que assegurin la funció de barrera ignífuga del qual s'ha de presentar a FMB un estudi justificatiu de la idoneïtat de la solució, en fase de projecte.

No es permetrà la utilització dels travessers com a pas de cablatge. Els cablejats han de presentar les pròpies canalitzacions.

Les corbes de fatiga de material es prendran de les normes DVS 1608 per a aliatges d'alumini, DVS 1612 per a acer, i FKM Guidelines 5th Ed. 2003 per a aquells materials que no es trobin a les primeres. S'ha de justificar qualsevol alternativa a aquestes preferències.

El projecte es plantejarà amb els objectius següents:

- Reducció de la tara de la caixa, resultant un estalvi d'energia.
- Nivell de sol·licitacions més baix, amb distribució més uniforme a tota l'estructura.
- Màxim de soldadures automàtiques de més qualitat.
- Ús d'aliatges amb bona resistència a la corrosió.
- Màxima seguretat per als passatgers en cas de col·lisions.

- Seguretat davant de possibles caigudes de catenària a coberta i fusió metàl·lica de la mateixa.
- Estudi de la caixa, de l'interiorisme i de la integració de components, per tal de garantir l'ús òptim de perfils, proveïts ja amb tots els rails i guies per facilitar el muntatge de tots els aparells.

La planitud transversal del planxó o terra del bastidor de la caixa ha de tenir una planitud que permeti aconseguir la planitud sol·licitada amb els requeriments de paviment instal·lat.

2.10.2 Tractament superficial

2.10.2.1 Pintura

La pintura ha de ser sobre la base d'aigua. Deu ser resistent als grafitis i fàcil de netejar.

La pintura exterior serà de poliuretà d'excel·lent qualitat i d'ús normal als ferrocarrils. S'ha de tenir en compte que els trens es podran rentar a túnels de rentat automàtic i amb productes detergents i dissolvents d'eliminació de grafit.

La qualitat i el nombre de capes de pintura serà tal que en garanteixi, com a mínim, la perfecta conservació durant un període de deu anys, en les condicions normals de servei.

El procés de pintura ha de ser el normal sempre que compleixi el requisit la darrera capa de l'esquema de pintura proposat per l'adjudicatari per poder substituir el vinil sense deteriorament de les capes de pintura inferior. Els colors de la pintura aplicada als cotxes han de respectar el disseny aprovat per FMB en fase de projecte independentment de l'aplicació de vinils.

S'han de lliurar provetes de prova de mida A3 amb el sistema de pintura. L'adjudicatari, en fase de projecte, demostrarà la resistència de la pintura a l'eliminació de vinils i adhesius. Aquests assaigs han de ser validats per FMB.

La pintura ha de ser aprovada per FMB, per això el proveïdor ha de documentar els punts següents:

- Qualitat de la pintura a utilitzar.
- Tractament previ de la superfície.
- Gruixos de la capa de pintura.
- Temps d'assecat per capa.

- Mètodes d'aplicació i assecat de les capes de pintura.
- Mètode de neteja (mètode, productes, resistència a rentats automàtics,...).
- Resistència al foc.

El sistema de pintura ha de garantir un nivell de qualitat mínim equivalent al d'AFNOR NF F19-141 i ISO 12944 i l'ha d'aprovar FMB.

Els criteris d'acceptació han de ser aprovats per FMB durant la fase de fabricació i amb el primer tren de la sèrie.

No s'acceptaran defectes pel fet d'anar envinilat el tren. FMB per necessitats d'operació, pot operar els trens sense envinilar.

La capa de pintura ha de ser capaç de resistir:

- Rentats repetits mitjançant túnel de rentat amb raspalls.
- L'aplicació i l'eliminació de vinils.
- Aplicació de detergents.
- L'efecte dels raigs UV.

S'aplicarà protecció anticorrosiva a tots els elements estructurals de la caixa i als equips del tren, cobrint-ne tant les superfícies internes com externes.

S'implementaran tractaments preventius a totes les zones propenses a desenvolupar corrosió filiforme.

S'aplicarà un tractament preventiu a totes les unions entre elements de diferent naturalesa que siguin susceptibles de corrosió galvànica. La norma DIN 25201-5 (o similar) servirà de referència per a aquest propòsit.

L'adjudicatari, en fase de projecte, proporcionarà el procés de reparació per a tots els supòsits i les aplicacions de la pintura d'aquest projecte.

No es permet fer reparacions sobre la pintura exterior i/o exterior del tren, amb polvoritzadors i sense aplicar l'esquema de pintura aprovat en fase de projecte.

2.10.2.2 Vinil

L'interior i l'exterior dels cotxes ha d'estar protegit amb vinil o pintura antigrafit a les zones que no es pot aplicar vinil, que ha de mantenir les seves propietats de neteja durant 5 anys o 50 aplicacions de productes lleva-grafits. L'adjudicatari, en fase de projecte, ha de realitzar una proposta de vinilat interior que compleixi entre altres punts els següents:

- L'interior de les portes de passatge s'ha de laminar amb una làmina antiscratching. Aquesta làmina ha de ser transparent i de 100 micres de gruix adequat per a superfícies planes amb corba en una única adreça.
- Els vinils de l'interior de les finestres, inclosa la finestra de les portes, han de ser d'una única peça i s'ajustaran fins a 2 mm al contorn de la junta de goma del marc de la finestra.
- Els extrems dels cotxes (envà cabina) s'han d'envinilar.
- Les làmines s'enganxaran ajustant-se fins a 2 mm al contorn de la junta de goma del marc de la finestra

S'han d'envinilar els anticlimber i el seu revestiment, així com les superfícies laterals exteriors inferiors que queden per sota de l'alçada dels estreps incloent-hi travessers i capçaleres, laterals de caixa.

En fase de projecte l'adjudicatari ha de demostrar que el vinil compleix, com a mínim, els criteris d'acceptació següents:

- Alineació entre dues peces menor a 2 mm.
- Continuïtat entre dues làmines de menys de 2 mm.
- No hi haurà talls irregulars al tall de les làmines.
- Els solapaments entre làmines ha d'estar comprès entre 4 i 10 mm. El vinil superior cobrirà l'inferior per evitar entrades d'aigua possibles.
- Hi ha d'haver una absència de plecs a les parts visibles de les làmines.
- No s'acceptaran retallades.
- No hi ha d'haver cantonades en punta (angle inferior a 90°). El radi mínim ha de ser de 3 mm.

- No han d'existir bombolles en els vinils amb un diàmetre superior a 3 mm i deuran haver-hi menys de 5 bombolles en un cercle de diàmetre de 50 mm.
- Després de l'aplicació de la làmina, no es pot produir cap tipus de transparència a través d'aquesta. És a dir, restes de qualsevol producte a la xapa no es podran veure una vegada aplicada la làmina.
- El vinil ha de ser lliure de PVC amb etiqueta ECO Greenguard del tipus antiestàtic per evitar que la brutícia s'adhereixi per l'efecte de l'electricitat estàtica. El tipus de vinil a instal·lar als trens, que compleixi amb aquesta característica, ha de ser aprovat per FMB en fase de projecte.
- L'aplicador del vinil ha d'estar homologat pel fabricant del vinil, per poder instal·lar-lo als trens de FMB.
- Els vinils han de tenir garantia de 10 anys.
- Els vinils per a ús interior al cotxe han de ser altament resistents a les ratllades i amb propietats auto regeneratives per a petites ratllades o danys menors.

FMB ha d'aprovar, en fase de projecte, l'aplicació i els vinils proposats (interior i exterior), proposats per l'adjudicatari abans de la seva instal·lació.

En tot el procés de no s'han d'usar elements tallants, si cal, s'ha d'especificar a quines zones.

S'han de cobrir sense solapaments aquelles zones on les dimensions del material ho permetin. S'ha d'envinilar en una sola peça i sense solapaments les portes de passatge i portes d'accés personal de conducció.

S'emprarà material conformat en aquelles zones que es requereixi per curvatura a la superfície (zona de testeres...). A la fase de projecte es presentarà a FMB a quines zones s'aplicarà aquest material per a la seva aprovació final.

L'adjudicatari integrarà els logos externs corporatius, pictogrames i numeració dels cotxes. FMB facilitarà el model de cadascun dels adhesius que han d'anar als trens i la seva ubicació en fase de projecte.

Les làmines han de ser compatibles amb el tipus d'acabat dels trens i han de respectar els colors segons el RAL que es defineixi en fase de projecte.

La làmina ha de complir:

- Resistència antigrafitis G1 segons Norma NF F31-112.
- Classificació al foc i fum segons Norma UNE-EN 45545.
- Resistència química a olis greixosos, àcids, alcohols, dissolvents orgànics i hidrocarburs, acetones, èter i compostos clorats.
- Certificat d'instal·lador homologat pel fabricant de la làmina.
- Carta o document signat per l'adjudicatari conforme certifica la garantia oferta per l'instal·lador per a aquesta aplicació determinada.
- Garantia de 10 anys.

En fase de projecte l'adjudicatari ha de lliurar la documentació que demostrï que les làmines de vinil a muntar als trens compleixen els punts anteriors.

2.10.2.3 Acabats i proteccions

Cal indicar-ho mitjançant perspectives, vistes parcials, etc., l'aspecte tant interior com exterior del tren, determinant FMB el disseny que consideri més idoni. FMB participarà a l'elaboració del disseny.

Tots els colors han d'estar definits segons normes UNE.

Les parts per pintar, no envinilades, se sotmetran, abans de la seva aplicació, a un procés de desoxidació total i neteja de pols acumulada durant la construcció i desgreixatge.

Tots els elements de l'estructura es protegiran contra la corrosió per mitjà d'una pintura de característiques i gruix adequats.

La part interior de la caixa serà pintada amb una capa d'imprimació per ajudar a la protecció i la durabilitat de l'interior de les caixes.

L'aïllament de la caixa de passatge ha de reduir l'intercanvi de calor i reduir el soroll i les vibracions amb l'exterior. L'aïllament ha d'estar correctament fixat, i no és possible desprendre'l.

Tot el baix bastidor i els equips muntats en ell, es protegirà amb pintures i productes que preservin de les agressions de projeccions d'aigües calcàries o d'altres agents. El disseny sota bastidor serà de tal manera que eviti l'entrada i l'acumulació d'aigua en equips, travessers, travessers de subjecció d'equips, etc.

2.10.3 Armaris, cofres i canalitzacions

L'interior dels quadres elèctrics anirà retolat amb el senyal de risc elèctric. Tots els equips, elements tipus relés, tèrmics... muntats als interiors d'armaris i cofres han d'anar identificats mitjançant xapa encunyada corresponent indicant-ne el nom i la codificació.

Tots els armaris, cofres i equips elèctrics disposaran d'una xapa encunyada situada en un lloc visible segons la ubicació en tren, que indiqui el nom de l'equip i el pes.

Tots els armaris, cofres i compartiments del tren han d'incorporar juntes de goma o altre material elastomèric equivalent a les portes o tapes, amb l'objectiu de garantir un tancament eficaç, reduir sorolls i minimitzar les vibracions derivades del moviment del tren durant la circulació.

Aquestes juntes han de:

- Estar fermament fixades al marc o porta corresponent.
- Mantenir-ne la funcionalitat al llarg del temps, sense deteriorament per fatiga, temperatura o agents externs.
- Millorar el confort acústic del personal d'operació i passatge.

Tots els subconjunts d'aquests armaris i cofres de pes superior a 25 kg han d'estar degudament indicats mitjançant una xapa encunyada específica.

Per al cas que hi hagi subconjunts superiors a aquest pes, tres (3) mesos abans del lliurament del primer tren a FMB, l'adjudicatari subministrarà les instruccions i, si escau, les eines necessàries, per desenganxar, extreure i transportar aquests mòduls.

L'adjudicatari, en fase de projecte, emetrà proposta a FMB del sistema d'enganxament/desenganxament de cofres sota bastidor, per a la seva verificació, i aquests subconjunts o equips han de disposar de:

- Els equips s'han de poder desmuntar de manera segura i evitant la feina sota càrregues que no puguin ser assegurades per evitar-ne la caiguda.
- S'ha de documentar tres (3) mesos abans del lliurament del primer tren a FMB, per l'adjudicatari pel que fa a les activitats de manteniment les mesures de seguretat a aplicar, les eines, utilitatges a emprar.

- S'han d'incloure punts d'ancoratge certificats per a bagues, ganxos, eslingues i accessoris, garantint l'elevació segura d'equips, d'acord amb el que estableix el Reial decret 1215/1997, el Reglament (UE) 2023/1230 sobre màquines i la resta de normativa tècnica aplicable en matèria de seguretat d'equips de treball i elevació.
- Forat de les rosques d'elements d'elevació (bagues) han d'estar perpendicular a l'eix de treball.
- Equips accessibles al manteniment. Màxim pes final a desplaçar per un treballador han de complir allò definit segons el Reial decret 487/1997.
- Consignes d'emmagatzematge i transport de manera segura per als equips de parc. Si són necessàries estructures de transport i emmagatzematge específiques han de posseir els certificats corresponents (marcat CE i documentació de cadascun, manual d'ús).
- S'ha d'evitar l'ús d'utilitatges i eines especials per al manteniment i les reparacions, si no és possible tindran consideració de útil especial i l'adjudicatari ha d'aportar, tres (3) mesos abans del lliurament del primer tren a FMB, amb el corresponent marcatge CE, declaració de conformitat, manual d'ús i manteniment i adequació segons el que indica el RD 1215/9.
- Retolació de tots els accionaments, aparells i equips sota bastidor de manera que el personal de conducció i de manteniment en pugui reconèixer fàcilment la funció, així com les indicacions de seguretat corresponents. La retolació s'efectuarà de manera que es pugui netejar sense crear desgast ni perdre qualitat de lectura.
- En cofres de grans dimensions i pes s'ha de disposar de desenvolupament de sistema de subjecció amb tren el muntatge i desmuntatge del qual ha de ser efectuat en condició d'eliminar el factor de càrregues suspeses, a través d'assemblatges en condició horitzontal, enganxalls automàtics, i altres que eliminin el factor de disposar de la presència de personal en la immediatesa de la càrrega.

I les instruccions referents al desenganxament, l'extracció i el transport d'aquests mòduls han de preveure detalladament les seqüències operacionals que garanteixin en tot cas la seguretat i la salut del treballador, en base a la Llei 31/95 i la seva normativa de desplaçament.

Els armaris i cofres podran estar equipats amb sistemes de guiatge/extracció d'aquests subconjunts-mòduls que ajudin a l'operació. Tots els armaris i cofres disposaran d'una porta o tapa practicable permetent fàcilment l'accessibilitat als equips o elements interiors.

Tots els armaris i cofres tindran connexió de posada a terra en un lloc visible i de dimensió apropiada. Les tapes també disposaran d'una unió equipotencial amb l'armari i tindrà la flexibilitat suficient per suportar les maniobres d'obertura i tancament; la seva ubicació serà tal que no molesti l'extracció i la instal·lació d'equips o elements ni la realització de treballs a l'interior.

Tots els aparells que necessitin revisions periòdiques han d'anar muntats en cofres als laterals del cotxe, per poder ser revisats.

Les tapes i trapes que donen accés a equips han de ser suficientment practicables perquè es pugui realitzar el manteniment, reparació o substitució de manera ergonòmica i fàcil. Si no fos el cas, FMB pot sol·licitar-ne el redisseny.

Les trapes d'accés a elements, ja siguin de portes o ubicades sobre finestres, han d'estar clarament senyalitzades al seu interior indicant el sistema d'ancoratge mitjançant pictogrames o llegendes duradores, visibles i comprensibles. A més, s'han de col·locar els pictogrames de seguretat corresponents que adverteixin dels riscos associats a la seva manipulació, com ara risc elèctric, cops i atrapaments, d'acord amb el que estableix el Reial decret 485/1997 i la resta de normativa de senyalització de seguretat a l'entorn laboral

Les trapes ubicades sobre portes i finestres han de complir els requisits següents:

- El disseny garantirà una manipulació segura i ergonòmica, sense requerir postures forçades ni esforços excessius per part del personal de manteniment, en compliment amb els principis establerts a la norma ISO 6385 i la sèrie UNE-EN 1005 sobre requisits ergonòmics per a tasques físiques.
- S'ha de permetre la seva obertura completa sense interferències amb agafadors, manetes, marcs o altres elements adjacents, garantint la plena accessibilitat als equips interiors.
- S'establirà una obertura mínima lliure de 90° que asseguri un espai adequat per a l'execució de tasques de manteniment, inspecció o ajustament.
- Les trapes no han de ser desmuntades per a operacions de manteniment ordinari, però han de permetre el seu desmuntatge sense eines especials, i sense necessitat de desconnectar cables, connectors, ràcords o altres elements elèctrics o pneumàtics connectats a equips interiors.
- El disseny evitarà l'ús de fixacions no estàndard, i els sistemes de tancament han de garantir resistència davant del vandalisme.

- Les trapes han d'incorporar un sistema de retenció prou robust que en posició oberta n'asseguri l'estabilitat durant tota la intervenció.
- El disseny de les trapes assegurarà que des de l'exterior des de l'andana el passatge no té accés ni visualitza el mecanisme de portes.
- L'obertura i el tancament de les trapes s'ha de poder efectuar en un mínim de temps.
- Els tancaments de les mateixes han de ser robusts assegurant la subjecció de la trapa al seu marc, de manera que no s'afluïxi amb els moviments del tren, i impedeixin la vibració de les trapes.

Tots els tancaments d'armaris i cofres han de ser validats per FMB en fase de projecte. Tindran tancaments segurs i fàcils d'obrir i a una alçada màxima de 160 cm. Els armaris de baixa tensió han de disposar de tancaments complexos, aquests tancaments i ubicació han de ser validats en fase de projecte. Les tapes no han de vibrar ni produir sorolls molestos, han de ser hermètiques i els cables interiors no podran fregar amb aquestes.

Un cop format el tren amb els diferents cotxes, tots els aparells que compleixin la mateixa missió i s'hagin de revisar, quedaran situats al mateix costat de la composició.

La distribució dels aparells es farà racionalment tenint en compte l'aprofitament de l'espai, la fàcil accessibilitat, la distribució de pesos, etc.

Els ancoratges dels suports dels elements al bastidor han d'estar dimensionats tenint en compte les condicions de servei de FMB. Per a l'alumini, els ancoratges han d'estar protegits adequadament contra la corrosió.

El sistema de pas de cables ha de ser fàcilment accessible per facilitar les tasques de substitució o addició de noves línies de cablejat.

No s'acceptaran passos de cablatge que utilitzen els buits dels perfils de caixa.

S'evitaran els canvis innecessaris de direcció i sinuositats a les canalitzacions elèctriques i pneumàtiques.

2.10.4 Sostre

El sostre ha de ser dissenyat de manera que permeti el pas al llarg de tota la longitud del tren a través d'un camí d'amplada mínima de 350 mm i que permeti accedir a tots els equips ubicats sobre aquest. El disseny ha de ser de manera que eviti rellicades i ensopegades, amb pis antilliscant i clarament visible, per exemple, en color groc i negre.

Per accedir a altres elements del sostre s'ha de garantir la resistència mecànica de la superfície per on han de transitar els treballadors.

El sostre ha d'estar dissenyat de manera que impedeixi l'acumulació d'aigua i l'oxidació deguda a aquesta.

Els drenatges al sostre evitaran la caiguda de l'aigua sobre les finestres laterals i frontals, portes, càmeres de retrovisió i laterals del tren. Per això es col·locaran canalitzacions baixants de desguàs per evacuar les aigües i condensats. Aquestes no incidiran en cap aparell ni element muntat sota bastidor ni sobre la via.

S'evitarà l'estancament d'aigües i condensats a qualsevol zona de les estructures de les caixes dels vehicles. Especialment a les safates de recollides d'aigües, a les canalitzacions del cablejat elèctric i de comunicacions i als sostres dels vehicles.

Aquests sistemes de desguàs incorporaran els elements necessaris per evitar que s'obturin.

Es requereix el desenvolupament de la necessitat d'accés i permanència al sostre de tren mitjançant sistemes anticaigudes, sobre la base del RD 2177/2004, per a tasques de manteniment.

L'adjudicatari ha de fer la instal·lació de diferents punts d'ancoratge, d'acord amb els criteris següents:

- 4 punts d'ancoratge repartits al sostre del tren (un a cada cantonada) a tots els cotxes.
- 4 punts d'ancoratge envoltant el pantògraf, per a accessos i treballs segurs en el seu entorn.

La proposta definitiva ha de ser validada per FMB.

La ubicació dels punts d'ancoratge ha de permetre l'accés a aquests mitjançant escala manual portàtil des de zona de via, i queden situats propers als laterals del sostre, de manera que l'operari pugui connectar-se al sistema anticaigudes sense abandonar l'escala abans de pujar al sostre del tren.

Els punts d'ancoratge han de ser conformes a la normativa EN 795:2012, tipus A1, o equivalents com a ancoratges estructurals fixos. L'adjudicatari realitzarà els assaigs i validacions d'acord amb aquesta norma. han d'estar dissenyats per evitar, per construcció, la generació d'esforços de palanca o de càrregues excèntriques sobre l'estructura del tren. No s'admetran dissenys que impliquin configuracions que generin moments de bolcada sota càrrega d'ús.

Així mateix, els punts han de permetre una connexió segura des de diferents angles, incloent-hi la capacitat d'orientació de 360° que garanteixi el moviment lliure del sistema anticaigudes sense interferències, bloquejos ni torsions indegudes.

L'adjudicatari ha d'efectuar la certificació inicial dels punts d'ancoratge d'acord amb la norma aplicable. Haureu d'elaborar un Manual específic d'ús i manteniment, que inclogui:

- Procediments d'ús segur,
- Freqüència de revisió,
- Accions de manteniment necessàries per mantenir la conformitat normativa.

El certificat, juntament amb el manual, s'ha de lliurar a FMB amb almenys un (1) mes d'antelació al lliurament de cada tren.

L'adjudicatari, efectuarà la certificació inicial dels punts d'ancoratge i elaborarà el corresponent Manual per mantenir el compliment de la norma, el tipus de manteniment, les revisions, la periodicitat i el procediment d'ús. Aquest certificat ha de lliurar-se a FMB un (1) mes abans del lliurament del de cada tren a FMB.

2.10.5 Departament de passatge

La distribució interior de la sala de passatge ha de ser de manera que maximitzi l'espai. L'adjudicatari ha de realitzar el càlcul detallat del nombre de persones dempeus i asseguts que poden anar per cotxe en condicions de càrrega màxima, considerant la petjada que determini FMB en fase de projecte.

Els espais destinats a cadires de roda, carrets de nadó i bicicletes han d'estar senyalitzats a terra del cotxe formant aquesta senyalització part del paviment. S'han de senyalitzar també a l'exterior del tren i han de ser visibles des de l'interior i des de l'exterior del tren.

En tot moment, s'han de complir les especificacions tècniques i materials homologats previstos als manuals de senyalització de FMB.

A l'interior de cada cotxe hi ha d'haver una franja lliure ubicada a la part superior propera al sostre, i llegible des de qualsevol part del vagó, per a la col·locació de senyalització estàtica, com ara termòmetres, pictogrames, etc.

No s'accepta l'ús de massilles o productes semblants que siguin visibles pel passatge.

A cada cotxe existiran vuit (8) pantalles a la zona de la trapa sobre cada porta on es projectarà informació (mapes de xarxa...), amb un total de 40 pantalles per tren.

Així mateix hi haurà 4 suports per cotxe, amb protecció de metacrilat, on ubicar els mapes de xarxa de FMB. La mida i la ubicació definitives han de ser validades en fase de projecte.

Es disposarà de 4 carregadors USB per cotxe per a la càrrega de mòbils i han d'estar integrats als armaris de la zona de passadissos d'intercomunicació. La ubicació definitiva d'aquests carregadors ha de ser validada per FMB en fase de projecte.

2.10.5.1 Seients

El material constitutiu del seient serà rígid amb perfils metàl·lics no visibles, amb els seients i respallers fàcilment substituïbles. El seient serà resistent al ratllat per vandalisme, sent el color de les peces interior i exterior el mateix.

Els principis bàsics que ha de complir el seient han de ser els següents:

- a) Coloració massica, no superficial, que no requereixi posteriors pintats.
- b) Conformació de característiques anatòmiques i ergonòmiques perquè no fatiguen les vibracions.
- c) Absència total d'angles vius (perímetre amb formes arrodonides).
- d) L'alçada del seient estarà entre 45 cm i 48 cm.
- e) El color del seient estarà integrat amb la resta de la decoració interior. Els seients han de ser iguals perquè la seva intercanviabilitat sigui total.

En cap cas no s'ubicaran cofres sota seients. Aquells elements a què s'hagi de tenir accés des de sala s'han de situar en armaris al costat del passadís d'intercirculació (aixetes d'anul·lació de fre, seccionadors de cotxes, etc.).

La distribució dels seients serà longitudinal, amb subjecció als costats. Tipus "Cantilever". El nombre mínim de seients per tren serà de 108 seients. Els grups de seients disposaran d'un reposabraços de divisió entre ells que faciliti recolzar-se per aixecar-se del seient. El disseny del reposabraços es definirà en fase de projecte i ha de ser aprovat per FMB.

Cada mòdul estarà conformat en una sola peça, incorporant tapes i respallers fàcilment substituïbles sense necessitat de desmuntar tot el bloc de seients.

Es tindrà en compte l'optimització dels paràmetres següents:

- a) Equidistància entre portes del tren (4.197 mm).
- b) Estètica i confort general de l'interior del cotxe.
- c) Facilitat de circulació per l'interior del vehicle i la fluïdesa entre vehicle i andana.
- d) Capacitat de transport (hores punta i hores vall).
- e) Seguretat.
- f) Diferenciació entre seients reservats.
- g) L'amplada mínima per plaça de seient ha de ser de 500 mm.
- h) Disposar de reposabraços entre grups de 4 seients (reposabraços cada 2 seients).

2.10.5.2 Agafadors

- El sistema d'ancoratge i tipus de material utilitzats han d'evitar oscil·lacions.
- La superfície de barres, agafadors i muntants de subjecció i ajuda a la circulació interior ha de ser d'un material no lliscant, sent sempre l'interior dels mateixos d'acer inoxidable, i de color groc (RAL 10123). En fase de projecte l'adjudicatari ha de presentar una proposta de materials i tecnologia a utilitzar que ha de ser aprovada per FMB. L'adjudicatari ha de presentar tres (3) propostes.
- Hi ha d'haver barres a banda i banda de totes les portes d'accés al vehicle.
- No es col·locaran barres verticals a l'espai enfrontat a les portes accessibles evitant que obstaculitzin l'accés a usuaris de cadires de rodes, es col·locaran barres de subjecció al sostre i en paraments verticals de l'entorn per garantir la seguretat dels passatgers.
- Els agafadors han de ser fàcilment desmuntables sense necessitat de desmuntar muntants.

L'adjudicatari en fase de projecte realitzarà un estudi de distribució de agafadors (prensibilitat) que compleixi les condicions especificades en aquest Plec i la norma TSI PRM. L'adjudicatari realitzarà la distribució dels agafadors de manera que una persona pugui circular per tot el tren de forma segura i garantint que amb el cotxe a plena càrrega es puguin subjectar el màxim nombre de passatger, de manera que no s'obstrueixi l'accés o la sortida per les portes, ni el

trànsit al llarg dels cotxes. El disseny, ubicació, qualitat i nombre de agafadors serà aprovat per FMB en fase de projecte. Es disposarà dels següents elements de subjecció:

- Agafadors verticals subjectes al terra i al sostre.
- Agafadors horitzontals sobre seients, espai multiús i espai accessible.
- Agafadors/reposabraços limitant els mòduls de seients.
- Agafadors als muntants de portes i passadís intercirculació.

Els agafadors han d'estar unificats pel que fa a secció. En qualsevol cas, han de ser de gran resistència als actes vandàlics.

Els agafadors verticals individuals no s'han de deformar ni afuixar en aplicar una força horitzontal de 2 kN a la barra de suport a una alçada de 1.25 m sobre el pis, i s'aplica un parell de 1000 Nm sobre el seu eix longitudinal si no és completament recta i és possible exercir-ne un parell.

Un agafador horitzontal no s'ha de deformar o afuixar si s'aplica una força vertical de 150 kg per FMB de longitud de la barra de suport.

Els agafadors verticals múltiples a l'interior subjectes al terra i al sostre no s'han de deformar o afuixar quan s'aplica una força horitzontal d'almenys 4 kN a la vareta de suport a una alçada de 1,25 m sobre el terra, i s'aplica un parell de 2000 Nm sobre el seu eix longitudinal.

La ubicació dels agafadors serà tal que no puguin dificultar la neteja del terra, per la seva proximitat a seients o paraments.

L'acabat del agafador amb l'interiorisme es farà sense massilles o productes similars visibles. En fase de projecte l'adjudicatari presentarà la solució adoptada que ha de ser aprovada per FMB

2.10.5.3 Paviment

Ha de complir les condicions següents:

- a) Conservar-se en perfectes condicions, és a dir, sense desenganxar-se, fer-se bosses, desgasts i pèrdues de color durant 20 anys.
- b) Resistència a la calor.
- c) Bon aïllament tèrmic.

- d) Resistència davant de canvis bruscs de temperatura.
- e) Bon aïllament acústic.
- f) Resistència a les vibracions.
- g) Impedir l'entrada d'aigua a sota.
- h) Fàcil de col·locar a l'hora de la reposició parcial o total, i en el primer cas hi ha d'haver un contrast mínim de coloració amb la resta de la superfície.
- i) Fàcil d'adquirir com a recanvi.
- j) Fàcil de netejar per via humida, sense que resulti deteriorat tant el paviment com les estructures que el suporten.
- k) Resistent a dissolvents.
- l) Resistent al punxonat.

El terra ha de tenir una adequada resistència mecànica, havent de suportar una càrrega, sense cap deformació permanent, de 7000 N/m².

La duresa Barcol ha de ser igual o superior a 35 unitats, segons norma UNE-53270.

Entre la xapa base fixada a l'estructura del pis, i el paviment pròpiament dit, es disposarà dels elements necessaris per augmentar la resistència del paviment, així com per millorar l'aïllament a la calor i el soroll. Tant a la fase de disseny com a la de muntatge es posarà especial cura a evitar que es produeixin cruixits, marques o enfonsaments al pis motivats pel simple pas de persones.

Es continuarà el paviment pel parament vertical fins a una alçada aproximada de 150 mm de forma contínua, tipus "banyera".

No es col·locaran trapes o altres elements que puguin trencar la continuïtat del paviment, però si fossin imprescindibles, les parts metàl·liques han de ser resistents al desgast i inoxidables i perfectament hermètiques.

Es tindrà especialment en compte el sistema d'enganxat a la base del pis, així com el segellat de les unions entre mòduls, per aconseguir una perfecta estanquitat.

La distribució del paviment serà amb bandes longitudinals, amb el menor nombre possible. La unió entre bandes ha d'estar segellada de manera adequada.

Fins i tot en condicions d'humitat, el revestiment del terra ha de tenir bones propietats antilliscants durant tota la vida útil.

El revestiment del terra ha de tenir logotips incrustats (cadira de rodes / auxiliar de mobilitat, cadira de passeig, etc.) a la ubicació de l'àrea de multifuncional.

L'adjudicatari ha de definir dos o més tipus de paviments amb referències de la seva instal·lació en altres operadors ferroviaris. En fase de projecte, l'adjudicatari juntament amb FMB definiran quin tipus de paviment i característiques físiques s'instal·larà al tren.

Un cop aplicada la capa de paviment no es permetran imperfeccions, ondulacions o altres defectes superiors a 0,5 mm/m de planitud a tot el cotxe.

El paviment ha de ser autoadhesiu emprant una cinta d'escuma acrílica de característiques viscoelàstiques, de gruix mínim 1,0 mm i densitat mínima de 700 kg/m³, que absorbeixi irregularitats i tensions de pis.

De conformitat amb l'ETI d'accessibilitat (Reglament UE 1300/2014), s'avaluarà la resistència al lliscament del paviment mitjançant assaigs normalitzats i segons l'ús previst. En fase de projecte, l'adjudicatari presentarà la fitxa tècnica i assaigs corresponents segons les normes UNE ENV 12633, UNE 41901/41902 o UNE EN 16165 (pèndol), o DIN 51130. Així mateix, ha de documentar el pla de neteja, rentat i conservació per mantenir la rellosca al llarg de la vida útil del paviment. El paviment finalment a instal·lar serà validat per FMB en fase de projecte.

Al cotxe remolc es disposarà d'una àrea destinada a carrets de nadó, bicicletes, etc. que ha d'estar corresponentment senyalitzada al terra i al lateral del tren segons es detalli al manual vigent de senyalització de trens. Aquesta zona estarà ubicada al centre del cotxe i ocuparà l'espai d'una fila de 4 seients.

2.10.5.4 Revestiment interior

L'elecció dels materials i el seu acabat serà tal que mantingui l'aparença i el color original després de repetides neteges de grafit, brutícia, tinta, substàncies càustiques, adhesius, etc. Durant la fase de projecte es faran assaigs per demostrar que aquestes característiques es compleixen.

Els panells i la resta de components que componen l'interiorisme han de ser muntats de manera que s'eviti qualsevol tipus de sotragueig, enfonsament o despreniment no permetent cap joc o sorolls, deguts al muntatge de l'interiorisme i de tal manera que, en la separació o la desalineació entre ells, no sigui en cap cas superior a 1 mm.

No es permetran espais entre indicadors, càmeres, detectors, pantalles i marcs, peces que els suportin o on vagin muntades, impeding la possibilitat que es puguin introduir papers entre aquests elements i el seu contorn.

Tots els registres o obertures han d'estar exempts de rebaves, sense arestes ni cantells vius i amb la part interior pintada, encara que no sigui vista pel passatge, des de l'interior o l'exterior del vehicle a qualsevol part del vehicle.

Tots els cordons de segellat utilitzats han d'anar pintats, dissimulats i sempre per la cara interna de la part a segellar. L'adjudicatari farà proposta a FMB sobre la pintura aplicar. Això també s'aplicarà per a tots els cordons que s'utilitzin a l'exterior del vehicle.

Els materials utilitzats han de ser resistents a la humitat i als detergents (inclosos aquells utilitzats per a la neteja de grafit). També han de ser repel·lents a la pols.

L'elecció dels materials serà tan gran que mantinguin l'aparença original després de repetides neteges de grafit. Es permetrà la utilització de vinils antigrafit la qualitat i implantació dels quals ha de ser validada per FMB.

En cas que els revestiments siguin de materials plàstics, han de ser tintats de tal manera que en cas ratlladures aquestes no perdin el color original del revestiment esmentat.

Els panells interiors han de tenir un acabat suau i el mínim de separació entre aquests. Les transicions entre els panells laterals i el terra i el sostre han de ser suaus. No hi haurà cantells vius ni llocs on es pugui acumular brutícia i no es podran utilitzar tapetes o contramarcs a les unions de panells.

L'interior del tren ha d'estar proveït dels adhesius informatius i dels elements de senyalització d'evacuació que FMB indiqui a l'adjudicatari en fase de projecte.

Per a la fàcil substitució dels panells de revestiment interior per deteriorament o qualsevol altra causa, es col·locaran de manera que puguin desmuntar-se individualment, i han d'estar dissenyats de manera que no siguin necessaris tapajunts.

Es disposarà dels registres necessaris i suficientment amplis per efectuar la reparació i la revisió d'aparells, de manera que no cal desmuntar el revestiment interior.

Tots els revestiments de les parets laterals, parets testeres i sostre, tindran incorporat un tractament antigrafit que ha de ser sotmès a l'aprovació de FMB.

Els cargols utilitzats per a les fixacions han de ser antivandàlics, homogènies i han de respectar el disseny, tant de sala com de cabina, i no pot ser aleatori el tipus o acabat escollit per l'adjudicatari. S'han de sotmetre a l'aprovació de FMB.

Les fixacions de cables o altres elements a l'interiorisme s'evitarà l'ús dels suports autoadhesius o brides de plàstic. Si l'adjudicatari hagués d'utilitzar aquest tipus de fixacions, necessitarà l'aprovació de FMB.

S'evitarà l'ús de peces autoadhesivades per a elements tant no vistos com decoratius del tren.

Per garantir la durabilitat, les superfícies dels components interiors han de ser resistents al ratllat i al desgast provocat per l'ús en servei (fregament amb roba, cremalleres, carrets, equipatge, entre d'altres objectes) i per certs actes de vandalisme (com ratllats amb objectes punxants). La conformitat amb aquest requisit s'ha de justificar mitjançant un test de material normalitzat.

2.10.5.5 Passadís d'intercirculació

El passadís d'intercirculació ha de complir les normes EN 16286-1 i EN 16286-2.

La zona del passadís ha d'estar perfectament il·luminada i disposarà de agafadors en concordança amb la resta del tren.

Serà robust, lleuger i capaç de resistir totes les sol·licitacions que es puguin produir, amb el tren circulant en via general i cotxeres, en les pitjors condicions, reunint les màximes garanties de seguretat per al passatge, en qualsevol moment de la marxa. El muntatge i desmuntatge dels passadissos serà fàcil, ràpid i segur. Els passadissos d'intercomunicació disposaran de tensors elàstics a les parets dels passadissos per facilitar-ne el muntatge i el desmuntatge.

Formarà una unió perfectament estanca, impedit l'entrada de pols o aigua fins i tot al rentat mecànic, així com una insonorització correcta.

L'alt i l'amplada lliure de pas han de ser aproximadament igual a la dels passadissos instal·lats actualment als trens de FMB:

- Servidor amb base de dades..... 1.977 mm $\pm$ 5 mm.
- Ample lliure de pas 1.350 mm + 25 mm/-50 mm.

El passadís d'intercomunicació, a la part exterior de caixa, s'ha d'ajustar el més possible al gàlib cinemàtic de la caixa, disminuint així el risc de caiguda entre cotxes.

Els elements del passadís no han de ser accessibles al passatge, especialment els mòbils, per evitar accidents o actes de vandalisme. En general, ha de ser de fàcil neteja i amb la superfície protegida antigrafiti.

El passadís ha de presentar una resistència a foc i fum amb qualificació segons la norma EN-45545.

El passadís tindrà una atenuació acústica segons l'EN 16286-2 d'almenys 29 dB.

Cal aportar referències suficients (2 o més) d'experiències demostrades en un servei similar al necessari per FMB.

2.10.5.6 Finestres i lluna frontal

Totes les llunes de la unitat han de ser de vidre temperat de seguretat, que, en cas de trencament, els fragments no puguin produir lesions, evitant la projecció d'estelles cap a l'interior. Les llunes frontals tindran un gruix tal que no puguin ser perforades per l'impacte d'objectes sòlids. L'adjudicatari, en fase de projecte, ha de justificar la capacitat per resistir impactes, que no serà inferior a la requerida a la norma EN 15152.

Deuran estar previstes de làmines protecció anti vandàlica (antiratllat i antiàcid) per totes dues cares. Aquestes proteccions no han de reduir en cap cas la transparència del vidre.

Totes les llunes del vehicle, incloent-hi les portes d'accés a sala i cabina, han de complir amb el Reglament núm. 43 de la Comissió Econòmica per a Europa de les Nacions Unides (CEPE) - Disposicions uniformes relatives a l'homologació dels materials d'envidrament de seguretat i el seu muntatge als vehicles" i normes NF F 39231 i NF F 39231.

La superfície de vidre serà la màxima possible, repartint-la de forma integrada a l'estètica del tren.

El costat superior de les finestres al departament de passatge ha d'estar com a mínim a 1850 mm per sobre del pis i la dimensió mínima vertical de la lluna serà ≥ 750 mm.

Es muntaran dues versions, una amb finestres fixes i no practicables pel passatge i una altra (dues finestres per cotxe) amb la part superior de la finestra practicable, abatible; l'obertura representarà un 20% de la superfície total de la finestra, però si es vol podran enclavar-se fàcilment, impedit-ne l'obertura mitjançant pany de quadradet.

El muntatge de les llunes es farà assegurant una gran solidesa i seguretat, mitjançant perfils de goma amb junta o cordó d'expansió, que impedeixin així mateix l'entrada d'aire i d'aigua, i aïllen la lluna de les vibracions. La substitució de finestres i parabrises s'ha de poder fer en el mínim temps possible (< 1 hora). En cap cas no es permetrà la col·locació de contramarcs interiors.

La unió marc-finestra ha de tenir un nivell de protecció d'almenys IP66. S'aïllarà a les finestres i parabrises de tota mena de vibracions.

Els vidres del tren, especialment la lluna frontal de cabina, compliran els estàndards més alts de qualitat òptica, resistència mecànica i seguretat, d'acord amb la normativa vigent aplicable al sector ferroviari. S'utilitzarà vidre laminat conforme a la norma UNE-EN 15152:2020 sobre parabrises frontals de cabines ferroviàries, així com a les normes UNE-EN 16186-1:2015 + A1, NF F 15-818:1996 i UIC 651 (4a edició, juliol de 2002), fet que garanteix que es permeti una transparència no inferior al 85% i una visió sense distorsions per al personal de conducció. Es prestarà una atenció especial a la planitud de la lluna, evitant qualsevol tipus de deformació òptica que comprometi la correcta percepció de l'entorn ferroviari. S'ha de presentar un informe tècnic favorable que justifiqui l'absència de distorsions òptiques perceptibles a les vidres frontals, especialment des de la posició del conductor. Aquest informe inclourà la fitxa tècnica del vidre frontal, detallant-ne la composició, tractaments superficials, capes funcionals i les seves propietats òptiques i mecàniques d'acord amb el que requereixen les normes anteriorment esmentades.

Atès que part del traçat discorre a l'exterior, tant la lluna frontal com les llunes laterals del lloc de conducció han d'estar dotades de vidres tintats, amb característiques que garanteixin una protecció solar i visibilitat adequada, i asseguraran l'estanquitat a l'aigua i a l'aire, incorporant canals de drenatge integrats.

Des del punt de vista estructural, la lluna frontal ha de suportar impactes directes amb una energia mínima de $\geq 1,5$ kJ, garantint que no es produeixi el desplaçament del conjunt cap a l'interior de la cabina. Aquesta condició serà exigible a qualsevol punt de la seva superfície.

La lluna ha de tenir forma plana, i estarà instal·lada amb un sistema de subjecció dissenyat per resistir impactes.

A més, la lluna frontal assolirà les següents categories de resistència a l'atac manual segons la norma UNE-EN 356:

- P3A, resistència bàsica davant d'agressions manuals.
- P6B, resistència superior davant d'atacs prolongats amb eines.

Finalment, es validarà la seva resistència al dany per impacte de gravetat d'acord amb el procediment establert a la norma UNE-EN 15152. Així mateix, els parabrises aniran calefactats i disposaran d'un dispositiu de neteja del vidre frontal amb dipòsit d'aigua de 25 litres. Aquest dispositiu tindrà diferents velocitats de neteja.

2.10.5.7 Il·luminació interior

L'enllumenat de l'interior dels cotxes no s'ha d'apagar al pas de pantògrafs del tren per zones de catenària amb aïlladors de secció, o quan hi hagi pèrdues de tensió de catenària la durada de les quals sigui inferior a 30 segons. A aquest efecte, aquest enllumenat s'alimentarà de la tensió de bateria.

Es garantirà la disponibilitat de, almenys, dos proveïdors capaços de subministrar lluminàries compatibles amb el sistema d'il·luminació instal·lat al tren, que ofereixin prestacions i costos iguals o superiors a les de les lluminàries originals, durant un període mínim de 10 anys.

S'ha de garantir la capacitat d'apagar automàticament qualsevol lluminària que presenti parpelleig. FMB definirà, durant la fase de Projecte, les condicions i les indicacions específiques associades a aquesta funcionalitat.

A les tasques de manteniment interior de determinats armaris i cofres, que han de ser identificats durant la fase de Projecte, es garantiran nivells d'il·luminació de fins a 500 lux per assegurar condicions òptimes de treball.

La il·luminació interior del tren es podrà graduar manualment, però també automàtica en funció del volum de passatge, de l'hora del dia o de la il·luminació exterior.

L'adjudicatari ha de complir amb la norma UNE-EN 13272.

El conjunt de l'enllumenat ha de ser homogeni a tot el tren, s'ha de fer amb tecnologia de panells LED, compresa entre 4000 °K i 6000 °K tal que en qualsevol punt d'un pla horitzontal situat a 1000 mm del terra no resulti una il·luminació inferior a 400 lux a l'any de funcionament i uniformitat de 0,8 a 1,2 en zona seients i uniformitat de 0,5 a 2,5 a la zona de punts amb lluentor.

Les lluminàries han d'estar dissenyades per evitar l'enlluernament garantint una qualitat "A" i amb corbes d'il·luminació normal de 300 lux.

L'índex de reproducció cromàtic ha de ser major o igual a 80 i aquest color és el grup 1B.

Aquests requisits s'han d'aplicar igualment a la cabina de conducció.

L'enllumenat LED ha de complir amb les normes IEC/PAS 62717: "Mòduls LED per a il·luminació general" i IEC/PAS 62722: "Lluminàries per a LED per a il·luminació general". Així mateix ha de complir amb les següents característiques:

- CRI ha de ser 80 o superior.
- L70.
- Vida útil: superior a 100.000 hores.

Les llumeneres aniran alimentades directament a tensió de bateria sense convertidors d'il·luminació.

Els difusors d'enllumenat han d'estar d'acord amb la decoració interior i han de ser de fàcil neteja.

S'ha de disposar de les mesures necessàries perquè el públic no pugui manipular els elements d'il·luminació.

L'encesa i l'apagada de l'enllumenat del compartiment de passatgers del tren el gestiona el sistema informàtic de comandament i monitoratge. L'encesa podrà realitzar-se de forma automàtica mitjançant la funció de posada en marxa automàtica (accionant el pulsador de PMA) i també podrà fer-se accionant un pulsador de "Connexió Enllumenat" situat al lloc de conducció.

L'apagat es pot fer de forma automàtica pressionant el pulsador de DA, o de forma manual, accionant el pulsador corresponent a la desconexió manual de l'enllumenat situat al lloc de conducció.

Quan la bateria romangui en descàrrega durant un temps de 30 segons, de forma automàtica es desconnectarà l'enllumenat ordinari i només quedarà el d'emergència. Aquest temps pot ser modificat per personal de manteniment.

La il·luminància ha de ser suficient per fer possible l'ocupació continuada del vehicle o el desallotjament. Heu de proporcionar el mínim de llum necessari per fer possible que el passatge es puguin desplaçar dins dels vehicles, així com abandonar-los i en particular advertir la presència d'obstacles. Les sortides del vehicle han de ser clarament identificables.

Aquesta ha de garantir la seva connexió automàtica havent d'assolir a l'arrencada en 5 segons el 50% de la il·luminació requerida i en 15 segons el 100%.

Cal garantir el funcionament durant 1 hora després del tall de subministrament d'energia.

Es col·locaran lluminàries al costat de les portes i estreps de portes.

Quan la bateria torni a càrrega es reconnectarà automàticament l'enllumenat ordinari.

L'adjudicatari, en fase de projecte, ha de justificar quin és el nivell lluminós adequat al departament de passatgers i al lloc de conducció, en funció de la decoració, distribució d'elements i característiques dels materials utilitzats. S'ha de garantir la uniformitat d'aquesta il·luminació i que aquesta no pateixi canvis quan la tensió de la bateria fluctui.

A l'interior de cada cotxe s'implantarà un polsador que en ser accionat activarà l'anomenat "Enllumenat de manteniment". Aquest polsador s'implantarà en un lloc que cal establir durant el projecte, fora dels armaris de cabines i de manera que no pugui ser accessible al passatge.

La missió de "l'enllumenat de manteniment" és dotar l'interior del tren d'il·luminació, per a aquell personal de neteja o un altre personal de manteniment aliè a FMB, que no hagi d'accedir a l'interior dels armaris de cabina.

Per activar el "Enllumenat de manteniment" s'ha d'accionar el polsador esmentat, la bateria ha d'estar desconnectada i la tensió no ha de ser inferior al 85% del valor nominal. Si es compleixen aquestes condicions, s'activarà la il·luminació de manteniment dels cotxes i els dels dos llocs de conducció. Si la bateria ja està connectada s'inhibirà l'activació de l'enllumenat de manteniment, ja que com a mínim estarà en servei l'enllumenat d'emergència.

Per tal d'evitar la descàrrega total de la bateria, l'"Enllumenat de Manteniment", es desconnectarà automàticament 15 minuts després d'haver-se accionat el polsador de connexió, o quan la tensió de bateria tingui un valor menor o igual al 85% del seu valor nominal. Aquesta temporització de la desconnexió pot ser modificada per personal de manteniment en un marge de 5 a 60 minuts. Quan actuï la temporització es podrà tornar a reconnectar l'"Enllumenat de Manteniment", sempre que es compleixin les condicions per activar-les abans esmentades.

Les característiques tècniques de tots els elements d'il·luminació s'han de sotmetre a l'aprovació de FMB.

Cada mòdul d'il·luminació reemplaçable ha de ser ajustable el nivell de lluminositat en cas de ser substituït per evitar contrastos d'il·luminació amb conjunts dins del mateix cotxe.

2.11 SISTEMA INFORMÀTIC EMBARCAT (K)

La definició i la integració dels sistemes tecnològics embarcats es basa en la següent arquitectura de referència, que mostra els diferents components i les seves interrelacions.

Aquesta arquitectura es basa en dues xarxes diferenciades per a sistemes tecnològics i per a aquells propis dels sistemes del tren, canals comuns de comunicació tren-terra i un sistema de gestor d'energia global.

Hi haurà dues xarxes diferenciades amb diferents funcions i tipus de sistemes que hi estan connectats: la xarxa troncal TCN multiservei (Train Control Network) i la xarxa troncal Ethernet multifuncional (també anomenada Xarxa Embarcada de Metro o REM).

El propòsit de la xarxa troncal TCN és proporcionar un autobús de control a través del qual els diferents sistemes embarcats intercanvien informació d'estats i alarmes. Aquesta xarxa multiservei permet la transmissió de dades crítiques cap al Centre de Control. És utilitzada pels diferents sistemes per intercanviar informació d'estats i alarmes amb altres sistemes i reportar al sistema de monitoratge i gestió embarcada.

El propòsit de la xarxa REM és proporcionar un mitjà de transmissió de banda ampla dins del tren per interconnectar els elements distribuïts pel tren que constitueixen un sistema, evitant cablejats i busos propietaris, els sistemes tecnològics amb els sistemes de comunicació tren-terra i els diferents sistemes que requereixin intercanviar informació diferent de la que viatja per la xarxa TCN. També hi ha alguns sistemes/serveis i altres funcionalitats transversals com pot ser el sistema de videovigilància (centra local), el sistema de videodifusió de les TFT d'informació al passatge (centra local), DNS forwarding, sincronisme NTP, etc.

El sistema informàtic embarcat i tots els sistemes de comunicació propis del tren o del tren-terra de qualsevol xarxa han d'estar específicament protegits davant de ciberatacs i han de complir les normes de referència que apliquin. Hi ha diferents annexos en aquest plec que s'han de complir per al disseny de les xarxes, sistemes/solucions i comunicacions embarcades (p. ex.: annex d'arquitectura i integració tren terra, ciberseguretat OT, ciberseguretat IT, etc.). Serà responsabilitat de l'adjudicatari realitzar una auditoria de ciberseguretat per una empresa externa certificada abans de posar en servei el primer tren que verifiqui:

- El disseny, l'arquitectura i les interconnexions generals de les xarxes embarcades.
- De les solucions (i cadascun dels equips d'aquestes) que porti l'adjudicatari.
- Per als sistemes/solucions mixtes en què FMB aporta una part de la solució (sistema/producte) i l'adjudicatari una altra, només recaurà sota la responsabilitat de l'adjudicatari l'auditoria sobre els elements aportats per ell (a nivell maquinari o programari).

També és responsabilitat de l'adjudicatari implementar les correccions i millores detectades a les auditories de ciberseguretat.

2.11.1 Xarxa troncal TCN

El tren incorporarà un sistema informàtic que centralitzi les funcions de comandament, monitoratge i control del tren. Aquest equip ha d'estar homologat per a aplicacions ferroviàries de comandament segons norma IEC61375, per la qual cosa el sistema de comunicacions utilitzat es basarà en l'estàndard de tren TCN de la norma esmentada.

Els equips integrants del sistema han de complir almenys les normatives ferroviàries de referència pel que fa a soroll electromagnètic (EN 50121), temperatura, vibracions i condicions de treball (EN 50155).

Bàsicament el sistema informàtic embarcat estarà compost com a mínim per:

- Processadors redundats amb localitzacions distants al tren, sense elements comuns que comprometin la seva redundància, amb connexió redundant cadascun al bus de comunicació i amb capacitat perquè, davant la decisió d'un o altre, sempre sigui capaç d'assumir el comandament de forma totalment transparent per al sistema (sense pèrdua de prestacions).
- Dos canals redundats de comunicacions que no compartiran elements susceptibles de provocar errors simultanis i que interconnectaran tots els equips del tren. Qualsevol tipus de fallada a les comunicacions localitzat en un dels canals no ha de tenir conseqüències per al sistema, el canal que roman operatiu ha de garantir les comunicacions sense que en cap moment la funcionalitat es vegi afectada.
- Els mòduls d'E/S remots necessaris per realitzar la funció de comandament i control del tren, es trobaran adequadament distribuïts als diferents cotxes, també han d'estar connectats al sistema de forma redundant.
- Dues pantalles per lloc de conducció amb el teclat (segons especificació apartat corresponent d'aquest plec), a través de les quals es podrà consultar en temps real totes les dades i incidències dels equips embarcats al tren. Cada pantalla situada al lloc de conducció també es trobarà connectada de forma redundant al sistema informàtic i al de CCTV, si durant el projecte s'estima necessari que compleixi aquesta funció.
- Els equips i les xarxes auxiliars necessàries per garantir la funcionalitat, la seguretat i les prestacions requerides del tren que s'exposen en aquest document.

La redundància del sistema informàtic a nivell de processadors i busos de comunicacions ha de ser real i absoluta. En cap cas una sola avaria en cadascun d'aquests subsistemes no ha d'ocasionar disminució en les prestacions del tren.

Es cuidarà especialment la redundància dels canals físics que distribueixen cadascun dels busos de comunicació al llarg de tot el tren, no s'acceptarà que aquests canals comparteixin connectors, regletes, alimentacions, mànegues, apantallaments i altres elements susceptibles d'introduir errors que neutralitzin la redundància del sistema.

Les interconnexions del bus informàtic amb cadascun dels equips no es realitzaran mitjançant connectors aeris, sinó que han de ser de tipus fix sustentats a xassís (tipus bastidor), aquesta pauta s'estendrà també a la resta de canals de comunicacions, E/S, alimentacions, etc. del sistema. L'operació de retirar, intercanviar, etc. equips connectats a la xarxa informàtica no requerirà cap manipulació de connectors, sinó que n'hi haurà prou d'interrompre la seva alimentació mitjançant l'element adequat, retirar els cargols de subjecció i extreure'n l'equip.

Davant l'extracció de qualsevol equip de la xarxa informàtica del vostre allotjament, per al seu manteniment, substitució per avaria, etc. no s'acceptarà deteriorament a les comunicacions, l'única conseqüència esperada serà l'òbvia desaparició de l'equip de la xarxa i la pèrdua de comandament i informació associada i només si aquest no està redundat. La integritat dels busos de comunicació no dependrà que els equips es trobin connectats o no als mateixos. L'extracció, del vostre allotjament, d'un equip connectat a la xarxa informàtica no implicarà l'obertura d'aquesta.

El cablejat de baixa tensió del tren estarà concebut perquè en cap cas la decisió o pèrdua d'un sol mòdul d'E/S remot impedeixi que un tren pugui continuar en servei comercial de manera segura fins al final del servei. Els circuits crítics per garantir la mobilitat segura d'un tren, comandats pels mòduls d'E/S remots del sistema informàtic, així com les entrades i sortides relacionades s'han de trobar correctament redundades.

Igualment, en el disseny de la circuiteria del tren s'ha de contemplar una funcionalitat "Mode auxili del sistema informàtic" amb què es garanteixi la mobilitat segura d'un tren quan aquest pateix la pèrdua total o parcial del sistema informàtic per qualsevol motiu. Aquesta funció ha d'estar disponible per a qualsevol estat en què es trobi el sistema informàtic embarcat, i la seva activació es pot fer des dels dos llocs de conducció.

L'activació del "Mode auxili del Sistema Informàtic" es realitzarà mitjançant l'accionament del corresponent polsador, això forçarà la connexió i preparació de tots els equips del tren perquè aquest pugui circular, només en conducció manual, de manera segura fins i tot amb passatge si fos necessari. Aquest procés no ha de necessitar cap prerequisit diferent de tenir

comandament de tren al lloc de conducció des del qual es pretengui moure'l. El "Mode auxili del Sistema Informàtic" ha de prevaler sobre el comandament del sistema informàtic, per tant, l'activació del Mode auxili desactivarà aquells equips de la xarxa informàtica que poden afectar el funcionament en mode auxili sense necessitat de fer un bypass addicional a cap equip electrònic del sistema informàtic. Coexistiran el major nombre possible de funcionalitats importants realitzades per equips no afectats després d'una possible fallada del sistema informàtic, com ara el d'ATP, Ràdio, etc.

El pulsat d'activació del Mode auxili del sistema informàtic disposarà de senyalització lluminosa per indicar que aquesta funcionalitat quan estigui operativa. També se senyalitzarà a la pantalla de conducció que el sistema informàtic del tren és a Mode auxili.

El sistema ha de ser capaç de recuperar-se ràpidament i de forma automàtica després del cessament del motiu que va originar la sentència, sense que es requereixin reinicis. Obertures o curtcircuits esporàdics de bus no han d'originar bloquejos permanents del sistema.

En fase de projecte l'adjudicatari documentarà i justificarà el compliment de les especificacions d'aquest apartat. El sistema i el seu funcionament han de ser aprovats per FMB.

El sistema de comandament estarà dissenyat contemplant els modes degradats de treball, perquè en cas d'avaria parcial o total de la xarxa informàtica del tren quedi garantit el funcionament correcte dels serveis i equips necessaris per poder retirar el tren de la línia.

Pel que fa a les informacions, dades i registres del sistema informàtic dels trens:

- S'ha de poder tenir accés, mitjançant la pantalla situada en lloc de conducció a dades i incidències en temps real de tots els equips embarcats al tren.
- Tots els errors i esdeveniments han d'identificar l'equip i el cotxe del qual procedeixen i donar informació sobre la naturalesa dels mateixos. La informació mostrada s'acompanyarà d'esquemes o imatges, es dissenyarà de manera senzilla i intuïtiva, per facilitar la ubicació dels equips al Tren per trobar ràpidament la millor resolució de les possibles incidències.

A la fase de projecte es definirà conjuntament amb FMB l'abast d'aquestes informacions de diagnosi.

El tractament de les informacions a nivell de monitoratge i comandament de trens es realitzarà des de CCM o des de la cotxera, es farà mitjançant un programari que es desenvoluparà a partir de l'aplicació de monitoratge i comandament implantada als trens.

El sistema ha de gestionar la presentació simultània de diversos estats operacionals incorrectes (EOI) de forma automàtica.

Quan el tren estigui conduït manualment, els estats operacionals incorrectes mostrats a la pantalla del sistema informàtic han d'estar acompanyats d'una guia d'actuació sobre el procediment adequat a seguir en cada cas per solucionar la situació descrita. L'aparició de cada estat operacional incorrecte donarà lloc a una senyalització acústica d'una intensitat adequada per no generar molèstia i que podrà silenciar el personal de conducció en rearmar-la. Aquesta senyalització no estarà operativa amb tren quan aquest estigui conduït automàticament sense personal de conducció.

Al sistema informàtic del tren hi haurà registre d'Estats Operacionals Incorrectes, fallades i esdeveniments en memòries no volàtils d'ompliment cíclic.

La capacitat d'emmagatzematge de les incidències ha de permetre una explotació normal del tren entre intervencions programades sense que es produeixi la pèrdua de la informació de les incidències produïdes o la impossibilitat de seguir emmagatzemant incidències.

En aquests registres es datarà la informació en temps real i quedarà associada a un context, personalitzat per a cada tipus d'incidència/esdeveniment, que permeti una ràpida interpretació de la incidència en recuperar les dades. L'adjudicatari ha d'analitzar per a cada cas quin és el context més adequat, el qual ha de ser sotmès a l'aprovació de FMB.

L'anàlisi d'esdeveniments ha de ser una eina potent amb la qual s'obtingui informació real i útil per al manteniment preventiu i correctiu del sistema, cal evitar l'aparició d'esdeveniments injustificats.

Les aplicacions del sistema informàtic han de possibilitar el manteniment preventiu, predictiu i correctiu del sistema informàtic i se sotmetrà a l'aprovació de FMB. L'adjudicatari ha d'aportar eines embegudes i no embegudes efectives suficients perquè cadascuna per separat pugui mostrar en temps real indicadors de la qualitat de les comunicacions (taxa de trames errònies, connectivitat d'equips, etc.). Les dades o registres que subministrin les esmentades eines informàtiques embegudes en el sistema, capaces d'avaluar la qualitat de les comunicacions del mateix, no només han de ser anotats com a esdeveniments, sinó que a més podran ser enviats en temps real al CCM pel canal tren-terra que en el seu moment es determini.

L'eina per a la implementació dels algorismes de control del sistema informàtic embarcat es basarà en aplicacions programari de tipus gràfic i d'alt nivell, similars a les emprades per a autòmats programables. El vostre entorn de treball ha de ser agradable i intuïtiu per a l'operador (user friendly).

Durant la fase de projecte, l'adjudicatari ha de justificar els algorismes emprats en la gestió del comandament i control dels sistemes i equips del tren.

El programari d'equip de control de fre pneumàtic ha de ser desenvolupat, depurat i validat mitjançant procediments que garanteixin la seguretat de funcionament amb autodetecció de defectes i errors.

Totes les interaccions home-màquina (IHM) amb el sistema informàtic s'han de poder efectuar mitjançant la pantalla del lloc de conducció, reservant-se l'ús d'ordinador portàtil per a les operacions específiques que ha de fer personal de manteniment. A les zones de conducció existiran punts de connexió i accés a les xarxes informàtiques del tren mitjançant Ordinador Portàtil, des d'on es podrà realitzar la posada a punt dels principals equips i sistemes embarcats (sistema informàtic, cadena de tracció, ATC, frens, convertidors, CCTV, etc.). Per a aquest tipus d'accessos només es faran servir connexions d'alta velocitat tipus USB, Ethernet o similar.

La introducció de la dada de diàmetre de roda dels eixos del tren que porten associats tacogeneradors o dispositius de mesura de velocitat es podrà efectuar a través de les pantalles del sistema informàtic del tren, transmetent-se als diferents equips que requereixin aquesta informació.

Tots els equips que requereixin rellotge a temps real han d'estar sincronitzats a través del sistema informàtic, el qual prendrà com a patró el rellotge de temps real d'un dels equips caixa negra (els 2 equips caixa negra han d'estar sincronitzats). En cas d'avaría d'aquest equip es prendrà com a patró de rellotge l'altra caixa negra, si aquesta també fallés seria el rellotge en temps real del SIE l'utilitzat com a patró.

La data i hora serà subministrada per un servidor NTP a definir en fase de projecte

Qualsevol modificació al rellotge de temps real de l'equip caixa negra patró ha de ser actualitzada de forma instantània a la resta dels equips. Les modificacions de la dada del rellotge es podran realitzar des de les pantalles situades als llocs de conducció pertanyents al sistema informàtic i des del CCM, actualitzant-se aquesta dada a la resta dels equips. S'ha de registrar a la memòria d'esdeveniments i caixa negra aquesta modificació, amb indicació de les dades del rellotge de temps real abans i després de la modificació, a fi de disposar de la traçabilitat de les intervencions esmentades.

També la introducció de la dada de temperatura consigna per als equips de climatització d'un tren es podrà efectuar des de les pantalles situades al lloc de conducció i des del CCM.

Totes les targetes i equips instal·lats als trens, inclosos aquells d'aportació FMB, publicaran al sistema informàtic embarcat del tren el corresponent número de sèrie i versió de programari instal·lada, de manera que es pugui consultar directament des de la pantalla d'ajuda a la conducció i/o extreure l'arborescència de targetes, equips,... muntats al tren en qualsevol moment mitjançant ordinador portàtil o connexió remota.

Els mòduls d'entrades-sortides E/S (interfícies entre el sistema informàtic i els equips del tren) disposaran de, com a mínim, un 20 % d'entrades i sortides de reserva, en previsió de possibles modificacions posteriors al projecte. Aquests mòduls han d'estar dissenyats per poder treballar directament amb tensió de bateria sense necessitat d'adaptadors intermedis de tensió.

El sistema informàtic embarcat ha d'incorporar funcions d'autodiagnòstic de fallades, avaries i esdeveniments per determinar-ne l'estat operacional:

- a) Fora de servei.
- b) Mode degradat amb reducció de prestacions.
- c) Incidència que no afecta el servei.
- d) Correcte.

Aquesta funció és de nivell superior al monitoratge i al registre local d'esdeveniments als equips. El mateix equip diagnosticarà l'origen de l'anomalia i l'acotarà de la manera més precisa possible.

el monitoratge dels tèrmics del tren es realitzarà de manera individual per als tèrmics que puguin afectar el servei. En fase de projecte l'adjudicatari presentarà una proposta de monitoratge de tèrmics i aquesta ha de ser validada per FMB.

L'adjudicatari ha de dissenyar uns protocols de proves que permetin verificar la totalitat de les funcions de comandament, informacions i modes degradats del SIE. Aquests protocols s'han de lliurar i ser validats per FMB en fase de projecte.

2.11.2 Xarxa Ethernet embarcada (REM)

El tren ha de disposar d'una xarxa Ethernet embarcada (també anomenada REM). Un dels propòsits principals de la xarxa és proporcionar un mitjà de transmissió de banda ampla dins del tren per:

- Interconnectar els elements distribuïts pel tren que constitueixen un sistema, evitant cablejats i busos propietaris. Per això es definiran aquells segments de xarxa que siguin necessaris en base als seus components i criticitat.
- Interconnectar els sistemes tecnològics amb els sistemes de comunicació tren-terra.
- Interconnectar els diferents sistemes que requereixin intercanviar informació diferent de la que viatja per la xarxa TCN.

Al capítol 'SISTEMES DE COMUNICACIONS I INFORMACIÓ AL VIATGER (M)' d'aquest plec s'amplia la informació relacionada amb aquesta xarxa Ethernet embarcada.

2.11.3 Posada en marxa i desconexió del tren

2.11.3.1 Introducció

La posada en marxa i desconexió del tren pot ser de 2 tipus:

- Local: Serà la utilitzada quan el tren es trobi en mode de conducció manual i òbviament requerirà presència de personal qualificat en qualsevol dels dos llocs de conducció del tren.
- Remota: Serà la utilitzada quan el tren es troba en mode de conducció automàtica, no requerirà cap presència de personal amb tren ja que es realitzarà a través del canal de comunicacions bidireccional tren-terra que en el seu moment es determini.

2.11.3.2 Posada en marxa i desconexió local

A continuació, es realitza una descripció del procés de connexió i desconexió local del tren, encara que durant el desenvolupament del projecte l'adjudicatari ha de proposar aquelles modificacions del procés que, al seu criteri o per requeriments funcionals del sistema, puguin introduir millores, les quals han d'estar adequadament justificades.

A cada lloc de conducció hi haurà un polsador per ordenar la connexió de la bateria de tot el tren, i un altre que pugui desconnectar-la. Si després de connectar bateria, en un lloc de conducció s'activa la clau de govern, des de l'altra no es podrà desconnectar ni continuar connectant o desconnectant equips de tren.

El polsador amb què se sol·licita la desconexió de bateries ha d'integrar protecció mecànica a fi d'evitar-ne l'activació no desitjada. Les maniobres de connexió i desconexió de bateries han de ser segures i quedar garantides davant d'errors del sistema informàtic o de les comunicacions.

Des que es connecta la bateria de tot el tren fins que el sistema informàtic queda preparat per executar les ordres de posada en marxa, transcorrerà un temps màxim d'un minut, a fi de no penalitzar la disponibilitat del tren davant de la possible necessitat de reiniciar-lo en servei.

Un cop quedi connectada la bateria de tot el tren i a la pantalla corresponent del lloc de conducció s'indiqui de manera automàtica que el sistema està preparat per acceptar i executar ordres de posada en marxa, hi haurà dues maneres diferents de posar en servei tots els equips:

- Posada en Marxa Manual (PMM).
- Posada en Marxa Automàtica (PMA).

El procés contrari, desconnectar els equips del tren, també es podrà fer de dues maneres diferents:

- Desconnexió Manual (DM).
- Desconnexió Automàtica (DA).

Des de qualsevol lloc de conducció, sense clau de govern connectada amb tren, o només des del que romangui connectada, es podrà llançar qualsevol de les ordres PMM, PMA, DM i DA mitjançant l'accionament del polsador corresponent. Si l'ordre llançada és una PMA, el sistema realitzarà, almenys, les operacions següents:

- a) Pujar els pantògrafs de tot el tren.
- b) Connectar els grups convertidors de tot el tren.
- c) Connectar els compressors de tot el tren.
- d) Encendre l'enllumenat de servei del compartiment de passatgers.
- e) Connecteu els equips d'aire condicionat de tot el tren.
- f) Connexió de qualsevol altre equip que l'adjudicatari consideri convenient incloure a la PMA.

La PMA seguirà la seqüència de connexió d'equips següent: pantògraf, convertidor, compressor, aire condicionat, enllumenat, altres a definir.

El convertidor i el compressor principal necessitaran confirmació de connexió de l'equip que els antecedeix, i en cas contrari s'aturarà la seqüència.

La DA desconectarà els equips seguint la seqüència: enllumenat, aire condicionat, compressor principal, convertidor i pantògraf.

El convertidor i el pantògraf necessitaran confirmació de desconnexió de l'equip que els antecedeix.

Totes aquestes operacions també es poden fer manualment, equip per equip, utilitzant el seu propi polsador de PMM.

El sistema oferirà sempre de manera simultània: la possibilitat d'utilitzar qualsevol dels dos tipus de posada en marxa (PMA i PMM) o utilitzar qualsevol dels dos tipus de desconnexió (DA i DM). En general es podrà sol·licitar al sistema, de forma aleatòria i sense necessitat de guardar cap pauta temporal, qualsevol opció de les quatre esmentades en aquest paràgraf, sense que això suposi cap problema perquè aquest respongui de forma instantània a l'última ordre sol·licitada. En cas que es procedís a la PMM i no s'activaran els compressors, el tren donaria un avís a través de la interfície amb el personal de conducció per alertar i evitar sortir a servei comercial, sense generació d'aire.

Els polsadors de connexió i desconnexió manual i automàtica s'han de trobar físicament en posicions adjacents. La disposició, simbologia i entorn d'aquests polsadors ha de contribuir a localitzar-los i comprendre'n fàcilment l'ús.

Quan desaparegui la tensió de catenària s'ha d'aturar automàticament el funcionament dels equips connectats a l'alta tensió. Després de la recuperació de l'AT es llançarà automàticament una ordre de reengegada d'aquests equips.

Per tal de protegir la bateria, l'equip que gestioni la PMA/DA realitzarà una desconnexió automàtica del tren (incloent-hi bateria), quan no hi hagi cap clau de govern connectada o comandament remot actiu i la bateria hagi romàs a la descàrrega de forma continuada més de 15 minuts (configurable per FMB). Aquest temps pot ser modificat per personal de manteniment. Cal evitar que aquesta protecció de bateries s'activi en situacions no desitjades en què es puguin ocasionar trastorns en la funcionalitat nominal o degradada d'un tren en servei. L'adjudicatari, en fase de projecte, ha de proposar una solució que consensuarà amb FMB.

Després del llançament d'una ordre de PMA, DA, PMM o DM, el personal de conducció ha de rebre de forma automàtica informació visual, sobre l'estat dels equips durant el procés, de manera que en pugui fer un seguiment complet. Les possibles incidències s'han d'indicar a la pantalla del lloc de conducció corresponent mitjançant estats operacionals incorrectes i indicacions específiques, adjuntant guia d'actuació si cal.

En general, el sistema de posada en marxa i desconnexió del tren ha de ser àgil, senzill, intuïtiu i robust, per la qual cosa serà de gran importància la quantitat i la qualitat de la informació que en temps real reporti el sistema sobre l'estat del procés.

2.11.3.3 Posada en marxa i desconnexió remota

Els processos de posada en marxa i de desconnexió remota s'han de poder realitzar sense presència d'agent al tren mitjançant ordres llançades des del CCM. El sistema de tren subministrarà la informació sobre les possibles incidències que es puguin produir durant el procés, així com de l'estat final del tren (Fora de servei, Mode degradat amb reducció de prestacions, Incidència que no afecta el servei o Correcte).

L'adjudicatari en fase de projecte proposarà, descriurà i justificarà el sistema a emprar, que ha de ser consensuat amb FMB.

2.12 AIRE CONDICIONAT, CLIMATITZACIÓ I VENTILACIÓ (L)

La sala de passatge ha d'anar equipada amb un sistema d'aire condicionat i la cabina ha d'anar equipada amb un sistema de climatització. Aquests han d'estar separats i han de ser independents.

Es disposarà de trapes accionades automàticament que permetin obrir o tancar el pas d'aire exterior i de tornada. Les trapes han d'estar monitorades pel sistema informàtic del tren.

Els equips d'aire condicionat de sala disposaran de dàmpers d'entrada d'aire exterior. A partir de les informacions rebudes de l'equip de detecció d'incendis els dàmpers esmentats han d'actuar obrint-se o tancant-se. El tipus d'accionament serà aprovat per FMB durant la fase de projecte.

El fluid refrigerant ha de complir la legislació mediambiental vigent. Ha de tenir un GWP menor de 700. L'adjudicatari ha de garantir el subministrament aquest fluid refrigerant al llarg de la vida de l'equip. En cas d'utilitzar fluids inflamables, cal fer una anàlisi de riscos que ha de ser validada per FMB.

En cas de muntar conductes d'aire a l'equip, aquests han de ser de fàcil neteja, amb superfícies internes llises, així mateix, cal preveure un bon accés i fàcil desmuntatge per netejar-lo a l'exterior del cotxe.

Per a les vostres revisions i/o reparacions, cada un dels equips s'ha de poder desmuntar independentment pel sostre, de la forma més senzilla i segura possible.

Els filtres dels equips d'aire condicionat tindran una capacitat filtrat tipus G4 segons ISO779, o l'equivalent classificació mínima ISO COARSE mínim del 60% segons la norma ISO 16890. A més, caldrà implantar un sistema de filtratge de virus amb una reducció d'activitat d'un 99% segons ISO 18184:2019 (entorn laboratori ISO 17025) i d'activitat de bacteris d'un 99% segons la norma ISO 20743.

Totes les operacions de manteniment s'han de poder fer amb equip muntat. Els filtres es canviaran amb una freqüència igual o superior a seixanta (60) dies garantint les prestacions correctes de l'equip.

2.12.1 Equip d'aire condicionat de sala de passatge

El sistema ha de poder regular automàticament la temperatura de consigna de l'interior de cada cotxe per separat en funció del volum de passatge que l'ocupa, així com permetre configurar de manera local i des del CCM, a través del canal de comunicacions que determini FMB en fase de projecte, una temperatura de consigna diferenciada per a cada cotxe per separat.

El sistema estarà format per un sistema compacte per cotxe situat al sostre dissenyat de manera que internament formi dos (2) circuits independents. En cas d'avaría d'un, l'altre equip continuarà funcionant mantenint prestacions.

Els compressors han de ser hermètics i no requeriran cap tipus de manteniment. Disposaran d'un espiell per comprovar el nivell d'oli.

El circuit frigorífic disposarà d'un sensor d'humitat i espiell de bombolleig directe i visibles.

L'estructura i les safates de recollida d'aigües han de ser d'acer inoxidable o alumini amb baixants directes i independents per a cada safata de recollida amb un punt d'accés per a neteja amb aire a pressió.

La potència dels equips serà la necessària per poder aclimatar l'interior dels vehicles amb les condicions climàtiques de túnel i exterior de FMB. Els càlculs per als equips han de ser sotmesos a l'aprovació de FMB. En fase de projecte, es presentaran els valors de consum elèctric de l'equip en condicions extremes.

El sistema de sala de passatge ha de complir amb el que especifica la norma EN 14750-1 en classificació de vehicles de categoria B.

S'han d'instal·lar trapes mòbils (dampers) que regularan la renovació de l'aire en el retorn de l'aire de sala i l'entrada d'aire exterior. Hi ha d'haver 3 modes d'operació dels dampers esmentats que podran ser seleccionats des de cabina de conducció:

- Mode 1: funcionen de manera automàtica prioritzant la temperatura de consigna fent la major renovació d'aire possible.
- Mode 2: màxima obertura quedant el sistema anul·lat.
- Mode 3: tancament màxim garantint de manera contínua la màxima renovació d'aire, independentment de la temperatura de consigna.

2.12.2 Equip de climatització de cabina

El lloc de conducció, definit des del punt de vista de confort ambiental com de categoria A segons norma EN 14813-1, ha de disposar de:

- Sistema de climatització per mantenir una temperatura adequada a l'interior tant als mesos d'hivern com als d'estiu, tenint en compte que hi ha trams de circulació del tren a la intempèrie.

- El sistema de climatització serà independent del cotxe de passatge. Es pot regular el flux d'aire i la calefacció a voluntat del personal de conducció dins el rang de confortabilitat establert al RD 486/97. La temperatura dels locals de l'habitacle de conducció, per ser un lloc on es fan treballs sedentaris i estarà compresa entre 17 i 27 °C.
- Es garantirà una humitat relativa entre el 30 i el 70%.
- Els corrents d'aire condicionat, produïts per les sortides d'aire al tren, el límit serà de 0,25 m/s.
- La diferència de temperatura entre la part superior i inferior de la cabina no ha de ser superior a 3°C (mesurat a partir de 10 cm a nivell del terra i 10 cm per sota del nivell del sostre).
- Per tal de reforçar la calefacció es disposarà d'escalfadors a nivell del pis.
- Hi haurà un sistema de renovació d'aire per als casos en què per absència de tensió de catenària o per avaria no funcioni la climatització.
- El sistema de control de l'equip de cabina serà fàcilment accessible.
- S'ha de garantir un mínim de renovacions d'aire de 30 metres cúbics d'aire net per hora i treballador. S'ha de considerar que poden estar alhora dues persones a la cabina.
- Les sortides d'aire han de disposar d'aletes de direcció regulables (velocitat sortida de l'aire) i orientables des de la pantalla d'ajuda a la conducció o des del pupitre de conducció, sense necessitat d'una actuació manual directa a les aletes per part del personal de conducció, i poden regular tant la zona del personal de conducció com la del seient auxiliar

2.12.3 Comandament i control del sistema

El sistema de comandament i control gestionarà el funcionament normal en servei de l'equip d'aire condicionat, establint una lògica de control que no permeti l'arrencada simultània de càrregues connectades en paral·lel que poguessin generar sobrecàrrega als convertidors estàtics.

Cada equip d'aire condicionat incorporarà un tauler de control en un lloc accessible per als tècnics de la línia en horari de servei. Se n'especificarà la ubicació durant el projecte, i se sotmetrà a l'aprovació de FMB.

Hi ha d'haver comunicació entre cadascun dels equips de control de l'aire condicionat i el sistema informàtic del tren a través del bus, per tal de poder consultar les dades i incidències a la pantalla del lloc de conducció.

L'aire condicionat disposarà de 5 nivells de funcionament (Desconnexió, Ventilació, Alt, Mitjà i Baix) que forçarà l'equip d'aire condicionat a treballar en les condicions associades a cada posició:

Desconnexió: L'equip d'aire condicionat està aturat.

Ventilació: Només es mantenen les funcions de ventilació i renovació d'aire, i queda desactivada la part de fred.

Fred Alt: L'equip d'aire condicionat passa a treballar amb la consigna de temperatura baixa preestablerta.

Fred Mitjà: L'equip d'aire condicionat passa a treballar amb la consigna de temperatura mitjana preestablerta.

Fred Baix: L'equip d'aire condicionat passa a treballar amb la consigna de temperatura més alta preestablerta.

El comandament de posada en marxa, desconnexió i nivells de funcionament dels equips el realitzarà el sistema informàtic del tren. A través de la pantalla de l'equip informàtic embarcat del tren es podran llençar les ordres de posada en marxa o desconnexió en les diferents modalitats (manual o automàtica).

Es poden variar les consignes de temperatura des del lloc de conducció o de manera remota des del CCM, a través del canal de comunicacions que es defineixi en fase de projecte. El canvi d'aquests paràmetres només el pot fer personal autoritzat.

La consigna de temperatura de l'interior del cotxe ha de ser programable de manera independent per cotxe i per cabina.

L'adjudicatari, en fase de projecte, ha d'efectuar un estudi justificatiu de la possibilitat de mantenir la generació d'aire condicionat quan un convertidor estàtic és fora de servei. A aquest efecte, el sistema informàtic reconfigurarà els equips d'aire condicionat alimentats pel convertidor estàtic operatiu, a fi de redistribuir la generació de fred al llarg del tren de manera uniforme i garantint que no es generi gel a les unitats evaporadores.

L'equip ha de publicar les variables necessàries tant per al manteniment com per a la resolució d'incidències a la xarxa informàtica del tren. Aquestes variables han de ser definides juntament

amb FMB en fase de projecte.

L'equip ha de registrar les temperatures, humitats relatives, pressions i consums (compressor i ventiladors evaporadores) a la sala de passatge, cabina de conducció i exterior.

L'equip disposarà d'auto revisió i en cas d'anomalia s'enviarà un missatge de fallada al sistema informàtic del tren.

El control de l'aire condicionat disposarà d'un registre històric d'incidències i avaries en memòria no volàtil d'ompliment cíclic. Els registres han d'estar datats en temps real i han d'estar acompanyats del context de senyals necessari en cada cas per poder interpretar l'origen de la incidència en recuperar els registres.

L'equip ha de comptar amb un programari de manteniment, la informació es tractarà mitjançant connexió a PC portàtil o bé a través de l'equip embarcat de tren i es podrà enviar al CCM. Aquest programari permetrà realitzar les operacions següents:

- Ajuda al manteniment del sistema.
- Extracció i interpretació de registres històrics d'incidències i avaries.
- Rutines de manteniment que permetin validar el funcionament correcte de l'equip.
- Obtenció d'informació del sistema en temps real.
- I d'altres que es poguessin considerar oportunes durant el projecte.

Tot el programari necessari per dur a terme aquestes operacions ha d'estar integrat en una sola aplicació i serà subministrat a FMB per l'adjudicatari, juntament amb la documentació i formació necessària per a la seva utilització correcta tres (3) mesos abans del lliurament del primer tren a FMB. Les funcionalitats de l'aplicació les ha de validar FMB en fase de projecte.

2.12.4 Ventilació d'emergència.

El sistema de ventilació d'emergència estarà format per un equip de ventiladors-extractors alimentats des de la tensió de la bateria.

El sistema de ventilació d'emergència estarà alimentat per onduladors que treballaran a partir de la tensió de bateria, la qual ha de garantir-ne el funcionament com a mínim durant 60 minuts quan falti alta tensió. El càlcul de les renovacions d'aire se sotmetrà a l'aprovació de FMB.

La ventilació d'emergència serà independent a cada cotxe i romandrà en servei sempre que hi hagi clau de govern connectada (comandament manual) o el sistema de conducció automàtica hagi pres el comandament del tren i no estigui funcionant l'equip d'aire condicionat. S'ha de contemplar una temporització de la connexió de la ventilació d'emergència, a fi d'evitar solapaments amb l'aire condicionat a les transicions d'arrencada i aturades de curta durada.

S'han de contemplar els modes degradats del sistema informàtic per determinar els casos en què ha d'entrar la ventilació d'emergència.

En cas que la ventilació d'emergència falli, el personal de conducció serà informat mitjançant la pantalla de l'equip de monitoratge (en conducció manual).

El funcionament serà el següent:

Tensió de catenària	Clau Govern	Ventilació (emergència i AA)
SÍ	SÍ	Funciona l'aire condicionat
NO	SÍ	Ventilació emergència funciona un mínim de 60 minuts.
NO	NO	Ventilació emergència funciona durant 15 minuts i s'apaga el tren.
SÍ	NO	Als 15 minuts es para l'aire condicionat i es manté ventilació d'emergència

La funcionalitat final d'aquest sistema ha de definir-se en fase de projecte i ha de ser validada per FMB.

2.13 SISTEMES DE COMUNICACIONS I INFORMACIÓ AL VIATGER (M)

Addicionalment als requeriments definits en aquest plec, s'ha de tenir com a requeriments generals els indicats als documents annexos al mateix com són: 'Arquitectura xarxes embarcades i comunicacions tren-terra', 'Especificacions Arquitectura Sistemes Centrals v2.7' i 'Guia bàsica d'integració amb la CPU multifuncional', etc.

2.13.1 Comunicacions i integració tren terra

El tren disposarà de canals de comunicacions tren-terra a través de diferents equips embarcats que es llisten a continuació:

- Ràdio DMR
- Sistema ATP
- CPUs multifuncionals per als sistemes de videovigilància (CCTV) i videodifusió (SIU).
- 'Communication Gateway', que actuarà com a passarel·la de comunicacions de la xarxa Ethernet embarcada amb sistemes centrals a través d'un APN privat per a tots els sistemes embarcats que no s'hagin nomenat als punts anteriors.
- Excepcionalment poden existir altres equips que disposin de les seves pròpies comunicacions sempre amb adreçament privat.

Qualsevol equip embarcat o central que requereixi comunicacions tren-terra ha de fer aquesta comunicació a través d'un encaminament privat de TMB (p. ex.: APN privat TMB, xarxa 5G privada, "wireless" privat, etc., segons serveis disponibles a la infraestructura de terra de TMB) i contra un tallafoc de TMB. Tots ells han de complir les premisses descrites a l'annex 'Arquitectura xarxes embarcades i comunicacions tren-terra.docx'.

Les comunicacions dels sistemes embarcats amb sistemes centrals (via wifi i WAN) es faran preferentment a través de la passarel·la de comunicació ("communication gateway"). En aquest cas estarien per exemple sistemes del present plec com Digital Train, auscultador, CBM, possible extracció de dades de caixa negra, etc. El llistat final es determinarà en fase de projecte.

Al document 'Annex Communication Gateway' es descriu amb més detall les característiques i abast que ha de complir l'equip Communication Gateway.

Al document annex al plec 'Arquitectura xarxes embarcades i comunicacions tren-terra' també s'indiquen els mínims requisits d'integració d'aplicacions que ha de complir qualsevol equip embarcat per a la seva integració amb sistemes centrals.

2.13.2 Xarxa Ethernet embarcada

El tren ha de disposar d'una xarxa Ethernet embarcada (REM) per a la comunicació entre els diferents sistemes que ho requereixin. La xarxa del tren s'ha de segmentar en subxarxes, amb les seves zones i conductes corresponents. Les subxarxes es definiran sobre la base de la tipologia dels sistemes i com són de crítics aquests. Aquest disseny ha de realitzar-se amb una visió general de totes les xarxes embarcades, segons les normes aplicables legals i de TMB vigents a cada moment i ser consensuat i aprovat per TMB (àrea de Metro i àrea de tecnologia individualment).

La xarxa física estarà composta per commutadors gestionats distribuïts en tots els cotxes. Cada subxarxa ha de tenir una arquitectura en anell que en garanteixi la redundància i ha de disposar dels mecanismes necessaris per evitar bucles.

Hi ha d'haver un element de xarxa de nivell 3 (a partir d'ara 'encaminador N3') que gestioni la comunicació entre subxarxes. Aquest equip ha d'estar redundat als extrems oposats del tren i disposar dels mecanismes necessaris per gestionar aquesta redundància.

La xarxa ha d'estar prou dimensionada perquè:

- Tots els elements d'un mateix cotxe es connectin als commutadors del mateix cotxe, per tant, el cablejat entre cotxes estarà limitat a la connexió entre commutadors
- Cada subxarxa ha de disposar d'un 20% de boques lliures per a possibles futures ampliacions de cada tipus: Ports POE, Ports Gigabit 10/100/1000. Les boques lliures de la mateixa subxarxa han de ser repartides de manera equitativa entre tots els cotxes del tren.

Encara que es permeten commutadors de nivell 2 gestionats a les subxarxes, es recomana l'ús de commutadors de nivell 3 que permetin configurar diferents segments al mateix commutador de manera que s'optimitzi el nombre de commutadors per cotxe i flexibilitzi la seva configuració. En apartats següents s'especifiquen els requeriments del commutador.

Totes les zones definides a la xarxa embarcada han de comunicar-se entre si a través d'un tallafoc que permeti gestionar la seguretat entre aquestes. Aquest equip ha d'estar redundat als

extrems oposats del tren i disposar dels mecanismes necessaris per gestionar aquesta redundància. Aquesta solució ha de ser coherent amb l'arquitectura de xarxa definida.

El proveïdor ha de fer una proposta per a una subxarxa de gestió sobre la base de la norma, que ha de ser consensuada i validada amb TMB.

El cablejat i connector en conjunt ha de ser mínim industrial de categoria 6A S/FTP per a Gigabit. El cablejat de la xarxa Ethernet embarcada, que va a càrrec de l'adjudicatari, s'ha de fer utilitzant com a mínim cablejat INDUSTRIAL SÈRIE M12X CAT. 6A S/FTP (8 PIN) 10 Gbps IP67 o el seu homòleg o superior en cas que s'esculli un altre connector compatible amb els equips que es connectaran a la xarxa Ethernet de metro, que les necessitats globals dels sistemes connectats tinguin més necessitats que les que pot oferir aquest cablejat o que així ho aconselli per les condicions en què s'instal·la per exemple, cables apantallats per evitar interferències (p. ex.: apantallaments, etc.). Qualsevol canvi ha de ser consensuat i aprovat per TMB.

Tots els elements de la xarxa Ethernet i el seu cablejat han de ser industrials complint certificat sota la normativa EN50155/61373/45545-2 per a equips embarcats ferroviaris amb ports Gigabit 10/100/1000 necessaris en cada cas per interconnectar-s'hi. Tota la solució, equips, cablatge i connectors ha de ser coherent.

Adicionalment als equips anteriors, aquesta xarxa disposarà de:

- 2 CPUs multifuncionals per tren que acollirà altres sistemes i serveis transversals com poden ser la videovigilància (centraleta local) CCTV, videodifusió de TFTs al passatge (centraleta local) SIU, etc. També disposarà de comunicacions tren-terra per a CCTV i SIU. També disposarà de comunicacions tren-terra per a CCTV i SIU. Les característiques d'aquestes CPUs multifuncionals s'explica en apartats següents.
- 2 Communication Gateway per tren que actuaran de Gateway de comunicacions general.

Al document 'Arquitectura xarxes embarcades i comunicacions tren-terra' adjunt al plec es pot trobar més informació relacionada amb la xarxa embarcada, les seves comunicacions i requeriments d'integració.

Les funcions de l'adjudicatari, entre altres, serà la de subministrar, dissenyar, integrar, validar, documentar, instal·lar, configurar i posar en marxa tots els components descrits prèviament als trens, equips d'estoc de manteniment i laboratoris (commutador, encaminador N3, Communication Gateway, tallafoc, bastidor, cablejat...), per a la configuració i instal·lació de la xarxa Ethernet embargada, del cablatge troncal, del cablatge de tots els equips que connectin

amb el commutador i la resta d'elements (indicats en aquest apartat o en d'altres d'aquest plec), de l'alimentació de tots els equips, etc.

Per als equips del tipus commutador, encaminador N3, Communication Gateway, tallafoc i CPU multifuncional, l'adjudicatari també ha de complir amb els apartats 7.1 i 7.4 (formació), 8.1, 8.2, 8.3 i 8.4 (garantia, suport i manteniment) i el 9 (documentació) del document annex 'Annex Communication Gateway' adaptant-lo a les característiques de cada equip.

En cas que sigui necessari, l'adjudicatari ha d'aportar els elements i els equips necessaris per adaptar la tensió d'alimentació a la tensió subministrada pel tren. Els equips han d'estar connectats al previ de bateria.

També recau sobre l'adjudicatari la garantia dels equips i materials subministrats per ell, tant per a trens com d'estoc, maquetes o elements solts. La garantia serà mateixa que s'hagi indicat per al tren o 3 anys, cosa que sigui superior.

L'adjudicatari, en fase de projecte ha de lliurar la següent documentació que permeti tenir una correcta i completa comprensió dels sistemes, equips i elements que estiguin connectats a la Xarxa Ethernet Embarcada, així com la seva integració amb els elements del tren:

- AsBuild que permeti conèixer el disseny, arquitectura, integracions, funcionalitats i configuració del sistema en conjunt.
- El format i el contingut dels registres (registres embarcats) i la seva gestió.
- Pla d'instal·lació i llista de comprovació de validació.
- Pla de manteniment.
- Normes, certificacions, assaigs i marcats que li apliquin.
- Una altra documentació general o de detall d'interès que es defineixi durant la fase d'enginyeria i lliurament del projecte.
- Cal proveir de la documentació necessària perquè el tren pugui operar segons altres models d'operació.

Tots els documents han de ser revisats i validats per TMB.

L'adjudicatari, en fase de projecte, ha de proporcionar a FMB les eines, la documentació, la formació i el codi font per poder evolucionar, actualitzar, modificar, configurar, gestionar i operar els commutadors, l'encaminador N3, tallafoc i la passarel·la de comunicació, incloent el seu

programari/microprogramari. L'adjudicatari ha de lliurar totes les eines, codi font, documentació, etc. necessari per fer les tasques anteriors. Aquestes accions es podran realitzar per part de TMB durant totes les fases del projecte i amb posterioritat a aquest, independentment de les garanties o altres factors que apliquin sobre el tren.

La formació i els costos derivats aniran a càrrec de l'adjudicatari, i s'impartirà a les dependències de TMB a càrrec de l'adjudicatari. Tots els cursos necessitaran mitjans audiovisuals i han de disposar de la documentació corresponent. Prèvia a la celebració de cada curs, i amb antelació suficient, el contractista lliurarà a TMB la documentació corresponent al curs específic, que ha de rebre l'aprovació de TMB. Cal preveure la necessitat d'adaptar els cursos als horaris del personal: cursos de matí/tarda/nit: Realitzar, com a mínim, dues formacions per torn:

- Perfil mantenidor de taller: 3 sessions per línia i torn (matí/tarda/nit).
- Perfil tècnic i gestors àrea de tecnologia (centre suport 24*7 d'àrea de tecnologia): mínim 2 sessions en horari d'oficina.
- Perfil responsable tecnològic del sistema: mínim 3 sessions en horari d'oficina.

En general, per a aquesta formació i d'altres del present apartat 2.13, s'ha de lliurar com a documentació complementària la formació en format videotutorial perquè el personal de FMB en pugui refrescar el contingut posteriorment.

La formació ha de ser impartida per personal tècnic del fabricant o integrador, amb experiència demostrable en desplegaments similars i al maquinari/programari de la solució.

2.13.2.1 Bancs i material de laboratori REM

A tall de resum a continuació s'indiquen els bancs de laboratori en general d'àrea de tecnologia, material relacionat i fites de lliurament que ha de complir l'adjudicatari:

- Banc A → Ha de contenir 3 commutadors, 2 encaminadors N3, 2 tallafocs, 2 passarel·les de comunicació, 2 CPUs multifuncionals, una antena exterior per cada CPU multifuncional, 2 llocs de motorista, 4 càmeres de passatge, 1 càmera de cabina, 2 pantalles d'informació a l'usuari.
- Banc B → 2 CPUs multifuncionals, 2 commutadors, una antena exterior per cada CPU multifuncional.

- Banc C → 2 CPUs multifuncionals, 2 commutadors, una antena exterior per CPU multifuncional, 2 pantalles d'informació a l'usuari.
- Banc D → De les mateixes característiques que el banc B
- Equips d'estoc extra per a laboratoris: 2 CPUs multifuncionals
 - 2 CPUs multifuncionals
 - 2 commutadors
 - 1 encaminador N3
 - 1 Tallafo
 - 1 Passarel·la de comunicació
 - 1 antena
 - 2 pantalles d'informació a l'usuari

Tots els bastidors han d'incloure el cablejat corresponent, suports, bastidor, etc. Aquest bastidor ha de ser 100% operatiu per ser utilitzat com a banc de proves de TMB i disposar d'espais i suports necessaris per equipar altres equips que es llistaran més avall en aquest plec. Aquest bastidor no ha d'excedir 1 metre d'amplada, 1 metre de fons i 1,5 metres d'alçada. Haurà de ser compatible per al seu ús en oficines alimentant-se a 220V. Els bancs han d'estar dissenyats i dimensionats perquè puguin estar sobre una taula d'escriptori de manera ordenada i amb espai reduït.

En cas que els equips dels bancs tinguin noves versions s'han de lliurar a TMB els seus paquets d'actualització, així com les eines i el manual que explico com actualitzar-lo. Tot i això, TMB pot sol·licitar al licitant que actualitzi aquests equips amb les noves versions.

Aquests elements són addicionals als sol·licitats en altres seccions del plec o als annexos (p. ex.: annex relacionat amb garantia, fiabilitat, disponibilitat i mantenibilitat, etc.). El retard en el lliurament del material d'aquest punt o la informació necessària per completar els desenvolupaments del PROGRAMARI de la centraleta o de pantalles al proveïdor del programari de videodifusió o a TMB comportarà un retard proporcional en el lliurament del programari que TMB li proporcionarà a l'adjudicatari i que ha d'assumir i incloure en la seva planificació sense que això no afecti la resta d'aspectes del tren (altres sistemes, fases, fites de lliurament, etc.).

El retard en el lliurament del material d'aquest punt o la informació necessària per completar els desenvolupaments de tercers, com per exemple per completar els desenvolupaments del programari de la centraleta o de pantalles al proveïdor del programari de videodifusió, comportarà un retard proporcional en el lliurament del programari que TMB proporcionarà a l'adjudicatari i que ha d'assumir i incloure en la seva planificació sense que això afecti la resta d'aspectes del tren (altres sistemes, fases, fites de lliurament, etc.).

Els temps de lliurament són els següents:

- 18 mesos després de formalització del contracte:
 - Lliurar, configurar, instal·lar i posar en marxa a TMB-Àrea de tecnologia, a la ubicació que s'indiqui, el banc A
 - Material extra (addicionals al banc A)
 - 4 commutadors
 - 4 CPUs multifuncionals
 - 2 pantalles de videodifusió al passatge
 - Cablejat per connectar les 4 CPUs als commutadors (4 unitats), cablejat per connectar els commutadors entre si (2 unitats) i cablejat per connectar les 2 pantalles d'informació a l'usuari als commutadors (2 unitats)
- 24 mesos després de la formalització del contracte
 - Lliurar, configurar, instal·lar i posar en marxa a TMB-Àrea de tecnologia a les ubicacions que s'indiqui els bancs B, C i D. Les ubicacions podran ser de TMB o de tercers. Per a aquests bancs es podrà utilitzar en el moment d'implantació el material extra lliurat als 18 mesos corresponent a 2 CPUs multifuncionals i 2 commutadors.
 - Element/simulador (inclou eines, documentació, manuals i formació) que emuli la xarxa TCN i l'intercanvi d'informació (element que connectat a la REM pugui simular la publicació de les variables pròpies del TCN necessàries per a la CPU multifuncional i els seus sistemes com CCTV, sistema d'informació a l'usuari, etc. de manera simple i ràpida). Ha de simular la informació necessària per validar totes les funcionalitats a implementar per la CPU multifuncional. Per exemple,

per al cas del sistema de videodifusió s'inclouran totes les variables d'origen necessàries (p. ex.: línia, via, circuit via, estació actual, propera estació, moment del tren, costat portes seleccionat i obert, metres recorreguts, relacionats amb modes degradats, missatges del conductor, etc.).

Aquest programari ha d'anar-se actualitzant a mesura que vagin canviant les variables a les diferents versions de programari, permetent a TMB i tercers validar les seves solucions

- Resta d'equips pendents de lliurar.

Els equips aquí esmentats dels bancs s'acabaran de definir als següents apartats del plec.

2.13.3 Commutador REM

Els commutadors com a mínim han de ser commutadors industrials M12 per a instal·lació en vehicles ferroviaris, d'acord amb les normatives EN50155, EN61373, EN45545-2 i funcionalment han de ser compatibles amb UNE-EN IEC 61375. L'equip ha de disposar almenys 12 de ports M12 X-coded Gigabit 10/100/1000 Mbps amb suport PoE/PoE+ IEEE 802.3at/af i IEEE802.3ad Port Trunk with LACP, IEEE802.3ad Link Aggregation Control Protocol (LACP) Protocol (LLDP), amb capacitat d'entrega de fins a 30 W per port.

Serà un commutador gestionat mínim de nivell 2+, amb suport per a protocols de redundància avançats com a Open-Ring, RSTP, MSTP o STP. Haurà de comptar amb funcions d'alta disponibilitat, incloent-hi:

- QoS amb prioritat per port i etiquetes VLAN (802.1p/Q).
- Servidor i client DHCP, IGMP Snooping/Querier.
- monitoratge remot mitjançant SNMP v1/v2c/v3, RMON, i Syslog.
- Suport per a Dual Power Input redundant d'ampli rang (ex. 24-110VDC), amb protecció contra sobrecàrrega, inversió de polaritat i relé d'alarma configurable davant de fallada d'alimentació o pèrdua d'enllaç.
- Recomanable que disposi emmagatzematge de configuració redundant.
- Alta resistència a vibracions, impactes i condicions extremes de temperatura, amb grau de protecció mínim IP67.

- Cada equip ha de disposar dels següents LEDs:
- D'alimentació: Power 1 (Verd), Power 2 (Verd), FAULT (Vermell)
- D'estat del propi sistema: RM indicator (Verd)
- PoE: Link/Activitat (Verd) (PoE model)
- Tots els ports de coure: Link/Activitat (Verd)
- Rang de temperatura d'operació mínim de -20 °C a 70 °C.
- Mòdul de bypass als ports de coure que permeti passar al següent commutador en cas de fallada d'alimentació.
- El commutador ha de ser capaç d'operar en ambients exigents i permetre la connexió fiable d'equips terminals tant PoE com no PoE dins d'una infraestructura Ethernet embarcada, amb capacitats avançades de diagnòstic, seguretat (com autenticació 802.1X) i tolerància a fallades.
- MTBF mínim de 400.000 hores segons estàndard IEC 62380.

En cas que sigui necessari, l'adjudicatari ha d'aportar els elements i els equips necessaris per adaptar la tensió d'alimentació a la tensió subministrada pel tren.

Tots els equips que es connectin a les boques del commutador han d'estar acordats i tenir la corresponent autorització prèvia del departament de tecnologia de TMB.

S'ha de proporcionar a TMB -Àrea de tecnologia les eines per poder evolucionar, actualitzar, modificar, configurar, gestionar i operar els commutadors incloent el seu programari/microprogramari. L'adjudicatari ha de lliurar totes les eines, codi font, documentació, etc. necessari per fer les tasques anteriors. Aquestes accions es podran realitzar per part de TMB durant totes les fases del projecte i amb posterioritat a aquest, independentment de les garanties o altres factors que apliquin sobre el tren.

Les funcions de l'adjudicatari, entre altres, serà la de proporcionar tots els components necessaris (commutador, bastidor, cablejat...) per a la configuració i instal·lació del commutador, del cablejat troncal, del cablejat de tots els equips que connectin amb el commutador, de l'alimentació de tots els equips, etc.

2.13.4 Model de dades

Els equips dins de la xarxa Ethernet embarcada compartiran la informació seguint el model de dades de TMB que es basa en una API MQTT i REST amb estructura de dades a JSON. Per donar d'alta nous missatges (topics) s'ha de pactar amb l'àrea de tecnologia de TMB el contingut i el format. Qualsevol sistema connectat a la xarxa ethernet embarcada es podrà subscriure als topics que consideri necessaris amb l'autorització prèvia de l'àrea de tecnologia de TMB.

Serà responsabilitat de l'adjudicatari publicar al protocol de la xarxa TCN totes les variables relativa a variables pròpies del tren i els seus sistemes que TMB consideri com a necessàries i que arribin a les CPUs multifuncionals (i a altres equips que així s'indiqui en fase de projecte) per poder cobrir amb les necessitats dels sistemes que es troben a la REM, com podrien ser els sistemes d'informació a l'usuari o videodifusió, sistema de videovigilància, etc. Aquestes variables han de ser correctes (en forma, contingut i temps/refresc) i coherents amb l'estat del tren i el seu funcionament, aplicant-hi en cas que siguin necessaris aquells ajustos o correccions necessàries. L'adjudicatari ha de disposar del tractament, la combinació de dades d'origen necessària i modes degradats perquè la informació que proporcioni sigui la correcta. I en cas que TMB així ho sol·liciti, es podran filtrar les variables que caldrà enviar. Queda sota la responsabilitat de l'adjudicatari tot el que faci falta per a la publicació d'aquestes variables com ara exemple: enginyeria, desenvolupaments, validacions, documentació associada, proves i anàlisis en in situ i remot en cas que es reporti una anomalia d'aquestes variables i la seva correcció, donar suport als altres sistemes que s'han d'integrar a la CPU multifuncional per a l'adquisició/integració d'aquestes variables adaptant-se a la planificació i desenvolupaments d'aquests sistemes de tercers.

Durant la fase de projecte s'acabaran d'especificar les variables a publicar al TCN amb destinació la CPU multifuncional segons les necessitats de TMB i sistemes, podent ser ampliades posteriorment. Aquests han de proporcionar entre d'altres a definir en fase de projecte (llista NO exhaustiva):

- La informació necessària perquè els sistemes de videovigilància, comunicacions, megafonia i interfonia, etc. puguin fer totes les seves funcionalitats. Com, per exemple: accionament d'elements d'emergència amb la informació de context, pulsació d'intèrfons, portes (estat, posició, costat d'obertura propera parada, selecció de costat, bloqueig de porta, etc.), cabina habilitada, intrusió, accionament de tiradors, extintors, etc.
- La informació necessària per identificar i localitzar el tren a cada moment. Número de cada cotxe, número de servei, número de personal de conducció,

línia actual, última línia detectada, via, circuit de via, via de la propera estació destinació amb parada, codi de línia i itinerari, codi d'estació actual, codi de propera estació, codi de propera estació amb parada, distància recorreguda en metres des de l'última parada, distància recorreguda pel tren des de la posada en marxa amb resolució troba el tren, informació de proximitat a l'estació següent, parada actual, mode de conducció, odòmetre, moment d'emissió del tren per al sistema de videodifusió, balisa, odometria (velocitat, acceleròmetre...), etc.

- La informació necessària perquè el sistema de videodifusió pugui fer totes les seves funcionalitats. Com, per exemple, altres variables no indicades en punts anteriors: moment d'emissió (tant l'esdeveniment/estat com les variables que s'utilitzin per calcular-lo), activació/desactivació de missatges del conductor (identificador, versió de llista de missatges, etc.), etc. Com a guia, aquestes variables han de permetre com a mínim implementar totes les funcionalitats, plantilles i continguts descrits als annexos 'Funcional_Pantalles_Videodifusio_nous_trens_2025_v1' i '21-538-MANUAL_PantallesVideodifusió-Trens' del present plec de prescripcions tècniques. En aquests documents, es defineixen les funcionalitats a grans trets que ha de complir el sistema de pantalles i videodifusió. Aquesta informació és orientativa, ja que durant la fase de projecte s'acabarà definint.
- Variables de gestió energètica del tren i els seus components, per exemple: estat de bateria, variables relacionades amb l'apagat/encesa del tren), estat energètic d'equips i perifèrics, relacionat amb notificacions i ordres (d'apagats, reinicis, tramesa d'ordres de forçat/alliberament energètic, timeouts...), etc.
- Tota la informació d'ajuda al personal de conducció i que estigui disponible al lloc de conducció (IHM), així com les alarmes i informació de manteniment que disposi cada equip. També l'estat de tots els elements del lloc de conducció de les dues cabines (clau de govern, manipulador, etc.) i elements d'emergència/seguretat del tren.
- Una altra informació d'interès com ara: condicions ambientals per ubicació (temperatura, ventilació...), pes per cotxe i ocupació del tren i cotxes, etc.
- Altres variables que TMB indiqui en fase de projecte.

2.13.5 CPU multifuncional

L'adjudicatari ha de dotar els trens de dos CPU multifuncionals per tren. Cada CPU ha d'incloure un mòdem LTE/5G i un mòdul WiFi ja integrats i una targeta d'àudio. Aquestes CPUs multifuncionals han d'acollir els sistemes de videovigilància i videodifusió de les TFTs d'informació al passatge i altres serveis transversals. Addicionalment, han de ser els elements encarregats de proporcionar les comunicacions amb sistemes centrals a través dels canals de comunicacions sense fil més apropiats en funció de la ubicació del tren i les cobertures disponibles per als sistemes de videovigilància i videodifusió.

L'adjudicatari serà responsable de l'adquisició, el disseny, la integració, la implantació i la validació d'aquests equips al tren. Les funcions de l'adjudicatari, entre altres, serà la de proporcionar tots els components necessaris (CPU, bastidor, cablejat...) per a la configuració i instal·lació de les CPUs multifuncionals, del cablejat entre les dues CPU multifuncional, del cablejat al commutador, de l'alimentació de tots els equips, antenes, etc.

En cas que sigui necessari, l'adjudicatari ha d'aportar els elements i els equips necessaris per adaptar la tensió d'alimentació a la tensió subministrada pel tren. Els equips han d'estar connectats al previ de bateria.

També recau sobre l'adjudicatari la garantia dels equips i materials subministrats per ell, tant per a trens com d'estoc, maquetes o elements solts. La garantia serà mateixa que s'hagi indicat per al tren o 3 anys, cosa que sigui superior.

2.13.5.1 Característiques tècniques (maquinari i plataforma)

L'equip que ha de subministrar l'adjudicatari com a CPU multifuncional serà un PC industrial homologat per a entorns ferroviaris conforme a l'EN 50155, les dimensions del qual no excediran de 300 x 270 x 100 mm. Addicionalment, cal tenir en compte l'espai necessari per als seus connectors i el marge que TMB indiqui per a possibles evolucions futures.

Aquesta CPU multifuncional a proporcionar per l'adjudicatari (fabricant i model, característiques, customitzacions, etc.) ha de ser la que estigui homologada per l'àrea de tecnologia de TMB i vigent al moment de la licitació/inici del projecte. Actualment, és una CPU industrial personalitzada a mida per a TMB basada en Sintrones, la qual té un sistema operatiu amb Debian 13 juntament amb la plataforma Linux industrial de TMB. Això és degut al fet que, per gestió tecnològica, de manteniment, operació (unificar natives), obsolescència, etc. existeix una homogeneïtzació dels equips i serveis transversals que formen la Xarxa Embarcada de Metro tant a nivell maquinari (adaptació de la plataforma a aquest maquinari, aspectes lligats a manteniment, retrocompatibilitats, etc.) com a nivell programari (compatible amb

desenvolupaments programari previs, integrable a la nativa central de videovigilància i altres serveis centrals, retrocompatibilitat amb altres sèries). Aquest model pot variar en el temps degut, sobretot, a la gestió de l'obsolescència o necessitats tecnològiques i funcionals. Tant el maquinari com el programari de la CPU multifuncional (amb excepció del Programari del sistema de videodifusió de TFT al passatge) és un producte realitzat i customitzat a mida per a TMB amb drets d'exclusivitat d'un tercer proveïdor (en aquest cas GMV).

2.13.5.2 Funcionalitats i integracions Programari

A nivell programari la CPU multifuncional realitza les següents funcionalitats transversals, que s'atribueixen a l'aplicació 'node de comunicacions' dins d'aquesta CPU:

- Realitza la funció de gateway integral de comunicacions tren-terra per als sistemes de videovigilància i informació a l'usuari via TFT, gestionant de forma transparent per als sistemes, l'ús dels diferents tipus de comunicacions dels quals disposa el tren: WiFi (principalment en dipòsits i zones de retir) i WAN (actualment LTE) a la resta de sistemes embarcats per a la seva comunicació amb sistemes centrals.
- Proporciona serveis de comunicacions i de xarxa transversals, com poden ser: Sincronisme horari via NTP...
- Proporciona informació sobre l'estat de les comunicacions a la resta del sistema mitjançant protocol MQTT i un model de dades. El model de dades disposa d'un tòpic amb informació sobre el tipus de comunicacions, l'estat, la tecnologia, cobertura, arribada a dipòsits...

Finalment, indicar que la comunicació entre el node de comunicacions i els sistemes centrals de TMB es fa a través d'un APN privat intern de TMB. Els trens tenen IPs dinàmiques i es registren en el DNS per obtenir el nom de l'hoste (hostname). Cal destacar que, per disponibilitat, hi ha dos nodes de comunicacions per tren amb la seva lògica de redundància i les implicacions que això té per a la publicació d'IPs i hostnames.

Cal destacar que no és l'objectiu de la CPU multifuncional pal·liar les possibles carències de maquinari o programari d'altres sistemes del tren (p.ex.: aplicar masquerading, problemes en interpretar el protocol NTP, etc.), sent els seus serveis de propòsit general i transversal. Qualsevol modificació Hardware o Software que no s'inclogui per defecte a la CPU multifuncional o qualsevol aplicació que hi resideixi ha de ser prèviament consensuada i aprovada per l'àrea de tecnologia de TMB.

L'adjudicatari ha de realitzar totes les tasques d'integració necessàries perquè la CPU multifuncional tingui comunicació amb la resta dels sistemes i/o els elements del tren i realitzar, com a mínim, totes les funcionalitats que es descriuen al present plec i al seu programari per defecte. L'adjudicatari també és el responsable final de la integració i validació dels sistemes de videovigilància i videodifusió garantint-ne el correcte funcionament extrems a extrem. Algunes d'aquestes tasques d'integració indiquen al següent llistat no exhaustiu, addicionals a les ja esmentades en aquest i altres apartats del present plec:

- La CPU multifuncional tindrà la funcionalitat de Gateway de comunicacions del sistema videovigilància i videodifusió i, per tant, també serà l'encarregat de traduir les dades que rebí de la TCN al model de dades de TMB que es basa en API MQTT i REST amb estructura de dades a JSON i viceversa per a aquests sistemes. Això ha de permetre que la resta dels sistemes de la xarxa Ethernet embarcada obtinguin/enviïn aquella informació del/cap al tren que necessitin per poder implementar totes les funcionalitats.
- Integracions i adaptacions necessàries per adaptar el sistema de videovigilància, videodifusió i control d'accés a cabina base de TMB a les característiques concretes del tren.
- Informe de l'estat i alarmes de la CPU multifuncional i els seus sistemes interns, al sistema global embarcat de monitoratge d'alarmes si s'aplica (decisió per part de TMB en fase de projecte).

FMB lliurarà el programari base a integrar a la CPU multifuncional desenvolupat per un tercer proveïdor (que disposa de drets d'exclusivitat) i que inclou funcionalitats bàsiques acordades per FMB. Previ a aquest lliurament de programari, l'adjudicatari ha de signar els acords de confidencialitat que TMB consideri oportuns. Queda sota la responsabilitat de l'adjudicatari realitzar aquelles modificació o ampliació de funcionalitats que siguin necessàries a la CPU multifuncional per complir amb els requeriments del present plec i la seva integració amb la resta dels elements del tren o entorns centrals. Qualsevol modificació de l'equip i el programari han de ser acordades i aprovades prèviament per l'àrea de tecnologia de TMB. Com a premissa general, s'han d'adaptar les funcionalitats ja existents o previstes al programari per a la seva correcta integració amb el nou tren i els seus sistemes. No és tasca de la CPU multifuncional assumir altres funcionalitats diferents de les que té implementades actualment (o que se li assignen al punt '2.13.4 CPU multifuncional' de l'actual plec) i que han de ser implementades en altres sistemes.

2.13.5.3 Flota objectiu

La flota objectiu que s'inclou en aquest plec és:

- Tots els trens que cal subministrar sota aquesta licitació, amb 2 CPUs per tren.
- Bancs de laboratori i bancs de proves.
- 10% mínim per a estoc de manteniment respecte equips instal·lats.

2.13.5.4 Fites i lliuraments

L'adjudicatari ha de lliurar 6 mesos abans de l'entrada a servei del primer tren la documentació següent:

- Informació bàsica (fabricant i model de l'equip, datasheet, etc.) de la CPU multifuncional.
- Lliurament documentació final: datasheet complet, esquema elèctric, etc.

La part documental que correspongui a les integracions i validacions que ha de fer l'adjudicatari quedaran sota la seva responsabilitat, encara que han de ser aprovades per FMB. L'adjudicatari ha d'adaptar les seves tasques i la seva planificació d'acord amb els temps marcats anteriorment sense que aquest fet no suposi un minvament o afectació en la seva planificació, fites de lliurament i fabricació.

2.13.5.5 Antenes exteriors

L'adjudicatari ha de ser l'encarregat d'adquirir, cablejar i instal·lar al sostre del tren una antena (LTE/5G+WiFi mínim 2x2 MIMO) per cada CPU multifuncional. L'adjudicatari serà també el responsable del disseny d'implantació d'aquests equips al tren i instal·lació aportant el material necessari per a això, a més, participarà en les proves d'integració i validació del sistema.

L'adjudicatari ha d'instal·lar l'antena on sigui òptim, per això ha de presentar un estudi de cobertura per establir la ubicació presentant el mapa de cobertura. Serà l'encarregat de proporcionar els suports per a la instal·lació, així com el cablejat que va de la CPU multifuncional a l'antena, aquest cablejat ha de complir les especificacions del fabricant de l'antena.

Les antenes han de poder suportar com a mínim les bandes Europees i en concret les bandes espanyoles actuals i futures de 4G i 5G. Per exemple:

5G SA i NSA (3GPP Release 17)

FR1 FDD-LTE Bands: n1, n2, n3, n5, n7, n8, n12, n20, n28, n66, n71.

FR1 TD-LTE Bands: n38, n41, n77, n78, n79.

FR2 mmWave: n257, n258, n260, n261.

LTE Advanced-Pro (3GPP Release 15)

FDD-LTE Bands: 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 12, 13, 14, 17, 18, 19, 20, 25, 26, 28, 29, 30, 32, 66, 71.

TD-LTE Bands: 34, 38, 39, 40, 41, 42, 46 (LAA), 48 (CBRS).

UMTS/HSPA+ (3GPP Release 8):

FDD Bands: 1, 2, 4, 5, 6, 8, 9 i 19.

WIFI a 2.4 i 5GHz, compatibles amb els sistemes WLAN de TMB, etc.

A més, les antenes han de ser de perfil baix, baixa corrosió i complir amb les certificacions:

- EN 50155.
- Environmental tests: EN 50155:2007.
- Fire retardant acc. to DIN 5510-2, BS 6853, NF F16-101/102, EN 45545-2.
- No voltage on RF port, if the catenary line touches the antenna (EN 50124-1, 24 kVAC).
- High-current-protection: Designed acc. to UIC 533, DC-grounded antenna element (protection against lightning and short circuit with catenary lines (40kA/0.1s).
- Mínim IP67.

Els connectors de les antenes han de ser Fakra.

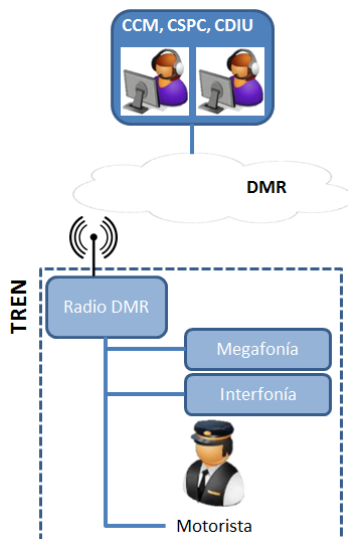
2.13.6 Sistema de ràdio DMR

El personal de conducció podrà iniciar i rebre converses cap a/des del CCM.

El sistema permetrà fer comunicacions de grup i comunicacions individuals.

Des de CCM s'ha de poder activar la comunicació amb Megafonia interna de tren de manera remota sense necessitat d'intervenció del personal de conducció.

El sistema de radiocomunicacions amb altres sistemes (megafonia, interfonia), la seva operació ha d'utilitzar canals que en cap cas afectaran les comunicacions del personal de conducció.



Model operatiu per al sistema de ràdio embarcada

Es disposarà de dos equips per redundància i criticitat, un a cada capçalera del tren. En cas de caiguda d'un equip, el personal de conducció pot comunicar-ho per l'altre equip, amb independència de la cabina on es trobi.

La càrrega local d'actualitzacions de programari i microprogramari dels equips es realitzarà de forma local mitjançant una connexió física amb el PC i programari corresponents.

El sistema de ràdio reportarà el seu estat i alarmes al sistema informàtic del tren i a la consola del radiotelèfon a la cabina.

Cada cabina del tren disposarà un bastidor de ràdio DMR i una consola de ràdio per al personal de conducció.

2.13.6.1 Bastidor de ràdio DMR

El bastidor de ràdio DMR dels trens serà l'equip embarcat ferroviari del fabricant Hytera/Ervocom. Cada cabina ha d'estar dotada amb un bastidor de Ràdio DMR.

El transceptor ràdio serà el model Hytera MD785G, integrat al bastidor de ràdio ferroviari model ErvocomTRS2090.

El TRS2090 estarà construït segons les recomanacions de la IEC 60297 i estarà plantejat com un sistema per a trens amb dues cabines de personal de conducció. Cada TRS2090 estarà equipat amb 2 elements:

- ZSE2130 La unitat central de control.
- La caixa redundant de commutació TRS (que canvia, si falla, automàticament d'un ZSE a l'altre).

Les característiques tècniques del sistema de ràdio digital DMR a instal·lar als trens han de ser les següents:

- Redundància de ràdio cap-cua.
- Amb connexió a la xarxa troncal (TCN).
- Interconnexió amb Megafonia.
- Interconnexió amb Interfonia.
- Connexió Xarxa Troncal Embarcada.

L'adjudicatari serà el responsable d'adaptar el DMR a la tensió i connexió del tren a la Xarxa Troncal TCN.

Disposarà de la funció de ràdio megafonia per commutar la trucada d'àudio des del CCM al sistema de megafonia a passatge.

El sistema disposarà d'una interfície Ethernet adaptada a l'entorn ferroviari (M12) per a les comunicacions que es puguin fer a través de la xarxa de comunicacions embarcada Ethernet.

Consola de Ràdio DMR

2.13.6.2 Consola de ràdio DMR

Cada cabina estarà dotada dels elements següents:

Cada cabina comptarà amb els elements següents:

- Consola de comunicacions model CoCo2167 del fabricant Ervocomcon amb pantalla-display i el teclat en posició vertical. Aquesta consola serà totalment compatible amb el bastidor ràdio DMR (del fabricant Ervocom/Hytera).
- Microauricular telefònic amb tecla de transmissió incorporada (PTT).
- Altaveu model SM09D1 del fabricant Hytera.

Les dimensions de la Consola de comunicacions CoCo2167 i del Microauricular es mostren a continuació.

HA11

**Handset with
one button and cradle**

Article-No.:
2506-035-000-51



Product:

Characteristics

- Dynamic ear and microphone capsules
- Large push-to-talk button
- Durable PEIGUM® spiral cable
- Cradle with locking mechanism for the handset with release button
- Automatic hook switch mechanism in the cradle
- Connection via screw-down terminal strip

Options

- Loudspeaker in the cradle
- Cradle with force release mechanism
- Flame resistant plastic housing
- Amplifier (built into in the A10 cradle)
- Electret microphone capsule

Application Range

- Radio and PA systems in mobile and fixed applications

Accessories

- Cradle loudspeaker 4 Ω
- Cradle loudspeaker 8 Ω

Scope of Delivery

- Handset with PEIGUM® spiral cable and cradle

Technical Data:

General

Housing:	Plastic PC-ABS, black
Dimensions with cradle:	Height 85 mm, Width 63 mm, Depth 213 mm
Weight:	380 g (13.4 oz)
Connection:	12 cond. terminal strip in the cradle, 6-wires halogen free PEIGUM® spiral cable, 2 wires shielded, Draw length max. 1.35 m
Operating and display elements:	1 button, orange release buttons, black
Storage temperature:	-30 °C to +70 °C (-13 °F to +158 °F)
Operation temperature:	-20 °C to +60 °C (-4 °F to +140 °F)

Microphone

Frequency range:	200 Hz to 6 kHz at -10 dB
Sensitivity (in LRGP):	1 mV/Pa (-60 dBV/Pa ± 3 dB)
Impedance:	200 Ω ± 20 % at 1 kHz
Directivity:	Omnidirectional

Earpiece

Frequency range:	300 Hz to 4 kHz at -10 dB
Sensitivity:	26 dBPa/V ± 3 dB (IEC 3.2 Low-Leak coupler)
Impedance:	300 Ω ± 20 % at 1 kHz
Maximum output:	10 mW

Característiques tècniques del Microauricular del Pupitre Radio DMR embarcat

Highlights:

1. Being mountable on a horizontal or vertical surface.
2. The fixing bracket is adjustable.
3. The large speaker with high output power provides clear audio even under noisy environment.
4. DB26 pin audio port.

Speaker Specifications:

Rated Impedance: $8\Omega \pm 15\%$ (@ 500Hz) ;

Sound Pressure Level: $88 \pm 2\text{db}$ (1w/1m) (@ 600/700/800/900Hz AVE) ;

Rated Power: 15W Max. Power: 20W;

Dimensions: 155.6*92.5*140.2(mm);

Weight: about 774g;

Operating Temperature: -25°C~65°C

Application: for broadcasting.

Compatible Radios: MT680, MD780, MD880T

Característiques de l'Altaveu d'Hytera SM09D1 del Pupitre Radio DMR embarcat

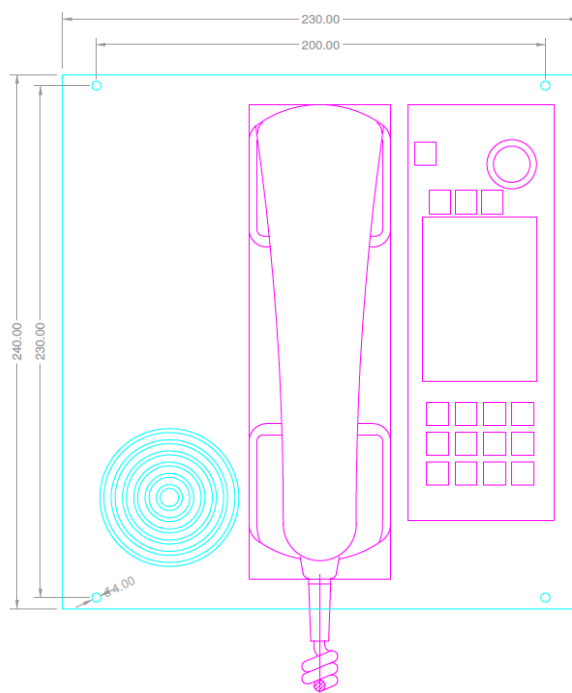


Dimensions dels elements (Consola CoCo2167 i Microauricular) del Pupitre Radio Ervocom / Hytera

Tot aquest equipament estarà integrat, connectat i mecanitzat en un pupitre de conducció. En cas d'avaría, la substitució l'equip serà fàcil de fer.

Tot el conjunt de pupitre radio DMR embarcat estarà dissenyat, fabricat i certificat sota la normativa EN-50155 per a material electrònic embarcat en material ferroviari.

A continuació, es mostren les dimensions i la disposició dels elements que ha d'incloure la consola Ràdio DMR embarcada:



Model de pupitre ràdio DMR embarcat amb el conjunt d'elements integrats

La comunicació ràdio amb el Centre de Control es pot establir des de qualsevol de les cabines de conducció de manera que no sigui audible pel passatge.

2.13.6.3 Antena Ràdio del tren

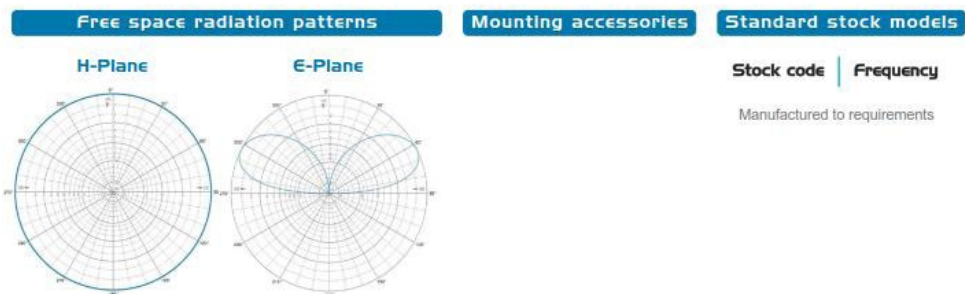
Cada cabina disposarà d'una antena ràdio instal·lada a l'exterior, que es connectarà al bastidor ràdio de cadascuna de les cabines.

Les antenes de ràdio exteriors seran:

- Model VHF 403-2 del fabricant Skymast o compatible amb les mateixes característiques:



Frequency range	138-220MHz (3-4MHz Tx bandwidth)
Input impedance	50Ω
VSWR	<2.0:1
Maximum input power	50 Watts
Polarisation	Vertical
Gain	1dBi
Grounding	Direct grounded
Ground plane required	Typical 1.2m x 1.2m
Connection	Cables / connector to requirements
Dimensions	673 x 144 x 62mm
Mounting holes	2 x 25mm holes, 517mm centres
Weight	1.5kg approx
Housing material	ABS
Other materials	Aluminium, PTFE, Brass, Nylon
Colour	Traffic White RAL9016
Operating temperature range	-30°C to +70°C
Storage temperature range	-50°C to +70°C
Relative humidity	5% to 95%RH
Water resistance	To IP67 (external, when installed)



Característiques de l'antena VHF 403-2 del fabricant Skymast

- Model BP-0270 del fabricant Lambda Antenas o compatible amb les mateixes característiques:

Descripción / Description	
La antena BP-0270 es una antenaThe antenna BP-0270 is a multiband low profile antenna for ferroviaria multibanda de bajo perfil para usar enoutdoor mobile applications on trains. Its frequency range is aplicaciones móviles de exterior. Cubre el rango de from 145 to 174 MHz and from 380 to 470 MHz. All antenna frecuencias de 145 a 174 MHz y de 380 a 470 MHz.parts are DC grounded. The antenna complies with EN Toda la 50155.2007 about electronic devices onboard trains, NF F antena está conectada a tierra. La antena cumple16-101:1998 and NF F 16-102 about fire/smoke tests. The la norma EN 50155.2007 de equiposantenna also has an IP65 protection. The radome is made electrónicos sobre ferrocarriles, NF F 16-101:1998 y NF of molded fiber glass and it is assembled over a very F 16-102 de ensayos de fuego/humo. Además tiene robust molded aluminium base. The antenna is painted with una protección IP65. La radoma está realizada enRAL-7035 colour, but it is possible to order in other colours. fibra de vidrio moldeada y se monta sobre una base metálica muy robusta de aluminio moldeado. La antena está pintada en RAL-7035, pero existe en otros colores bajo pedido.	
Especificaciones Eléctricas / Electrical Specifications	
Frecuencia / Frequency	145 – 174 / 380 – 470 MHz
Impedancia / Impedance	50 Ω
Potencia máxima / Maximum power	50 W
R.O.E / V.S.W.R	< 1,5
Ganancia / Gain	< 0 dBi
Montaje / Mounting	5 drill holes
Especificaciones Mecánicas / Mechanical Specifications	
Rango de temperatura / Temperature range	-30 ~ +60 °C
Conectores / Connectors	N female
Dimensiones / Dimensions	145 x 80 x 175 mm
Peso / Weight	500 g

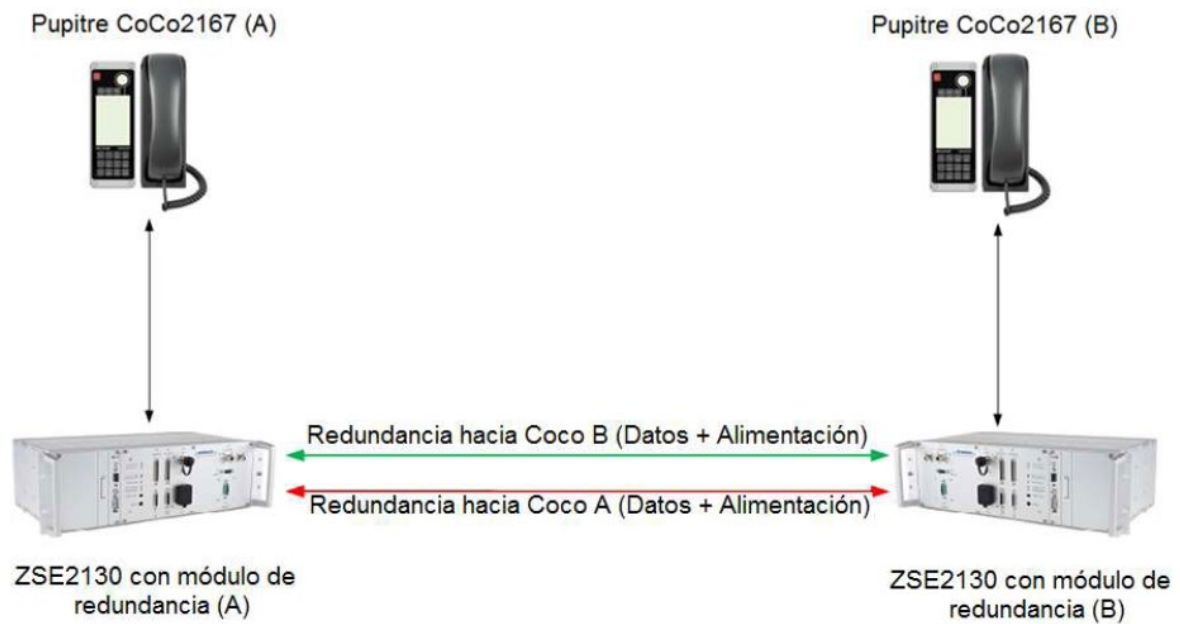


Característiques de la BP-0270 del fabricant Lambda Antenas

La franja de freqüències en què funcioni l'antena (Model BP-0270) serà el que s'indica a les característiques de l'antena, incloent-hi el rang de freqüències del sistema Ràdio DMR de Metro que es troba en la franja de freqüències de 170 MHz.

2.13.6.4 Cablejat de connexió del sistema Ràdio DMR

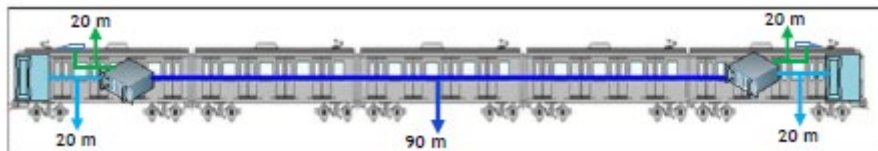
L'arquitectura d'interconnexió entre els equips amb redundància del sistema ràdio DMR del tren es mostra a continuació:



Interconnexió entre equips amb redundància del sistema de ràdio DMR

L'adjudicatari instal·larà tots els cablejats necessaris al tren per a la connexió de tots els equips del sistema ràdio DMR. Els cablejats inclouran els connectors finals dels cables per a la posterior connexió als equips ràdio.

L'esquema del cablejat dels trens per al sistema de ràdio serà el següent:



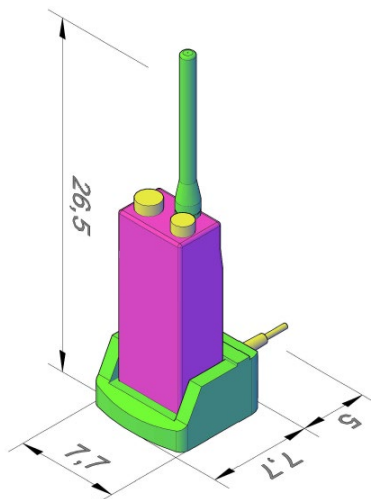
Esquema de cablejat dels trens per al sistema de ràdio

Adicionalment a les interconnexions entre equips del sistema ràdio DMR, cal instal·lar el cablejat necessari per a la connexió del sistema de ràdio per a les següents connexions amb altres sistemes del tren:

- Xarxa TCN a cada cabina contra bastidor.
- Interconnexions Àudio amb Megafonia.
- Interconnexions Àudio amb Interfonia.
- Connexió Ethernet. Carregadors de terminal portàtil DMR (walkie) a cada cabina

2.13.6.5 Carregadors per al terminal portàtil DMR ("walkie-talkie") a cada cabina

A cadascuna de les cabines del tren s'instal·larà un carregador per al terminal portàtil DMR ("walkie-talkie") del personal de conducció. El model del walkie és el PD785G del fabricant Hytera, i el model del carregador té el codi de producte CH10A07 (carregador ràpid per a bateries Liti-ION) (amb transformador input 100-240VDC, i output 12 Vdc/1A) del fabricant Hytera.



Cotes d'alçada, amplada i profunditat del carregador amb walkie

2.13.6.6 Abast del sistema Ràdio DMR

FMB subministrarà a l'adjudicatari els següents equips:

- bastidor Ràdio DMR configurat de cada cabina de tren (2 bastidors per tren).
- Consola Ràdio DMR configurada per a cada cabina de tren (2 consoles per tren).

L'adjudicatari serà el responsable del disseny d'implantació de tots els equips i cablejats del sistema ràdio DMR al tren, així com de la instal·lació, aportant el material necessari per fer-ho. A més, l'adjudicatari serà responsable de les proves i validació del sistema, així com la posada en servei.

2.13.7 Megafonia

El personal de conducció pot activar el sistema de megafonia per transmetre missatges directes al públic des del lloc de conducció.

El personal de conducció podrà activar missatges pregravats al tren mitjançant la introducció del codi del missatge o pulsació de botó dedicat. Es donaran d'alta al tren missatges pregravats

ja configurats i es deixaran preparats missatges genèrics per al seu possible ús per part de FMB de manera autònoma en un futur. El sistema tindrà capacitat perquè de manera remota gestionar els missatges: actualitzar, modificar afegir...

El nivell de l'àudio reproduït s'ha d'adaptar al nivell de soroll existent al cotxe.

S'ha de poder realitzar la càrrega local d'actualitzacions de programari i microprogramari dels equips mitjançant una connexió física amb el PC i programari corresponents. També s'han de poder realitzar les actualitzacions i configuracions de manera remota i desatesa.

El sistema ha de tenir una correcta monitoratge dels elements. També es disposarà d'un registre analític de la seva activitat, monitoratge, KeepAlive, versionat, etc. Així com la correcta gestió d'aquests i permetent el seu intercanvi amb sistemes centrals (recollida i enviament sota certes condicions).

El sistema ha de reproduir automàticament el missatge de parada següent, en funció de la ubicació del tren.

S'han de poder emmagatzemar al tren missatges pregravats la reproducció dels quals s'associarà a una ubicació i sentit de marxa o la reproducció dels quals serà seleccionada pel personal de conducció o per un terminal DMR amb suficients privilegis.

El sistema ha de reproduir automàticament el missatge de Bip-Bip tancament de portes, a partir d'una ordre rebuda pel sistema que controli les portes.

El sistema de megafonia ha de poder gestionar els indicadors lluminosos d'andana, de manera coordinada amb l'anunci de propera estació.

El tren ha de poder sincronitzar els missatges de megafonia amb què s'emetin en estacions.

El tren ha de poder sincronitzar els missatges de megafonia amb l'emissió de missatges i continguts del sistema de videodifusió. Aquest sincronisme pot ser sobre la base d'esdeveniments del tren, activació de missatges pregravats, necessitats del propi sistema de videodifusió o altres.

El sistema ha d'estar preparat perquè el sistema de videodifusió pugui emetre un missatge i/o fitxer d'àudio mitjançant el sistema de megafonia.

L'activació de megafonia remota des del CCM no requereix cap acció per part del personal de conducció. Ha de ser independent de les accions del personal de conducció. En conducció amb el personal de conducció heu d'alertar el personal de conducció que s'està fent ús de la megafonia des del Centre de Control.

Els missatges preenregistrats s'han de poder activar remotament.

S'han de poder carregar nous missatges preenregistrats.

Des del Repositori Central del Centre de Control s'ha de poder realitzar la càrrega remota d'actualitzacions de programari i microprogramari dels equips.

S'ha d'emmagatzemar un registre de missatges reproduïts pel sistema de megafonia.

S'han d'emmagatzemar a local tots els missatges de megafonia parlada generats pel personal de conducció, juntament amb informació relacionada rellevant (data, hora, ...). Aquests enregistraments han de ser fàcilment exportables.

La prioritització de missatges serà la següent:

- Bip-Bip de portes.
- Missatges parlats pel personal de conducció.
- Missatges parlats des del Centre de Control.
- Missatges pregravats activats pel personal de conducció.
- Missatges pregravats activats remotament.
- Missatges automàtics (pròxima estació, etc.).
- Altres entrades d'àudio: música en espera, auxiliar, etc.

El sistema de megafonia ha de poder reportar el seu estat i les alarmes al personal de conducció i a un sistema global embarcat de monitoratge remota d'alarmes.

El sistema de megafonia ha de poder reportar un històric amb el seu estat i registre d'alarmes al Repositori Central del Centre de Control. S'ha de poder empaquetar la informació registrada i enviar-la al sistema que l'hi sol·liciti, segons el protocol de comunicació, validació i encriptació que es defineixi.

Els requeriments tècnics que han de complir com a mínim el sistema de megafonia són:

Id	Concepte	Requeriment
MEG.NOR01	Normativa	i • EN50155 (certificació ferroviària).

	estàndards	• UNE EN 45545: Protecció contra el foc en vehicles ferroviaris. - UNE-EN 50121-3: Aplicacions ferroviàries compatibilitat electromagnètica. •EN 61373: Material rodant, Assaig de xocs i vibracions.
MEG.AMB01	Condicions mediambientals	Temperatura d'operació: -25 °C a +70 °C (EN 50155 Classe T3).
MEG.INST01	Instal·lació	• Les centrals de megafonia es poden instal·lar en bastidors a la capçalera del tren o en algun altre compartiment habilitat per fer-ho dins de cada cotxe o a la part inferior del tren.
MEG.ALIM01	Alimentació elèctrica	• Alimentació elèctrica amb fonts d'alimentació (Dual Power Supply), adaptable a les característiques elèctriques del tren. • Consum inferior a 25 W/commutador (més el consum dels elements que s'alimentin per POE).
MEG.GEST01	Gestió	• Cal poder operar tant de manera local com remota. • Permetre configurar i gestionar el sistema de megafonia i els missatges pregravats connectant-los un PC i mitjançant una connexió de dades permet configurar i gestionar el sistema de megafonia i els missatges pregravats.
MEG.RED01	Redundància	Les fonts d'alimentació (Dual PowerSupply), a més de ser adaptables a les característiques elèctriques del tren, han d'estar redundades al costat del cablejat i la topologia de connexió i qualsevol element que s'identifiqui com a crític i impliqui l'existència de punts únics de fallada (SPOF).

El sistema de megafonia suportarà tant l'operació local (amb personal de conducció) com l'operació remota (ja sigui amb personal de conducció o sense). Serà seleccionable si s'opera d'una manera o altra, l'única diferència entre els dos modes de funcionament serà que es puguin generar missatges de megafonia o activar missatges pregravats des de la interfície de gestió del personal de conducció o des del Centre de Control.

Les centrals de megafonia han de ser les mateixes en tots dos casos, variant si potser únicament la interfície d'operació i gestió local. A cada capçalera hi haurà un pupitre o interfície de gestió del sistema de megafonia fix, incloent-hi micròfon, PTT i un teclat o pantalla d'operació, però únicament estarà activa la interfície d'operació/gestió en què operi el personal de conducció. La central de la capçalera 'activa' s'erigirà com a 'màster' del sistema i permetrà la gestió global des del pupitre o panell del personal de conducció corresponent.

L'arquitectura ha de ser IP mitjançant SIP (SessionInitiationProtocol) amb redundància. Aquestes es connectaran entre si mitjançant la xarxa Ethernet embarcada.

Les centrals dels cotxes capçalera connectaran amb els pupitres o panells de control del personal de conducció i amb els sistemes de comunicació que en permetran la gestió remota.

El sistema de megafonia rebrà informació de posicionament del sistema de senyalització a través de la xarxa TCN de cada tren a partir del qual coneixerà la ubicació del tren i podrà llançar tants missatges automàtics d'anunci de parada com gestionar les fletxes d'andana.

El nivell d'àudio dels missatges (potència) s'ajustarà automàticament i de forma manual des del lloc de conducció de forma, independent a cada cotxe en funció del nivell sonor mesurat, la detecció de pes al cotxe o el comptatge de persones, o bé la combinació de diversos d'aquests sistemes. El nivell sonor mesurat a cadascun dels vagons ha de ser accessible a través de l'equip embarcat de tren.

Les centrals poden emmagatzemar missatges pregravats d'anunci de propera parada o altres missatges pregravats activables des del lloc d'operació local o remotament des del Centre de Control. Aquests missatges s'emmagatzemaran en un format d'àudio estàndard fàcilment editable per FMB i aquests podran ser gestionats per FMB, de manera local gravant sobre la memòria i remotament mitjançant descàrregues del Repositori Central.

Les centrals han de tenir un gravador per poder registrar les comunicacions que es facin entre el personal de conducció i el passatge.

El sistema de megafonia tindrà la possibilitat d'emetre comunicacions realitzades pel CCM, que arribaran a través del canal radio tren-terra. A més, mitjançant el sistema DMR, es podran activar els missatges pregravats al tren.

Els missatges automàtics de següent parada es trobaran gravats a la central del sistema.

La integració de la capa de continguts multimèdia del sistema de megafonia que és la informació parametritzable per l'usuari/FMB a posteriori (p.ex.: el contingut dels missatges pregravats, fitxers d'àudio, etc.) s'ha de fer de tal manera que s'hi puguin fer canvis posteriors sense que aquests impliquin haver de tornar a passar les certificacions/proves del SafetyTest – ISA. És responsabilitat de l'adjudicatari tant les modificacions necessàries per obtenir aquest objectiu com la documentació que ho acrediti davant FMB i tercers (certificadors, controls de seguretat, ISA, etc.).

2.13.7.1 Centraleta de megafonia

Hi haurà dos equips de comunicació de veu, un a cada capçalera, poden haver-hi més si l'adjudicatari ho considera necessari. Les centrals de capçalera es poden comunicar amb qualsevol dels equips. El sistema ha de comunicar-se entre si a través de la xarxa Ethernet embarcada multiservei.

Cadascuna d'aquestes centraletes ha de controlar els perifèrics del sistema associats al cotxe en qüestió (micròfon de so ambient, altaveus i indicadors d'andana).

Les dades de posició per controlar certs perifèrics es rebran a través del TCN. A més, sobre aquesta xarxa les centraletes han de reportar els estats i les alarmes.



Perifèrics associats a cadascuna de les centraletes

2.13.7.2 Centraleta del personal de conducció

A les centrals de les capçaleres a més de les especificacions anteriors s'han de gestionar tant les interfícies de gestió del personal de conducció com les comunicacions tren-terra entre el sistema i el Centre de Control a més d'altres sistemes que només són a les capçaleres, com per exemple els cartells de tren.

A cada capçalera hi haurà un pupitre o interfície de gestió del sistema de megafonia fix, incloent-hi micròfon, PTT i un teclat o pantalla d'operació, però únicament estarà activa la interfície d'operació/gestió en què operi el personal de conducció. La central de la capçalera

'activa' s'erigirà com a 'màster' del sistema i permetrà la gestió global des del pupitre o panell del personal de conducció corresponent.

2.13.7.3 Altaveus

El nombre d'altaveus, la situació i la potència de l'equip es determina d'acord amb una distribució homogènia de l'àudio dels missatges, de manera que les instruccions donades als passatgers siguin perfectament intel·ligibles des de qualsevol punt del vehicle i independentment de la velocitat del tren. La informació parlada tindrà un nivell STI-PA mínim de 0,60 fair-good, segons l'especificació EN 60268-16:2011.

El sistema de comunicació es dissenyarà de manera que almenys la meitat dels seus altaveus (distribuïts per tot el tren) segueixin funcionant en cas d'avaría en un dels seus elements de transmissió. Els altaveus quedaran inclosos a la disposició final de l'interiorisme i han de ser accessibles en les operacions de manteniment.

2.13.7.4 Micròfon ambient

Es disposarà d'un control de soroll ambient per tal de poder controlar el volum de sortida d'àudio. També tindrà una regulació de sortida d'àudio controlada digitalment per cotxe des de la pantalla de conducció.

Disposareu d'una funció de prova de manera que tant des de cabina com remotament es pugui verificar que el senyal d'àudio del cotxe presenta nivells correctes de potència.

2.13.8 Interfonia

Els requeriments tècnics que han de complir com a mínim el sistema d'interfonia són:

Operativa Local	
IF.OL01	• El personal de conducció pot iniciar una trucada des del lloc del personal de conducció a un interfon concret.
IF.OL02	• El personal de conducció pot rebre i contestar les trucades d'un interfon a causa de la pulsació del botó de trucada per part del passatge.
IF.OL03	• El personal de conducció pot rebre i contestar les trucades d'un interfon a causa de l'activació del tirador d'emergència per part del passatge.

IF.OL04	Al personal de conducció us commuta automàticament la càmera del sistema de videovigilància associada a l'interfon activat.
IF.OL05	El personal de conducció pot derivar al CCM una comunicació establerta amb el passatge, mitjançant la pulsació del botó corresponent al taulel de control de què disposi al pupitre.
IF.OL06	En rebre una trucada d'interfonia per part del passatge s'ha de poder identificar l'interfon actiu, així com la font d'aquesta activació (polsador o tirador d'urgència).
IF.OL07	S'ha de poder realitzar la càrrega local d'actualitzacions de programari i microprogramari dels equips, ja sigui mitjançant una connexió física amb el PC i el programari corresponents.

Operativa Automàtica

IF.OA01	- Les trucades fetes per un passatger que, passat un temps preestablert en conducció manual o directament en conducció automàtica, no són ateses pel personal de conducció deriven automàticament al CCM a través del sistema de ràdio. La centraleta d'interfonia dialogarà amb l'equip ràdio embarcat, per demanar-li fer trucada ràdio i enviar-li l'àudio. La central d'interfonia ha de mantenir la senyalització de PTT (Push To Talk) de manera continuada, i CCM serà qui pugui interrompre per prioritat la comunicació. Als 90 segons d'iniciar la comunicació amb la ràdio, la central d'Interfonia sol·licitarà la finalització de trucada. - En tot cas, la central estarà preparada per interconnectar per protocol SIP amb els sistemes de Telefonia i Interfonia de TMB, de manera que, si es disposa de mitjà de connectivitat TCP/IP fiable entre el tren i CCM, es podrà optar perquè aquesta comunicació (interfon – CCM) es realitzi per connexió IP, mitjançant registre SIP.
----------------	--

Operació Remota (Centres de Control)

IF.OR01	Gestió unificada des d'un únic lloc de gestió d'interfonia tant per a línies convencionals com a automàtiques.
IF.OR02	L'activació d'interfonia remota des del CCM no requereix cap acció per part del personal de

	conducció. Ha de ser independent de les accions del personal de conducció. Això sí, en conducció amb el personal de conducció cal alertar el personal de conducció que s'està fent ús de la interfonia des del Centre de Control. A més, des del CCM cal poder escollir l'interfon amb què es comunica. • De forma equivalent a IF.0A01, en la situació de trucada de CCM a un interfon, mitjançant senyalització d'estat DMR, se sol·licitarà a la ràdio que dialogui amb la centraleta d'Interfonia, traspasant-li la identificació de l'interfon a trucar. La central d'Interfonia ha de confirmar l'establiment de la connexió i, una vegada establerta la trucada (amb la ràdio i amb l'interfon X), ha de generar el senyal de PTT constant cap a la ràdio. Serà CCM qui, per prioritat de PTT, anirà interrompent el passatger per parlar.
IF.OR03	• La comunicació remota per a interfonia ha de ser independent de la comunicació remota de megafonia. S'han de poder disposar de canals de comunicació independents.
IF.OR04	• En rebre una trucada d'interfonia per part del passatge s'ha de poder identificar l'interfon actiu, així com la font d'aquesta activació (polsador o tirador d'emergència).
IF.OR05	• En rebre una trucada d'interfonia per part del passatge, la càmera del sistema de videovigilància associada a l'interfon ha de commutar automàticament.
IF.OR06	• Des del Repositori Central del Centre de Control s'ha de poder fer la càrrega remota d'actualitzacions de programari i microprogramari dels equips.

Registre	
IF.RE01	• S'han d'emmagatzemar a local totes les converses d'interfonia parlada entre el personal de conducció i el passatge, juntament amb informació relacionada rellevant (data, hora, ...). Aquests enregistraments han de poder ser fàcilment exportables.
IF.RE02	• Cal emmagatzemar al Centre de Control totes les converses d'interfonia parlada entre el personal de conducció i el passatge, juntament amb informació relacionada rellevant (data, hora, ...). Aquests enregistraments han de poder ser fàcilment exportables.
IF.RE03	• Addicionalment als dos requeriments anteriors que apliquen al sistema nadiu corresponent, també s'han de poder gravar totes les converses d'interfonia parlada entre el personal de

	conducció i el passatge, juntament amb informació relacionada rellevant (data, hora, ...) a les CPUs multifuncionals.
--	---

Manteniment	
IF.MT01	El sistema d'Interfonia ha de poder reportar el vostre estat i alarmes a un sistema global embarcat de monitoratge d'alarmes.
IF.MT02	El sistema d'Interfonia ha de reportar el seu estat i alarmes a un tauler de control a la cabina del personal de conducció.
IF.MT03	El sistema d'Interfonia ha de reportar-ne l'estat i les alarmes als Centres de Control.
IF.MT04	El sistema d'Interfonia ha de poder reportar un històric amb l'estat i el registre d'alarmes al Repositori Central del Centre de Control. S'ha de poder empaquetar la informació registrada i enviar-la al sistema que l'hi sol·liciti, segons el protocol de comunicació, validació i encriptació que es defineixi.

Requisits Generals		
INT.NOR01	Normativa estàndards	- EN50155 (certificació ferroviària). - EN5510-2 (seguretat contra incendis). - EN6100-4-X i EN55022 (interferències electromagnètiques). - IEC 60068-2-27 i IEC 60068-2-6 (resistència a cops i vibracions als trens). - IP 54 (protecció davant de pols i aigua).
INT.AMB01	Condicions mediambientals	Temperatura d'operació: -25 °C a +70 °C (EN 50155 Classe T3).

INT.INST01	Instal·lació	• Les centrals d'interfonia es poden instal·lar en bastidors a la capçalera del tren o en algun altre compartiment habilitat per fer-ho dins de cada cotxe o a la part inferior del tren.
INT.ALIM01	Alimentació elèctrica	• Alimentació elèctrica amb fonts d'alimentació (Dual PowerSupply), adaptable a les característiques elèctriques del tren. • Consum inferior a 25 W/commutador (més el consum dels elements que s'alimentin per POE).
INT.GEST01	Gestió	• S'ha de poder operar tant de manera local com remota. • Permet configurar i gestionar el sistema d'interfonia connectant un PC i mitjançant una connexió de dades permet configurar i gestionar el sistema d'interfonia.
INT.RED01	Redundància	Les fonts d'alimentació (Dual PowerSupply), a més de ser adaptables a les característiques elèctriques del tren, han d'estar redundades al costat del cablejat i la topologia de connexió i qualsevol element que s'identifiqui com a crític i impliqui l'existència de punts únics de fallada (SPOF).

El sistema d'interfonia ha de suportar tant l'operació local (amb personal de conducció) com l'operació remota (ja sigui amb personal de conducció o sense). Serà seleccionable si s'opera d'una manera o altra. L'única diferència entre els dos modes de funcionament és que es puguin establir comunicacions amb la interfície de gestió del personal de conducció o amb el Centre de Control.

Les centrals d'interfonia han de ser les mateixes en tots dos casos, variant si potser únicament la interfície d'operació i gestió local.

La central de la capçalera 'activa' s'erigirà com a 'màster' del sistema i permetrà la gestió global des del pupitre o panell del personal de conducció corresponent.

A cada capçalera hi haurà un pupitre o interfície de gestió del sistema d'interfonia fix, incloent-hi micròfon, PTT i un teclat o pantalla d'operació, però únicament estarà activa la interfície d'operació/gestió en què operi el personal de conducció.

Es requereix l'existència de dos equips de comunicació de veu, un a cada capçalera, i que qualsevol de les centrals de capçalera pugui comunicar amb qualsevol dels dos equips. Aquestes es comunicaran entre si mitjançant la xarxa Ethernet embarcada.

El nivell d'àudio dels altaveus (potència) s'ajustarà de forma independent a cada cotxe en funció del nivell sonor mesurat, la detecció de pes al cotxe o el comptatge de persones, o bé la combinació de diversos d'aquests sistemes.

La potència de sortida d'àudio màxima ha de ser superior a 24W/equip.

Les comunicacions d'interfonia-cabina quedaran gravades juntament amb els senyals de videovigilància, de manera que en descarregar les imatges es descarregui automàticament l'àudio associat sense necessitat de fer cap altra acció.

Les actualitzacions i configuracions del sistema i elements que el componen s'han de poder realitzar de manera remota i desatesa.

La connexió/substitució i detecció dels elements han de ser Plug&Play i amb autodetecció.

El sistema ha de tenir una correcta monitoratge dels elements. També es disposarà d'un registre en logs analítics de la vostra activitat, monitoratge, KeepAlive, versionat, etc. Així com la correcta gestió d'aquests i permetent el seu intercanvi amb sistemes centrals (recollida i enviament sota certes condicions).

L'intercanvi d'informació del sistema amb la resta d'equips de la Xarxa Ethernet embarcada s'ha de fer a través del model de dades de TMB que es basa en una API MQTT i REST amb estructura de dades JSON.

Cal garantir la qualitat de la comunicació acústica entre el tirador d'alarma i el lloc de conducció o CCM en qualsevol circumstància. Per fer-ho, l'adjudicatari ha d'aportar un estudi en fase de projecte, basat en la norma IEC 60268-16, que especifiqui els paràmetres d'intel·ligibilitat de la parla i la qualitat de l'àudio del sistema d'intercomunicació.

Aquests espais han de complir amb els requisits següents:

- Speech Transmission Index (STI): ≥ 0.45 (qualitat acceptable en entorns amb soroll elevat, com ara estacions o túnels de metro).
- Relació senyal/soroll (SNR): ≥ 12 dB en condicions d'operació normals.
- Nivell de pressió sonora en sortida (SPL): suficient per garantir la intel·ligibilitat sobre el soroll de fons, sense superar els 85 dB(A).

- Resposta en freqüència del sistema: adequada per a veu, en el rang de 300 Hz – 3400 Hz.

A més, s'han de detallar les especificacions de la sensibilitat i el patró polar del micròfon en funció de la direcció de procedència del so, així com les mesures implementades per a l'atenuació del soroll ambient captat pel micròfon (per exemple, mitjançant cancel·lació activa de soroll o processament digital de senyal).

El tirador d'alarma i els intercomunicadors s'instal·laran junts. A la senyalització d'aquests s'indicarà la funcionalitat de cadascun.

2.13.8.1 Centraleta d'interfonia

Hi haurà una centraleta d'interfonia per tren, encara que aquest fet no exclou que aquesta central pugui ser compartida amb altres sistemes, com ara el de megafonia. Aquestes han de ser integrables a nivell SIP amb tercers permetent la interconnexió des de sistemes de veu externs cap a tots els elements (intèrfons) de la xarxa.

A cada capçalera hi haurà un pupitre o interfície de gestió del sistema d'interfonia fix, incloent-hi micròfon, PTT i un teclat o pantalla d'operació, però únicament estarà activa la interfície d'operació/gestió en què operi el personal de conducció.

Les centrals dels cotxes capçalera connectaran amb els pupitres o panells de control del personal de conducció i amb el/s sistema/s de comunicació que permetin la seva gestió remota des del CCM. Totes les centrals d'interfonia gestionaran els perifèrics de passatge del cotxe propi: intercomunicadors de passatge (altaveu + micròfon), polsador i tirador d'emergència.

El sistema ha de comunicar-se entre si a través de la xarxa Ethernet embarcada multiservei.

Les dades de posició per controlar certs perifèrics es rebran a través del TCN. A més, sobre aquesta xarxa les centraletes han de reportar els estats i les alarmes. Així mateix, la centraleta ha de poder monitorar l'estat dels intèrfons i reportar-ne l'estat via SNMP cap a tercers.

Les centrals han de tenir un gravador per poder registrar les comunicacions que es facin entre el personal de conducció i el passatge.

2.13.8.2 Centraleta del personal de conducció

A les centrals de les capçaleres a més de les especificacions anteriors s'han de gestionar tant les interfícies de gestió del personal de conducció com les comunicacions tren-terra entre el sistema i el Centre de Control a més d'altres sistemes que només són a les capçaleres, com per exemple els cartells de tren.

2.13.8.3 Intercomunicador del tirador d'emergència

Al costat del tirador d'emergència se situarà una placa amb els controls de l'interfon i que servirà perquè el passatge es pugui comunicar amb el maquinista a través del sistema d'interfonia.

Aquesta placa equiparà l'altaveu, el polsador de sol·licitud de conversa, el micròfon, tota l'electrònica associada i els diferents leds indicatius. El polsador de l'interfon passatge ha de tenir unes característiques que eviti la pulsació involuntària per part del passatge, per la qual cosa no podrà sobresortir ni estar enrasat, sinó lleugerament enfonsat. El tipus i les característiques tècniques dels intercomunicadors dels tiradors d'alarma han de ser especificades per l'adjudicatari en fase de projecte.

Tots aquests elements formaran un conjunt amb un connector i estarà perfectament integrat en la decoració de la caixa.

La interfonia serà un equip que funcioni en mode full-dúplex. Disposareu d'una senyalització que indiqui al personal de conducció que s'ha establert connexió cabina passatge i una altra que indiqui que el viatger en pot parlar.

2.13.8.4 Relacions amb altres sistemes

El sistema d'interfonia té la possibilitat d'habilitar la comunicació entre el passatge i el CCM mitjançant l'ús del canal radio tren-terra. Tot i això, les centraletes han d'estar preparades per integrar-se per registre SIP, a la xarxa voip de TMB, a través de connexió TCP/IP. En aquest cas, es podrà comunicar bidireccionalment (sentit tren a CCM i al revés) sobre connexió SIP.

Els tiradors d'alarma i els polsadors d'interfonia estan connectats a les centrals d'interfonia/megafonia de cada cotxe mitjançant una connexió digital. El sistema d'interfonia es comunica indirectament amb el sistema de videovigilància i permetrà sistema de videoassistència al passatge.

2.13.9 Videovigilància

El sistema de videovigilància tindrà, com a funcions principals:

- Sistema de videovigilància intern del tren.
- Sistema de retrovisió.
- Transmissió en temps real d'imatges al personal de conducció. Imatges interiors entre estacions i exteriors a estacions.
- Transmissió d'imatges del sistema de videovigilància interior d'un tren cap al CCM amb possibilitat de selecció de tren i càmera des del CCM.
- Enregistrament d'àudio dels interfons sota certes condicions.

El CCTV ha de complir la llei 15/1999 de protecció de dades.

Com s'ha dit a l'apartat 2.13.4 CPU multifuncional, l'adjudicatari proporcionarà dos CPU multifuncional per tren, les quals tindran integrat el programari base del sistema de videovigilància que facilitarà TMB. Aquestes CPUs han de ser les responsables de gestionar la videovigilància. L'adjudicatari serà el responsable de la resta de l'abast de subministrament del sistema de videovigilància, incloent per exemple (llista no exhaustiva):

- El disseny d'implantació de tots els equips al tren, la seva configuració, instal·lació, validació, posada en marxa i documentació, aportant el material necessari per fer-ho.
- Les proves d'integració, llista de comprovació funcional i validació del sistema.
- Serà responsabilitat de l'adjudicatari realitzar, de manera coordinada amb TMB, les proves estàtiques i dinàmiques del sistema (preparació de documentació i realització d'aquestes proves amb l'aprovació i la supervisió de TMB, etc.). Totes les proves que siguin possibles es faran de manera remota amb TMB.
- La garantia dels equips i materials subministrats per ell, tant per a trens, com d'estoc, bancs o elements solts (p.ex.: CPUs, càmeres, etc.). La garantia serà mateixa que s'hagi indicat per al tren o 3 anys, cosa que sigui superior.

Les CPUs multifuncionals han d'estar connectats mitjançant la xarxa Ethernet embarcada per a

la transmissió de vídeo i senyals de control i amb la xarxa TCN embarcada per a la supervisió per part del sistema de monitoratge del tren.

Les CPUs multifuncionals gestionaran la recepció d'imatges de totes les càmeres del tren i el seu emmagatzematge, així com la distribució d'imatges en directe o, emmagatzemades, al lloc d'operació del personal de conducció o als equips de comunicació tren-terra a través del sistema de comunicacions embarcat.

El sistema de videovigilància suportarà tant l'operació local (amb personal de conducció) com l'operació remota (ja sigui amb personal de conducció o sense). Únicament estarà activat el monitor del personal de conducció de la cabina habilitada.

2.13.9.1 Programari de videovigilància

Com hem dit a l'apartat 2.13.2. CPU multifuncional, la CPU multifuncional facilitada per l'adjudicatari, ha de portar implementat el programari base de l'enregistrador del sistema de videovigilància que facilitarà FMB.

El programari gravador del sistema de vigilància facilitat per FMB estarà desenvolupat per un tercer proveïdor (concretament GMV i que disposa de drets d'exclusivitat) i que inclou funcionalitats bàsiques acordades per FMB. Queda sota la responsabilitat de l'adjudicatari realitzar aquelles modificació o ampliació de funcionalitats que siguin necessàries en el programari per complir els requeriments del present plec i la seva integració amb la resta dels elements del tren o els entorns centrals. Qualsevol modificació de l'equip i el programari han de ser acordades i aprovades prèviament per FMB àrea tecnològica.

L'adjudicatari ha de realitzar totes les tasques d'integració necessàries perquè el sistema de videovigilància tingui comunicació amb la resta dels sistemes del tren i realitzar, com a mínim, totes les funcionalitats que es descriuen al present plec i de base del programari original. Algunes d'aquestes tasques d'integració indiquen al següent llistat no exhaustiu:

- Integració de la resta d'elements de l'ecosistema (monitors de cabina, càmeres, etc.).
- Proporcionar la informació necessària perquè el sistema de videovigilància pugui oferir la informació que es requereixi (p.ex.: número de servei, motor, número/ubicació de la càmera, data/hora, accionament d'un tirador d'alarma, bloqueig de porta, obertura de porta frontal, senyal d'intrusió, cabina habilitada, etc.).
- Report de l'estat i les alarmes del sistema de videovigilància al sistema global embarcat de monitoratge d'alarmes i sistemes subscrits (p.ex: estat de cada càmera, estat del disc dur, etc.).

- Enregistrament d'àudio dels interfons que apliquin en cas que s'hagi accionat algun element de seguretat o comunicació del tren que cal definir durant el projecte (tirador, etc.). Cal destacar que la CPU multifuncional a subministrar ha de portar integrada una targeta d'àudio que permeti fer aquesta funcionalitat.

Algunes de les funcionalitats que disposarà el programari de videovigilància seran:

- Totes les càmeres actives s'han d'emmagatzemar als equips d'emmagatzematge del sistema de videovigilància, i les imatges més antigues s'han de sobreesciure quan s'arribi a la màxima capacitat d'emmagatzematge. L'autonomia mínima serà de 30 dies.
- L'equip d'emmagatzematge d'imatges farà una marca a les imatges emmagatzemades de la càmera associada a l'activació d'un tirador, interfon, detector d'incendis, o a un bloqueig de portes en cas d'activació. L'equip de videovigilància ha de registrar l'esdeveniment en una resolució prou clara per poder permetre el reconeixement facial de les persones a la zona d'actuació del tirador d'emergència activat, així com gravar l'àudio de les converses amb una qualitat que permeti escoltar la conversa de manera clara.
- S'ha de poder realitzar la càrrega tant en remot com en local d'actualitzacions de programari i microprogramari dels equips associats al sistema de videovigilància.
- Selecció i visualització o baixada d'imatges emmagatzemades. Qualsevol altra entitat que requereixi imatges emmagatzemades, ha de canalitzar la petició des dels centres de control, que s'encarregarà de la descàrrega, el control i el lliurament de les mateixes.

El programari incorporat en aquest equip permetrà la gravació a *loopmode*, esborrant continguts més antics quan s'arriba a la capacitat màxima del disc, per permetre l'enregistrament de continguts nous. Els enregistraments registrats en mode alarma no s'esborraran de manera rutinària, i només serà possible el seu esborrat de forma manual o sota certs criteris que indiqui TMB en el moment del disseny del tren.

La part documental que correspongui a les integracions, modificacions programari, llistes de comprovació i validacions que ha de realitzar l'adjudicatari quedaran sota la seva responsabilitat, encara que han de ser aprovades per TMB. La documentació s'ha de lliurar com a mínim tres mesos abans de la recepció a les instal·lacions de TMB del primer tren.

2.13.9.2 Seient del personal de conducció

L'adjudicatari dotarà els trens de dos llocs (també anomenades pantalles CCTV) del personal de conducció a cada cabina. Aquests equips permetran únicament la visualització en temps real de les imatges captades per les càmeres interiors/exteriors, sense que hi hagi retards ni possibilitat de persistències de les mateixes.

L'adjudicatari serà també el responsable del disseny d'implantació d'aquests equips al tren i instal·lació aportant el material necessari per a això, a més, participarà en les proves d'integració i validació del sistema.

El programari del lloc del personal de conducció CCTV ha de ser capaç de:

- Visualitzar les imatges en directe de totes les càmeres del tren, de forma estàtica o cíclica, podent arribar a visualitzar un mínim de 4 càmeres simultàniament.
- En cas d'activació d'un dels elements següents, es commutarà automàticament la càmera associada a la pantalla del personal de conducció: activació d'un interfon, tirador d'emergència, un detector d'incendis, un bloqueig/desbloqueig de portes, presència a cabina no activa, obertura de porta frontal...
- Quan el tren estacioni a l'estació, es commutaran automàticament a la pantalla del personal de conducció, les càmeres retrovisores del costat d'andana seleccionada. Un cop represa la marxa, es continuaran mostrant les càmeres retrovisores durant els primers 100 metres (metres o temps a definir en fase de projecte) de sortida de l'andana per verificar que l'arrencada del tren és correcta. Després del temps acordat, es tornarà a commutar el cicle de càmeres de passatge.
- Si es rep una alarma de presència a la cabina no habilitada, es commutarà automàticament a la pantalla del personal de conducció de la cabina activa, la càmera d'aquesta cabina. Un cop pres el comandament de la dita cabina, es deixarà de mostrar la imatge associada a aquesta cabina.

L'adjudicatari serà responsable de l'adquisició, el disseny, la integració, la implantació i la validació d'aquests equips al tren. Les funcions de l'adjudicatari, entre altres, serà la de proporcionar els monitors amb tots els components necessaris (bastidor, cablejat, equips complementaris...) per a la configuració i instal·lació de les TFT del personal de conducció, del cablejat entre els diferents elements, com del cablejat al commutador, de l'alimentació de tots els equips, la seva integració a la cabina de conducció, etc.

Els requeriments mínims del lloc del personal de conducció són: ha de ser tipus TFT, ha de tenir unes dimensions suficients per poder visualitzar 4 càmeres mitjançant un generador de quadrant o element similar (com a mínim, de 15 polzades), amb protecció frontal IP65 amb brillantor regulable automàticament en funció de la llum exterior. Ha de tenir connexió M12 per connectar-se a REM, a més a més, ha de tenir un mecanisme d'actualització local alternatiu al sistema en línia per a possibles evolucions futures.

L'adjudicatari també serà responsable del programari dels monitors perquè compleixin amb les funcionalitats indicades anteriorment. L'adjudicatari ha de proporcionar a TMB les eines per poder evolucionar, actualitzar, modificar, configurar, gestionar i operar els llocs del personal de conducció incloent-hi el sistema operatiu i la instal·lació de programari. L'adjudicatari ha de lliurar totes les eines, codi font, documentació, etc. necessari per fer les tasques anteriors.

Aquestes accions es podran realitzar per part de TMB durant totes les fases del projecte i amb posterioritat a aquest, independentment de les garanties o altres factors que apliquin sobre el tren.

L'adjudicatari es responsabilitzarà de les proves d'integració, llista de comprovació funcional i validació del sistema. La part documental que correspongui a les integracions i validacions que ha de fer l'adjudicatari quedaran sota la seva responsabilitat, encara que han de ser aprovades per TMB.

L'adjudicatari ha de lliurar a TMB-Àrea de tecnologia:

- Després de 5 mesos (20 setmanes) de la signatura del contracte:
 - La documentació bàsica de l'equip (datasheet, esquema elèctric bàsic necessari i funcionalitats bàsiques)
- Després de 8 mesos (32 setmanes) de la signatura del contracte:
 - La documentació completa (p.ex.: funcionalitats completes, llista de comprovació de validació de l'equip sense incloure les integracions que queden sota la responsabilitat de l'adjudicatari, etc.)

2.13.9.3 Càmeres

La ubicació i el nombre de càmeres del sistema situades a l'interior dels cotxes és suficient perquè no hi hagi zones d'ombra (punts cecs) ni de mala visibilitat a tots els cotxes, inclosos els passadissos d'intercomunicació. Es considera pla d'anàlisi la zona més allunyada, de cobertura normal d'una càmera. S'han de disposar com a mínim quatre (4) càmeres per cotxe. També

una càmera per passadís d'intercomunicació que permeti veure correctament aquesta zona quan els cotxes límitrofs estan molt saturats de passatgers. Cal aportar en fase de projecte un estudi de cobertura per analitzar el nombre de càmeres a instal·lar. Totes les càmeres interiors han d'estar ocultes i adequadament protegides davant d'actes vandàlics.

Es disposarà d'una càmera zenital a cabina de conducció amb visió de la porta d'emergència frontal. Aquesta càmera tindrà una visió directa per donar indicacions en cas d'emergència.

A l'interior de cada cabina es disposarà a més d'una càmera amb una alta sensibilitat que captarà la imatge de l'interior de la cabina sense comandament de tren. Si es detecta "presència en cabina" sense que hi hagi la cabina habilitada, es mostrarà en un dels dos monitors de la cabina amb comandament la imatge d'aquesta càmera, a fi que el personal de conducció pugui identificar la persona que ha entrat a l'altre lloc de conducció. El funcionament es definirà en fase de disseny.

S'instal·laran en ambdós costats de l'exterior del tren dues càmeres col·locades als laterals de cada cabina que faran de retrovisors i una frontal per gravar possibles obstacles o enrotllaments, a més s'instal·laran dues càmeres retrovisores més en ambdós laterals dels remolcs. La visió de les andanes servirà per poder supervisar l'entrada i la sortida del passatge del tren i per poder reprendre la marxa una vegada ha pogut comprovar que ha acabat el moviment de les persones. No han de quedar punts cecs que impedeixin veure la correcta entrada/sortida de persones/animals/objectes de totes les portes.

Les càmeres frontals equipades al tren han de permetre visualitzar l'operació d'acoblament, i el mode marxa enrere, que es podrà visualitzar de manera clara per al personal de conducció. FMB validarà la visualització i posició de les càmeres.

També es podrà seleccionar de forma manual les càmeres per visualitzar-les, com per exemple per maniobres de marxa enrere.

Adicionalment, s'han d'instal·lar, en els 2 primers trens que es posin en servei de cada línia, mínim 2 càmeres addicionals a cada MA, que enfocaran les pantalles de sobre de les portes dels dos costats del cotxe i que entre d'altres serviran per realitzar la validació i seguiment de programari de les pantalles de vídeo informació. Com a mínim cal poder veure les 2 primeres pantalles de cada costat dels MA1. S'han de visualitzar les 4 càmeres de forma remota ja que la seva finalitat és realitzar diferents proves/validacions dels continguts a mostrar amb tren per aquest motiu, han de permetre visualitzar amb claredat el contingut d'aquestes pantalles, el contingut, la lectura de textos i les icones, etc. Aquests elements són addicionals als sol·licitats en altres seccions del plec o annexos (p. ex.: annex relacionat amb garantia, fiabilitat, disponibilitat i mantenibilitat, etc.).

S'ha de garantir que no es produirà condensació a les càmeres.

Les càmeres han de ser IP, amb color i han de poder configurar-se remotament (qualitat, contrasenyes...)

Els requeriments tècnics que han de complir com a mínim les càmeres són:

Id	Concepte	Requeriment
VV.CAM01	Identificació	La identificació de la càmera sobreimpresa a la imatge ha de ser configurable.
VV.CAM02	Característiques	Les noves càmeres han d'incorporar les característiques i funcionalitats següents: a. Alta sensibilitat amb mínima il·luminació (0,3 lux en color). b. Resolució FullHD a 30 imatges per segon. c. Suporta de forma simultània seqüències de vídeo Motion JPEG i H.264. d. Detector de moviment. e. PoE Plus.
VV.CAM03	Característiques	• AXIS Video Hosting System (AVHS) • Forensic WDR • Zipstream technology • active tampering alarm • brightness control • color control • contrast control • digest authentication • image mirror • password protection • progressive scanning • sharpness control • white balance • Lightfinder technology • ONVIF (Profile G) support • ONVIF (Profile S) support

Id	Concepte	Requeriment
		• digital PTZ function • exposure control • exposure zone • guard tour • IP address filtering • ONVIF (Profile S) support • Pixel Counter Support • Privacy Mask Function • Traffic Light mode • Video Motion Detection Technology
VV.CAM04	Protocols de xarxa	• ARP • Bonjour • IGMP • IPv4 • IPv6 • NTP • QOS • RTCP • RTP • RTSP • SFTP • SMB • CIFS • SMTP • SNMP 1 • SNMP 2c • SNMP 3 • SOCKS • SSH • SSL • DHCP • FTP • HTTP • HTTPS • ICMP • TCP/IP • TLS • UDP/IP • DDNS • UPnP
VV.CAM.AMB01	Temperatura	• -40 °C – 60 °C
VV.CAM.AMB02	Humitat	• 10 – 100%

Id	Concepte	Requeriment
VV.CAM.NOR01	Normativa i estàndards	• AS/NZS CISPR 32 Class A • ECE-R10 Rev.5 • IEC 60068-2-78 • IP67 • EAC • IEC 60721-3-5 Class 5M3 • KCC KN32 Class A • EN 61000-6-2 • IEC 61373 • KN35 • EN 61373 • IEC 62236-4 • NEMA250 Type 4X • EN 62262 IK08 • IEC 62262 IK08 • RCM • EN55024 • IEC/EN 60529 • VCCI Class A • FCC Part 15 B Class A • IEC/EN/UL 62368-1 • EN 50121-3-2 • ICES-003 Class A • IEC/EN/UL 62368-1 • EN 50121-4 • IEC 60068-2-1 • IEEE 802.3af • EN 50155 • IEC 60068-2-2 • IEEE 802.3at • EN 50498 • IEC 60068-2-27 • IP66 • EN 55032 Class A • IEC 60068-2-64 • EN 61000-6-1 • EN 45545

Requisits càmera videovigilància

L'adjudicatari ha de lliurar a TMB Àrea de Tecnologia:

- Després de 5 mesos (20 setmanes) de la signatura del contracte:
 - La documentació bàsica de l'equip (datasheet, esquema elèctric bàsic necessari i funcionalitats bàsiques).
- Després de 8 mesos (32 setmanes) després de la signatura del contracte:
 - Documentació completa.

2.13.10 Videodifusió

Com s'ha dit en apartats anteriors, la CPU multifuncional facilitada per l'adjudicatari, ha de portar implementat el programari base del sistema de vídeo i videodifusió que facilitarà FMB.

La funció del sistema de videodifusió serà la de:

- Difondre les informacions al passatger que tinguin relació amb el trajecte i servei: propera estació, termòmetre de línia, estacions on pari el tren, correspondències, estació actual, direccionals, missatges d'alteracions o de servei, i possibles missatges visuals d'emergència, etc. . Aquests missatges i d'altres podran estar sincronitzats amb la megafonia.
- Difondre vídeos, imatges o missatges d'entreteniment corporatius, de publicitat, institucionals, d'informació en general o els que FMB consideri.

El sistema estarà connectat a altres sistemes per a l'intercanvi d'informació, tant a nivell embarcats (gestor d'energia, informació de localització i servei del tren, etc.) com a centrals (gestor de continguts MouTV, gestor d'alteracions de Metro, serveis de la API/broker de TMB, TMB icons, STA, etc).

El sistema de videodifusió ha de suportar tant l'operació local (amb motorista) com l'operació remota (amb motorista o sense). Ha de ser seleccionable si s'opera d'una manera o altra. En qualsevol cas, les centrals de videodifusió són les mateixes en tots dos casos, variant si de cas només la interfície d'operació i gestió.

El sistema i els seus components (p.ex.: TFT) han de comunicar-se entre si a través de la xarxa Ethernet embarcada multiservei. A més, el sistema ha d'informar a la xarxa TCN el seu estat i alarmes perquè puguin integrar-se al sistema de monitoratge del tren si fos necessari. També estarà connectada a la xarxa TCN amb l'objectiu d'obtenir informació necessària per poder dur a terme totes les funcions del sistema (p. ex.: emissió síncrona amb megafonia dels missatges del conductor, informació de context de localització, etc.). Durant fase de projecte s'indicarà quin element embarcat ha de realitzar aquesta funció de Gateway de comunicacions per a la integració amb el TCN, ja que el sistema de videodifusió intercanvia la informació seguint el model de dades de TMB que es basa en una API MQTT i REST amb estructura de dades a JSON.

Serà responsabilitat de l'adjudicatari realitzar de manera coordinada amb TMB les proves estàtiques i dinàmiques del sistema (incloent-hi preparació de documentació i realització d'aquestes proves amb l'aprovació i supervisió de TMB, etc.). Totes les proves que siguin possibles es faran de manera remota amb TMB. Recau sobre el proveïdor les accions

d'integració i validació finals que garanteixin el funcionament correcte del sistema, incloent-hi la informació que aquest necessiti per realitzar les seves funcions.

2.13.10.1 Programari de videodifusió

FMB facilitarà a l'adjudicatari el programari base a integrar a la CPU multifuncional desenvolupat per un tercer proveïdor que farà de centraleta de videodifusió que inclou funcionalitats bàsiques escurçades per TMB.

El programari que lliurarà FMB, després de la signatura de l'acord de confidencialitat, és un desenvolupament d'un tercer proveïdor (que disposa de drets d'exclusivitat) i que inclou funcionalitats bàsiques acordades per FMB. L'adjudicatari ha de signar els contractes de confidencialitat que TMB consideri oportuns respecte del programari de videodifusió central i del programari de pantalles que els subministrarà TMB. Queda sota la responsabilitat de l'adjudicatari realitzar aquelles modificació o ampliació de funcionalitats que siguin necessàries en el programari de videodifusió per complir els requeriments d'aquest plec i la seva integració amb la resta dels elements del tren o els entorns centrals. Qualsevol modificació de l'equip i el programari han de ser acordades i aprovades prèviament per FMB àrea tecnològica.

Els requeriments tècnics que ha de complir, com a mínim, el sistema de videodifusió són:

- El personal de conducció pot activar missatges pregravats al tren mitjançant la introducció del codi del missatge o pulsació de botó dedicat (p.ex. desplaceu-vos pels vagons, aclariu la porta...) i que aquests s'emetin per les pantalles.
- Actualització de programari i microprogramari dels equips de forma remota.
- Integració del sistema de videodifusió amb el sistema de comunicacions de què disposa la línia.
- La informació de servei i d'altres continguts s'han de poder segmentar a partir d'informació del tren.
- Integració amb sistemes propis del tren i megafonia per a l'emissió de missatges pregravats de manera sincronitzada, l'enviament d'àudios de videodifusió al sistema de megafonia, adaptar-ne el contingut segons el context del tren i la ubicació actual i destinació, etc.
- El sistema de videodifusió ha de poder gestionar els gràfics de línia de parada següent, de forma coordinada amb l'anunci de propera estació.

- El sistema d'Interfonia ha de poder reportar el vostre estat i alarmes a un sistema global embarcat de monitoratge d'alarmes.

L'adjudicatari serà el responsable de la resta de l'abast, com ara:

- Disseny general de la solució de videodifusió, integració, implantació i validació al tren complint amb els requeriments i necessitats del present plec i programaris lliurats per TMB.
- Subministrament, integració, configuració, validació i posada en marxa de tots els elements que formin part del sistema de videodifusió (Pantalles, cablejat, CPU multifuncional, etc.).
- Integracions necessàries del programari aportat per FMB/TMB amb els elements subministrats.
- Integracions amb altres sistemes i elements del tren per garantir el 100% de les funcionalitats del sistema (p.ex.: publicació/intercanvi d'informació necessària, gestió energètica, comunicacions, etc.
- Documentació associada als punts anteriors.

Adicionalment l'adjudicatari ha de realitzar totes les tasques d'adaptació, integració i validació necessàries perquè la centraleta de videodifusió, les pantalles i la resta dels elements del tren puguin realitzar totes les funcionalitats que es descriuen al present plec. Algunes d'aquestes tasques d'integració indiquen al següent llistat no exhaustiu:

- Proporcionar la informació necessària, tant de la resta d'equips del tren al sistema de difusió com viceversa, que s'han citat a l'apartat "model de dades". Ha de permetre com a mínim implementar totes les funcionalitats, plantilles i continguts descrits als annexos 'Funcional_Pantalles_Videodifusio_nous_trens_2025_v1' i '21-538-ANUAL_PantallesVideodifusió-Trens' d'aquest plec de prescripcions tècniques. En aquests documents, es defineixen les funcionalitats a grans trets que ha de complir el sistema de pantalles i videodifusió. Aquesta informació és orientativa, ja que durant la fase de projecte s'acabarà definint.
- Fer les adaptacions necessàries sobre les pantalles, inclòs el seu SO, perquè aquestes puguin complir amb totes les funcionalitats requerides d'aquest plec, pel que fa a visualització, gestió de continguts, monitoratge, informe d'activitat, gestió per grup de pantalles (individualment, costat via vs. andana, ziga-zaga, parells i imparells, totes les pantalles, combinació de diversos tipus, etc.), entre d'altres.

- Integració entre el sistema de videodifusió i el sistema de megafonia per emetre el sincronisme de missatges al passatge, etc.
- Informe de l'estat i alarmes del sistema de videodifusió al sistema global embarcat de monitoratge d'alarmes i a un tauler de control a la cabina del personal de conducció. El sistema de videodifusió publicarà aquesta informació a través del protocol seguint el model de dades de TMB que es basa en MQTT i REST amb estructura de dades a JSON. Tot i això, la centraleta de videodifusió es reserva el dret de poder publicar certa informació en un altre protocol, si així TMB ho considera.
- L'arquitectura implantada amb tren (a nivell físic i de xarxes, etc.) ha de permetre al sistema de videodifusió emetre missatges d'àudio pel sistema de megafonia. Aquests àudios podran ser fitxers o en stream (p.ex.: fitxers locals del sistema, des d'un sintonitzador de veu embarcat o central, etc.).
- L'arquitectura implantada amb tren (a nivell físic i de xarxes, etc.) ha de permetre emetre per les pantalles d'informació del tren les imatges de les càmeres locals del tren en temps real. Encara que actualment no implementi aquesta funcionalitat, l'arquitectura base si ho ha de permetre.

FMB ha de lliurar la següent documentació a l'adjudicatari:

- Després de 5 mesos (20 setmanes) de la signatura del contracte:
 - Documentació bàsica del programari de videodifusió al passatge
- Després de 12 mesos (48 setmanes) de la signatura del contracte:
 - Documentació completa inicial (p.ex.: funcionalitats completes, procés d'instal·lació i llista de comprovació de validació de l'equip sense incloure les integracions que queden sota la responsabilitat de l'adjudicatari
 - Lliurament del programari inicial a instal·lar a la CPU multifuncional. Es podran fer lliuraments posteriors del programari amb evolucions del mateix.

Aquest programari i per tant la seva documentació anirà evolucionant durant el projecte pel que queda sota la responsabilitat de l'adjudicatari totes les tasques associades a la seva enginyeria, validació i posada en marxa ja indicats en aquest plec.

La part documental que correspongui a les integracions i validacions que ha de fer l'adjudicatari quedaran sota la seva responsabilitat, encara que han de ser aprovades per TMB.

L'adjudicatari ha d'adaptar les seves tasques i la seva planificació d'acord amb els temps marcats anteriorment sense que aquest fet no suposi un minvament o afectació en la seva planificació, fites de lliurament i fabricació.

2.13.10.2 Pantalles videoinformació

Es disposaran de pantalles IP amb CPU integrada damunt totes les portes de l'interior dels cotxes, per proporcionar la informació complementària al passatger.

L'adjudicatari serà responsable de l'adquisició, el disseny, la integració, la implantació i la validació d'aquests equips al tren. Els treballs anteriors han de ser pactats amb l'àrea de tecnologia de TMB i han de ser compatibles amb el programari de videodifusió central i de les pantalles de TMB. Les funcions de l'adjudicatari, entre altres, serà la de proporcionar els monitors amb tots els components necessaris (bastidor, cablejat, equips complementaris...) per a la configuració i instal·lació de les TFT del personal de conducció, del cablejat entre els diferents elements, com del cablejat al commutador, de l'alimentació de tots els equips, la seva integració a la cabina de conducció, etc.

A les pantalles s'ha d'instal·lar un programari que lliurarà FMB a l'adjudicatari. L'adjudicatari ha de donar el suport necessari al disseny, desenvolupament, integració i proves perquè el programari/aplicació que anirà instal·lada a les pantalles, disposin de tots els requeriments del sistema. Aquest suport ha de ser el correcte en temps i forma durant la fase d'enginyeria del programari de videodifusió i programari de pantalles, permetent realitzar els lliuraments de documentació/programari a l'adjudicatari. Les pantalles quedaran sota la responsabilitat de l'adjudicatari també en conceptes com fiabilitat, disponibilitat, manteniment i garantia.

Els requisits mínims que han de complir les TFT de videodifusió s'especifiquen a la taula següent:

ID	Concepte	Requeriment
VID.PANT.VI01	Ubicació	S'instal·larà 1 pantalla a sobre de totes les portes. Quedaran integrades dins del revestiment interior del tren i totes tindran protecció antivandàlica. Les pantalles han de quedar enrasades amb la capota superior de la porta sense sobresortir del buit d'instal·lació.

ID	Concepte	Requeriment
VID.PANT.VI02	General	La distribució, forma, mida, color, brillantor i angle de les pantalles permetran una lectura còmoda des de qualsevol situació de llum ambiental i posició a la sala de passatgers. Aquestes especificacions tècniques i característiques es definiran a la fase de projecte i han de ser aprovades per FMB.
	Funcionament	Funcionament 24X7. Tots els components han de ser de grau industrial.
VID.PANT.VI03	Tipus TFT	TFT tipus LCD amb retroil·luminació Led i amb panell de gamma industrial, no de gamma consumir.
VID.PANT.VI04	Display	Àrea activa mínima 92 cm d'amplada per 13,9 cm d'alçada ± 1 cm, encara que si l'espai sobre portes i els seus mecanismes ho permeten, aquest ha de ser superior intentant arribar a 130 cm d'amplada per 20-30 cm d'alçada o el més semblant possible. Màxima resolució així com resolucions estàndard.
	Envoltant	El LCD ha d'estar en un envoltant per protegir tota l'electrònica i evitar l'entrada de pols.
	Resolució	Mínim Full HD en el format màxim que permeti la pantalla.
	Brillantor (Nits)	Mínim 700 cd/m ²
	Ràtio de contrast	Mínim IP2000.
	Angle de visió	La pantalla ha de tenir un gran angle de visió $\geq 170^\circ$ (H), 170° (V)
	Profunditat de color	Mínim 16M de colors

ID	Concepte	Requeriment
	Antireflex	Les pantalles disposaran de tractament antireflexos que garanteixi el contrast en entorn de llum ambient requerit.
	MTBF	Mínim 100.000 hores
	Backlight	Mínim 50.000 hores a màxima brillantor
	Subministraments	La pantalla ha de suportar talls abruptes a l'alimentació sense que això suposi un problema per al dispositiu i ha d'arrencar en ser energitzat
	Protecció IP	IP 65 frontal pantalla
	Protecció	Les pantalles quedaran protegides per una solució antiabradiació que protegirà la pantalla d'impactes. Entre la pantalla i el protector ha d'estar construït per evitar condensacions. Duresa mínima de 5H i antiabradiació. En cas de trencament de la part frontal (solució plàstica, doble vidre temperat, etc.) no poden caure trossos del frontal a cabina de passatge.
	Protecció	La protecció de la part visual de la pantalla ha de proporcionar una visió clara i nítida, i no degradar-se fàcilment (ratlladures, neteja, ...) ni enfosquir-se i/o esgrogueir-se amb el temps. Haurà de tenir tractament anti-grogueig i anti-enfosquiment. No groguejarà ni enfosquirà més d'un 2% en 10 anys.
	Protecció	La protecció de la part visual ha de ser resistent a la neteja, la manipulació i el desgast. Ha de permetre la neteja amb productes químics i dissolvents per eliminar pintures i grafit. Aquesta protecció es pot aconseguir mitjançant un tractament químic de la solució plàstica, o bé mitjançant una làmina protectora que atorgui aquestes qualitats. En qualsevol dels casos el conjunt ha

ID	Concepte	Requeriment
		de complir totes les característiques sol·licitades del present plec. Aquesta protecció ha de ser fàcilment substituïble al camp, sense que requereixi un desmuntatge complet del conjunt final del seu suport.
	LED	La pantalla ha de tenir LEDs que permetin conèixer-ne l'estat (energitzada, estat ok/error, etc.)
VID.PANT.VI05	Start up	La posada en marxa de la pantalla ha de ser ràpida, com a màxim ha de trigar 90 seg a encendre's. Addicionalment, en aquest procés s'ha de poder mostrar una imatge a definir per TMB, amagant el procés d'arrencada de la pantalla de cara al client.
VID.PANT.VI06	Freeze	Disposar de freeze timeout
VID.PANT.VI07	CPU	La pantalla ha d'integrar un processador ARM amb les següents característiques mínimes: NXP IMX95 en configuració 6/4 cors, 8GB RAM, 128 GB RAM, 2x 10/100/1000BASE-T, SO Linux amb encapsulat industrial
VID.PANT.VI08	Connexió	El monitor s'ha de connectar a la xarxa Ethernet embarcada mitjançant connexió de 10/100Mbps mitjançant un connector M12. També es permetrà la replicació del flux de dades mitjançant Daisy Chain i connector M12. En cas de fer servir el mecanisme Daisy Chain, el pitjor dels escenaris en cas de fallada d'un dels seus elements ha de comportar com a màxim la pèrdua de comunicació amb els monitors d'un sol costat del tren i del cotxe.
VID.PANT.VI09	Condicions mediambientals	Heu de permetre temperatures d'operació i emmagatzematge de -20 °C ~ 60 °C

ID	Concepte	Requeriment
VID.PANT.VI010	Condicions mediambientals	Suportar una humitat relativa del 10 al 90% (non-condensing)
VID.PANT.VI11	Consum	La pantalla ha de tenir com a màxim els consums següents: • Mitjà: 30W • Màxima brillantor: 50W
VID.PANT.VI12	Operativa en remot	Ha de poder ser totalment configurables, fer-se actualitzacions, reiniciar, fer restart, encès/apagat, etc. de manera desatesa tant de forma local com remotament. A més, s'ha de poder forçar i alliberar energèticament els elements per a casos d'actualització, manteniment, etc.
VID.PANT.VI13	Instal·lació/Manteniment	Les pantalles han de ser Plug&Play, amb detecció autodiscovery
VID.PANT.VI14	Actualitzacions	han de permetre fer la seva actualització de manera remota i desatesa
VID.PANT.VI15	Browser	La pantalla incorporarà un navegador web que permeti mostrar contingut web HTML5 contra el player que es troba a la CPU/centraleta de videodifusió, el qual us proporcionarà la informació a emetre.
VID.PANT.VI16	Web estàndard	• HTML5 • XHTML • CSS2 • CSS3

ID	Concepte	Requeriment
		• Javascript • XMLHttpRequest • XML • SVG • WebSockets • Progressive web app • React
VID.PANT.VI17	Streaming vídeo	• RTP/AVP • RTSP • SAP • SDP
VID.PANT.VI18	Format vídeo	• MPEG4 • H.264 • H.265 • MP4 • AVI • GIF En profiles actuals i compatibles amb el gestor de vídeo central de TMB (Sistema MouTV).
VID.PANT.VI19	Altres protocols	• XML-RCP

ID	Concepte	Requeriment
		• HTTPS • SFTP
VID.PANT.VI20	Característiques	Ha de permetre broadcast, multicast i unicast. A la Xarxa Ethernet podran conviure de manera simultània diferents "streams" de reproducció i la pantalla ha de poder seleccionar/gestionar el que li apliqui segons els filtres que caldrà definir en cas que calgui.
VID.PANT.VI21	Protocols	S'ha de poder configurar per DHCP, per IP i poder modificar els paràmetres (Hostname, IP, Mask, Gateway, DNS, Web Port, ID player, etc.).
VID.PANT.VI22	Data i hora	Ha de ser capaç de sincronitzar la data i l'hora mitjançant NTP.
VID.PANT.VI23	Monitoratge	Les pantalles han d'acceptar administració via SNMP per poder fer el monitoratge del seu estat i alarmes.
VID.PANT.VI24	Gestió i evolució	L'adjudicatari ha de proporcionar a TMB les eines per poder evolucionar, actualitzar, modificar, configurar, gestionar i operar els llocs del personal de conducció incloent-hi el sistema operatiu i la instal·lació de programari. L'adjudicatari ha de lliurar totes les eines, codi font, documentació, etc. necessari per fer les tasques anteriors. Aquestes accions es podran realitzar per part de TMB durant totes les fases del projecte i amb posterioritat a aquest, independentment de les garanties o altres factors que apliquin sobre el tren.
VID.PANT.VI25	Normativa i estàndards	○ Marcat CE ○ EN50155

ID	Concepte	Requeriment
		○ EMC: EN55022 ○ IEC 62368-1 ○ EN61373 (Vibracions) ○ EN50121-3-2(compatibilitat electromagnètica) ○ EN45545-2 (Fire protection) ○ IP65 frontal ○ IP40 part posterior (inclou carcassa/envolupant de protecció de la pantalla) ○ Environmental tests: ○ EN 60068-2-1 ○ EN 60068-2-2 ○ EN 60068-2-30
VID.PANT.VI27	Imatge	Ha de poder configurar la qualitat de la imatge a les pantalles (resolució, lluentor, contrast, rotació, ample...). La pantalla ha de disposar d'un sensor de cotxe brillant configurable que adapti automàticament els paràmetres de brillantor i dimmer segons les condicions lumíniques del tren.
VID.PANT.VI29	Sensor llum ambient	Les pantalles disposaran d'un sensor de llum ambient que reguli la lluminositat de les pantalles, adaptant-se a les necessitats de visualització de l'entorn.
VID.PANT.VI31	Funcionalitats	Ha de permetre com a mínim implementar totes les funcionalitats, plantilles i continguts descrits als annexos 'Funcional_Pantalles_Videodifusio_nous_trens_2025_v1' i '21-538-MANUAL_PantallesVideodifusió-Trens'

ID	Concepte	Requeriment
		d'aquest plec de prescripcions tècniques. En aquests documents, es defineixen les funcionalitats a grans trets que ha de complir el sistema de pantalles i videodifusió. Aquesta informació és orientativa, ja que durant la fase de projecte s'acabarà definint.
VID.PANT.VI32	Cablejat i bit rate	El cablejat a instal·lar ha de permetre l'enviament de fitxer i stream de vídeo d'alta qualitat sense que afecti la seva visualització en línia a les pantalles. Bit rate suficient per a qualitat Full HD per a cada grup de pantalles (grup multicast).

Requisits pantalles informació al viatger videodifusió

Dotze (12) mesos després de formalització del contracte l'adjudicatari farà entrega de 4 pantalles completes per a proves a FMB i amb l'objectiu que el desenvolupador del sistema de videodifusió pugui fer els treballs d'integració, l'adjudicatari ha de lliurar la documentació associada de les pantalles (fabricant i model, datasheet, protocol de comunicacions, proves, integració, etc.).

2.13.10.3 Programari pantalles videoinformació

FMB lliurarà el programari base a integrar a la CPU multifuncional desenvolupat per un tercer proveïdor (que disposa de drets d'exclusivitat) i que inclou funcionalitats bàsiques acordades per FMB. Previ a aquest lliurament de programari, l'adjudicatari ha de signar els acords de confidencialitat que TMB consideri oportuns. Qualsevol modificació de l'equip i el programari han de ser acordades i aprovades prèviament per l'àrea de tecnologia de TMB.

A nivell general, les principals funcionalitats que disposaran aquestes pantalles del sistema de videodifusió i per als quals l'adjudicatari ha de donar suport i realitzar les integracions necessàries són (llista no exhaustiva):

- Ha de permetre com a mínim implantar totes les funcionalitats, plantilles i continguts descrits als documents annexos 'Funcional_Pantalles_Videodifusio_nous_trens_2025_v1' i '21-538-MANUAL_PantallesVideodifusió-Trens' d'aquest plec de prescripcions tècniques. En aquests documents, es defineixen les funcionalitats a grans trets

que ha de complir el sistema de pantalles i videodifusió. Aquesta informació és orientativa, ja que durant la fase de projecte s'acabarà definint.

- S'ha de mostrar o modificar les plantilles que es visualitzaran segons variables que prové d'altres equips del tren (de la xarxa Ethernet, de la xarxa troncal TCN, etc.) o sistemes centrals. Alguns exemples (llista no exhaustiva) serien: distància recorreguda entre estacions, propera estació, moment de difusió, alteracions, etc.
- Hi haurà diferents plantilles per mostrar-les a les pantalles segons el moment d'emissió, la geolocalització, l'activació d'avisos, etc. Cada pantalla mostrarà una plantilla o una altra, havent d'anar actualitzant de manera en línia el contingut/metadades d'aquesta plantilla i el canvi de plantilla.
- La selecció de plantilla pot ser única per a una pantalla, per a grups de pantalles o per a totes les pantalles del tren. El contingut de les pantalles podrà ser diferent per a cada costat de cotxe, diferenciar entre parells i imparells, ziga-zaga, per seccions com ara pantalles properes a zones PMR, combinació de diversos tipus, etc.
- La plantilla que es mostrarà a la pantalla ha de permetre mostrar simultàniament contingut web (imatges, textos, textos en scroll i d'altres) i contingut de vídeo; aquesta ha de poder fer divisions per mostrar qualsevol contingut a qualsevol lloc de la pantalla.
- Els continguts que es mostrin a les pantalles s'han de poder gestionar en temps real i de manera remota, amb l'objectiu de poder incloure modificacions o incidències en una determinada estació o tram de línia, a més de poder variar-los en funció de la situació del tren a cada moment, de manera que sigui possible adaptar l'emissió de vídeos al recorregut.

El lliurament de documentació bàsica del programari que lliurarà FMB a instal·lar a les pantalles, es realitzarà a partir dels 12 mesos després de la signatura del contracte i el lliurament del PROGRAMARI (versió inicial per a la Mínima Versió de Producte) a partir dels 18 mesos després de la signatura del contracte. Es podran fer lliuraments posteriors del programari amb evolucions d'aquest. La documentació completa (p. ex.: funcionalitats completes, procés d'instal·lació i llista de comprovació de validació de l'equip sense incloure les integracions que queden sota la responsabilitat de l'adjudicatari, etc.) es realitzarà a partir dels 18 mesos després de la signatura del contracte. La part documental que correspongui a les integracions i validacions que ha de fer l'adjudicatari quedaran sota la seva responsabilitat,

encara que han de ser aprovades per TMB. L'adjudicatari ha d'adaptar les seves tasques i la seva planificació d'acord amb els temps marcats anteriorment sense que aquest fet no suposi un minvament o afectació en la seva planificació, fites de lliurament i fabricació. Això no obstant, l'adjudicatari ha d'estar disponible per a les tasques necessàries d'enginyeria, integració i validació previs a aquests lliuraments i que marqui TMB durant el projecte.

2.13.11 Senyalització número de servei i indicador de costat obertura de portes

A cada testera lliure del tren es disposarà d'una pantalla IP per indicar el número de servei, missatges al passatger d'andana, etc. d'una alçada aproximada de 15 cm, i fàcilment visible des de l'andana. El tipus de pantalla IP i la seva funcionalitat de la pantalla ha de ser validada per FMB en fase de projecte.

El número de servei se senyalitzarà també interiorment (una per cotxe) per tal que en cas d'incidència es pugui localitzar fàcilment. Aquest número de servei ha de poder ser programat des del centre de control mitjançant el canal de comunicació que es defineixi en fase de projecte i tindrà comunicació amb el sistema embarcat del tren.

Així mateix, a banda i banda de cada cotxe es disposarà d'un indicador lluminós Led, tipus fletxa com els actualment instal·lats als trens de FMB, que indiqui el costat d'obertura de portes. Aquesta informació serà subministrada pel sistema ATP/ATO.

Els equips constituents d'aquest sistema han de complir les normes ferroviàries següents:

- EN50155 (certificació ferroviària).
- UNE-EN 50121-3: Aplicacions ferroviàries compatibilitat electromagnètica.
- EN 61373. Material rodant, Assaig de xocs i vibracions.

2.13.12 Comptador de persones

Els trens comptaran amb un comptador de persones per cotxe de tren.

El sistema proporcionarà, en temps real, l'ocupació de cada cotxe, diferenciant entre persones assegudes, persones dretes i ocupació dels espais reservats per a usuaris de cadires de rodes.

La detecció de persones usuàries de cadira de rodes s'ha de fer de forma automàtica, sense intervenció del passatger, i identificant de manera unívoca la presència d'una cadira de rodes davant d'altres objectes o elements similars (bicicletes, carrets, etc.).

El sistema tindrà protecció antivandàlica i estarà integrat al revestiment interior de caixa.

La precisió del sistema ha de ser superior al 97%, fins i tot en situacions de màxima ocupació del cotxe, i cal demostrar aquesta dada en fase de projecte. La disponibilitat del sistema global per tren ha de ser superior al 99%. L'adjudicatari lliurarà un informe que demostrï que el sistema de compte passatge compleix la condició de precisió superior al 97%. Les anàlisis i proves que contingui aquest informe s'han de fer en condicions similars a les que es tindran al metro (espai i distribució dels elements, altura i configuració dels sensors, etc.).

El sistema ha de complir totes les normes ferroviàries i certificacions, marcats i assaigs que li apliquin.

En paral·lel hi haurà un sistema per al mesurament a través del pes del tren. El sistema informàtic compararà el resultat obtingut per aquests dos mètodes i en cas d'incongruència informará el sistema informàtic de la incongruència. En fase de projecte de definirà com tractar aquesta discrepància que missatge informar el personal de conducció.

Es publicarà seguint el model de dades de TMB que es basa en API MQTT i REST amb estructura de dades a JSON la informació relacionada amb el comptador de persones perquè qualsevol sistema que estigui connectat a la xarxa Ethernet embarcada es pugui subscriure, així com la seva possible integració als sistemes corporatius de FMB. A continuació, s'indica una llista de variables mínimes i no exhaustiva que s'ha de proporcionar en aquesta interfície:

- Informació contextual que permeti identificar el tren, servei, la seva ubicació (línia, trajecte, última para, propera parada, etc.), etc.
- Informació d'estat, monitoratge i diagnòstic (incloent-hi alarmes) dels elements del sistema compte passatge, així com el seu inventari (models, versionat programari/configuració i número de sèrie si s'aplica).
- Informació de pujades i baixades per porta. S'indicaran les pujades i baixades de l'última parada, les acumulades a la jornada, les acumulades del servei actual si és possible, etc. Per a aquells patrons que es puguin identificar (cadires, carrets, etc.) també caldrà lliurar la informació de pujades i baixades seguint la classificació anterior.
- Ocupació actual del tren en conjunt i per cotxe de: total de persones, persones dempeus, persones assegudes i possibles patrons que es puguin identificar (cadires, carrets, etc.).
- Ocupació actual del tren en conjunt i per cotxe provinent del sistema de mesurament a través del pes.

Això no obstant, els topic i el seu contingut (estructura, variables i temps de refresc) s'acabaran de definir a la fase de projecte i serà necessària l'aprovació de TMB.

El sistema també ha d'enviar la informació de manera en línia, en funció de certs esdeveniments rellevants i per freqüència, als sistemes centrals de FMB (API/broker de TMB). Durant la fase de projecte s'acabarà de definir el mecanisme i la destinació concreta d'enviament d'aquesta informació seguint els estàndards i les polítiques internes d'integració de FMB, així com quines variables.

També ha de comptar amb un programari que permeti monitorar des del CCM la informació en temps real, tot proporcionant informació com ara:

- El nombre de passatgers transportats amb cotxe.
- Les persones que pugen i baixen per estació i cotxe.
- Alarmes.
- ...

La informació serà subministrada de manera oberta, permetent això que sigui integrada la informació als sistemes corporatius de FMB.

El sistema de compte passatge ha de tenir un sistema de gestió de logs embarcat i centralitzat que:

- Registreu en fitxers l'activitat del sistema (ocupació, pujades i baixades, etc.) incloent informació contextual (data/hora, tren, servei, ubicació, etc.) que permeti avaluar de manera fàcil la situació del tren/cotxe de manera històrica. En aquests registres caldrà incloure també les variables indicades a publicar via MQTT.
- Es crearan diferents logs segons la temàtica/objectiu. P.ex.: versionat i inventari, monitoratge i alarmes/errors, funcionament (ocupació, pujades i baixades...), keepAlive, etc. Es generarà un nou fitxer per a cada dia natural.
- S'ha de fer una correcta gestió dels fitxers: emmagatzematge dels fitxers dels darrers X dies (inicialment 7 dies), esborrament de fitxers antics, compressió dels fitxers en un paquet únic actualitzable sota certes circumstàncies (a certes hores del dia, en detectar connectivitat WiFi, sota demanda, després d'un reinici de l'equip...), etc.
- Compartició dels fitxers (a través del paquet únic) amb altres sistemes de FMB. Haurà de permetre la recollida per part d'altres sistemes i la seva tramesa a sistemes centrals.

- Enviament de logs i esdeveniments/alarmes a l'API/broker de TMB

Les especificacions tècniques i característiques de detall es definiran a la fase del projecte i han de ser aprovades per FMB.

El sistema ha de monitorar tots els seus elements (centraletes, perifèrics, etc.), i serà capaç de conèixer de manera embarcada i centralitzada l'estat d'aquests elements, detectar possibles avaries/malfuncionaments, tenir un registre de les alarmes, control de l'inventari i versionat, etc.

El sistema ha de poder informar sobre el seu estat i les alarmes a un sistema global embarcat de monitoratge d'alarmes. També ha d'informar del seu estat i de les alarmes en un tauler de control a la cabina del personal de conducció.

Els elements del sistema (centraleta, sensors...) han de poder ser configurables i actualitzables de manera remota i desatesa.

La detecció i connexió del Compte Passatge i els seus perifèrics ha de ser plug&play, i es podrà connectar i desconectar repetides vegades de manera incontrolada sense que això suposi cap problema.

2.13.13 Localització de persones embarcades (Beacons Bluetooth)

La ubicació i el nombre de Beacons situats a l'interior dels cotxes ha de ser suficient perquè cobreixi la totalitat del tren, inclosos els passadissos d'intercomunicació. Cal aportar un estudi de cobertura per analitzar el nombre de Beacons a instal·lar, fins i tot al pitjor escenari (màxima ocupació de viatgers). A priori s'ha definit com a mínim instal·lar 3 Beacons per tren: un a cada testera i el tercer al cotxe central o "Remolc". Però, es podran instal·lar més Beacons per tren si cal segons estudi de cobertura.

La subjecció dels Beacons ha d'estar composta per una esquadra metàl·lica que anirà fixada sobre els perfils del xassís del bastidor o bé de l'estructura del tren mitjançant un dels procediments següents:

- Cargols aprofitant els forats existents als perfils del bastidor.
- Rosca xapa si és un perfil metàl·lic sense forats.

La subjecció final ha de ser consensuada i aprovada per TMB.

L'adjudicatari serà l'encarregat de subministrar, instal·lar, configurar i integrar amb el microprogramari que proporcionarà FMB ja que actualment es té una aplicació de localització pròpia. Els detalls tècnics dels beacons són els següents:

- Model de Beacon: iBKS Plus (referència 2025: https://accent-systems.com/wp-content/uploads/iBKS_Plus_datasheet_rev4.pdf)
- Bateria:
 - 4 piles de liti AA de 3,6V i 2600 mAh (configuració 1s4p).
 - Capacitat total de 3,6V i 10.400mAh.
 - Piles de primeres marques i idèntiques entre si.
 - Vida útil mínima del beacon: 7 anys
- Microprogramari (FW): Versió de FW de TMB: V1.2020.06.23.1 (o la versió més actualitzada disponible que es comunicarà durant el projecte).

A continuació, s'indiquen altres requisits que ha de complir l'adjudicatari:

- Configuració
 - Configuració dels beacons Bluetooth segons els paràmetres definits per TMB.
- Requisits Funcionals
 - Garantir la correcta integració dels beacons amb els sistemes de localització interior existents de TMB.
 - Proporcionar documentació detallada de la instal·lació i configuració dels beacons.

A continuació, es detallen els comentaris addicionals que cal tenir en compte per a la correcta execució a la instal·lació de beacons embarcats:

- Instal·lació i configuració: la instal·lació i configuració dels beacons Bluetooth s'ha de fer a les instal·lacions del fabricant del tren o a la pròpia cotxera de Metro, abans del lliurament dels trens a TMB.
- Ubicació dels beacons: la ubicació exacta de cada beacon dins del tren ha de ser pactada i acordada amb FMB.
- Inventari i validació: els beacons instal·lats a bord del tren han de ser inventariats, fotografiats i validats per l'adjudicatari.

- Garantia i manteniment:

- la garantia dels beacons ha de ser de 3 anys.
- La bateria dels beacons tindrà una durada mínima de 7 anys.

L'adjudicatari ha d'incloure la validació dels beacons del tren al seu pla de validació.

2.14 MODES DE CONDUCCIÓ

El sistema ATC instal·lat als trens del Metro de Barcelona integra els subsistemes ATP (Protecció Automàtica del Tren) i ATO (Operació Automàtica del Tren). El seu objectiu és garantir una circulació segura, eficient i automatitzada del tren, mantenint les condicions de seguretat definides pels enclavaments i proporcionant automatització a la conducció.

Tot el disseny, instal·lació, adaptació i proves de la implementació d'aquests equips al tren aniran a càrrec de l'adjudicatari, incloent suports, cablejat i proves de validació. Així mateix, l'adjudicatari també ha de:

- Subministrar els cables d'interconnexió de les unitats ATP/ATO i de connexió amb la resta del tren. (Interfícies i cables d'alimentació).
- Realitzar les proves d'instal·lació d'interfícies ATP/ATO Tren previs a les proves sèrie.
- Fabricar i instal·lar els suports i proteccions de les Antenes. Complir les especificacions d'instal·lació dels equips.
- Tots els cofres i armaris necessaris per a la protecció de les unitats ATP-ATO.

L'adjudicatari ha d'incloure a la seva planificació de projecte tot el procés d'enginyeria d'integració, implantació, proves en fàbrica i proves de la instal·lació i validació amb la infraestructura de FMB.

FMB facilitarà a l'adjudicatari únicament els equips d'ATP-ATO a instal·lar als trens. L'adjudicatari serà responsable del disseny d'implantació d'aquests equips al tren, així com d'assegurar que es compleixin les funcionalitats previstes dels equips als trens.

L'adjudicatari serà el responsable de les proves a fàbrica de l'equip ATP-ATO, així com del disseny de la interfície d'aquests equips amb el tren, incloent-hi en tots els elements necessaris perquè el sistema tingui les funcionalitats previstes dels equips als trens.

L'adjudicatari serà responsable de totes les proves d'integració i validació del sistema i ha d'assegurar la integració final del sistema al tren.

El sistema ATP-ATO proporciona a l'equip anunciador d'estacions la informació de la següent estació de la línia a què es dirigeix el tren per indicar el costat d'obertura de portes. Aquesta funcionalitat s'ha de mantenir i, per tant, el tren es dissenyarà per gestionar l'anunciador d'estacions amb aquesta informació i en paral·lel la que també se subministra pel Tren Stop.

Les dades d'ATP-ATO han de ser accessibles des del bus de dades del tren i tindran la

informació necessària perquè es pugui reproduir en temps real a la pantalla de conducció ATP-ATO.

No s'instal·laran caixes de connexió en elements solidaris al bogi per evitar deteriorament per vibracions.

Tots els elements constituents d'aquest sistema han de complir amb la norma EN 61373 Material rodant, Assaig de xocs i vibracions.

A continuació, es detallen de forma general les característiques del sistema ATP/ATO instal·lat a cadascuna de les línies. Aquesta descripció té caràcter enunciatiu i no exhaustiu. Durant la fase de projecte es desenvoluparà, de forma coordinada entre FMB, l'adjudicatari i els proveïdors del sistema, la definició final del disseny d'implantació, l'enginyeria associada i l'operativa del sistema, per tal de garantir-ne la funcionalitat, la interoperabilitat i la validació correcta.

2.14.1 ATP-ATO L2

2.14.1.1 Descripció legal

El sistema ATP/ATO dels trens presents a L2 de FMB es basa en l'arquitectura TBS100FB (Train-Based System), dissenyada sota normativa CENELEC i amb capacitats per migrar a tecnologies DTG o CBTC. Està compost per dues funcionalitats principals:

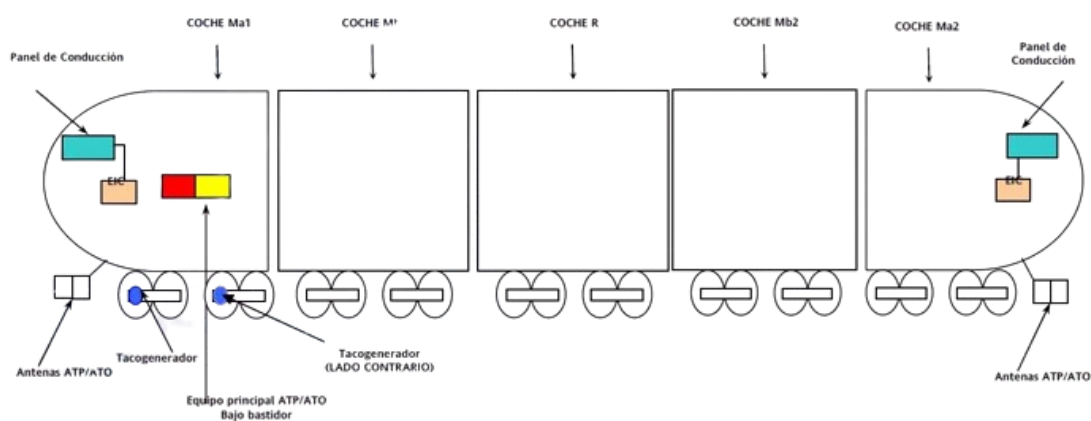
- ATP (Automatic Train Protection): Garanteix la seguretat del tren.
- ATO (Automatic Train Operation): Automatitza la conducció sota supervisió de l'ATP.

Ambdues funcionalitats interactuen amb els components següents:

- Sistema de via: Balises, circuits codificats (modulació FM a L2), senyals, canvis, enclavaments.
- Sistema de bord: Panells de conducció, tacogeneradors, antenes, bastidor TBS, equip d'interfície (EIC), entre d'altres.

2.14.1.2 Components Principals del Sistema

Els components principals del sistema es detallen a continuació:



- Equip TBS (sota bastidor): Conté la lògica de control ATP/ATO. Processa senyals del circuit de via i del tren per generar ordres de tracció, frenada i protecció. Antenes d'ATP/ATO:
- Capten codis als rails (ATP) i balises de localització (ATO). Capten codis als rails (ATP) i balises de localització (ATO). Cada tren porta quatre antenes ATP i quatre ATO.
- Tacogeneradors: Mesuren la velocitat real del tren. Cada tren disposa de dos tacogeneradors instal·lats.
- Manual de conducció. Inclou polsadors de manera, indicadors lluminosos, avisadors acústics i velocímetre de doble agulla.
- Panell d'Auxili: Conté el commutador RESET i la CLAU ESPECIAL per tancar l'ATP/ATO.
- EIC (Equip Interface Conductor): Interfície entre conductor i sistema TBS. Gestiona alarmes, indicadors i ordres de control.
- Pilots Blaus Laterals: Indiquen tancament del sistema ATP/ATO per ús de la clau especial.

2.14.1.3 Funcionament del Sistema

A continuació, es detallen les funcionalitats del sistema a manera enunciativa, però no exhaustiva:

- ATP – Protecció Automàtica del Tren: Supervisa velocitat i condicions de seguretat. Les seves funcions clau són:

- Aplicar fre d'emergència en depassar velocitat màxima o desaparèixer els codis.
- Impedir xocs i excessos de velocitat.
- Controlar obertura de portes.
- ATO – Operació Automàtica del Tren: Automatitza la conducció mentre ATP garanteix la seguretat:
 - Arrencada i parada automàtica.
 - Regulació de velocitat.
 - Parada a estacions amb precisió ± 1 m.
 - Alineació amb portes d'andana.
 - Gestió de tornada automàtica.

ATO depèn de balises per a posicionament. Si no es rep balisa després de 400 m, aplica emergència.

2.14.1.4 Modes de conducció

A continuació, es descriuen les diferents formes en què el tren pot ser operat, depenent del nivell d'automatització i protecció activa.

Aquests modes defineixen quin sistema té el control principal del tren (conductor o sistema automàtic), com es regulen la tracció i la frenada, i quines limitacions de seguretat s'apliquen. Per exemple:

- En mode ATO, el tren circula de forma completament automàtica, regulant tracció i frenada, però sempre supervisat per l'ATP. . Requereix balises i codis.
- En mode ATP, el conductor condueix manualment, però amb una supervisió contínua de la velocitat i les condicions de seguretat. Conducció sota velocitat objectiu.
- En mode Manual +25, el control és totalment manual i la velocitat es limita a 25 km/h per a maniobres. Per a maniobres o zones sense codis.
- En mode Clau Especial, el sistema ATP/ATO està desactivat, i és una manera excepcional per a moviments sense protecció automàtica. Conducció sense protecció automàtica

2.14.1.5 Filosofia de Seguretat (Fail Safe)

El sistema ATP/ATO està dissenyat sota el principi de seguretat per defecte (Fail Safe). Davant de qualsevol error (pèrdua de codis, errors de càlcul, etc.), s'aplica automàticament el fre d'emergència, eliminant el mode actiu i obligant a aturar completament el tren abans de reprendre l'operació.

2.14.1.6 ATP/ATO en L2 amb mode Distància Objectiu (DTG)

El sistema DTG s'activa automàticament abans de l'entrada a l'estació i permet una explotació segura fins als topalls (de via).

Aquesta funcionalitat, ja activa a la Línia 2, substitueix la lògica tradicional basada en codis de velocitat discrets per un control continu i dinàmic de la distància restant fins al final de via.

Això permet aturar el tren amb més precisió i suavitat, garantint la seguretat fins i tot en el darrer tram del recorregut. Tot això sota la supervisió contínua del sistema ATP.

2.14.2 ATP-ATO L4

Els trens de L4 aniran proveïts del sistema CBTC embarcat TGMG de SIEMENS, els trens objecte de subministrament han de dissenyar-se i construir-se en compliment estricte del que estableix el Projecte Constructiu de Renovació de la Senyalització ATP-ATO de la L4 de FMB (clau PC-MIB-19036), el qual defineix els requisits funcionals, operacionals i interfícies del sistema necessaris per garantir la integració amb el sistema de senyalització en desenvolupament.

Les prestacions dinàmiques i funcionals dels nous trens (frenada, acceleració, temps de reacció i comportament cinemàtic general) han de ser iguals o superiors a les definides en aquest plec.

2.14.2.1 Especificacions Sistema CBTC On-Board

L'equipament CBTC embarcat serà de tecnologia Train Guard Mass Transit – AlfèsT® de SIEMENS Germany per poder garantir la circulació dels nous trens amb el Sistema de Senyalització i Control de Tren en servei a Línia 4 de Metro de Barcelona. Aquest equipament ha de ser idèntic al subministrat pel Projecte Constructiu de Renovació del Senyalització ATP-ATO de la L4 de FMB.

L'equipament CBTC embarcat disposarà de redundància d'equips Hot-Standby per garantir que en cap cas la decisió d'un element de l'equip de CBTC embarcat comporti la immobilització d'un tren a la L4.

L'equipament CBTC embarcat realitzarà una autodiagnosi continuada del seu estat. A més, l'equipament CBTC embarcat permetrà el monitoratge remot des de l'ATS amb finalitats de diagnosi i manteniment.

Les unitats centrals de procés han d'estar dissenyades sota principis "Fail-Safe" per tal de garantir que totes les funcions assignades al sistema ATP-ATO-ATC s'executin sense que hi hagi en cap cas risc per a la seguretat de les persones ni per al tren (tant en estàtic com en circulació).

L'equipament embarcat serà el definit per l'AlfésT On-Board de SIEMENS, com a mínim:

- 2 antenes de comunicacions CBTC.
- 2 canals/commutadors de comunicacions.
- 2 CPU (Unitat Central de Processament, per les sigles en anglès).
- 2 lectors d'etiquetes.
- Sistema d'odometria (tacòmetres, acceleròmetres o doppler radar).
- 2 HMI (Interfície Home-Màquina) pantalla ubicada al pupitre de conducció.
- El Pla de Manteniment de l'equipament embarcat s'ha d'ajustar a les periodicitats que TMB té marcades pels trens (60 dies, 1 any, 2 anys, 4 anys i 6 anys).
- Equipament relatiu (interfícies amb altres sistemes). La part embarcada del sistema CBTC intercanviarà informacions amb el sistema informàtic del tren sobre el seu estat, així com totes les incidències de funcionament que es presentin.
 1. S'han de considerar les interfícies necessàries tant pel que fa a maquinari com a programari per comunicar l'equipament CBTC amb el bus del sistema informàtic del tren, així com el desenvolupament del protocol d'intercanvi d'informacions necessaris per a l'intercanvi de dades. S'han de considerar les interfícies necessàries tant pel que fa a maquinari com a programari per comunicar l'equipament CBTC amb el bus del sistema informàtic del tren, així com el desenvolupament del protocol d'intercanvi d'informacions necessaris per a l'intercanvi de dades.
 2. L'equip CBTC embarcat transmetrà la informació de propera estació al tren (informació que haurà rebut del sistema CBTC de via) al sistema informàtic del tren que procedirà a gestionar:

1. La il·luminació de les fletxes de l'interior dels cotxes que indicaran el costat d'obertura de les portes del tren a la propera estació.
2. L'avís acústic de la propera estació.
3. La senyalització visual de la propera estació als panells gràfics de línia, així com altres informacions que poguessin presentar-se al passatge a través del sistema de videoinformació.
4. Resta d'informació necessària.

Tota l'energia elèctrica necessària per alimentar els equips de CBTC serà subministrada pel tren.

En cas de pèrdua de HV del tren, l'equip CBTC romandrà alimentat (aproximadament 30 minuts) per la bateria del tren, a confirmar entre TMB i subministrador.

2.14.2.2 Especificacions Sistema Comunicacions

L'equipament del Sistema Comunicacions embarcat serà idèntic al subministrat pel Projecte Constructiu de Renovació del Senyalització ATP-ATO de la L4 de FMB amb Clau PC-MIB-19036. Aquest equipament ha d'incloure tot el necessari per habilitar el sistema de comunicacions Wireless (no-vital) que permeti la interconnexió amb els sistemes de Megafonia, Interfonia i Vídeo del tren: antena/es de comunicacions Wifi, cablejats, alimentació de les antenes, equips de ràdio, etc.

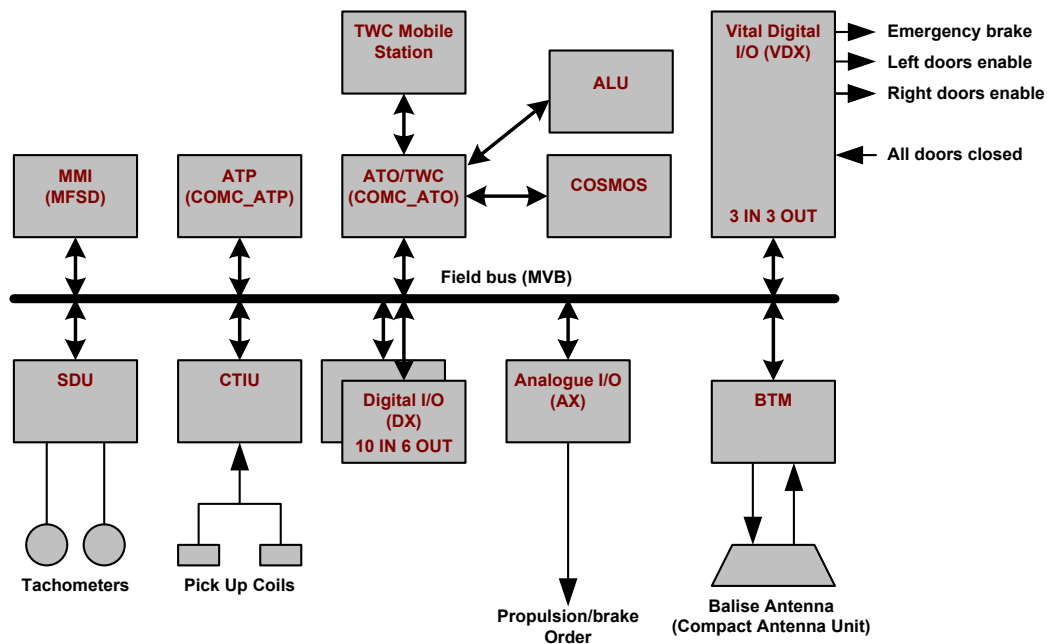
2.14.2.3 Especificacions Espais Reserva

El tren ha de disposar d'espais per poder ubicar un segon equip de senyalització embarcat, en previsió futura que es pugui incorporar l'equip DTG de SIEMENS que s'utilitza actualment a Línia 2.

2.14.3 ATP-ATO L1/L3

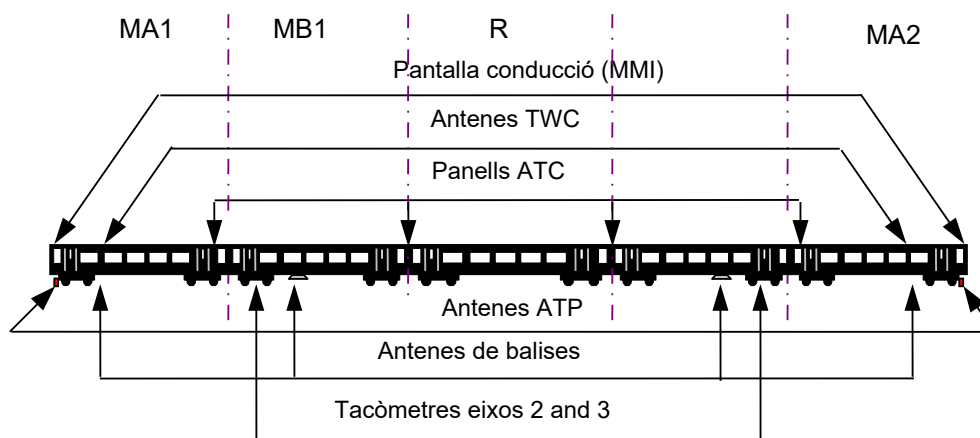
A les línies 1 i 3 el sistema de senyalització és el sistema ATP-ATO BOMBARDIER EBICAB 800.(GoA2).

L1 i L3 disposen de dues cabines primàries, cada cabina és un sistema complet ATP/ATO. L'arquitectura es presenta a la figura següent com a referència:



Configuració HW dels trens

La distribució dels equips actuals es representa com a referència a la figura següent:



Distribució dels equips ATP/ATO als trens

A continuació, es descriu la distribució actual del sistema com a referència:

- Als cotxes motors MA es troben presents els mòduls CTIU, MMI, COMC_ATO, VDX, DX, l'estació de ràdio mòbil 2, les antenes TWC al sostre, un power splitter, 2 botons de sortida d'ATO, Junction Box, i clau especial.

- Als cotxes motors MB es troben els mòduls DX, VDX, d'una banda i SDU i BTM distribuïts en 2 panells diferents, a més de 2 tacòmetres per cada equip ATP/ATO i les corresponents caixes de connexió.
- Al cotxe remolc R es troben els dos mòduls COMC_ATP, DX i AX corresponents als dos sistemes ATP/ATO.
- Les antenes ATP i tacogeneradors aniran instal·lats als bogis.
- Les antenes balisa ATO aniran instal·lades sota bastidor.
- Les antenes de ràdio ATO aniran instal·lades al sostre.

El sistema ATP-ATO realitza una supervisió contínua de la velocitat del tren, impedit la superació de límits de velocitat o senyals tancats. Rep telegrams des del circuit de via que inclou informació sobre la velocitat màxima, velocitat objectiu, distància el pendent del trajecte. Si el tren excedeix la velocitat supervisada, el sistema emet senyals acústics i visuals, i activa el fre de servei o d'emergència, depenent del marge d'excés. També supervisa el costat correcte d'obertura de portes i proporciona informació al sistema d'anunciador d'estacions.

L'ATO permet l'automatització completa de la conducció del tren, regulant acceleració, frenada i parades precises a l'andana. Utilitza com a fonts de dades els telegrams ATP, balises passives i una base de dades interna amb la topologia de la línia. El sistema disposa de diferents estratègies de conducció (ràpida, normal, etc.), limitant la intervenció del conductor a l'obertura i el tancament de portes i als botons de sortida.

Els modes d'operació són:

- ATP (conducció manual supervisada).
- ATO (conducció automàtica supervisada).
- ATB (automàtic sense conductor per a inversió de cabina).
- M+25 (maniobres a zones no equipades, amb supervisió limitada a 23 km/h) .
- Mode Especial (ATC desconnectat, només mostra velocitat real).

El sistema està compost per diversos elements com targetes electròniques, antenes de balises, tacogenerador, ràdio, unitats d'emmagatzematge d'esdeveniments i interfície d'usuari.

A nivell d'infraestructura, les balises proporcionen referència de parada precisa i localització del tren.

Les reaccions davant d'excés de velocitat són:

- +3 km/h: avís sonor + tall de tracció,
- +6 km/h: fre de servei,
- +9 km/h:

El CCM defineix itineraris, regula trànsit i assigna permisos de moviment, interactuant amb enclavaments i amb el subsistema, el qual transmet informació al tren sobre estació, via, estratègia, permisos i també rep dades sobre localització, mode i diagnòstic.

L'entorn d'interfície d'usuari informa amb diferents senyals acústics:

- bips cada 2 segons per excés de velocitat.
- 1 bip curt com a primer avís.
- bips curts com a segon avís.
- bip continu per error.

Els botons de sortida en mode ATO i ATB s'il·luminen quan es compleixen les condicions.

Les condicions per al pas entre modes de conducció al sistema ATP han de ser les següents:

- de M+25 a ATP, en rebre telegrams amb l'inversor a neutre o endavant.
- d'ATP a ATO, amb comunicació establerta, recepció de balisa, permís ATO i fre no actiu.
- d'ATO a ATB, a l'estació terminal, després de parada completa, amb autorització de l'enclavament i retirada de la clau.

Aquest sistema permet garantir l'operació segura i automatitzada del tren a les línies 1, 2, 3 i 4 del Metro de Barcelona, amb una arquitectura robusta, múltiples redundàncies i mecanismes de supervisió contínua.

El nou tren s'ha d'adaptar per a la funcionalitat ATB de la senyalització.

2.14.4 Tren – Stop

Tot el disseny, instal·lació, adaptació i proves de la implementació d'aquest equip al tren aniran a càrrec de l'adjudicatari, incloent suports, cablejat i proves de validació. Així mateix, l'adjudicatari també ha de:

- Subministrar els cables d'interconnexió de les unitats Tren Stop i de connexió amb la resta del tren. (Interfícies i cables d'alimentació).
- Realitzar les proves d'instal·lació d'interfícies Tren Stop – Tren prèvies a les proves sèrie.
- Fabricar i instal·lar els suports i proteccions de les Antenes. Complir les especificacions d'instal·lació dels equips.
- Tots els cofres i els armaris necessaris per a la protecció de l'equip.

A tots els trens s'ha d'implementar un sistema Tren-Stop compatible amb els senyals emesos per les balises SEPSA de les línies a què van destinats. Aquest sistema està concebut com una protecció puntual universal per a totes les línies.

FMB facilitarà a l'adjudicatari únicament els equips maquinari de Tren Stop a instal·lar en L2 per a 22 trens. L'adjudicatari subministrarà els equips necessaris per a la resta de trens de L2 i L4 (7 trens) i dels lots 2 i 3. L'adjudicatari serà responsable de la integració de l'equip al tren.

L'adjudicatari serà el responsable de les proves en fàbrica de l'equip, així com del disseny de la interfície dels equips esmentats amb el tren, incloent en tots els elements necessaris perquè el sistema tingui almenys les mateixes funcionalitats que en els trens actuals que circulen per les línies 1, 2, 3 i 4.

L'adjudicatari serà responsable de totes les proves d'integració i validació del sistema i de la integració final del sistema al tren.

Per a L1 i L3 el sistema proporciona actualment a l'equip anunciador d'estacions la informació de la següent estació de la línia a què es dirigeix el tren, per indicar el costat d'obertura de portes. Aquesta funcionalitat s'ha de mantenir i, per tant, el tren es dissenyarà per gestionar l'anunciador d'estacions amb aquesta informació i en paral·lel la que també se subministra per l'ATP.

Per a totes les línies l'equip ha de proporcionar, entre altres possibles, les funcions següents:

- Protecció antidepassament de semàfor vermell.

- Protecció davant d'excés de velocitat del tren, als punts on es trobin balises de via limitadores de velocitat.
- Proporcionar a l'equip anunciador d'estacions la informació de la següent estació de la línia a què s'adreça el tren, per indicar el costat d'obertura de portes.
- Actuar sobre la maniobra de selecció de costat d'obertura de portes de passatge, implicant la selecció i per tant l'obertura de portes a les estacions pel costat on no existeixi andana.
- Detectar la pèrdua de captació de balises.
- Actuar al llaç de fre quan no detecti una balisa de semàfor entre balises d'estacions.
- Actuar en el llaç de fre quan excedeixi la distància a què devia trobar la balisa de reinici i càrrega de distància (estació).
- Control bidireccional de vies d'accés a tallers i apartadors (punts singulars).
- Inhibir-vos quan l'equip ATC està actiu.

El depassament de semàfor vermell d'entrada a taller es podrà fer si ho autoritza la balisa de punt singular situada abans de la balisa associada al semàfor. En cas contrari, el tren es frenarà en captar la balisa de semàfor vermell. La sortida del tren cap a la línia estarà controlada per la balisa de semàfor, sense influència de la balisa de punt singular.

Quan l'equip Tren-Stop es deslocalitzi, s'impedirà la selecció i per tant l'obertura de portes a banda i banda, informant el personal de conducció d'aquesta situació a través del sistema de monitoratge. En aquestes condicions, per poder ordenar l'obertura de portes, s'haurà d'accionar prèviament un dispositiu de seguretat de reconeixement que l'equip Tren-Stop es troba deslocalitzat. L'accionament d'aquest dispositiu estarà registrat a l'equip de caixa negra.

L'equip de Tren-Stop es pot integrar amb els sistemes de megafonia i anunciador d'estacions del tren.

L'equip Tren-Stop ha de poder detectar un mal funcionament dels seus elements (antenes, tacs, etc.) en qualsevol moment, informant al lloc de conducció (pantalla de monitoratge a través del sistema informàtic del tren). Les variables associades a aquests estats han d'estar disponibles a la xarxa informàtica del tren.

Si fos necessari ajustar diàmetre de rodes als eixos on estiguin ubicats els captadors de velocitat s'ha de poder introduir el valor numèric des de la des del lloc de conducció per pantalla de monitoratge i del mateix equip Tren-Stop.

Aquest valor estarà acotat entre els màxims i els mínims admissibles per la roda, no permetent introduir valors fora d'aquestes cotes.

Cada lloc de conducció disposarà d'un interruptor lluminós "bypass" d'anul·lació de tren-stop de color vermell. Aquest polsador estarà degudament precintat, sent del mateix model que la resta de polsadors de bypass utilitzats al tren.

Disposarà d'un polsador de rearmament de manera que es pugui efectuar aquest rearmament d'una manera ràpida, segura i intuïtiva des del lloc de conducció.

Quan s'activi el polsador "Anul·lació de Tren-Stop" al lloc de conducció amb comandament de tren, quedarà anul·lada la intervenció del sistema de Tren-Stop al llaç d'emergència. Aquesta anul·lació serà mostrada al personal de conducció a la pantalla de monitoratge a través del sistema informàtic del tren.

Quan l'actuació del Tren-Stop freni el tren (per obertura del llaç d'emergència) serà possible rearmar l'equip accionant el polsador de rearmament Tren-Stop, des del lloc de conducció amb comandament, desfrenant el tren si ha desaparegut la causa que la va provocar.

L'equip de Tren-Stop estarà connectat al bus del sistema informàtic del tren per informar de l'estat de l'equip, així com dels esdeveniments de funcionament al personal de manteniment, mitjançant les eines programari subministrades per l'adjudicatari.

Disposarà d'entrades maquinari perquè equips externs puguin efectuar el rearmament, inhibició, anul·lació i totes aquelles funcions que siguin necessàries com a interfície per al Tren-Stop.

L'equip caixa negra del tren registrarà com a mínim els següents senyals de l'equip Tren-Stop:

- Anul·lació Tren-Stop.
- Activació del dispositiu de reconeixement de Tren-Stop deslocalitzat.
- Demanda obertura de llaç per Tren-Stop (un senyal per cada causa).
- Rearmament del Tren-Stop.
- Tren-Stop autorització de superació de semàfor vermell.

- Tren-Stop semàfor vermell.
- Tren-Stop semàfor verd.
- Tren-Stop velocitat.
- Balisa inhibidora.
- Punt singular.
- Senyal WSP.
- Altres senyals que posteriorment FMB consideri convenients a la fase de projecte.

El Tren-Stop disposarà d'una memòria interna no volàtil de registre d'esdeveniments de funcionament de l'equip. Els esdeveniments memoritzats i datats han d'estar acompanyats del context de senyals necessari per a la seva correcta interpretació.

Es proporcionarà un programari que treballarà en entorn Windows per facilitar el bolcat del registre de fallades a un Ordinador Portàtil, així com la interpretació i presentació de les dades. Aquest programari ha de ser sotmès a l'aprovació de FMB.

L'equip disposarà de connexió USB o ETHERNET per a l'extracció dels registres a 1 Mb/s com a mínim. També cal poder efectuar l'extracció de dades des del lloc de conducció per mitjà del sistema informàtic de tren.

Quan aquests trens circulin per Línies amb balises de Tren-Stop en via, estarà actiu un dels dos sistemes de seguretat per a la protecció de circulació del tren: Tren-Stop (puntual) o ATP (continu). Per fer-ho, es dissenyarà l'equip Tren-Stop, de manera que quan l'ATP estigui operatiu s'inhibeixin les proteccions de depassament de semàfor vermell, excés de velocitat en punts limitats per balisa de velocitat, i qualsevol altra situació que pugui provocar l'obertura de llaç per l'equip Tren-Stop. Serà així atenent el criteri que en aquest cas és l'equip d'ATP qui protegeix el tren en el desplaçament. La resta de funcions de l'equip Tren-Stop han de romandre actives. Quan l'ATP no estigui operatiu (en modes M+25 o Selector mode especial), automàticament s'activaran totes les funcions del Tren-Stop que protegeixen el desplaçament del tren. A aquest efecte, l'adjudicatari implementarà al tren una comunicació "failsafe" entre l'equip d'ATP i l'equip de Tren-Stop, que garanteixi la commutació automàtica d'ambdós sistemes segons el que s'ha especificat anteriorment.

Així mateix, l'adjudicatari serà responsable d'implementar entre altres funcions les següents:

- El sistema Tren-Stop ha de permetre el rearmament automàtic del llaç d'emergència quan el tren commuta "Mode Especial" (bypass ATC) o "Mode M+25", procedent d'una manera de conducció ATO o ATP.
- El sistema Tren-Stop ha de realitzar el rearmament automàtic en connectar la clau de govern en cabina, tant si el tren és a ATP com a M+25, per permetre la transició a qualsevol dels modes de conducció ATP, ATO o M+25 en fer un canvi de cabina.
- S'han d'implementar senyals que informi el sistema informàtic del tren de si el sistema Tren-Stop està inhibit o anul·lat. Aquesta informació estarà disponible per a visualització al sistema de monitoratge del tren.
- En modes de conducció M+25 o Mode Especial, quan el tren supera un semàfor en vermell, el sistema ha d'actuar sobre el llaç de fre i visualitzar a la pantalla de monitoratge la causa com a "llaç obert per semàfor".
- En fer la seqüència d'arrencada del tren, el sistema Tren-Stop s'ha de configurar per defecte en estat de llaç obert, permetent l'inici de marxa en mode de conducció lliure.
- Després de recuperar la localització del sistema (per exemple, després d'una pèrdua de captació o de seqüència incompleta), el Tren-Stop ha de limitar automàticament la velocitat màxima del tren a 25 km/h fins que es restableixi l'operació normal.

2.14.5 Clau Especial

S'actuarà sobre un selector protegit amb una tapa per passar a conducció de manera especial. El mode de conducció en mode especial ha de poder activar-se i complir les especificacions d'aquest plec tècnic independentment de l'estat de la xarxa informàtica del tren.

La conducció de manera especial estarà limitada en velocitat i incorporarà un bypass per a manteniment. La funcionalitat definida per a la limitació de velocitat quan s'activi el mode de conducció de Mode Especial és:

- Mentre la velocitat es mantingui per sota de 25 km/h, la velocitat serà controlada directament pel personal de conducció mitjançant la sol·licitud de tracció realitzada mitjançant el manipulador del tren.
- En el moment que se superi la velocitat de 30 km/h; el tren aplicarà frenada d'emergència.

- El tren tornarà a l'estat inicial en situar-se la velocitat a un valor per sota de 25 km/h. És a dir, es recuperarà el control de la tracció.

Aquesta funcionalitat s'ha d'implementar fins i tot en absència del sistema informàtic del tren (manera auxili) i no podrà dependre del sistema informàtic del tren. Aquesta funcionalitat serà validada per FMB durant la fase de projecte, i subjecta a assaig funcional a les proves dinàmiques.

En cap cas el tren no podrà circular de manera especial sense la limitació de velocitat activa, ni podrà dependre exclusivament del programari o lògica del sistema informàtic del tren per gestionar aquesta limitació.

2.15 SISTEMA DE TELEMONITORATGE I TELECOMANDAMENT DE TREN

2.15.1 INTRODUCCIÓ

FMB ha integrat en els seus processos d'operació i manteniment l'ús de la informació en temps real dels subsistemes del tren, obtinguda a partir de la totalitat de les variables disponibles al bus de comunicacions del tren.

El processament i l'anàlisi d'aquestes variables permet implantar estratègies avançades de **manteniment basat en condició** i manteniment predictiu, tant per al tren com per als seus subsistemes i equips. Així mateix, facilita una resposta operativa i tècnica més àgil davant d'incidències.

A més, aquesta informació s'utilitza per determinar l'ocupació dels trens a cada punt de la línia i per al càlcul de paràmetres operatius clau, com els **temps d'interval entre estacions, els temps de parada a l'andana (dwell time)** i altres indicadors que permeten una planificació de servei ajustada a la demanda. També s'utilitza per monitorar els modes degradats i optimitzar la seguretat ferroviària.

Per tot això, és imprescindible que el disseny i la implementació del sistema de telemonitoratge i telecomandament en el projecte de construcció dels nous trens garanteixin una alta fiabilitat, seguretat i resolució en els aspectes descrits en aquest capítol.

El telemonitoratge del tren es farà de manera simultània mitjançant dos sistemes:

1. **Plataforma de monitoratge de la nativa del fabricant**, que proporcionarà accés a les dades dels subsistemes del tren segons la seva arquitectura i plataforma de monitoratge i tractament de la informació de diagnosi de l'estat del tren i els seus subsistemes pròpia del licitador, al qual es donarà accés a FMB preferiblement amb client web.
2. **Plataforma de monitoratge d'actius de FMB (Davana), Digital Train**, mitjançant la integració al tren dels equips **"Digital Train"**, descrits en aquest document.

El licitador ha de proporcionar un llistat complet de totes les variables que circulen pel bus de comunicacions del tren, indicant per a cadascuna:

- **Mnemònic.**
- **Tipus de variable** i mida/dimensió (hexadecimal, booleana, matriu, etc.).
- **Descripció breu**, indicant-ne el significat.

- **Subsistema del tren** a què pertany.
- **Descripció ampliada.**
- **Valors que pot adoptar** i significat de cada valor.
- **Significat de cada bit** , en cas de variables tipus matriu (*array*).

Aquest requisit garantirà la correcta integració i explotació de la informació per a la gestió operativa i el manteniment del material mòbil.

És un requisit que es publiquin a la xarxa del bus del tren totes les variables, com a mínim, dels equips següents:

- Tracció.
- Unitat de control del fre.
- Unitat de control dels convertidors de tracció.
- Unitat de control dels convertidors auxiliars.
- Unitat de control de les portes d'accés.
- Unitat de control de l'aire condicionat de la sala.
- Unitat de control de l'aire condicionat de la cabina.
- Registrador d'esdeveniments.
- Unitat de control del sistema ATP/ATO.
- Unitat de control de la ràdio.
- Unitat de control dels sistemes d'informació i videoinformació al viatger.
- Unitat de control del sistema de videovigilància.
- Unitat de control del sistema de detecció d'incendis.
- Unitat de control accés a cabina i operació tren.
- Panell de conducció (pupitre, etc.).

S'hi inclourà una funcionalitat que permeti, als equips embarcats de senyalització ATP i ATO, publicar informació rellevant a la xarxa de comunicacions embarcada del tren, amb l'objectiu de facilitar l'anàlisi de fallades i incidències associades a aquests sistemes. El sistema utilitzat ha de ser prou flexible per permetre la integració futura de noves variables o senyals que aquests equips puguin generar i publicar a la xarxa del bus de tren.

A continuació, es detalla la informació del tren que cal enviar. L'enviament d'aquesta informació es farà a través d'un canal de comunicacions bidireccional tren-terra, utilitzant tecnologies com ara Ràdio DMR, comunicacions WAN (LTE/5G) a través de les CPUs multifuncionals i Wifi, o altres comunicacions amb encaminament privat que es determini a la fase de projecte:

- **Informació general del tren i el seu estat operacional:**
 - Totes les variables disponibles al bus de comunicacions del tren en temps real, incloent-hi el diagnòstic de l'estat del tren i els seus subsistemes.
 - Informació sobre possibles incidències durant la posada en marxa i la desconexió remota, així com l'estat final del tren (Fora de servei, Mode degradat amb reducció de prestacions, Incidència que no afecta el servei o Correcte).
 - Número de sèrie i versió de programari instal·lada de totes les targetes i equips instal·lats als trens, inclosos els d'aportació FMB.
 - Pèrdua o fallada de qualsevol sistema en temps real.
 - Estat dels tèrmics del tren.
 - Estat de les alarmes del tren.
 - Informació sobre l'execució d'ordres enviades per telecomandament i, si no ha estat possible la reconexió, un missatge informant-ne.
 - Enviament històrics d'obertura de portes d'accés a cabina de conducció.
- **Sistemes de Control i Protecció:**
 - Ocupació dels espais reservats (per a cadires de rodes).
 - Variables de pes i comptador de persones.

- Missatge de la bateria quan la càrrega cau per sota d'un llindar que requereixi recàrrega.
- Dades de tensió, corrent i temperatura de la bateria.
- Estat del magnetotèrmic de protecció de la bateria.
- Resultats d'autodiagnòstics de fallades, avaries i esdeveniments dels convertidors.
- Històric d'incidències i errors del convertidor.
- Paràmetres de funcionament del convertidor per a manteniment preventiu i correctiu.
- Informació de fallada automàtica (element i causa) per obertura del llaç de tracció en conducció automàtica.
- Identificació del bolet d'emergència activat.
- Informació sobre l'activació de polsadors/interruptors d'anul·lació.
- Anomalies en el funcionament de l'equip de registre (caixa negra) en mode automàtic sense personal de conducció.
- Bolcat remot de dades registrades a la caixa negra.
- Estat del disjuntor.
- Estats i confirmació de les portes (repòs/avaría, porta oberta/tancada).
- Informació sobre l'anul·lació del sistema de control d'accés.
- Missatge automàtic en activar el dispositiu de desbloqueig d'emergència de la porta de cabina.
- Resultat de l'ordre de rearmament remot del magnetotèrmic i diferencial del compressor, i si no ha estat possible la reconexió.
- Estat de les proteccions (tèrmica i sobrecàrregues) de cada motor compressor.
- Paràmetres rellevants del compressor per supervisar-ne el funcionament.
- Detecció de porta oberta després de tancament mecànic.

- Resultats d'autodiagnòstics d'anomalies de l'equip de fre (incloent-hi la pèrdua de redundància).
- Bolcat remot d'històric d'incidències o errors de l'equip de control del fre pneumàtic.
- Resultats d'autodiagnòstics d'anomalies de l'equip antibloqueig.
- Bolcat remot d'històric d'incidències o errors de l'equip antibloqueig.
- Estat de connexió o desconexió del fre d'estacionament de tots els eixos del tren.
- Situació d'anul·lació del fre d'estacionament d'un eix o més.
- Fallada del fre d'estacionament.
- Estat del sistema de fre.
- **Sistemes d'informació i comunicació**
 - Informacions, dades i registres del sistema informàtic dels trens:
 - Dades o registres que avaluen la qualitat de les comunicacions del sistema en temps real.
 - Informació necessària per als sistemes de videodifusió, videovigilància, node de comunicacions, megafonia i interfonia, com ara: data/hora, accionament d'elements d'emergència amb el seu context, pulsació d'interfons, portes (estat, costat d'obertura propera parada, selecció de costat, bloqueig), cabina habilitada, intrusió, accionament de tiradors, extintors.
 - Informació per identificar i localitzar el tren a cada moment: número de cotxe, número de servei, número de personal de conducció, línia actual, última línia detectada, via, circuit de via, via de la propera estació destinació amb parada, codi de línia i itinerari, codi d'estació actual, codi de propera estació, codi de propera estació amb parada, distància recorreguda en metres des de l'última parada, distància recorreguda pel tren des de la posada en marxa amb resolució de metres, metres pendents per a la pròxima parada, pròxima parada, punt quilomètric, informació de proximitat a l'estació següent, parada actual, mode de conducció, odòmetre, moment d'emissió del tren per al sistema de videodifusió, balisa, odometria (velocitat, acceleròmetre).

- Informació d'ajuda al personal de conducció (IHM) i alarmes i informació de manteniment de cada equip: estat d'elements del lloc de conducció (clau de govern, manipulador), elements d'emergència/seguretat del tren.
- Condicions ambientals per ubicació (temperatura, ventilació...), pes i ocupació del tren i cotxes.
- Variables de gestió energètica: estat de bateria, relacionades amb l'apagat/encesa del tren, estat energètic d'equips i perifèrics, relacionat amb notificacions i ordres (apagats, reinicis, forçat/alliberament energètic, temps fora de servei...), etc.
- Estat i alarmes del sistema de megafonia i el seu històric.
- Nivell sonor mesurat a cada cotxe.
- Estat i alarmes del sistema d'interfonia i el seu històric.
- Imatges en directe de totes les càmeres de videovigilància.
- Imatges emmagatzemades (rebobinat i descàrrega).
- Vídeo de la càmera associada a un interfon activat.
- Imatges del sistema de videovigilància interior del tren.
- Àudio gravat dels interfons.
- Estat i alarmes del sistema de videovigilància (estat de cada càmera, disc dur, etc.).
- Enregistraments d'àudio d'interfons en cas d'activació d'elements de seguretat/comunicació.
- Estat i alarmes del sistema de videodifusió.
- Estat i alarmes de les pantalles de videoinformació (via SNMP).
- Nombre de passatgers transportats per cotxe, persones que pugen i baixen per estació i cotxe, i alarmes del sistema de recompte de passatge.
- Informació contextual per al sistema de recompte passatge: identificador del tren, servei, ubicació (línia, trajecte, última/propera parada), etc.

- Informació d'estat, monitoratge i diagnòstic (incloent-hi alarmes) dels elements del sistema de recompte de passatge, així com el seu inventari (models, versió programari/configuració i número de sèrie).
 - Informació de pujades i baixades per porta (última parada, acumulades en jornada/servei, i per a patrons com ara cadires/carrets).
 - Ocupació actual del tren en conjunt i per cotxe: total de persones, persones dretes, persones assegudes i possibles patrons (cadires, carrets).
 - Ocupació actual del tren en conjunt i per cotxe provinent del sistema de mesurament a través del pes.
- Dades per a CBM (manteniment basat en condició) i Digital Train:
 - Variables mesurades pels sensors per a telemonitoratge.
 - Sistema de monitoratge del consum energètic en temps real.
- Variables específiques per a CBM:
 - Enganxalls: Força longitudinal.
 - Caixa de greix: Vibracions, temperatura.
 - Suspensions: Pressions.
 - Bateria: Tensió, corrent, temperatura, estat de càrrega.
 - Carregador de bateries: Variables elèctriques.
 - Convertidor estàtic: Variables elèctriques, variables d'autodiagnòstic.
 - Electrònica de tracció: Variables d'autodiagnòstic.
 - Electrònica de fre pneumàtic: Variables d'autodiagnòstic.
 - Pantògraf: Posició, corrent.
 - Xarxa TCN: Variables d'estat.
 - Sistema de senyalització: Variables d'autodiagnòstic.

- Estat dels equips (portes, climatització, compressors, frens, tracció, suspensions, pantògrafs, inversors, disjuntors, etc.) i les variables necessàries per a predicció d'avaries.
- Versió de programari/microprogramari.
- Estat de tots els llaços del tren i les variables que els conformen.
- Valors de temperatura interior i exterior de cada cotxe.
- Totes les variables del sistema informàtic per al monitoratge de tot el tren, incloent-hi aquelles que el tren fa servir per monitorar-ne l'estat des de les pantalles de conducció.
- Informació dels equips embarcats de ràdio (canvis de portadora a recepció, nivells, falta de portadora, etc.).

Aquesta llista no és exhaustiva ni excloent. Durant la fase de projecte, l'adjudicatari ha de proposar la llista d'informació i el canal de comunicació definitiu i l'ha de validar FMB.

2.15.2 SENSORITZACIÓ QUE CAL INCORPORAR ALS TRENS

La totalitat de la flota objecte d'aquesta licitació ha d'estar equipada amb un sistema de sensorització integral que inclogui els subsistemes que es detallen més endavant en aquest apartat, a fi de garantir les funcionalitats descrites a continuació. Les variables mesurades per aquests sensors es publicaran al bus de dades del tren, assegurant-ne l'accessibilitat tant des del tren mateix com des dels sistemes de telemonitoratge especificats en aquest capítol.

2.15.2.1 Requisits Generals de la Sensorització

- **Integració:** Tots els sensors i sistemes de sensorització han d'estar completament integrats amb el sistema de control del tren, publicant la informació de les seves variables al bus de dades del tren, de manera que siguin accessibles des del mateix tren com pels sistemes de telemonitoratge del tren descrits en aquest capítol.
- **Fiabilitat i precisió:** Els sensors han de garantir una alta fiabilitat i precisió en els mesuraments, amb una taxa d'error mínima.
- **Robustesa:** Els sensors han de ser robusts i resistent a les condicions ambientals i mecàniques pròpies de l'entorn ferroviari.

- **Manteniment** Cal facilitar el manteniment i la substitució dels sensors, amb un disseny que en permeti un accés senzill i ràpid.
- **Documentació:** L'adjudicatari ha de proporcionar una documentació completa i detallada dels sensors i sistemes de sensorització, incloent-hi les especificacions tècniques, els esquemes de connexió i els protocols de comunicació.

Els subsistemes de sensorització són els següents:

2.15.2.2 Sensorització per al monitoratge del consum energètic

L'adjudicatari ha d'implementar un sistema de monitoratge del consum energètic en temps real, mitjançant una sensorització avançada i precisa, que permeti l'obtenció de les dades següents:

- **Desglossament del consum d'energia de tracció:**
 - Energia de tracció consumida.
 - Energia de tracció regenerada.
 - Energia de tracció dissipada (frenada resistiva).
- **Consum d'energia auxiliar:**
 - Consum total d'energia auxiliar.
 - Desglossament del consum per subsistemes: il·luminació, climatització, sistemes de potència auxiliar i altres càrregues.
- **Integració amb sistemes corporatius:**

El sistema de monitoratge ha de ser totalment compatible i capaç d'alimentar les aplicacions corporatives de seguiment i control del consum energètic de FMB, assegurant una integració fluida i sense interrupcions de les dades als sistemes existents.

2.15.2.3 Sensorització per al monitoratge dels paràmetres ambientals de l'interior de cada cotxe

L'adjudicatari ha d'incorporar a cadascun dels cotxes un sistema de sensòrica avançat i integrat que permeti el monitoratge en temps real dels següents paràmetres ambientals interiors, amb les especificacions de precisió i freqüència de mostreig que s'indiquen:

- **Qualitat de l'aire:**

- Diòxid de carboni (CO₂): Precisió de ± 50 ppm, freqüència de mostreig d'1 Hz.
- **Confort acústic:**
 - Nivell de soroll (dBA): Precisió de ± 1 dBA, freqüència de mostreig de 10 Hz.
- **Il·luminació:**
 - Nivell de llum (lux): Precisió de ± 10 lux, freqüència de mostreig d'1 Hz.

Consideracions addicionals:

- **integració i comunicació:** El sistema de sensòrica ha d'estar completament integrat amb el sistema de control del tren i el bus de dades del tren, tot permetent l'accés a les dades en temps real tant des del tren com des dels sistemes de telemonitoratge.
- **Manteniment:** El sistema ha de permetre el calibratge periòdic dels sensors i facilitar-ne el manteniment i la substitució.
- **Registres de dades:** El sistema ha de permetre el registre i l'emmagatzematge de les dades mesurades, amb la capacitat de generar i publicar al bus del tren alarmes en cas de superar els llindars predefinits.

2.15.3 PLATAFORMA DE MONITORATGE DE LA NATIVA DEL FABRICANT

La plataforma de monitoratge de la nativa del fabricant ha de proporcionar informació detallada sobre l'estat dels subsistemes i equips del tren. També ha d'incorporar eines específiques per a:

- **La diagnosi de l'estat del tren i dels subsistemes.**
- El **manteniment predictiu i basat en condició**, mitjançant les metodologies pròpies del licitador.

L'accés a aquesta plataforma es facilitarà a FMB, preferiblement mitjançant un client web.

La plataforma ha de permetre la descàrrega de dades en formats CSV (o similars) a petició.

El tren ha d'incorporar els equips necessaris per garantir la interfície, processament i comunicacions amb el servidor de la plataforma nativa del fabricant. La infraestructura de comunicacions disponible a la xarxa de metro inclou:

- Telefonia mòbil pública 4G (o superior) a la major part de la xarxa.

- Connexió Wifi a determinats punts dels extrems de línia.

Per tant, el sistema ha d'incorporar els components necessaris per operar sobre aquestes dues xarxes de manera segura i eficient.

A més a més, la solució propietària del fabricant ha de tenir una arquitectura de segmentació i protecció cibernètica que garanteixi la impossibilitat d'accés al bus de comunicacions del tren i que compleixi els requisits més estrictes de la norma de ciberseguretat ferroviària.

2.15.4 PLATAFORMA DE MONITORATGE D'ACTIUS DE FMB (DAVANA), Digital Train

FMB integra, a la Plataforma Davana, la digitalització de la totalitat dels seus actius, incloent trens, infraestructura i sistemes de senyalització, proporcionant una interfície home-màquina (HMI) per al personal d'operació i els diferents departaments de manteniment.

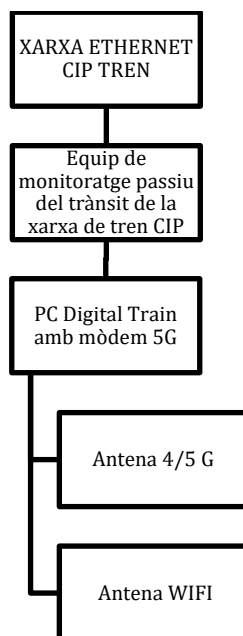
Per a la seva operativa, Digital Train fa servir dades procedents de:

- El bus de dades del tren, permetent l'accés a la informació de tots els subsistemes a tots els trens.
- Una xarxa de sensors externs, dedicada al monitoratge de la infraestructura, implementada als trens auscultadors.

El sistema consta d'uns equips embarcats amb tren per la captura de la informació del tren el preprocessament i l'enviament de les dades als servidors al núvol per al tractament i l'accés dels usuaris.

2.16 INTEGRACIÓ DE LA SOLUCIÓ DIGITAL TRAIN AL TREN I A LA SEVA XARXA DE COMUNICACIONS

Esquema de blocs dels equips embarcats al tren per la integració de les dades de tren a la plataforma de digitalització d'actius de FMB:



2.16.1 Equip de monitoratge passiu del trànsit de la xarxa de tren CIP

Amb la finalitat d'integrar el sistema Digital Train de FMB als trens objecte d'aquest plec, l'adjudicatari ha de subministrar i instal·lar un dispositiu de monitoratge passiu de la xarxa Ethernet embarcat (tipus CIP), que permeti la captura no intrusiva del trànsit de dades, amb finalitats de diagnòstic i anàlisi.

El sistema ha de permetre la captació en temps real de tot el trànsit Ethernet (broadcast, multicast i unicast) entre els dispositius de la xarxa CIP, sense modificar, interferir ni retransmetre cap dada. Aquest monitoratge ha de ser totalment passiu i segur, garantint la integritat de les comunicacions entre els equips embarcats i, per tant, sense impacte en el funcionament del tren.

El dispositiu ha de complir, com a mínim, els requisits tècnics següents:

- 2 ports Ethernet tipus M12 compatibles amb velocitats de 10/100/1000 Mbps, per a connexió a la xarxa CIP embarcada del tren i al PC Digital Train.
- Garantia, a nivell de maquinari, que el port de sortida de monitoratge sigui físicament "read-only", impedit qualsevol transmissió o modificació del trànsit original.
- Alimentació en corrent continu, compatible amb les fonts embarcades del tren (110 VDC) o, si escau, mitjançant convertidor DC/DC adequat.
- Disseny robust, apte per a entorns industrials i ferroviaris, amb resistència a vibracions, pols, humitat i una àmplia franja de temperatures operatives.

Tant el dispositiu com qualsevol element associat (fonts d'alimentació, adaptadors, interfícies, etc.) han de complir les normatives següents:

- EN 50155. Equipament electrònic embarcat per a material mòbil ferroviari.
- EN 45545-2: Comportament al foc dels materials ferroviaris.
- IEC 61373: Resistència a vibracions i impactes.

A títol indicatiu i no limitatiu, es considera vàlid un dispositiu de característiques equivalents al Profitap IOTA 1G M12. També s'accepten altres dispositius equivalents, sempre que compleixin tots els requisits tècnics i normatius descrits i que es pugui acreditar de manera fefaent que el port de monitoratge no permet cap mena de transmissió a la xarxa CIP.

La connectivitat amb el PC de Digital Train es farà amb connector M12 de 8 pins amb codificació A, per la qual cosa el subministrament inclourà el cablejat connectors i adaptadors, si escau, entre l'equip de monitoratge passiu de la xarxa Ethernet i el PC de Digital Train

2.16.2 PC de Digital Train

L'equip PC de Digital Train amb el programari corresponent el lliurará FMB a l'adjudicatari per a la seva instal·lació i integració al tren.

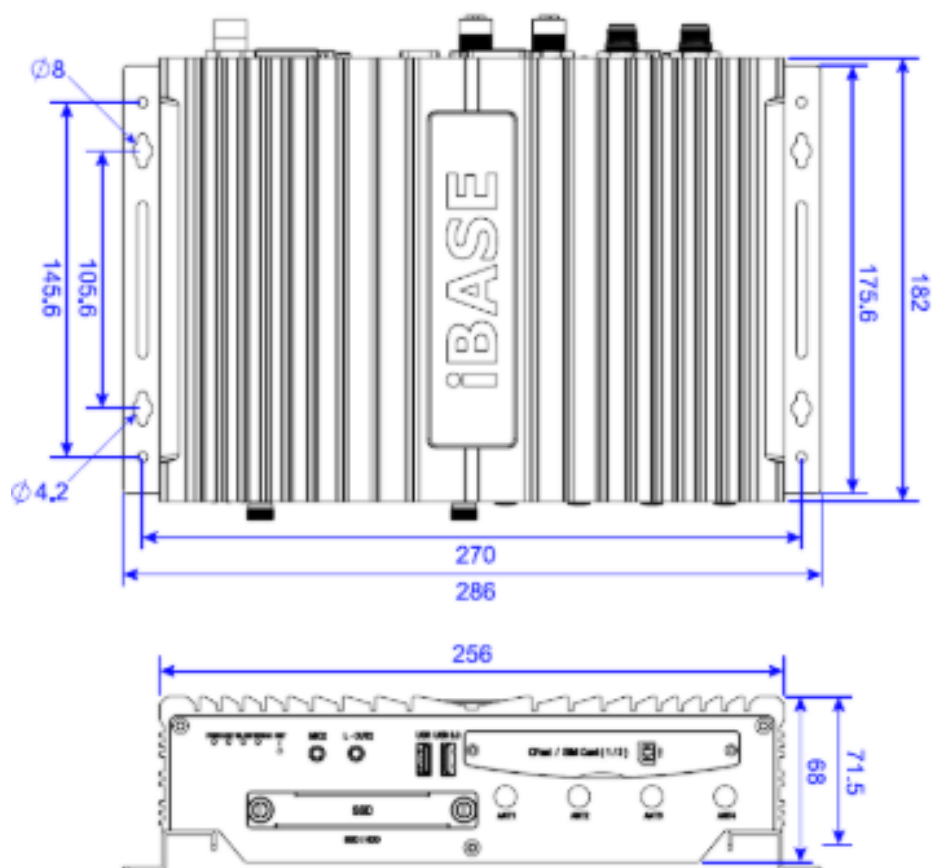
L'adjudicatari ha d'elaborar el corresponent projecte i disseny global d'implementació, prèviament a la instal·lació, assegurant el compliment dels requisits que s'indiquen a continuació per a la correcta instal·lació dels equips i accessoris (cablejat, suports, etc.) necessaris per al funcionament òptim de la solució Digital Train als trens nous:

1. Armari dedicat a la zona de passatge (zona de viatgers):

L'adjudicatari ha de preveure, subministrar i instal·lar un armari específic, ubicat a la zona de passatge del tren, amb capacitat per allotjar els elements següents:

- L'equip de monitoratge passiu del trànsit de la xarxa CIP, descrit l'apartat anterior, que serà subministrat per l'adjudicatari. L'espai vindrà determinat pel model escollit per l'adjudicatari, el model suggerit es pot instal·lar a l'espai d'un bastidor unit (1U) d'alçada (44-45 mm) i 165 mm de profunditat.
- Un espai lliure mínim equivalent a un bastidor de 4U amb una profunditat de 220 mm, destinat a la instal·lació, per part de l'adjudicatari, del PC del sistema Digital Train i del convertidor DC/DC (110 V a 24 V), que entregará FMB a l'adjudicatari.

- Una línia d'alimentació de 110 VDC amb connexió a presa de terra, procedent de l'armari de magnetotèrmics del cotxe. Aquesta línia ha d'estar protegida amb un magnetotèrmic d'un sol pol, de 4 A de corrent nominal, 1 kV d'aïllament i de tipus UCK, reservat prèviament pel PC del Digital Train i un altre per a l'equip de monitoratge passiu del trànsit de la xarxa CIP de les característiques adequades per a l'equip que es muntarà.
- L'estructura de l'armari i la disposició dels equips han de garantir una accessibilitat i una mantenibilitat fàcils per a operacions de revisió i manteniment.
- Dimensions del PC de Digital Train:



2.16.3 Antenes 4/ 5G i wifi

L'adjudicatari subministrarà i instal·larà una antena 4G/5G i una antena WIFI al sostre cotxe on es disposi l'armari anterior, que estarà cablejada fins a l'armari del mateix cotxe especificat al punt 1, per a la connexió amb l'equip PC del Digital Train.

2.16.4 Integració de les dades de la xarxa de tren

Formarà part d'aquesta licitació la integració completa de la informació que circula per la xarxa de comunicacions del tren amb el sistema Digital Train de FMB, amb la finalitat de facilitar la supervisió, la diagnosi i la gestió avançada d'actius.

L'adjudicatari ha de fer el següent:

- Integrar totes les dades i variables disponibles a la xarxa de comunicacions proposada per al tren.
- Proporcionar a FMB tota la documentació tècnica necessària per garantir aquesta integració, incloent-hi:
 - Biblioteques, interfícies i protocols de comunicació.
 - Eines de desenvolupament (SDK), manuals i esquemes de dades.
 - Qualsevol altre recurs tècnic essencial per assegurar una integració funcional, segura, escalable i efectiva, d'acord amb les normes IEC 61375 (Train Communication Network).

2.16.5 Requisits d'accés i disponibilitat de dades

El sistema Digital Train ha de disposar d'accés complet, directe i sense restriccions a la informació següent:

- Totes les dades i variables que circulin per la xarxa de comunicacions interna del tren, en temps real.
- Informació de conducció disponible al lloc de conducció per al motorista.
- Tota la informació publicada pels diferents sistemes embarcats a la xarxa de comunicacions del tren.
- Dades d'ajuda a la conducció, alarmes i informació de manteniment que disposin els diferents equips.

- No hi pot haver cap limitació tècnica, contractual ni de propietat intel·lectual que impedeixi, restringeixi o condicioni l'accés, la integració o el funcionament de la plataforma Digital Train.

2.16.6 Obligacions d'integració i coordinació

L'adjudicatari ha de dur a terme la integració tècnica efectiva de totes les dades del bus de tren amb el sistema Digital Train, en coordinació amb l'equip responsable de la plataforma de gestió d'actius de FMB. Aquesta integració ha de garantir la interoperabilitat, la seguretat i l'eficiència de la solució global.

2.16.7 Contingut de la proposta tècnica

La proposta tècnica ha d'incloure:

- Una descripció detallada del mecanisme d'integració proposat.
- Les especificacions dels punts d'accés a la informació i els protocols que s'hi fan servir.
- Si escau, una proposta d'ubicació i instal·lació del maquinari addicional necessari per a la captació o transmissió de dades.

2.17 TRENS AUSCULTADORS

FMB utilitza trens específics, anomenats "Auscultadors" per al monitoratge continuat de l'estat de la infraestructura. Aquests trens, basats en unitats convencionals de cada línia, estan equipats amb sistemes de sensòrica avançats per mesurar paràmetres crítics durant el servei comercial. Les dades obtingudes es transmeten en temps real a la plataforma de digitalització d'actius, fet que permet el seguiment de l'estat de la infraestructura i la generació d'alertes en cas de superar els llindars predefinits i garantir la seguretat de la circulació.

És objecte de la present licitació el subministrament de **dues (2) unitats per lot 1 (no s'han de lliurar abans del tren 15 de sortida de fàbrica)** d'aquests trens amb els equips i sensòrica descrits en aquest capítol, i annexos descriptius, instal·lats, validats i en disposició per entrar en funcionament.

Els trens auscultadors amb tots els sistemes de sensorització incorporats han d'estar convenientment documentats i validats per l'adjudicatari com la resta dels trens d'aquesta licitació.

2.17.1 Subsistemes i abast que caldrà incloure als dos trens auscultadors

Els subsistemes que caldrà incorporar als dos trens auscultadors i que són d'abast inclòs en aquesta licitació són, per a cadascun, els següents:

- **Geometria de via.** Actualment, FMB instal·la als seus trens auscultadors la solució embarcada VMRail de VirtualMech. L'adjudicatari subministrarà i instal·larà, en cadascun d'aquests trens, aquesta solució o una altra d'iguals característiques funcionals i tècniques, tot descrit a l'Annex corresponent (*PPT-Trens2025_DIGIN-Annexos*).
- **Monitoratge de l'estat del carril.** Actualment, FMB instal·la als seus trens auscultadors el sistema de monitoratge en línia de bogis SKF, model IMx-B el qual inclou:
 - Dos acceleròmetres instal·lats a la caixa de greix SKF.
 - Un grup de tres acceleròmetres a banda i banda del bogi (dos per a l'eix Z, perpendicular al pla de la via, i un per a l'eix I per a l'anàlisi d'acceleracions laterals).
 - Un giroscopi per mesurar la velocitat angular i la detecció de possibles desalineacions o vibracions anòmales al bogi.

L'adjudicatari subministrarà i instal·larà, en cadascun d'aquests trens, aquesta solució o una altra d'iguals característiques funcionals i tècniques, tot descrit a l'Annex corresponent (*PPT-Trens2025_DIGIN-Annexos*).

- **Monitoratge de la temperatura de carril.** Actualment, FMB instal·la als seus trens auscultadors el termòmetre de carril embarcat al tren MTCO d'Smart Motors (Thinking Forward XXI). L'adjudicatari subministrarà i instal·larà, en cadascun d'aquests trens, aquesta solució o una altra d'iguals característiques funcionals i tècniques, tot descrit a l'Annex corresponent (*PPT-Trens2025_DIGIN-Annexos*).
- **Monitoratge acústic.** Actualment, FMB instal·la als trens auscultadors el sensor d'àudio model CESVA TA150, equipats amb mòduls d'anàlisi de 1/3 d'octava i captura d'àudio. L'adjudicatari subministrarà i instal·larà, en cadascun d'aquests trens, aquesta solució o una altra d'iguals característiques funcionals i tècniques, tot descrit a l'Annex corresponent (*PPT-Trens2025_DIGIN-Annexos*).

- **Sistema de mesurament de gàlib de túnel** FMB instal·la als seus trens auscultadors un sistema de mesura de gàlib de túnel i detecció de temperatura de la infraestructura com el que es descriu a l'annex corresponent (*PPT-Trens2025_DIGIN-Annexos*). Així, l'adjudicatari subministrarà i instal·larà, a cadascun d'aquests trens, un equip de les mateixes característiques funcionals i tècniques que s'hi detallen.
- **Sistema d'inspecció i mesurament de la catenària ferroviària.** FMB instal·la als seus trens auscultadors un sistema d'inspecció i mesurament de la catenària ferroviària com el descrit a l'annex corresponent (*PPT-Trens2025_DIGIN-Annexos*). Així, l'adjudicatari subministrarà i instal·larà, a cadascun d'aquests trens, un equip de les mateixes característiques funcionals i tècniques que s'hi detallen.
- **Sistema de detecció de fissures de carril.** Encara que aquest sistema no forma part del subministrament inclòs en aquesta licitació, sí que s'hi inclouen la instal·lació del cablejat Ethernet i d'alimentació, el bastidor per a la futura instal·lació del servidor a la zona de passatge, i l'estructura de suport sota bastidor del tren, amb espai destinat al muntatge del sistema de captació d'imatges del carril. Els cablejats entre el bastidor del servidor i el sistema de captació, així com les propostes de reserva d'espai, es mostren als esquemes inclosos a continuació en aquest capítol.
- **Rúter /FW/VPN/4G/WIFI.** Aquest equip actuarà com a encaminador industrial multifuncional certificat per a ús ferroviari, dissenyat per centralitzar i protegir la comunicació entre els sistemes d'auscultació embarcats i els servidors remots (cloud) dels diferents fabricants i tecnologies de sensors. El dispositiu ha de substituir la necessitat d'instal·lar múltiples encaminadors, targetes SIM o punts d'accés independents per a cada equip sensor, mitjançant una gestió unificada de la connectivitat mòbil, Wifi i Ethernet. L'equip ha de complir els requeriments següents:
 - **Requeriments funcionals mínims:**
 - o Certificació ferroviària: EN 50155, EN 61373, EN 45545 i marcats CE/FCC.
 - o Franja de temperatura operativa: mínim -40 °C a +65 °C.
 - o Connectivitat mòbil: doble mòdem LTE Cat 6 o superior amb mínim 4 ranures SIM i gestió de fallades i equilibri de càrregues.
 - o Connectivitat Wifi (opcional): 802.11ac dual-band amb MIMO, capacitat AP/client i múltiples SSID.

- o Commutador Ethernet integrat: mínim 4 ports Gigabit amb connectors M12 (X-coded), amb suport PoE (mínim 60 W de pressupost global).
 - o Ports sèrie: mínim 2 (RS-232, RS-422 o RS-485, configurables).
 - o Emmagatzematge local: flaix interna o eMMC de mínim 8 GB.
 - o Alimentació elèctrica: 24–110 V DC amb entrada doble per redundància.
 - o Instal·lació i carcassa: grau de protecció IP54 o IP65, connectors antivibració, muntatge DIN o mural.
 - o Antena externa: mínim per LTE i GNSS, amb connectors SMA o equivalents.
 - o Suport complet per a VLAN (IEEE 802.1Q): permetrà la segmentació lògica per aïllar les comunicacions de cada dispositiu embarcat i assignar rutes, polítiques de tallafocs o VPN específiques.
- Funcionalitats de ciberseguretat requerides.

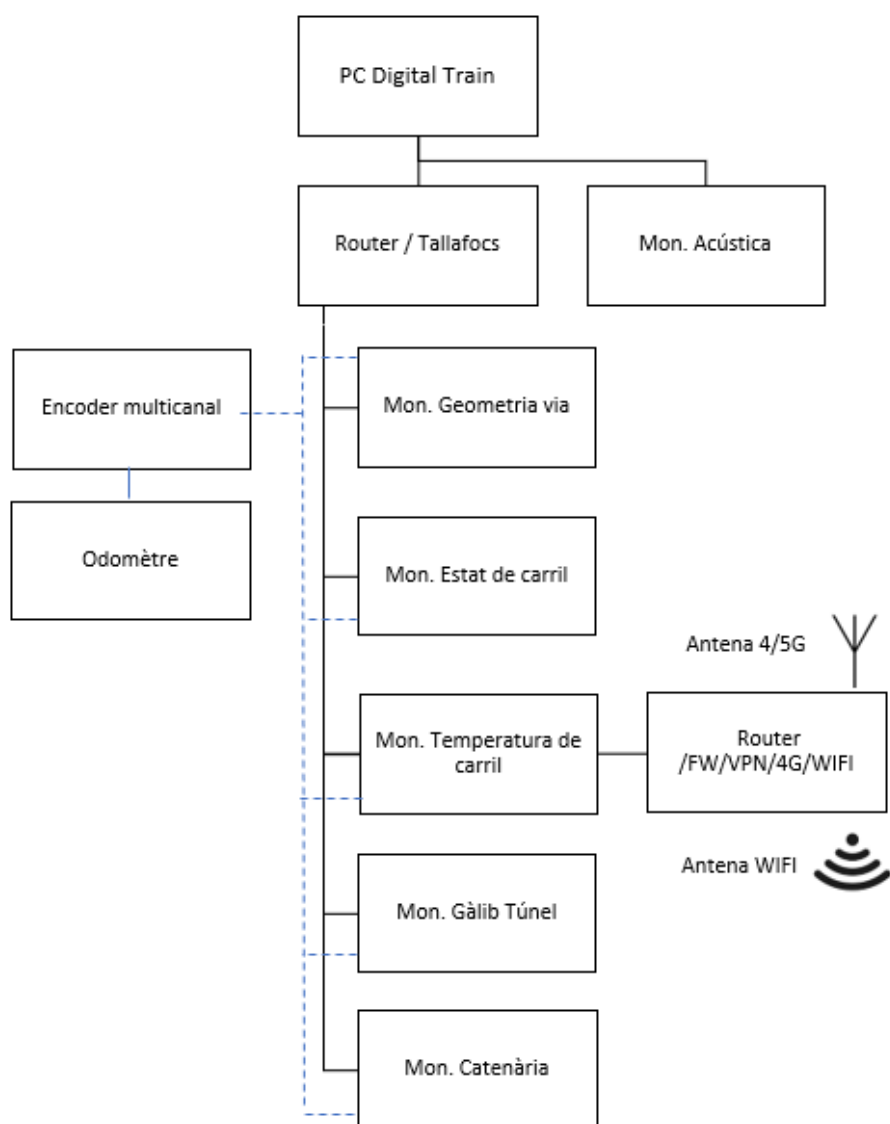
L'equip ha d'incloure, de manera nadiu i integrada, funcionalitats de ciberseguretat industrial per garantir la protecció de les comunicacions entre els sistemes embarcats i els servidors remots, com a mínim:

- o Tallafocs (firewall) de tipus “stateful” amb suport per a: Llistes de control d'accés (ACL), filtratge per IP, port i protocol NAT/PAT.
 - o Xifratge de comunicacions mitjançant: VPN IPsec i OpenVPN (client o servidor).
 - o Protecció contra atacs: Prevenció bàsica de DoS i escaneig de ports, filtratge de MAC i control de dispositius autoritzats.
 - o Registre d'esdeveniments i alertes: Registres d'accés i errors consultables localment o via SNMP/syslog.
- Models de referència: Es consideraran conformes, a títol d'exemple no limitatiu, els equips següents:
 - o Lantech TMR-5004-2L-2SB-WV-65-EUNA. Rúter LTE dual per a aplicacions ferroviàries amb VPN, tallafoc, PoE i segmentació VLAN. Certificació EN 50155.

- o Westermo Ibex-RT-630. Rúter ferroviari amb LTE-A Cat 12, Wi-Fi dual-band, protecció IP66, VPN i funcionalitats de ciberseguretat amb suport complet de VLAN.
- **Hodòmetre i equip de sincronia.** S'inclou un hodòmetre amb codificador d'eix multicanal per a entorns ferroviaris (p. ex. Lenord + Bauer axle) per proporcionar aquest senyal a tots els equips de monitoratge que ho requereixen amb les característiques següents:
 - o Fins a 8 canals independents per polsos/quadratura.
 - o Resolució ≥ 3000 ppv per canal.
 - o Sortides robustes (HTL, RS-422, push-pull) compatibles amb múltiples receptors.
 - o Compliment de normes ferroviàries (EN 50155, IEC 61373).

S'acceptaran altres solucions equivalents, sempre que ofereixin multicanalitat, alta resolució i robustesa ferroviària provada.

A continuació, es mostra el diagrama de blocs de l'arquitectura que cal afegir a la de la resta de trens per incloure els sistemes auscultadors.



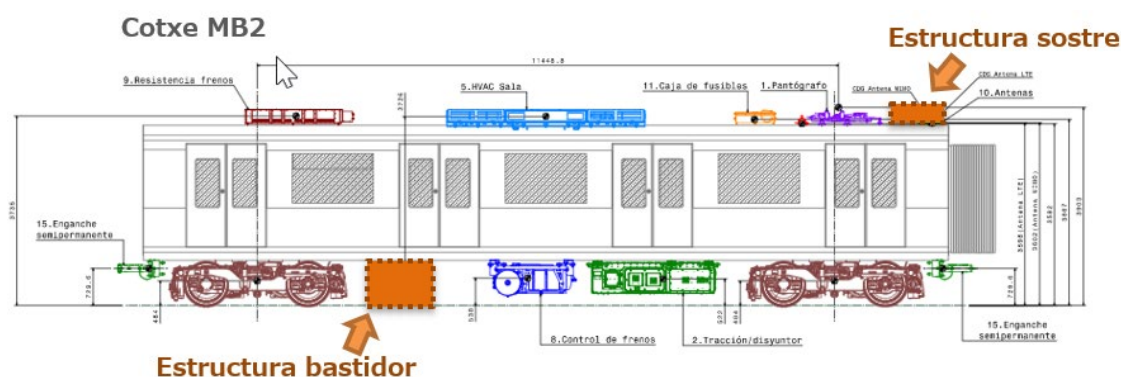
Senyal odometria -----

Ethernet —————

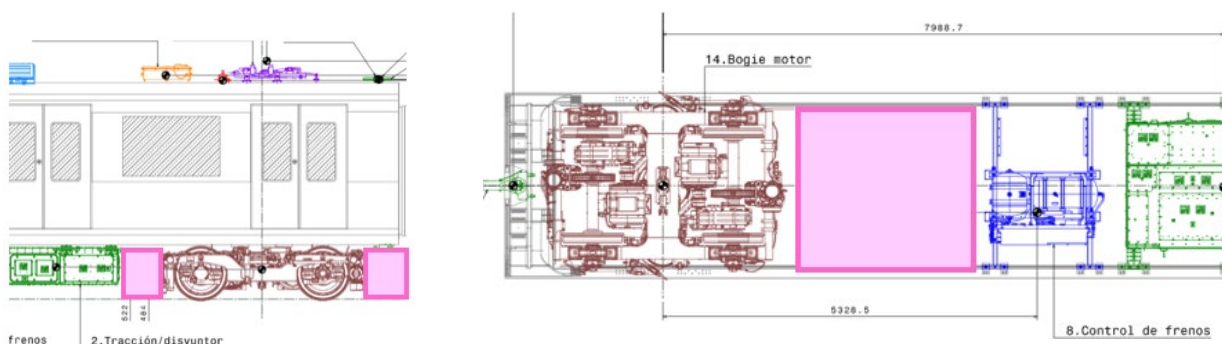
El tren auscultador es basa en un concepte modular i escalable, amb suport estructural comú per a diferents equips i sistemes embarcats, minimitzant interfícies mecàniques amb el material rodant i facilitant-ne el manteniment i l'escalabilitat futura. Inicialment, es preveu la necessitat de només tres punts principals d'instal·lació:

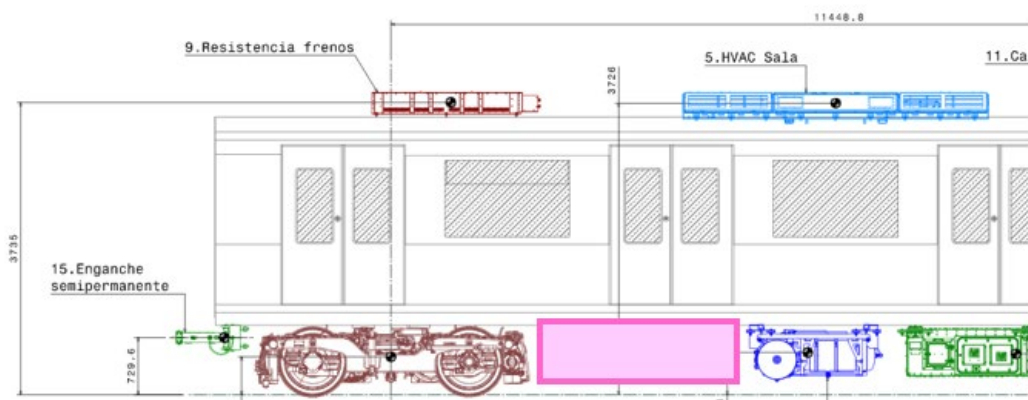
- Una estructura dedicada als equips d'auscultació de geomètrica de via sota el bastidor, preferiblement al cotxe remolc o MB2.

- Una estructura d'auscultació de catenària, al sostre, preferiblement al cotxe MB2.
- Espai en armaris a la zona de passatge per incorporar els bastidors per allotjar els equips de cabina necessaris per als mòduls d'auscultació de via, catenària i túnel. Aquests armaris es trobaran al mateix cotxe on s'instal·lin les estructures de cada sistema auscultador cotxe remolc o MB2 preferiblement han d'estar al mateix armari que es trobi el PC del Digital Train.
- A més, es requerirà una instal·lació mínima addicional als cotxes motors extrems (MA) per als sistemes associats a la inspecció de túnel.

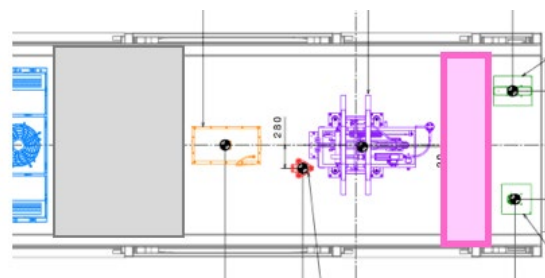
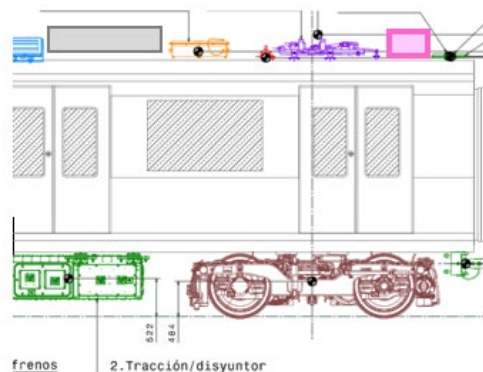


Espais inferiors proposats per estructures de suport dels dispositius auscultadors de Geometria de via, temperatura i estat de carril i micròfons per al monitoratge acústic al cotxe MB2:

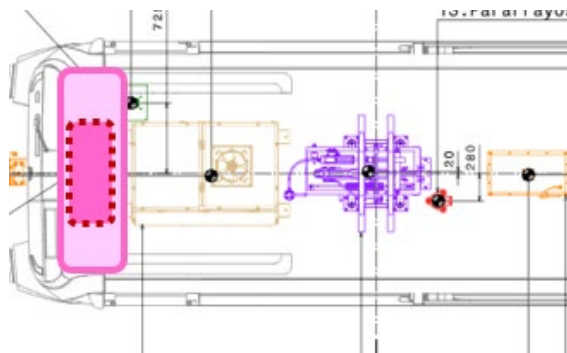
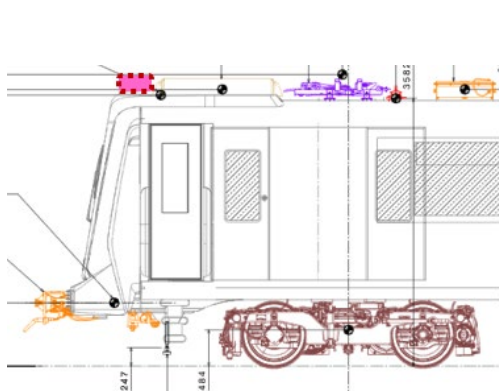




Espais al sostre proposats per estructures de suport dels dispositius auscultadors al cotxe MB2: d'inspecció i mesurament de la catenària ferroviària.



Espais al sostre proposats per estructures de suport dels dispositius auscultadors al cotxe de testera MA1: Sistema de mesurament de gàlib de túnel

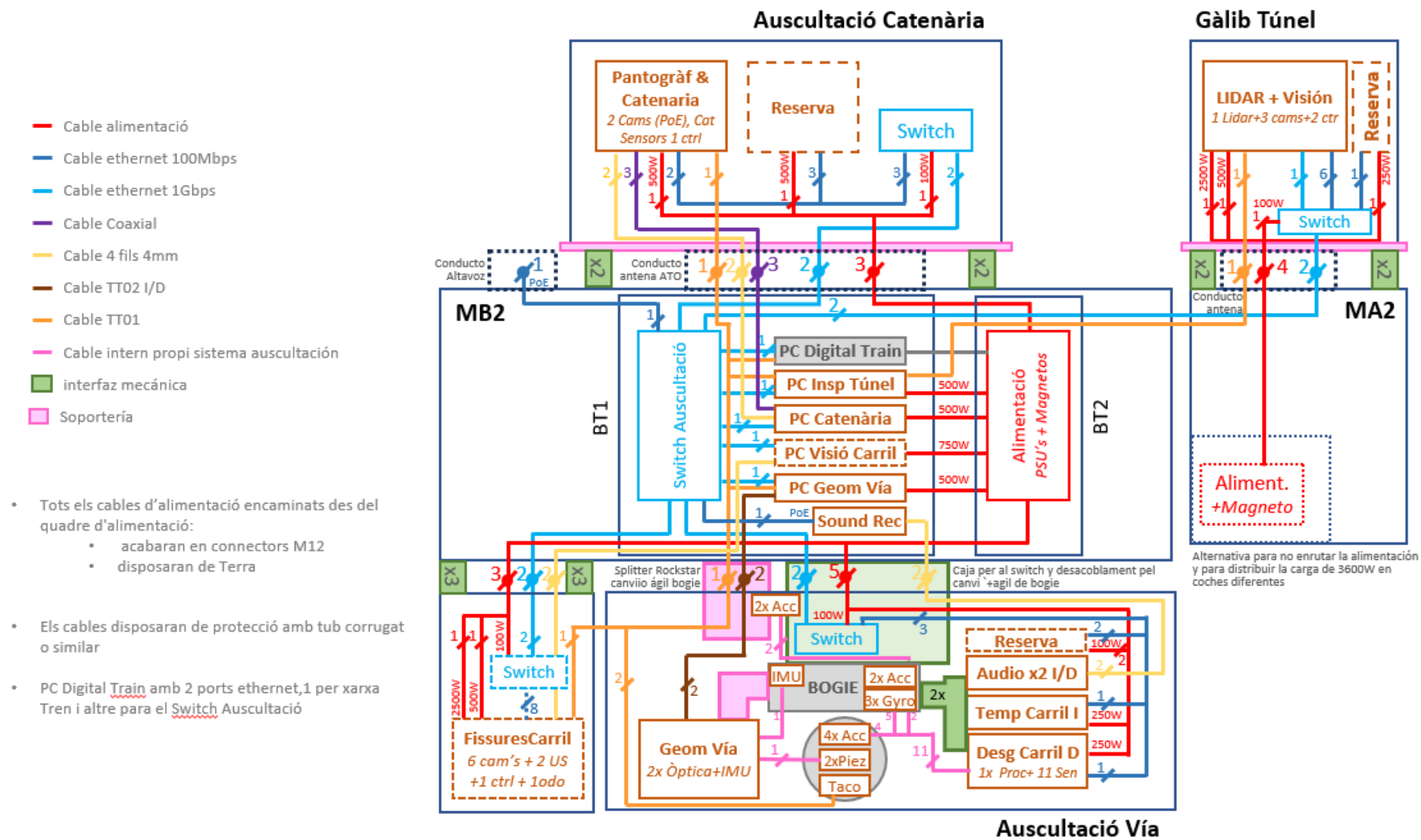


També es reservaran espais a armaris a la zona de passatge per incorporar els bastidors per allotjar els equips de cabina.

Forma part d'aquesta licitació el subministrament i la instal·lació dels cablejats d'alimentació, Ethernet, senyal d'odometria, així com els connectors, commutadors, proteccions, adaptadors de connectivitat i altres elements necessaris per garantir un disseny modular, escalable i fàcilment mantenible.

Aquest disseny podrà variar en funció dels equips que proposi l'adjudicatari per a la realització de les funcions d'auscultació.

A títol d'exemple, es presenta un diagrama amb els cablejats d'alimentació i Ethernet requerits pels equips actualment en ús a FMB, al qual cal afegir els cablejats corresponents al senyal d'odometria.



2.18 TELECOMANDAMENTS

Com s'ha indicat, el tren ha d'estar preparat per a una futura automatització a nivell GOA4. Per tant, una de les qüestions que cal considerar en el disseny és que ha de disposar d'una sèrie d'ordres mitjançant telecomandament que es puguin gestionar des del Centre de Control. Per això, les úniques modificacions que s'han de fer sobre el tren serà la integració dels sistemes de comunicació tren-terra que es defineixin durant el projecte d'automatització, i no hi ha cap modificació més de maquinari o programari.

S'ha de presentar en fase de projecte un estudi que demostrï tècnicament que el tren es podrà fer anar per telecomandament des del centre de control en un futur. Les ordres donades per telecomandament mínimes que ha de considerar en aquest estudi han de ser les següents:

TELECOMANDAMENT	FUNCIÓ QUE HA DE FER EL TREN
Reactivació desbloqueig porta d'evacuació frontal	Quan s'accioni manualment el dispositiu de desbloqueig (amb el tren aturat) de les portes d'emergència, amb les portes una altra vegada tancades serà possible que es tornin a bloquejar després de rebre l'ordre procedent del CCM. Aquesta ordre provocarà la reactivació del dispositiu de desbloqueig d'emergència.
Reactivació magnetotèrmic de protecció bateria	En cas que el magnetotèrmic de protecció de la bateria s'obri, serà possible reactivar-lo des del CCM després de la recepció de l'ordre pertinent des del CCM.
Connexió remota dels convertidors estàtics.	Els convertidors estàtics es connectaran després de rebre l'ordre pertinent des del CCM.
Desconnexió remota dels convertidors estàtics.	Els convertidors estàtics es desconnectaran després de rebre la pertinent ordre des del CCM.
Reactivació remota dels equips de tracció inhibits	En cas d'avaría, l'equip de tracció s'inhibirà o si cal es desconnectarà de l'AT de manera automàtica. Aquesta desconnexió s'anul·larà quan es rebí l'ordre pertinent des del CCM.

TELECOMANDAMENT	FUNCIÓ QUE HA DE FER EL TREN
Connexió remota del disjuntor principal	Serà possible connectar el disjuntor principal de cada parella de cotxes Ma i Mb a voluntat de l'operador del CCM a través de les ordres pertinents.
Desconnexió remota del disjuntor principal	Serà possible desconectar el disjuntor principal de cada parella de cotxes Ma i Mb a voluntat de l'operador del CCM a través de les ordres pertinents.
Anul·lació remota del fre de servei d'un cotxe	El fre de servei del cotxe seleccionat per l'operador del CCM quedarà anul·lat després de la recepció de l'ordre pertinent.
Inhibició remota de l'anul·lació del fre de servei d'un cotxe	L'anul·lació del fre de servei s'inhibirà després de la recepció de l'ordre pertinent procedent del CCM.
Configuració remota del mode "d'obertura general de les portes"	El mode "obertura general de les portes" del tren es podrà configurar des del CCM perquè, sense que el passatge activi el pulsador d'obertura de cada porta, s'obrin en base al costat de portes seleccionades pel sistema de senyalització. Per això, l'operador del CCM enviarà l'ordre pertinent.
Configuració remota del mode "obertura individual de portes"	El mode "obertura general de portes" del tren es pot cancel·lar tornant-se al mode "obertura individual de portes" (en cada cas del costat que toqui segons la informació rebuda de l'ATC) després de l'emissió per part de l'operador del CCM de l'ordre pertinent. En el mode d'obertura "individual de portes" el passatger ha de prémer el pulsador de portes per a la seva obertura.
Bypass del llaç d'autorització de tracció	Quan pel motiu que sigui es produeixi una obertura del llaç de tracció, serà possible la seva anul·lació (by-pass) després de la recepció de l'ordre pertinent des del CCM.

TELECOMANDAMENT	FUNCIÓ QUE HA DE FER EL TREN
Reposició remota d'un tirador d'alarma accionat.	El tirador d'alarma seleccionat es reposarà automàticament després de rebre l'ordre pertinent des del CCM.
Bypass remot del llaç de tiradores d'emergència	Quan pel motiu que sigui es produeixi una obertura del llaç de tiradors d'alarma, serà possible la seva anul·lació (by-pass) després de la recepció de l'ordre pertinent des del CCM.
Recuperació remota del llaç de tiradors d'emergència	Quan pel motiu que sigui es produeixi una anul·lació del llaç de tiradors d'alarma, serà possible la recuperació (anul·lació by-pass) després de la recepció de l'ordre pertinent des del CCM.
Activació de l'enllumenat ordinari	Des del CCM serà possible encendre l'enllumenat ordinari.
Desactivació de l'enllumenat ordinari	Des del CCM serà possible apagar l'enllumenat ordinari.
Obertura de les trapes d'entrada d'aire de l'equip d'aire condicionat	Des del CCM podran obrir-se a voluntat de l'operador del mateix, les trapes d'entrada d'aire dels equips d'aire condicionat.
Tancament de les trapes d'entrada d'aire de l'equip d'aire condicionat	Des del CCM podran tancar-se a voluntat de l'operador, les trapes d'entrada d'aire dels equips d'aire condicionat.
Inhibició pantògrafs semi-unitat	Serà possible inhibir (fer que baixin) els 2 pantògrafs de cada semi-unitat des del CCM.

TELECOMANDAMENT	FUNCIÓ QUE HA DE FER EL TREN
Recuperació pantògrafs semi-unitat	Serà possible recuperar (fer que pugin) els 2 pantògrafs inhibits de cada semi-unitat des del CCM.
Restabliment remot d'alarma de foc	En cas de senyalització remota d'alarma de foc de nivell 4, s'ha de poder restablir des del CCM per part de l'operador.
Activació remota de l'opció "Videodifusió" al tren	Serà possible activar la videodifusió a bord del tren des del CCM.
Desactivació remota de l'opció "Videodifusió" al tren	Serà possible desactivar la videodifusió a bord del tren des del CCM.
Activació remota de gravació d'emergència.	Es podrà activar l'enregistrament d'emergència des del CCM.
Desactivació remota de gravació d'emergència.	Es podrà desactivar l'enregistrament d'emergència des del CCM.
Data i hora	El CCM remetrà la data i hora als trens perquè un cop rebuda s'actualitzi a tots els equips.
Activació remota d'un intercomunicador d'emergència	Es podrà activar remotament un intercomunicador d'alarma per poder escoltar el so ambient recollit per aquest intercomunicador des del CCM.
Desactivació remota d'un intercomunicador d'emergència	Es podrà desactivar remotament un intercomunicador d'alarma per poder escoltar el so ambient recollit per aquest intercomunicador des del CCM.

TELECOMANDAMENT	FUNCIÓ QUE HA DE FER EL TREN
Emissió remota d'un missatge pregravat d'àudio a través de megafonia	Serà possible activar l'emissió d'un missatge d'àudio determinat emmagatzemat al sistema d'informació al viatger des del CCM.
Cancel·lació remota del bypass de l'autorització de tracció	En cas d'obertura del llaç de tracció i un cop realitzat el bypass des del CCM, serà possible cancel·lar aquest bypass.
Bypass remot de l'equip de control de fre	Es podrà des del CCM i a través de l'ordre corresponent fer l'anul·lació de l'acció de l'equip de control de fre sobre el llaç d'emergència.
Recuperació remota de l'equip de control de fre	Serà possible des del CCM i a través de l'ordre corresponent, eliminar l'anul·lació de l'acció de l'equip de control de fre sobre el llaç d'emergència.
Activació remota dels equips de climatització	Des del CCM, es podrà ordenar si cal i sempre que el tren estigui preparat i amb AT disponible, la connexió dels equips de climatització.
Desactivació remota dels equips de climatització	Des del CCM, es podrà ordenar en cas que calgui i sempre que el tren estigui preparat i amb AT disponible, la desconexió dels equips de climatització.
Selecció remota de la temperatura de consigna (o nivell) dels equips de climatització	Des del CCM es podrà seleccionar la temperatura de consigna (o nivell, si hi ha diferents temperatures preseleccionades) per als equips de climatització.
Petició de megafonia interior a públic des de CCM	L'operador del CCM podrà fer en qualsevol moment una megafonia a públic a través dels altaveus interiors del tren.

TELECOMANDAMENT	FUNCIÓ QUE HA DE FER EL TREN
Petició de megafonia interior+exterior a públic+andana des del CCM.	L'operador del CCM podrà realitzar qualsevol moment una megafonia a públic i a l'andana a través dels altaveus interiors i exteriors del tren.
Parada del tren per ordre de l'operador del CCM	Si cal, tren en conducció manual fora de control (vandalisme), l'operador del CCM podrà ordenar la parada del tren mitjançant aquesta ordre remota.
Anul·lació de la parada del tren per ordre de l'operador de CCM	Si cal, un tren en conducció manual (modes manuals de l'ATC) aturat per ordre de l'operador del CCM podrà ser autoritzat a continuar circulant en aquests modes a través de l'ordre remota pertinent.
Emissió a través dels monitors de passatge de missatges de text escrits en temps real per l'operador del CCM.	Des del CCM es podran enviar missatges de text escrits en línia per l'operador de CCM que es mostraran al passatge a través dels monitors del departament de passatgers.
Test cadena d'enviament de telecomandaments i de recepció d'alarmes	Des del CCM serà possible fer un test que confirmi la disponibilitat de tota la cadena d'enviament de telecomandaments i de recepció d'alarmes al tren i des del tren respectivament
Interrogació estat de les alarmes del tren	Si cal, serà possible recuperar des del CCM la informació relativa a l'estat de les alarmes d'un tren.

En fase de projecte, l'adjudicatari ha de demostrar que, des d'un telecomandament de proves que aquest aportarà, es poden fer tots aquests telecomandaments.

3 MANTENIMENT BASAT EN CONDICIÓ (CBM)

L'adjudicatari ha d'incloure un sistema o plataforma de manteniment basat en condició (CBM) propi capaç de monitorar contínuament l'estat i la condició dels components considerats crítics del tren ofert des del punt de vista de l'estat físic dels components, la seva seguretat i condició.

Aquest sistema ha de redundar en més fiabilitat, més seguretat, millor condició, més utilització, més temps d'activitat i operació reduint els costos de manteniment (freqüències, hores/home, recanvis) i d'oportunitat (més disponibilitat dels actius ferroviaris) en permetre el manteniment predictiu, que condueix a la reducció de fallades catastròfiques, crítiques i sobtades d'aquests actius.

El manteniment dels trens ha de prioritzar el manteniment basat en condició, si la tecnologia és assumible i comissionable, sent les tasques preventives últim recurs en el cas que la tecnologia deixi la manera de fallida cega i per tant s'imposi inspecció i/o reemplaçament en temps o quilòmetres.

Els objectius esperats del CBM són per ordre cronològic:

1. Gestió d'alarmes: detectar estats anòmals de l'actiu generant alertes de fallades en temps real.
2. Diagnosi: detecció, localització i identificació de la sentència.
3. Prognosi: predir la vida restant. Especificar l'horitzó de la prognosi, la precisió i la incertesa en la predicció.
4. Proposar accions de manteniment a partir dels punts anteriors. Prescriptiu amb diferents contextos operatius per a extensió de vida o moure l'activitat de manteniment fins a la finestra de manteniment desitjada.

3.1 METODOLOGIA

Els passos per a la implantació de la plataforma CBM han de ser els següents:

Durant la fase de projecte:

1. Realització d'una anàlisi RCM dels sistemes principals. Aquesta anàlisi es farà durant la fase de projecte i ha de ser validada per FMB. Serà condició indispensable per a la recepció provisional del primer tren que aquest RCM estigui finalitzat.

2. Identificació de les modes i causes de fallades detectables i predictibles amb la instrumentació comissionada al tren.

3. Establiment dels sistemes i equips on s'implantarà manteniment basat en CBM. Aquests sistemes han de ser acordats amb FMB, i com a mínim han de ser els que apareixen al present plec. Determinació de les variables necessàries i sensorització d'aquestes. Proposició de solucions per a la detecció de fallades ocultes.

Durant la fase de garantia:

4. Implantació de CBM basat en les dades contingudes al bus de comunicacions del tren (xarxa TCN) i sensorització addicional dels elements que ho necessitin per obtenir les variables d'estat d'equip rellevants i errors ocults.

5. Anàlisi i creació de l'algorítmica que definirà el manteniment basat en CBM. Aquestes activitats es faran en un equip compartit de l'adjudicatari amb FMB que es definirà a l'inici de la fase de garantia. S'especificarà el funcionament dels algorismes per a diagnosi i prognosi preferiblement usant "assemblers" com a combinació múltiple d'algorismes concurrents.

6. Integració de la plataforma CBM amb el GMAO de FMB (SAP), vinculant les ordres de treball de manteniment amb la plataforma CBM.

Posterior a la fase de garantia (fins a 10 anys posteriors a l'entrada en servei del primer tren):

7. Millora i creació de nova algorítmica (i sensorització addicional i modelització si cal) per a la millora del manteniment basat en CBM, mantenint l'equip de treball creat a la fase de garantia.

Per validar que la implantació de la plataforma CBM és satisfactòria a la fase de garantia s'estableixen com a objectius mínims:

- Millorar almenys un 10% la fiabilitat de servei de la flota respecte a la contractual.
- Millorar almenys un 10% els costos oferts de LCC.

Al final de la fase de garantia s'ha de generar un informe on s'indiqui les activitats desenvolupades i els beneficis assolits, així com el pla de treball per als anys següents, que ha de ser aprovat per FMB especificant clarament la integritat dels actius a través d'uns KPIs clars assegurant que la funció se segueix lliurant al final d'aquest període sense minvament de la integritat.

L'adjudicatari ha d'adequar el pla de manteniment a les millores aconseguides per l'aplicació del manteniment basat a CBM.

Tota la informació que es generi inclosa l'algorítmia durant el projecte serà propietat de FMB i es proveirà en el llenguatge acordat per a la seva integració ulterior a la plataforma.

3.2 CONFIGURACIÓ DE LA PLATAFORMA CBM

La plataforma CBM estarà formada per:

- Base de dades massives.
- Eina d'analítica.
- Sensorització.
- Plataforma pròpia de monitoratge i anàlisi al tren.
- Integració amb la plataforma Digital Train (la plataforma CBM tindrà en consideració l'eina Digital Train que el tren ja tindrà incorporada i que disposarà d'accés a totes les variables de la plataforma de l'adjudicatari).
- Mòdul de presentació de dades per a diferents rols (operació, manteniment, analistes de dades, etc.). Aquest mòdul estarà preparat per ser visible a qualsevol tipus de dispositiu mòbil o fix.

Totes les dades recopilades al tren també han de passar a través de la CPU de Digital Train, preprocessades, i han de ser enviades a la base de dades de FMB i de l'adjudicatari (si haguessin de ser diferents) mitjançant una interfície directa amb el node de comunicacions descrit al capítol 2, definint-se el detall i els nivells de servei (QoS) requerits en la fase.

L'eina analítica ha de generar l'algorítmica necessària per a la presa de decisions i el manteniment basat en CBM. Tota l'algorítmica produïda serà facilitada a FMB per si aquesta volgués integrar-la a la seva pròpia eina. S'ha d'especificar quan s'incorporen components "Smart", "edgecomputing" o "cloudcomputing" tenint en compte limitacions d'amplada de banda i emmagatzematge i amb una ubicació clara de l'analítica comissionada.

La sensòrica serà preferiblement sense bateria. En cas de necessitar bateria interna hi haurà una durada mínima de 5 anys amb facilitat de reemplaçament i intercanvi. També es procurarà que sigui sense fils, podent transmetre les dades recollides mitjançant mitjans propis o aprofitant la xarxa

interna wifi del tren. La sensòrica cablejada no ha d'afectar la mantenibilitat dels components on es troba comissionada.

El sistema ha de considerar que qualsevol canvi en la tecnologia de comunicació i l'electrònica dels sensors no n'ha de degradar el rendiment ni ha d'exigir que FMB estigui obligat a canviar el sistema adquirit per obtenir els beneficis previstos. La fiabilitat de la sensòrica i electrònica de preprocessament tindrà una vida esperada similar a la del tren i calculada d'acord amb els estàndards MIL HDBK 217, FIDES, o similar.

3.3 EQUIPS BÀSICS QUE CALDRÀ MONITORAR

L'adjudicatari ha de considerar l'aplicació de tècniques CBM de com a mínim els equips i sistemes següents. S'adjunten també les variables mínimes que caldrà monitorar:

SISTEMA	VARIABLES QUE CALDRÀ MONITORAR
Bogis	- Rodaments caixa de greix (vibracions). - Rodaments reductor (vibracions). - Rodaments motors (vibracions). - Vibracions estructura bogi. - Temperatura caixa de greix. - Temperatura reductor. - Temperatura motor.
Suspensions	- Acceleració a la caixa, indicació de confort.
Detecció d'incendis	- Prova de detectors de fum.
Megafonia	- Variables d'estat i de diagnòstic del sistema.

Sistema d'aire condicionat sala	- Pressions d'alta i baixa. - Temperatura exterior. - Temperatura retorn. - Temps de funcionament del compressor. - Consum elèctric del compressor. - Nivell saturació filtre. - Consum instantani de corrent de l'HVAC complet. - Consum de ventiladors. - Temperatura eixida del refrigerant del condensador. - Temperatura de succió del refrigerant del compressor. - Temperatura de descàrrega del refrigerant del compressor. - Humitat de l'aire barrejat. - Humitat de l'aire subministrat. - Posició trapes aire. - Mesurament CO₂.
--	---

Sistema d'aire condicionat cabina	- Pressions d'alta i baixa. - Temperatura exterior. - Temperatura retorn. - Temps de funcionament del compressor. - Consum elèctric del compressor. - Nivell saturació filtre. - Consum instantani de corrent de l'HVAC complet. - Consum de ventiladors. - Temperatura eixida del refrigerant del condensador. - Temperatura de succió del refrigerant del compressor. - Temperatura de descàrrega del refrigerant del compressor. - Humitat de l'aire barrejat. - Humitat de l'aire subministrat. - Posició trapes aire. - Mesurament CO₂.
Sistemes de portes	- Variables targeta electrònica. - Corrent de motor. - Tensió de motor. - Temps d'obertura i tancament.

Motocompressor d'aire	- Pressió de sortida aire. - Cabal. - Temperatura de sortida aire. - Hores de funcionament. - Cicle arrencada parada. - Consum elèctric motor. - Pressió diferencial del filtre d'entrada. - Temperatura de l'aire d'entrada.
Assecador d'aire	- Grau d'humitat. - Pressions.
Bateria	- Tensió. - Corrent. - Temperatura. - Estat de càrrega.
Carregador de bateries	- Variables elèctriques.
Convertidors estàtics	- Variables elèctriques. - Variables d'autodiagnòstic.
Electrònica de tracció	- Variables d'autodiagnòstic.
Electrònica de fre pneumàtic	- Variables d'autodiagnòstic.

Pantògraf	- Posició. - Corrent.
Xarxa TCN	- Variables d'estat.
Sistema de senyalització	- Variables d'autodiagnòstic.
Sistema d'informació al viatger.	- Variables de diagnòstic i estat.
CTV	- Variables de diagnòstic i estat.
Sistema de distribució de baixa tensió	- Variables de monitoratge de magnetotèrmics.
Sistema de mitja tensió	- Variables de monitoratge de magnetotèrmics.
Xarxa informàtica	- Variables d'estat xarxa informàtica.
Registrador jurídic (caixa negra)	- Variables d'estat.
Il·luminació	- Nivell d'il·luminació sala.

3.3.1 Implantació de tècnica de manteniment basat en fiabilitat (RCM)

Durant la fase de projecte l'adjudicatari ha de lliurar una anàlisi dels modes de fallida i els seus efectes (AMFE) o una anàlisi dels modes de fallida, dels seus efectes i criticitat (AMFEC) de cadascun dels subsistemes amb l'objectiu d'identificar els modes de fallada que representen un risc més alt, per posteriorment seleccionar la millor tasca de manteniment, ja sigui preventiva, predictiva, correctiva o, si escau, accions addicionals o complementàries. Es defineix un mode de fallada com la forma en què un actiu perd la seva habilitat per exercir la seva funció, entrant a l'estat de fallada o fallada funcional. Es farà servir com a referència la norma EN13306.

Per dur a terme l'AMFE, els objectius d'aquest (o d'un AMFEC) han d'incloure:

- a. Una identificació i avaluació completa de tots els efectes no desitjats dins dels límits definits del sistema a analitzar i la seqüència de successos ocasionats per cadascun dels modes de fallada de l'element en els diferents nivells de la jerarquia funcional del sistema, sigui quina sigui la causa.
- b. La determinació de la criticitat o la prioritat per considerar o atenuar (vegeu la norma UNE-EN 60812) cada mode de fallada respecte al funcionament correcte del sistema i el seu impacte sobre el procés afectat.
- c. Una classificació dels modes de fallada identificats segons les característiques pertinents, incloent-hi la facilitat de detecció, la capacitat per al diagnòstic, la capacitat de prova, mesures de compensació i operació (reparació, manteniment, logística, etc.) establint el rànquing que permeti justificar la selecció de manteniment proposada en nom de la seva mitigació.
- d. La identificació d'errors funcionals del sistema i l'estimació de mesures de severitat i de probabilitat de fallada.
- e. El desenvolupament d'un pla de millora del disseny per atenuar els modes de fallada.
- f. Donar suport al desenvolupament d'un pla de manteniment eficaç per atenuar o reduir la probabilitat de fallada (vegeu la norma IEC 60300-3-11).

Quan es tracta de criticitat o probabilitat d'ocurrència, els comentaris fan referència a la metodologia de l'AMFEC.

Després de realitzar l'AMFE o l'AMFEC, l'adjudicatari implementarà un arbre de decisions basat en manteniment centrat en fiabilitat (RCM), en sessions de treball multidisciplinaris amb la participació de FMB. Es prendran com a referència les normes EN61025 i EN60300-3-11. Aquest arbre s'ha de realitzar amb la finalitat d'establir les activitats de manteniment més efectives, planificant-les en funció de la criticitat dels modes de fallada, tenint en compte, principalment, els efectes de les fallades sobre:

- La seguretat de les persones i del medi ambient.
- L'operació del sistema (producció o qualitat).

El resultat final d'aquesta fase és la determinació d'un Programa de Manteniment Optimitzat (PMO), avaluant/seleccionant les activitats de manteniment i la seva freqüència, classificant-les en:

- Activitats de predictiu/CBM.
- Activitats de preventiu de restauració.
- Activitats de preventiu de substitució.
- Activitats de cerca de fallades ocultes.
- Activitats de correctiu (si es deixa funcionar fins a la decisió).

- Activitats de redisseny.

Això per elaborar la llista de tasques de manteniment predictiu, les variables involucrades i els rangs de tolerància.

Al començament del desenvolupament del programa de manteniment, l'adjudicatari ha de fer tots els esforços requerits per establir un procediment que permeti documentar electrònicament els resultats de l'anàlisi RCM, així com totes les modificacions que es facin en servei. D'altra banda, cal destacar que el programa d'RCM es pot implantar de manera detallada als plans de manteniment. Aquests han de ser integrats al sistema GMAO (SAP) existents a FMB.

El context operatiu i les hipòtesis s'han de considerar documents vius i s'han de mantenir al llarg de la vida de l'element. S'han de revisar regularment quan es produeixin canvis a la configuració de l'element o a la demanda d'operació. Els canvis en el context operatiu poden produir canvis en els intervals o les tasques de manteniment seleccionats.

Un cop s'ha generat el pla de manteniment, cal revisar-lo periòdicament per tenir en compte la retroalimentació de les dades de manteniment adquirides a partir de la implementació de l'anàlisi RCM i també els requisits per a les actualitzacions del sistema.

Qualsevol modificació del sistema, reparació o canvi de configuració estarà subjecta a una anàlisi RCM. Pot ser que aquest tipus d'accions no donin canvis al programa de manteniment, però els canvis en les funcions del sistema es documentaran en la definició del context operatiu i en les anàlisis de fallades. No obstant això, un canvi significatiu a l'element o a la seva operació podria originar un programa de manteniment completament diferent.

3.4 INTEGRACIÓ AMB ALTRES SISTEMES D'INFORMACIÓ

El proveïdor ha de compartir tota la informació i algorítmica que gestioni i processi a la plataforma per a tots punts requerits per FMB que es detallaran a la fase de projecte. Així mateix, aquesta plataforma ha d'oferir una interfície API per facilitar-ne la integració amb altres sistemes d'informació corporatius, en particular amb Digital Train. A la fase de projecte caldrà disposar d'aquestes interfases.

3.5 DOCUMENTACIÓ

S'ha de presentar en fase de projecte:

- Descripció i planificació d'implantació del projecte CBM. Aquest projecte ha de durar un mínim de 10 anys des de la recepció provisional del primer tren.

- Sistemes i subsistemes que es monitoraran durant el projecte.

4. SEGURETAT FERROVIÀRIA

4.1 ENTORN

Atesa la contribució a la seguretat ferroviària identificada per al sistema licitat, es fa necessari per part de FMB establir les condicions mínimes a satisfer pel sistema objecte d'aquest plec, en matèria de seguretat ferroviària. Amb la finalitat de complir amb els requisits establerts a l'SGSF de FMB i garantir així la seguretat ferroviària i la no regressió en seguretat operacional, l'adjudicatari serà responsable de complir amb les exigències especificades en aquest document.

El procés de Gestió del Risc seguit per a l'adquisició de **nous sistemes tècnics** per a la seva integració al Sistema Ferroviari de FMB, ha de complir amb les exigències de:

- La norma UNE-EN 50126-1. Aplicacions Ferroviàries, Especificació i demostració de la fiabilitat, la disponibilitat, la mantenibilitat i la seguretat (RAMS).
- La norma UNE-EN 50126-2. Aplicacions ferroviàries. Especificació i demostració de la fiabilitat, la disponibilitat, la mantenibilitat i la seguretat (RAMS). Part 2: Aproximació sistemàtica per a la seguretat.

En funció del sistema, han de ser d'aplicació o referència les normes següents:

- UNE-EN 50128. Aplicacions ferroviàries. Sistemes de comunicació, senyalització i processament. Programari per a sistemes de control i protecció de ferrocarril.
- UNE-EN 50129 Aplicacions ferroviàries. Sistemes de comunicació, senyalització i processament. Sistemes electrònics relacionats amb la seguretat per a la senyalització.

Totes les normes es tindran en compte en la versió vigent, en la seva darrera publicació a la data d'adjudicació del contracte.

El procés a realitzar 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, s'ha de considerar el seu cicle de vida complet (disseny, fabricació, validació, operació, manteniment, etc.), com es defineix a la norma UNE-EN 50126.

De la mateixa manera, en el cas que el sistema tècnic implementi funcions de seguretat superiors al SIL0, caldrà aportar el corresponent ISA. En cas que el sistema tècnic licitat integri diferents funcions

avalades pels diferents subsistemes, s'ha de lliurar, a banda de cadascun dels ISA de subsistema, un ISA global que avaluï la integració del sistema.

FMB ha d'acceptar l'Organisme d'Avaluació Independent de Seguretat (ISA o ASBO segons escaigui) proposat per l'adjudicatari. Així mateix, l'organisme d'avaluació independent de seguretat ha de ser un organisme acreditat a aquest efecte.

4.2 DOCUMENTS DE REFERÈNCIA

Els documents següents són aplicables en el marc d'aquesta licitació.

[REF01] UNE-EN 50126-1: Aplicacions ferroviàries. Especificació i demostració de la fiabilitat, la disponibilitat, la mantenibilitat i la seguretat (RAMS). Part 1: Requisits bàsics i processos genèrics.

[REF02] UNE-EN 50126-2: Aplicacions ferroviàries. Especificació i demostració de la fiabilitat, la disponibilitat, la mantenibilitat i la seguretat (RAMS). Part 2: Aproximació sistemàtica per a la seguretat.

[REF03] UNE-EN 50128. Aplicacions ferroviàries. Sistemes de comunicació, senyalització i processament. Programari per a sistemes de control i protecció de ferrocarril.

[REF04] UNE-EN 50129. Aplicacions ferroviàries. Sistemes de comunicació, senyalització i processament. Sistemes electrònics relacionats amb la seguretat per a la senyalització.

[REF05] UNE-EN 50155. Aplicacions ferroviàries. Equips electrònics utilitzats sobre material rodant.

[REF06] UNE-EN 50657. Aplicacions ferroviàries. Aplicacions del material rodant. Programari a bord del material rodant.

[REF07] UNE-EN 50562. Aplicacions ferroviàries. Instal·lacions fixes. Procés, mesures de protecció i demostració de la seguretat per als sistemes elèctrics de tracció.

[REF08] UNE-EN 50159. Aplicacions ferroviàries. Sistemes de comunicació, senyalització i processament.

[REF09] UNE-EN 61508 Seguretat funcional dels sistemes elèctrics/electrònics/ electrònics programables relacionats amb la seguretat.

[REF10] UNE-EN 14033 Aplicacions ferroviàries. Via. Màquines per a la construcció i el manteniment que es desplacen exclusivament sobre carrils. Part 1: Requisits tècnics per a la circulació; Part 2: Requisits tècnics per al treball; Part 3: Requisits generals de seguretat.

[REF11] Reglament d'Execució (UE) núm. 402/2013 de la Comissió, de 30 d'abril de 2013, relatiu a l'adopció d'un mètode comú de seguretat per a l'avaluació i la valoració del risc i pel qual es deroga el Reglament (CE) núm. 352/2009.

[REF12] Reglament d'Execució (UE) 2015/1136 de la Comissió, de 13 de juliol de 2015, pel qual es modifica el Reglament d'Execució (UE) núm. 402/2013 relatiu a l'adopció d'un mètode comú de seguretat per a l'avaluació i la valoració del risc.

4.3 OBJECTIUS DE SEGURETAT FERROVIÀRIA I ACCEPTACIÓ DELS RISCOS

El procés per a l'avaluació de riscos serà l'identificat a la norma UNE EN 50126-1.

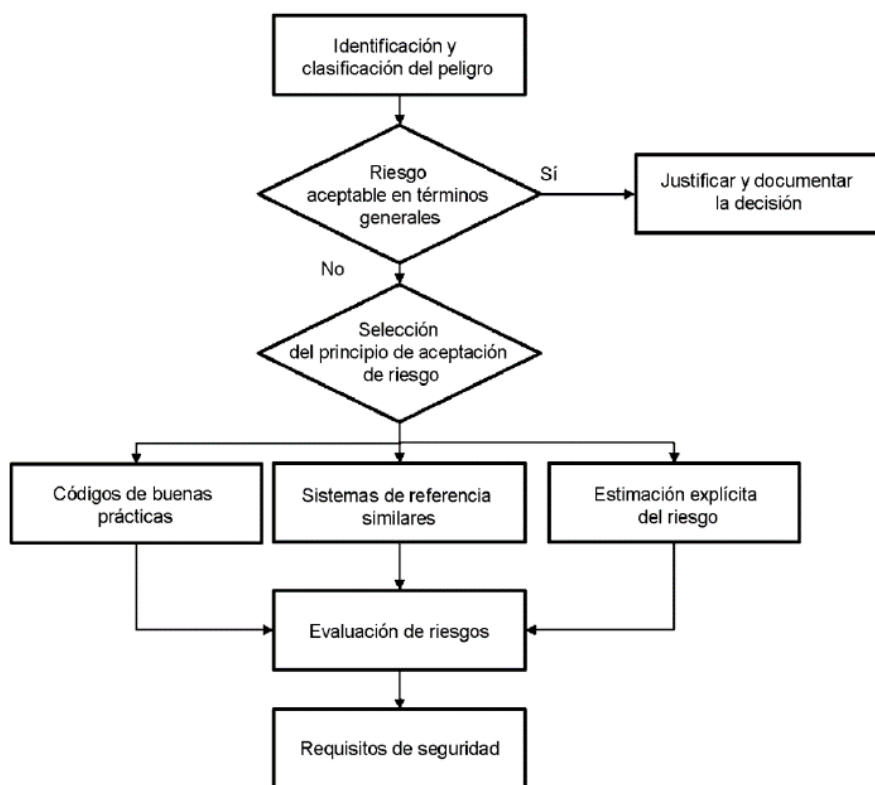


FIGURA 1: PROCÉS PER A L'AVALUACIÓ DE RISCOS

Aquest procés es durà a terme de conformitat amb les prescripcions definides als següents apartats.

4.3.1 Classificació dels Riscos

Tot seguit, es presenta una assignació de nivells SIL (Safety Integrity Level) per als principals sistemes i equips del tren, en funció de la seva criticitat en la gestió del risc ferroviari. Aquesta taula actua com a base per a la posterior classificació de riscos i justificació del disseny segur als apartats següents.

Equip/sistema	Nivell SIL Propost
Sistema de frenada d'emergència	SIL 2
Fre d'estacionament	SIL 2
Ordre tancament de portes	SIL 2
Caixa negra (velocitat 0 km/h)	SIL 2

La classificació dels riscos es farà segons el que estableix la norma UNE EN 50126-1, per la combinació de dos criteris:

- La probabilitat d'ocurrència d'un succés o una combinació d'esdeveniments que condueixin a un perill o la freqüència d'aquesta ocurrència.
- La conseqüència del perill, és a dir, la seva gravetat.

Un cop identificat un risc se n'ha d'avaluar la freqüència d'ocurrència. A tall d'exemple, les tècniques que cal fer servir per aconseguir una bona aproximació són:

- Dades procedents dels incidents esdevinguts històricament al sector ferroviari, en explotacions metropolitanes. A partir dels registres disponibles, s'estableixen, quantitativament, taxes de freqüència per a un perill determinat.
- Anàlisi per arbre de fallades o esdeveniments. Aquest tipus d'aproximació permet establir una aproximació quantitativa de perills per als quals no es disposa de dades històriques.
- Judici expert. No sempre és possible establir criteris quantitatius a l'hora de classificar la freqüència d'un perill. Quan s'apliquen valoracions basades en l'opinió experta, cal tenir en compte, bé de manera informal o mitjançant sessions de pluja d'idees, l'opinió de diversos experts.

■

4.3.1.1 Freqüència d'ocurrència

Tot seguit, es defineixen els criteris qualitius i quantitatius per a l'estimació de la freqüència.

Anàlisis qualitatives. S'estableixen sis categories de freqüència que són les següents:

Nivell de freqüència	Descripció
Freqüent	És probable que passi amb freqüència. La incidència s'experimentarà sovint.
Probable	Passarà diverses vegades. Es pot esperar que la incidència passi amb freqüència.
Ocasionalment	És probable que passi diverses vegades. Es pot esperar que la incidència passi diverses vegades.
Freqüent	És probable que passi en algun moment del cicle de vida del sistema. Es pot esperar raonablement que passi la incidència.
Improbable	És poc probable que passi, però és possible. Es pot suposar que la incidència pot passar de manera excepcional.
Extremament improbable	Molt improbable que passi. Es pot assumir que la incidència no passarà.

TAULA 1: NIVELLS DE FREQUÈNCIA

Anàlisis qualitatives. En aquells casos en què es disposi de dades històriques de l'adjudicatari o provinents d'altres fonts que permetin una classificació quantitativa es prenen en consideració els rangs següents (les fonts han de ser justificades i evidenciades per a l'acceptació per part de FMB):

Nivell de freqüència	Gamma de freqüències per a funcionament 24 h/dia	Gamma de freqüències per a una vida útil de 30 anys i funcionament 5.000 h/any
Freqüent	més d'una vegada en un període d'aproximadament 6 setmanes	més de 150 vegades
Probable	aproximadament d'una vegada cada 6 setmanes a un cop l'any	aproximadament de 15 a 150 vegades
Ocasionalment	aproximadament d'una vegada a l'any a una vegada cada 10 anys	aproximadament de 2 a 15 vegades
Infreqüent	aproximadament una vegada cada 10 anys o una vegada cada 1000 anys	potser una vegada com a màxim
Improbable	aproximadament d'una vegada cada 1.000 anys a una vegada cada 100.000 anys	no s'espera que passi en el curs de la vida útil
Extremament improbable	una vegada en un període d'aproximadament 100.000 anys o més	és extremament improbable que passi en el curs de la vida útil

TAULA 2: FRANGES QUANTITATIVES DE FREQUÈNCIA

4.3.1.2 Gravetat de les conseqüències

El segon paràmetre per avaluar un risc és l'estimació de les conseqüències que se'n deriven. Les quatre categories són les següents:

Categoria de gravetat	Conseqüències per a les persones o l'entorn	Conseqüències per al servei/bens materials
Catastròfic	- Afecta un gran nombre de persones i té com a resultat múltiples víctimes mortals, o - Danya l'entorn de manera extrema.	Qualsevol de les conseqüències que es descriuen a continuació per a les persones o l'entorn
Crític	- Afecta un nombre molt petit de persones i resulta en almenys una víctima mortal, o - Es produeix un gran dany a l'entorn	Pèrdua d'un sistema important
Marginal	- No hi ha possibilitat que es produeixin víctimes mortals, només lesions greus o lleus, o - Danys menors a l'entorn	Danys greus al sistema o sistemes.
Insignificant	Possible lesió lleu	Danys menors al sistema

TAULA 3: CATEGORIES DE GRAVETAT DELS INCIDENTS

Es tindran en consideració les conseqüències per al servei per poder establir requisits de fiabilitat/disponibilitat per a subsistemes que, si bé no afecten la seguretat ferroviària, sí que alteren les condicions del servei de manera significativa.

4.3.1.3 Matriu per a la classificació de riscos

Per a cada perill identificat i en funció de la seva probabilitat d'ocurrència i les conseqüències que se'n derivin, s'estableix la matriu de riscos següent:

Freqüència d'ocurrència d'un accident (causat per un perill)	Categories d'acceptació del risc			
Freqüent	No desitjable	Intolerable	Intolerable	Intolerable
Probable	Tolerable	No desitjable	Intolerable	Intolerable
Ocasional	Tolerable	No desitjable	No desitjable	Intolerable
Infreqüent	Negligible	Tolerable	No desitjable	No desitjable
Improbable	Negligible	Negligible	Tolerable	No desitjable
Extremament improbable	Negligible	Negligible	Negligible	Tolerable
	Insignificant	Marginal	Crític	Catastròfic
	Gravetat d'un accident (a causa d'un perill)			

TAULA 4: MATRIU DE CLASSIFICACIÓ DE RISCOS

4.3.1.4 Determinació del nivell de risc

Un cop s'hagin categoritzat els riscos segons la matriu anterior, s'ha de procedir segons la taula següent:

Categoria d'acceptació de riscos	Accions que cal aplicar
Intolerable	El risc s'ha d'eliminar.
No desitjable	El risc només s'ha d'acceptar si la reducció és impracticable i amb l'acord previ amb els responsables del servei ferroviari o amb l'autoritat en matèria de seguretat responsable.

Tolerable	El risc es pot tolerar i acceptar amb un control adequat (per exemple, procediments o normes de manteniment) i previ acord amb els responsables del servei ferroviari.
Negligible	El risc és acceptable sense acord previ amb els responsables del servei ferroviari.

TAULA 5: CATEGORIES D'ACCEPTACIÓ DE RISCOS

FMB no acceptarà cap risc amb una classificació final superior a TOLERABLE.

4.3.2 Acceptació de la seguretat ferroviària

Els principis d'acceptació aplicables a l'avaluació de riscos per justificar la reducció de riscos a nivells tolerables han de ser els següents:

4.3.2.1 Codis pràctics

La normativa o bones pràctiques utilitzades per justificar que els perills estan degudament mitigats, han de complir els requisits següents:

- Ser aplicable explícitament (normativa CENELEC per a aplicacions ferroviàries o fitxes UIC, per exemple) o implícitament a l'àmbit ferroviari.
- Ser pertinent per al control dels perills considerats al sistema objecte d'avaluació.
- Estar disponible públicament per a tots els interessats en la feina.

Quan es faci servir aquest principi, es considerarà que els perills associats tenen un nivell de risc residual "Tolerable", sense necessitat de fer estudis addicionals relatius al perill, i es deixarà constància al Registre de Perills que el codi pràctic utilitzat és un requisit de seguretat ferroviària.

Per a aquests perills, caldrà evidenciar suficientment el compliment del codi pràctic utilitzat i deixar-ne constància al Registre de Perills.

4.3.2.2 Comparació amb sistemes similars

Aquest criteri suposa utilitzar un altre sistema en explotació com a referència per justificar el nivell de risc final. El sistema de referència ha de complir els requisits següents:

- Haver acreditat un nivell acceptable de seguretat ferroviària.

- Tenir funcions i interfícies equivalents al sistema avaluat.
- Utilitzar-se en condicions d'explotació i ambientals equiparables.

Com en el cas anterior, quan es faci servir aquest criteri es considerarà que els perills associats tenen un nivell de risc "Tolerable" sense necessitat de fer estudis addicionals. Els requisits de seguretat ferroviària podran quedar fixats a partir dels requisits de seguretat ferroviària del sistema de referència i quedaran registrats al Registre de Perills.

En cas que hi hagi diferències entre el sistema objecte de l'avaluació i el sistema de referència, s'ha de justificar que el sistema avaluat ofereix, almenys, el mateix nivell de seguretat ferroviària, per a la qual cosa s'usarà algun dels altres dos principis d'acceptació del risc.

4.3.2.3 Estimació explícita del risc

En els casos en què no sigui aplicable cap dels dos criteris anteriors, es durà a terme una valoració explícita (qualitativa o quantitativa) del risc, per a això es compliran els requisits següents:

- Els mètodes utilitzats han de reflectir correctament el sistema avaluat i els seus paràmetres, considerant tots els modes d'explotació.
- Els resultats han de ser prou precisos per justificar la decisió, és a dir, no és admissible que petits canvis en les hipòtesis alterin significativament els resultats.

Aquests criteris han de ser sotmesos a revisió per part de FMB quan es consideri oportú.

4.3.3 Llista d'accidents potencials

L'adjudicatari ha de contemplar, com a mínim, en la seva anàlisi de riscos, els perills següents:

- a) Col·lisió entre vehicles ferroviaris o amb la infraestructura.
- b) Descarrilament de vehicles ferroviaris.
- c) Atropellament de persones.
- d) Incendi/Explosió originats en elements de la infraestructura o vehicles ferroviaris.
- e) Atrapaments i arrossegaments.
- f) Electrocució, radiació i altres situacions lligades a subsistemes elèctrics.
- g) Inundacions.
- h) Situacions de pànic entre els passatgers.
- i) Altres danys a les persones.

En cas d'identificar-se/considerar-se altres accidents potencials aplicables al sistema objecte del present plec, l'adjudicatari serà responsable de completar aquesta llista. De la mateixa manera, en cas de considerar que algun d'aquests perills no s'aplica al sistema a fi d'aquest plec, l'adjudicatari ha de comunicar-ho a l'interlocutor designat per FMB per acceptar-lo.

4.4 ORGANITZACIÓ DE L'EQUIP DE SEGURETAT FERROVIÀRIA

L'organització de l'adjudicatari ha d'incloure un responsable de seguretat ferroviària del projecte, que ha de poder justificar una experiència prèvia suficient en matèria de gestió de la seguretat ferroviària al sector ferroviari.

El responsable de seguretat ferroviària de l'adjudicatari serà l'interlocutor amb l'interlocutor designat per FMB per als aspectes relacionats amb la seguretat ferroviària. Idealment, aquest interlocutor serà únic per facilitar els fluxos d'informació. Aquest interlocutor l'ha d'acceptar FMB. En cas que per necessitats del projecte es requereixi canviar d'interlocutor o incrementar el nombre d'interlocutors, l'adjudicatari ha d'informar FMB per acceptar-lo.

El responsable de seguretat ferroviària ha de ser independent dels equips a càrrec del disseny, de la fabricació i de les proves. Així mateix, l'organització de l'adjudicatari ha de conformar-se als requisits d'independència de la norma UNE EN 50126.

Per fer les tasques, el responsable de seguretat ferroviària ha de comptar amb l'autoritat i els mitjans suficients. Quan calgui, ha de tenir el suport d'enginyers especialistes de seguretat ferroviària, els quals han d'estar directament sota el seu càrrec. En cas que es facin reunions de treball entre l'equip de seguretat ferroviària de l'adjudicatari i FMB, el responsable de seguretat ferroviària del projecte (interlocutor vàlid per a FMB) ha de ser-hi present per donar fe dels compromisos que poguessin adquirir-se per totes dues parts. En cas de delegar-se la interlocució, s'ha de comunicar formalment a FMB i s'ha d'acceptar.

L'organització de l'adjudicatari per al desenvolupament del procés de seguretat ferroviària ha de ser descrita al seu pla de gestió de la seguretat ferroviària, i així mateix ha de ser aprovada per part de FMB.

4.5 ESTUDIS I DOCUMENTACIÓ DE SEGURETAT FERROVIÀRIA PER A SISTEMES NOUS

La documentació de seguretat ferroviària que ha de lliurar l'adjudicatari serà, com a mínim, la identificada en aquest apartat. En cas de considerar que algun dels documents següents no s'aplica al projecte, ha de ser argumentat i acceptat per FMB.

Així mateix, tots els documents s'han de fer i consolidar seguint l'ordre marcat pel cicle de vida del projecte, segons indica la norma UNE EN 50126. Els documents consolidats els ha d'acceptar FMB. L'acceptació per part de FMB no implica en cap cas una validació formal o responsabilitat del contingut dels documents esmentats. D'altra banda, la no-acceptació d'un document implicarà la reedició del document per tal de satisfer les necessitats de FMB. Per facilitar aquest procés, l'adjudicatari podrà sol·licitar reunions de seguiment mitjançant esborranys que permetin la correcta evolució i assegurar que els documents consolidats lliurats siguin alineats amb les necessitats de FMB.

De la mateixa manera, caldrà complir un procés (definit per l'adjudicatari) de verificació. Aquest procés ha de garantir haver assolit els objectius mínims en matèria de seguretat ferroviària, marcats per la UNE EN 50126, per a cada canvi de fase al cicle de vida, disposant dels documents consolidats i acceptats per donar compliment al procés de verificació. El canvi de fase del cicle de vida ha de ser informat a FMB. En cas de decisió per part del projecte de canviar de fase amb algun pendent en matèria de seguretat ferroviària, caldrà argumentar la decisió i establir el pla d'acció. FMB ha de ser coneixedor de la situació i acceptar-la.

Tots els documents han de ser lliurats en català o castellà, en format pdf signat i, en els casos que es demani (com el Hazard Log) en format editable. Així mateix, en tots els documents de seguretat ferroviària que es lliurin diverses versions del mateix document, caldrà lliurar-ne una versió consolidada i una altra amb control de canvis, a fi de facilitar l'anàlisi dels canvis entre versions.

4.5.1 Pla de Seguretat Ferroviària

L'adjudicatari ha d'elaborar el Pla de Seguretat Ferroviària d'acord amb la norma UNE EN 50126.

Aquest pla, com a mínim ha de contenir i fer especial èmfasi en:

- Descripció preliminar del projecte, establint abast i perfil de missió.
- Organització del projecte, establint els rols, responsabilitats de cada rol en relació amb la seguretat. També s'hi inclourà un organigrama i una justificació que l'organització compleix els requisits d'independència.
- Criteris per a l'avaluació i l'acceptació de riscos.
- Identificació i gestió de requisits de seguretat ferroviària.
- Activitats i lliurables de seguretat que caldrà elaborar durant el projecte. Descripció de cadascun, juntament amb la relació i objectiu dels mateixos.
- Procés de Verificació.
- Procés de Validació.

L'adjudicatari lliurarà 3 mesos després de la signatura del contracte el Pla de Seguretat Ferroviària del projecte.

El temps estimat de revisió per part de FMB per a l'acceptació d'aquest document és de, com a mínim, una setmana. L'adjudicatari ha de contemplar aquest temps de revisió en la planificació de projecte.

Una vegada acceptat el Pla de Seguretat Ferroviària, no es modificarà més llevat de modificació substancial de l'estratègia de seguretat ferroviària, que justifiqui aquesta actualització. El temps estimat de revisió per part de FMB per a l'acceptació d'aquest document és de, com a mínim, una setmana.

4.5.2 Anàlisi Preliminar de Riscos

A l'inici de la fase de disseny del sistema, l'adjudicatari ha de fer i lliurar a FMB una Anàlisi Preliminar de Riscos (APR).

L'APR ha d'identificar els riscos del sistema objecte del present plec seguint una estratègia "top-down" amb l'objectiu d'identificar les situacions perilloses que puguin ocasionar un accident. Per fer-ho, l'adjudicatari ha d'utilitzar les metodologies al seu abast (llista preliminar de riscos, projectes de referència, Brain Storming, etc). Els riscos han d'identificar la metodologia utilitzada i, en cas que es faci servir una base de dades, identificar aquesta font.

La identificació de riscos ha de consignar tota la informació possible per al risc sigui clar. Cal identificar les situacions que poden conduir a l'accident, així com les causes potencials i el mode d'operació.

L'avaluació de riscos s'ha de fer seguint la classificació de riscos consignada en aquest plec. L'APR ha de contenir la classificació inicial sense contemplar cap mitigació.

Finalment, per a cada risc caldrà identificar els requisits de seguretat ferroviària que mitiguen el risc. Aquests requisits s'han de definir en funció de la classificació inicial del risc i per tal que la classificació final del risc (després d'aplicar mitigacions) quedi en un nivell d'acceptabilitat suficient. De la mateixa manera, els requisits s'han d'orientar inicialment a requisits de disseny, evitant, sempre que sigui possible, les exportacions a Operació i Manteniment.

La plantilla de l'APR, així com les metodologies d'anàlisi, han de ser presentades i acceptades per FMB previ a l'inici de l'anàlisi. L'adjudicatari ha d'entregar un APR en fase de projecte. Aquest APR ha d'incloure l'avaluació inicial d'amenaces. En cas de ser adjudicatari del contracte, caldrà lliurar una

actualització de l'APR aprofundint en amenaces de baix nivell i establint els requisits de seguretat ferroviària inicials.

El temps estimat de revisió per part de FMB per a l'acceptació d'aquest document és de 2 setmanes com a mínim. L'adjudicatari ha de contemplar aquest temps de revisió en la planificació de projecte.

4.5.3 Registre de perills (Hazard Log)

L'adjudicatari ha d'elaborar i mantenir un registre de perills durant la vigència del contracte.

El registre de perills ha de ser una evolució de l'APR on es consignen les evidències de mitigació establertes a l'APR.

Un cop consolidada la primera versió del registre de perills, l'APR quedarà congelat i ja no s'actualitzarà més, i el registre de perills serà l'únic document amb el registre de perills actualitzat.

D'aquesta manera, el registre de perills contindrà:

- Tots els riscos identificats per al projecte.
- Tots els requisits establerts com a mitigació traçats amb les causes que mitiguen.
- La classificació final dels riscos.
- El principi d'acceptació utilitzat a cada risc.
- Les evidències de compliment de cada requisit juntament amb una traçabilitat clara, indicant document i apartat on es troba l'evidència.
- L'estatus (obert, pendent, tancat per a proves, tancat per a PeS) de cada risc junt.
 - Obert: Risc identificat, pendent establir requisits per assolir una classificació de riscos acceptable.
 - Pendent: Es disposa dels requisits, però en falten les evidències.
 - Tancat per a proves: Hi ha prou evidències per entrar a proves dinàmiques.
 - Tancat per a Posada en Servei (PeS): Es disposa de totes les evidències, amb la qual cosa es dona el risc totalment controlat.
- Un quadre resumeix amb el total de riscos i el seu estat.

La plantilla del registre de perills ha de ser acceptada per FMB previ al seu desenvolupament.

Tots els documents referenciats com a evidència de tancament d'un risc s'han de lliurar a FMB per tal de poder mantenir el registre de perills viu després de la finalització del contracte. Serà responsabilitat de l'adjudicatari posar a disposició de FMB aquesta documentació, considerant aquesta documentació inclosa en l'activitat del registre de perills.

El temps estimat de revisió per part de FMB per a l'acceptació d'aquest document és de 3 setmanes com a mínim. Per optimitzar el temps de revisió es podrà establir una estratègia conjunta amb FMB que permeti revisions parcials. L'adjudicatari ha de contemplar aquest temps de revisió en la planificació de projecte.

4.5.3.1 Registre de perills (Hazard Log): Exportacions

Quan se li demani, l'adjudicatari podrà establir exportacions a l'operador i al mantenidor. Les exportacions han de ser recollides en un document a part o com a apartat específic del registre de perills amb la finalitat de poder-les treballar de forma àgil amb FMB.

Totes les exportacions han d'identificar clarament el risc residual que ha de ser cobert per la SRAC. S'entendrà com a risc residual aquella part del risc que no hagi pogut ser mitigada per les mitigacions sota el control de l'adjudicatari i que, per tant, perquè el risc quedi totalment mitigat es veurà afectat per una SRAC.

Les exportacions han de complir les condicions següents:

- Que NO vagi en contra de les condicions tècniques o particulars descrites al plec que haurien de ser cobertes pel sistema.
- Que hi hagi una clara traçabilitat i relació entre accident / situació de perill / escenari / esdeveniment desencadenant / causa / risc inicial / SRAC.
- Si el risc inicial associat a una SRAC presenta un nivell "Intolerable" o "No desitjable", ha de tenir associada a les seves mitigacions una funció de seguretat del sistema tècnic d'acord amb aquest.
- El risc associat a una SRAC ha de presentar un nivell de risc "Tolerable", amb una mesura de reducció tècnica que completi l'exportació (no s'acceptaran riscos mitigats exclusivament amb exportacions).
- Que la definició de la SRAC sigui clara i completa. Descriuint què cal complir i evitar definir què cal fer. L'exportació ha de ser en forma de requisit dient què, però no com.

Així mateix, les SRACs han de complir amb el que prescriu la norma UNE EN50129, apartat 5.3.13.

Les exportacions han de ser treballades conjuntament amb FMB per garantir que es compleixen les condicions descrites anteriorment. Finalment, han de ser acceptades per FMB.

El temps estimat de revisió per part de FMB per a l'acceptació d'aquest document és de 1 setmana, sempre que s'estableixi una estratègia conjunta que permeti consolidar cadascuna de les exportacions. L'adjudicatari ha de contemplar aquest temps de revisió en la planificació de projecte.

4.5.4 Anàlisi de Mode de Fallades, dels seus Efectes i Criticitat (AMFEC)

Un cop l'adjudicatari disposi d'una primera versió de disseny consolidat, ha de realitzar un AMFEC. Aquesta anàlisi ha de realitzar-se per al sistema objecte del plec, contemplant tots els elements elèctrics/electrònics a nivell LRU (Line Replazable Unit).

L'AMFEC ha de contenir tots els elements, juntament amb els seus modes de fallada, la taxa de fallada intrínseca, la taxa de fallades de cada mode de fallada i la seva afectació tant a la seguretat ferroviària com a la disponibilitat.

En cas de detectar-se afectació, es consideraria mode de fallada simple amb afectació a la seguretat ferroviària o disponibilitat, fent necessari justificar les mesures de control necessàries per validar el disseny.

El temps estimat de revisió per part de FMB per a l'acceptació d'aquest document és de 3 setmanes com a mínim. Per optimitzar el temps de revisió es podrà establir una estratègia conjunta amb FMB que permeti revisions parcials. L'adjudicatari ha de contemplar aquest temps de revisió en la planificació de projecte.

4.5.5 Notes tècniques de seguretat

Per a tots aquells riscos en què s'utilitzi el principi d'acceptació de risc d'estimació explícita i per tant s'hagi d'argumentar la robustesa del disseny, cal fer una nota tècnica de seguretat.

Aquesta nota tècnica de seguretat ha d'incloure, com a mínim:

- Descripció funcional del sistema complet.
- Descripció de la implementació de la funció.
- Argumentació qualitativa de la robustesa del disseny.

- Argumentació quantitativa de la robustesa del disseny (ha d'acompanyar-se d'un FTA que evidenciï el càlcul quantitatiu).

El temps estimat de revisió per part de FMB per a l'acceptació d'aquest document és de, com a mínim, 2 setmanes per nota tècnica. L'adjudicatari ha de contemplar aquest temps de revisió en la planificació de projecte.

4.5.6 Llista d'elements crítics per a la seguretat ferroviària (LECS)

L'adjudicatari ha de fer una LECS. Aquest document ha de contenir un criteri clar d'elecció d'elements crítics per a la seguretat ferroviària, contemplant en aquest llistat tots aquells elements, a nivell LRU, que, en aplicació del criteri esmentat es considerin especialment susceptibles a la seguretat ferroviària i per tant requereixin una consideració especial en el manteniment.

Aquests elements conformaran una entrada fonamental per al Mantenidor, que ha de considerar aquests elements com a recanvis crítics, considerant les periodicitats, recanvis i operacions de manteniment com a crítics per a la seguretat ferroviària.

El criteri utilitzat per establir els elements crítics per a la seguretat ferroviària l'ha d'acceptar FMB previ a l'elaboració del document.

Així mateix, aquest document ha de ser acceptat tant per FMB (considerant també el Mantenidor de FMB afectat). En cas d'identificar-se un element crític que no pugui ser acceptat pel Mantenidor, s'han d'establir mesures addicionals de disseny/manteniment que permetin eliminar aquests components de la llista.

El temps estimat de revisió per part de FMB per a l'acceptació d'aquest document és de 2 setmanes com a mínim. Per optimitzar el temps de revisió es podrà establir una estratègia conjunta amb FMB que permeti revisions parcials. L'adjudicatari ha de contemplar aquest temps de revisió en la planificació de projecte.

4.5.7 Informe de Verificació

Quan finalitzi la fase 6 i la fase 10 del cicle de vida identificat a la norma UNE EN 50126, l'adjudicatari ha de lliurar l'informe de verificació.

Aquest informe ha d'evidenciar el compliment de tots els requisits del procés de seguretat ferroviària, així com dels requisits de processos relacionats (disseny, qualitat, etc.) a cada canvi de fase de cicle

de vida. Aquests requisits de procés han d'estar alineats amb el que defineix la norma la UNE EN 50126.

En cas que hi hagi hagut algun incompliment de requisits de procés, així com algun pendent o qualsevol decisió destacable del procés que afecti la verificació, ha de quedar reflectit en aquest informe, juntament amb les mesures adoptades que justifiquin el canvi de fase del cicle de vida, amb aquestes excepcions.

El temps estimat de revisió per part de FMB per a l'acceptació d'aquest document és de, com a mínim, una setmana. L'adjudicatari ha de contemplar aquest temps de revisió en la planificació de projecte.

4.5.8 Informe de Validació

Quan finalitzi la fase 10 del cicle de vida identificat a la norma UNE EN 50126, l'adjudicatari ha de lliurar l'Informe de Validació.

Aquest informe ha d'evidenciar el compliment de tots els requisits de disseny, amb un èmfasi especial en els requisits de seguretat ferroviària. La traçabilitat entre requisits de seguretat ferroviària i casos de prova ha de ser clara, incloent-hi el resultat de la prova esmentada.

En cas que hi hagi hagut alguna prova relacionada amb algun requisit de Seguretat ferroviària pendent, No OK o amb comentaris, l'informe ha de contenir el pla d'acció i l'argumentació que permeti justificar identificar de manera clara si el resultat de la prova compromet o no la seguretat ferroviària del sistema i si condiciona la posada en servei.

De la mateixa manera, en cas d'identificar-se algun "No OK" en els casos de prova relacionats amb requisits de disseny que no siguin de seguretat ferroviària, s'ha de recollir a l'informe identificant de manera clara l'impacte d'incompliment del requisit esmentat, el pla d'acció i si condicionen la posada en servei del sistema.

El temps estimat de revisió per part de FMB per a l'acceptació d'aquest document és de 2 setmanes com a mínim. Per optimitzar el temps de revisió es podrà establir una estratègia conjunta amb FMB que permeti revisions parcials. L'adjudicatari ha de contemplar aquest temps de revisió en la planificació de projecte.

NOTA: L'adjudicatari ha de lliurar tots els informes de validació realitzats per a cada unitat del sistema tècnic.

4.5.9 Safety Case de disseny

Quan finalitzi la Fase 6 del cicle de vida identificat a la norma UNE EN 50126, l'adjudicatari ha d'elaborar el Safety Case de Disseny. Aquest document ha de respectar l'índex marcat per la norma UNE EN 50129.

Així mateix, aquest document ha d'incloure un resum de totes les activitats de seguretat ferroviària realitzades al llarg del projecte i fins a la data d'emissió del document, identificant clarament si hi ha desviacions en l'estratègia de seguretat, respecte al que defineix el pla de seguretat ferroviària. També ha d'identificar qualsevol punt destacable en matèria de seguretat ferroviària (incloent-hi Verificació i Validació) que afecti el projecte.

Finalment, les conclusions han d'incloure una menció explícita sobre si el projecte té un grau de maduresa suficient per iniciar les proves dinàmiques amb seguretat.

Un cop el Safety Case de Disseny estigui consolidat i s'iniciïn les proves dinàmiques, no s'actualitzarà més excepte afectació dràstica en la seguretat ferroviària que condicioni les proves dinàmiques. Aquesta modificació l'ha de justificar i acceptar FMB.

El temps estimat de revisió per part de FMB per a l'acceptació d'aquest document és de, com a mínim, una setmana. L'adjudicatari ha de contemplar aquest temps de revisió en la planificació de projecte.

4.5.10 Safety Case de la posada en servei (PeS)

Quan finalitzi la Fase 10 del cicle de vida identificat a la norma UNE EN 50126, l'adjudicatari ha d'elaborar el Safety Case de PeS. Aquest document ha de respectar l'índex marcat per la norma UNE EN 50129.

Aquest document ha de ser una evolució del Safety Case de Disseny. Haurà d'actualitzar les activitats de seguretat ferroviària dutes a terme fins a la data de publicació del document, identificant clarament si hi ha desviacions en l'estratègia de seguretat ferroviària, respecte al que defineix el pla de seguretat ferroviària i l'estat de maduresa del sistema per a la posada en servei complint els requisits de seguretat ferroviària. Així mateix, ha d'identificar qualsevol punt destacable en matèria de seguretat ferroviària (incloent Verificació i Validació) que afecti el projecte.

Finalment, les conclusions han d'incloure una menció explícita sobre si el projecte té un grau de maduresa suficient per autoritzar la PeS. De la mateixa manera, el Safety Case ha d'establir les

condicions necessàries per mantenir el sistema en estat segur després de la posada en servei i des de la finalització del contracte fins a la fase 13 del cicle de vida identificat a la norma UNE EN 50126.

En cas de valorar-se la PeS del sistema, però identificar modificacions pendents, el Safety Case ha d'incloure l'estratègia a seguir per implementar aquestes modificacions mantenint la seguretat del sistema, diferenciant clarament la gestió de modificacions amb afectació a la seguretat ferroviària i les modificacions sense afectació a la seguretat ferroviària (l'estratègia ha d'establir com evidenciar l'afectació o no de la seguretat ferroviària, de les modificacions). De la mateixa manera, durant la durada del contracte, el Safety Case ha de ser actualitzat per reflectir en tot moment la seguretat ferroviària del sistema posat en servei. De la mateixa manera, l'adjudicatari, durant la vigència del contracte, serà el responsable de generar la documentació necessària per evidenciar la no regressió en seguretat ferroviària d'aquestes modificacions. L'estratègia de seguretat ferroviària per a les modificacions l'ha d'acceptar FMB.

A més, el Safety Case ha de contemplar la possibilitat de realitzar modificacions al sistema per part de FMB després de la finalització del contracte. Aquestes modificacions es realitzaran sempre d'acord amb la norma UNE EN 50126 o el Reglament 402/2013 i sota la responsabilitat de FMB, acotant l'abast de la responsabilitat de la seguretat ferroviària del sistema després de la modificació exclusivament a la modificació (no a tot el sistema per haver fet una modificació). No s'acceptarà en cap cas una condició que impliqui que qualsevol canvi o modificació invalidi TOT el document o les seves conclusions.

El temps estimat de revisió per part de FMB per a l'acceptació d'aquest document és de, com a mínim, una setmana. L'adjudicatari ha de contemplar aquest temps de revisió en la planificació de projecte.

4.5.11 Informe d'Avaluació i Certificat ISA

Amb el lliurament de cada Safety Case, l'adjudicatari ha de lliurar un informe ISA. Aquest informe ISA ha d'avaluar el procés de seguretat ferroviària seguit i així certificar les funcions de seguretat del sistema complet.

L'ISA de disseny ha d'incloure una conclusió clara sobre la seguretat ferroviària del sistema per a la realització de proves dinàmiques. L'ISA de Posada en Servei (PeS) ha d'incloure una conclusió clara sobre la seguretat ferroviària del sistema i les funcions de seguretat per a la PeS del sistema.

FMB tindrà potestat per contactar amb ISA de l'adjudicatari sempre que ho consideri oportú. Així mateix, si es requereix, tindrà accés al registre d'observacions realitzat durant el procés d'avaluació de l'ISA.

En el cas que el sistema integri diferents subsistemes que disposin de certificat propi, es considera fora de l'abast la certificació d'aquestes funcions, prenent els certificats de subsistema com a vàlids. L'adjudicatari ha de lliurar l'informe del sistema on s'avaluarà la integració de tots els subsistemes, garantint-ne la integració segura i que, en conjunt, el sistema manté les funcions de seguretat certificades pels subsistemes. Per tant, l'informe ha d'incloure TOTES les funcions de seguretat i certificar-les (sigui per certificar-ne el desenvolupament amb el sistema, sigui per referència a certificats de subsistema).

De la mateixa manera, l'adjudicatari ha de lliurar un certificat que certifiqui TOTES les funcions de seguretat implementades pel sistema. Aquest certificat ha de contenir, com a mínim, les funcions de seguretat i el SIL certificat.

Atès que una de les funcions de l'avaluador és acreditar el correcte procés de seguretat ferroviària seguit per l'adjudicatari, l'ISA ha de treballar en paral·lel al desenvolupament de projecte, l'informe ISA s'ha de lliurar en un termini no superior a 3 dies des del lliurament del Safety Case consolidat.

Mentre duri el contracte, l'informe ISA de PeS ha d'acreditar en tot moment el sistema posat en servei. En cas que es facin modificacions del sistema durant la vigència del contracte, l'Informe s'ha d'actualitzar per incloure aquestes modificacions.

Igual que el Safety Case, l'Informe ISA ha d'avaluar la seguretat ferroviària del sistema, tenint en compte el compliment de les exportacions, per utilitzar-lo fins a la fase 13 del cicle de vida identificat a la norma UNE EN 50126.

A més, l'Informe ISA ha de contemplar la possibilitat de fer modificacions al sistema per part de FMB després de la finalització del contracte. Aquestes modificacions es realitzaran sempre d'acord amb la norma UNE EN 50126 o el Reglament 402/2013 sota la responsabilitat de FMB, acotant l'abast de la responsabilitat de la seguretat ferroviària del sistema després de la modificació exclusivament a la modificació (no a tot el sistema per haver fet una modificació). No s'acceptarà en cap cas una condició que impliqui que qualsevol canvi o modificació invalidi TOT el document o les seves conclusions.

Finalment, en cas que es consideri la contractació d'un AsBO integrador per part de FMB, aquest podrà sol·licitar qualsevol informació que requereixi, tenint tracte directe amb l'ISA del projecte, per tal de facilitar-ne l'avaluació.

El temps estimat de revisió per part de FMB per acceptar aquest document és de, com a mínim, 3 dies laborables. L'adjudicatari ha de contemplar aquest temps de revisió en la planificació de projecte.

5. 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 de 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 nous trens ha de complir les normatives i estàndards de seguretat:

- Esquema Nacional de Seguretat (ENS)
- Directiva NIS2
- LOPD
- Els sistemes operacionals han 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), segons la nota tècnica NTOTIC_014 REQUISITS SEGURETAT PER A SISTEMES OPERACIONALS FMB.

Totes les normes han de ser considerades en la versió vigent, en la seva darrera publicació a la data d'adjudicació del contracte.

El procés a realitzar 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, s'ha de considerar la ciberseguretat en el context del procés del cicle de vida de la norma EN 50126-1 RAMS.

5.1 REQUISITS DE SEGURETAT PER A LA FASE DE DISSENY I INTEGRACIÓ

El proveïdor de la solució ha 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 tant el sistema embarcat com 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 implantació de mecanismes de seguretat i el seguiment de la implantació.

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

1. Compliment de normatives i estàndards de seguretat de FMB.
2. Fer una anàlisi de riscos preliminar de ciberseguretat, basant-se en MAGERIT / PILAR i en la norma TS50701, segons la nota tècnica NTIICC_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 que cal 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 ha 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 hoste fortificat 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 finalitats forenses almenys en els 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.
 - No s'ha de permetre l'accés directe (de manteniment) 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 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 (com a criteri base seria SL3).
5. La solució ha de basar-se en els principis de: mínim privilegi, confiança zero i defensa en profunditat.
6. Haureu de lliurar guies de fortificació de tots els equips.
7. S'ha de presentar un pla per gestionar la seguretat de la cadena de subministrament.
8. La solució proposada ha de complir el nivell de seguretat requerit durant tot el cicle de vida del sistema.
9. Gestió de vulnerabilitats i pedaços: especificar la implantació d'un procés formal per a la gestió de vulnerabilitats, que inclogui l'avaluació regular de riscos, el pedaça oportú de vulnerabilitats conegudes i la resposta a incidents de seguretat. Indicar quins són els SLAs per publicar pedaços i durant quant de temps es comprometen a generar pedaços per a les versions lliurades en el projecte.

10. Protecció de dades personals: si s'aplica, 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 RGPD.
11. Autenticació i control d'accés: si escau, el sistema de control s'ha d'integrar amb el directori actiu OT per poder gestionar comptes d'usuaris (agregar-ne, eliminar-ne, modificar-ne o desactivar-ne) establint condicions per pertànyer a un grup i l'assignació d'autoritzacions. També ha de tenir la capacitat d'admetre la gestió dels identificadors (permet operar dins d'un domini o zona de control específic del sistema) per usuari, grup, rol o interfície del sistema de control.
12. Xifratge de comunicacions: si s'aplica, es demanarà l'ús de xifratge robust per a totes les comunicacions entre els components del sistema, incloent-hi les comunicacions entre trens i la infraestructura de terra, així com les comunicacions internes del sistema. L'adjudicatari ha d'especificar quins algorismes, mides de clau, etc., farà servir en cada cas. (El CCN disposa de la guia CCN-STIC 807 per adequació a l'ENS que pot ser de referència.)
13. Monitoratge i registre d'esdeveniments: especificar la implantació d'eines de monitoratge de seguretat i registre d'esdeveniments per detectar i registrar activitats sospitoses, així com per facilitar la resposta a incidents de seguretat.

Com a part de la solució, caldrà incloure una solució de monitoratge industrial en temps real que detecti intrusions (IDS).

Per poder cobrir la totalitat dels equips industrials connectats a la xarxa, la gestió d'inventari, intrusions, anomalies, vulnerabilitats CVE i activitats sospitoses que ocorrin a les xarxes de senyalització, infraestructura i material rodant, s'ha de realitzar tant sobre els elements i trànsit dels equips connectats mitjançant protocols IP, com sobre els equips connectats mitjançant protocols propietaris

La solució ha de monitorar la recerca d'anomalies o indicadors d'atac les xarxes de bord incloent-hi la xarxa de control del tren —incloent-hi els sistemes de frens, els controladors de portes, les HMI o qualsevol altre actiu que comuniqui a través d'aquestes xarxes—. La solució també ha de tenir capacitats per monitorar les xarxes que hi ha a bord auxiliars o de confort, així com el trànsit Tren-Terra.

La supervisió del trànsit s'ha de fer de manera passiva, aprenent del funcionament de la xarxa per alertar-ne els comportaments anòmals. En cap cas no ha de transmetre dades a cap dels subsistemes de bord o de la infraestructura. No ha de llançar consultes a actius ni fer cap tipus d'escaneig de xarxa actiu.

La comunicació entre els col·lectors de trànsit i el component central ha d'estar sempre xifrada utilitzant protocols robusts i reconeguts per la indústria

La solució ha de ser a les instal·lacions, 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'ha de poder enviar al SIEM de TMB (actualment Splunk).

14. Haurà d'assegurar que els equips i aplicacions classificades com a crítiques generin registres. Aquests han 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'implantar-les.

Si s'aplica, FMB es reservarà l'acceptació final de la solució als resultats d'una auditoria de "pentesting" que ha de presentar l'adjudicatari, podent donar-se el cas de requerir certificar-se a la norma 62443 4.2.

5.2 REQUISITS DE SEGURETAT PER A LA FASE DE SUPORT I MANTENIMENT

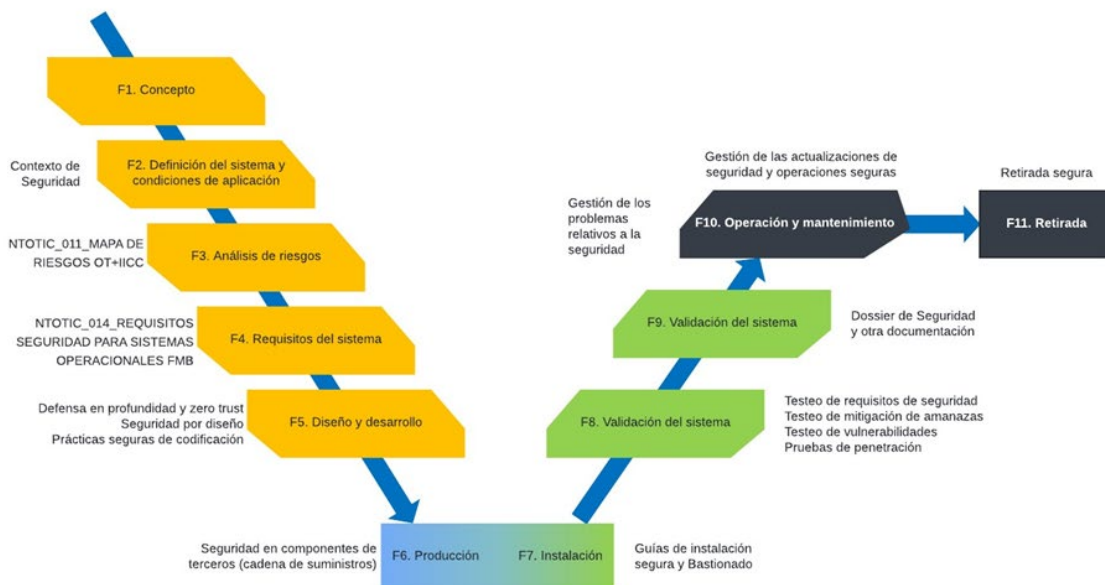
1. Compliment normatiu continu: assegurar que la solució aportada, el sistema en conjunt i les operacions de suport i manteniment continuïn complint totes les normatives i estàndards de seguretat rellevants durant tot el cicle de vida del producte. El mantenidor del sistema ha de garantir que la seguretat 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 pedaços: establir un procés per a la gestió eficient i oportuna de pedaços de seguretat, que inclogui l'avaluació d'impacte, la programació d'implantació i la verificació de l'efectivitat dels pedaços aplicats.

Per a la gestió de vulnerabilitats i pedaços, l'adjudicatari ha de donar visibilitat dels seus SLAs per publicar els pedaços i comprometre's a generar pedaços per a les versions lliurades en el projecte.

5. Ús de programari antivirus, antimalware o EDRs.

S'ha 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.

6. 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: 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. Monitoratge de seguretat contínua: exigir la implementació de sistemes de monitoratge de seguretat continu, que permetin la detecció primerenca d'activitats sospitoses o anomalies al sistema i facilitin una resposta ràpida a possibles amenaces. S'ha d'establir un monitoratge continu de la xarxa per detectar anomalies. Aquests esdeveniments s'enviaran al SIEM Corporatiu de TMB.
11. Instal·lació de tallafocs i implantació de regles basades en privilegis mínims.
12. Gestió d'accessos i privilegis: Si s'aplica, 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 menys privilegi.
13. Formació en seguretat: continuar proporcionant formació en conscienciació sobre seguretat al personal implicat en el suport i el manteniment del sistema, per mantenir la seva sensibilització sobre les amenaces de seguretat i les millors pràctiques de seguretat.
14. Avaluació i millora contínua: establir un procés d'avaluació i de millora contínua de la seguretat, que permeti identificar àrees de millora, implantar 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 provar amb garantia les actualitzacions de seguretat.



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

6. PROTECCIÓ CIVIL

6.1 COMPORTAMENT DAVANT DEL FOC

El disseny del tren ha de complir la norma UNE-EN 50553 “Aplicacions ferroviàries. Requisits per a la capacitat de rodament en cas de foc a bord del material rodant” i la norma UNE-EN 45545. Segons la part 1 de la norma esmentada, el tren es classifica com a categoria d'operació 2-N amb nivell de risc HL2, i són aplicables tots els requisits normatius corresponents.

Durant la fase de projecte (i sempre abans del lliurament del primer tren), l'adjudicatari ha de lliurar a FMB un dossier que demostrï el compliment de l'EN 45545 de tots els materials a què apliqui, descrivint les característiques respecte a inflamabilitat (classificació de foc i fum) i la propagació de fum o gasos tòxics o corrosius.

6.2 REQUISITS DE SEGURETAT CONTRA EL FOC I CONDICIONS D'EVACUACIÓ

L'adjudicatari ha de complir en el disseny amb la norma UNE-EN 45545-4:

- L'interior i l'exterior dels vehicles ferroviaris s'han de dissenyar de manera que evitin parts com buits, voladissos, esquerdes en què es puguin ubicar materials combustibles (periòdics, escombraries, deixalles, fulles o materials provinents de plantes, olis i greixos).
- Limitació en la ubicació de productes combustibles juntament amb equips que funcionen a altes temperatures (calefactors/equips de frenada). Aquests materials han de tenir ventilació o refrigeració local per dissipar la calor.
- El material de les pantalles dels monitors ha d'anar protegits per vidre o bé complir la norma UNE-EN 45545-2 (vegeu la taula 4 d'aquesta norma).
- Els seients s'han de dissenyar de manera que es puguin retirar fàcilment, del seient o de la zona al voltant del seient, els productes combustibles (especialment paper o escombraries), i en concret, els que es trobin sota el seient durant les tasques de neteja i manteniment.
- Les entrades i sortides d'aire han d'estar dissenyades de manera que sigui difícil introduir-hi objectes.
- Es disposarà de protecció per evitar la ignició de materials combustibles produïts per qualsevol font mecànica o elèctrica.
- Les condicions d'evacuació vindran desenvolupades tenint en compte que els factors que en determinen la idoneïtat són fonamentalment:
 - L'ocupació prevista als cotxes del tren.

- El dimensionament dels mitjans de pas o sortida.
- Els recorreguts de sortides.

Per al disseny del tren també es tindrà en compte la norma d'Especificació Tècnica d'Interoperabilitat (ETI) (Decisió de la Comissió de 21 de febrer de 2008) del subsistema de material rodant del sistema ferroviari transeuropeu d'alta velocitat.

S'hi destaquen els aspectes següents:

- Temps d'evacuació completa d'un tren: l'evacuació completa de tots els viatgers sense equipatge, es podrà fer en 3 minuts quan el tren faci parada al costat de l'andana.
- Evacuació per a persones amb mobilitat reduïda: L'adjudicatari subministrarà els dispositius d'emergència que permetin l'evacuació de viatgers amb mobilitat reduïda. Aquest dispositiu es definirà en fase de projecte.
- Permissió de portes des de l'interior/exterior: el motorista del tren disposarà de comandaments que permetin la permissió de les portes per separat per a cada via, de manera que puguin ser obertes pels viatgers quan s'aturi el tren.
- Les portes dels trens s'han de poder obrir des de l'exterior en cas d'emergència pels serveis d'intervenció.

6.3 REQUISITS DE SEGURETAT CONTRA EL FOC ALS EQUIPS ELÈCTRICS

L'adjudicatari ha de complir amb la norma UNE-EN 45545.

Els cables d'alta tensió han d'estar continguts en un conducte o tub metàl·lic posat a terra, a través de la caixa, si transcorren:

- Darrere les parets o a dins.
- Per sota dels terres per sobre dels sostres de les zones reservades als viatgers o a la tripulació.
- A través de conductes per a la ventilació, que estiguin connectats a zones reservades als viatgers o al maquinista.

Les envoltants per a equips elèctrics han d'estar dissenyades complint els requisits de la norma EN 45545-3. En cas contrari, cal col·locar una barrera tallafocs o una separació entre l'envoltant i la zona ocupada per persones per donar la protecció requerida.

En equips amb circuits desprotegits, el vehicle ferroviari deu estar protegit contra els efectes dels arcs elèctrics.

Als conductes per allotjar cables s'han de prendre precaucions per evitar l'acumulació d'humitat/fluids i les dimensions d'aquests han de ser de manera que no superi la temperatura de funcionament establerta.

Les bateries que es facin servir per a sistemes auxiliars o circuits d'alimentació s'han d'ubicar de manera que els gasos que puguin emetre aquestes no s'expulsin cap a les zones ocupades per persones. Aquestes han de ser d'acord amb la norma EN 50547.

Els equips d'emergència elèctrics s'han de dissenyar i instal·lar de manera que la seva integritat estigui assegurada fins que no sigui necessari per a l'evacuació. Els cables utilitzats per a les funcions d'emergència s'han d'instal·lar separatament als cables d'alta tensió, a través de tubs o canaletes separats.

En cas d'incendi s'ha de poder tallar el flux d'aire d'aquest equip, ja que podria afectar els passatgers i el motorista. Complirà el que especifica la norma EN 45545-4 i la EN 45545-6.

Els components en la proximitat de la presa de corrent que puguin ser aconseguits pels efectes d'arcs provocats per l'aparell de presa de corrent han de complir els requisits indicats per als materials especificats a la norma EN 45545-2.

S'han de prendre mesures d'acord amb la norma EN 44545-5 per evitar el risc d'incendi en zones on les resistències i els sistemes de calefacció tinguin una temperatura superficial de 200 °C o més, en condicions normals de funcionament o en condicions de fallada (entre aquestes, aïllament, interposar distància, plaques de protecció contra la radiació, ús de nivells separats de dispositius de protecció que tallin el subministrament elèctric per detecció de sobretemperatura i reduir la possibilitat d'entrada de brutícia a reixetes de protecció).

6.4 SISTEMES DE CONTROL I GESTIÓ DEL FOC

L'adjudicatari ha de complir amb la norma EN 45545-6.

Tot vehicle ferroviari s'ha d'equipar:

- Amb un sistema de detecció d'incendis automàtic (vegeu "2.2.4.7 Detecció d'incendis
- ")
- Amb un sistema d'alarma per a passatgers accionat per aquests que serveixi per informar el motorista o el centre de control (vegeu "2.2.4.5 Tiradors d'alarma
- ")

- Amb un sistema de megafonia que el motorista o el centre de control pugui informar el passatge
- Amb un sistema d'enllumenat d'emergència que tingui prou intensitat lluminosa i durada per evacuar els vehicles

Han d'estar d'acord amb la norma EN 13.272. (Vegeu l'apartat "2.2.1.1 Bateria")

Ha de permetre, en cas de fallada de l'enllumenat general, l'evacuació segura i fàcil del públic cap a l'exterior. Només pot ser alimentat per fonts pròpies d'energia, siguin o no exclusives per a aquest enllumenat, però no per font de subministrament exterior.

L'interior del tren ha d'estar senyalitzat amb elements fotoluminescents per indicar quines portes són les portes d'evacuació del tren per a cada cotxe.

La disposició dels elements fotoluminescents ha de permetre la identificació de les rutes d'evacuació, els elements de seguretat i els dispositius d'emergència a les zones ocupades pel passatge i també a aquelles ocupades pel maquinista. A més a més, es verificarà que els pictogrames corresponents es troben ubicats correctament. La senyalització dels elements fotoluminescents complirà les normes UNE-23033, UNE 23034, UNE-23035 i UNE 23035-2.

- Amb senyals d'emergència adjacents a tots els dispositius d'activació d'alerta d'emergència, sortides d'emergència i equip d'emergència:

Aquests han de ser senyals permanents i fàcilment visibles encara en condicions d'enllumenat d'emergència.

han d'indicar la localització del següent:

- Els dispositius d'alarma per a viatgers.
- Les sortides d'emergència.
- Els equips d'emergència (per exemple extintors).

El disseny, el color i la mida dels senyals d'emergència han d'estar d'acord amb la norma EN 61310-1. (Vegeu l'apartat "6.7 DISPOSITIU D'EVACUACIÓ ")

- Amb equips mòbils o portàtils de lluita contra incendis.

El tren ha d'estar equipat amb mitjans mòbils de lluita contra incendis consistents en extintors portàtils.

Els extintors han de complir els requisits següents:

- Tipus i capacitat: extintors d'aigua nebulitzada (tipus hídric) de 6 kg, evitant l'ús d'extintors de pols tret de justificació tècnica aprovada per FMB.
- Compatibilitat elèctrica: aptes per al seu ús en entorns elèctrics amb un assaig dielèctric certificat a 35 kV, d'acord amb el que exigeix la UNE-EN 3-7 i etiquetats explícitament per a ús en presència d'equips en tensió fins a aquest valor, d'acord amb la normativa espanyola de seguretat industrial vigent.
- Eficàcia mínima: 27A – 233B, segons la norma UNE-EN 3-7.
- Supervisió de presència: els espais destinats a allotjar els extintors han d'estar dotats d'un sistema de detecció d'absència (per exemple, microruptors), que generi avís a la cabina o al centre de control.
- Senyalització: la ubicació dels extintors ha d'estar clarament senyalitzada de conformitat amb la norma UNE 23033, garantint visibilitat des de qualsevol punt del cotxe.

S'hi instal·larà un (1) extintor per cotxe i un (1) per cabina de conducció. La ubicació, el tipus exacte i l'etiquetatge han de ser validats per FMB en fase de projecte.

- Amb un sistema de control de la ventilació:

El conductor del tren (o telecomandament de centre de control, per al cas de trens automàtics sense conductor) ha de tenir les possibilitats de minimitzar la distribució de fums i vapors en cas d'incendi. Per això ha de possibilitar poder obrir o tancar les escotilles d'entrada d'aire exterior de forma automàtica o des de la cabina del conductor del tren o bé des del CCM per a aquells trens automàtics sense conductor.

6.5 COMPORTAMENT DAVANT DE RELLISCADA

Es considera que durant el servei comercial els terres dels cotxes dels trens es poden mullar per diferents motius i formar dipòsits d'aigua que provoquin caigudes per al passatge.

El paviment del tren tindrà una resistència a la relliscada R10 segons DIN 51130, per al terra de les diferents sèries de trens.

Per a les escales d'evacuació utilitzades per dur a terme desallotjaments per emergència en túnels a nivell frontal o lateral, aquestes escales han d'incorporar un material als esglaons que compleixin la classe de terra 3.

6.6 SENYALITZACIÓ A L'INTERIOR DEL TREN

Tots els trens de FMB tindran senyalitzat com a mínim el següent:

1. Senyalització indicant Porta d'Emergència del tren.
2. Senyalització Equips contra incendis. Extintors.
3. Senyalització interior del número de servei (un per cotxe).
4. Senyalització alarma "Sol·licitud de parada d'emergència".
5. Senyalització tancament de portes del tren.
6. Senyalització desbloqueig portes del tren.

La senyalització de l'interior dels trens ha de complir les normes UNE 23033, UNE 23034 i UNE 23035 següents.

6.7 DISPOSITIU D'EVACUACIÓ LATERAL

El tren disposarà de tres sistemes automàtics i retràctils d'evacuació lateral a via per cada costat del tren, dissenyats per permetre una evacuació ràpida i segura del passatge en cas d'emergència. La solució definitiva l'ha de validar per FMB en fase de projecte.

L'adjudicatari ha de subministrar dos (2) dispositius per tren per al desallotjament de passatge entre trens (passarel·les d'evacuació intervehicular). Així mateix, ha de definir i justificar-ne la ubicació a l'interior del tren en coordinació amb FMB.

Per garantir un ús segur i conforme a la normativa de prevenció de riscos laborals, els sistemes d'evacuació han de complir, a més, els requisits següents establerts pel RD 1215/1997 i els criteris d'ergonomia i senyalització:

- El disseny del sistema ha de permetre el muntatge i el desmuntatge per una sola persona, sense esforç excessiu i amb mesures de seguretat que limitin els riscos mecànics o de manipulació.
- El sistema serà fàcil i segur de col·locar i desmuntar, i ha d'incloure una fitxa tècnica amb les característiques de l'equip, especificant el pes de cada component, materials i requeriments d'ús.
- Cada equip ha d'estar instal·lat en un armari senyalitzat i fàcilment accessible, on es col·locaran les instruccions clares i visibles de muntatge i desmuntatge, incloent-hi:

- els passos que cal seguir,
 - el nombre de persones necessàries per a la seva manipulació,
 - i els riscos associats mitjançant pictogrames normalitzats (risc elèctric, atrapament, cops, etc.).
- Dins de l'armari o compartiment corresponent, s'ha d'habilitar un espai per emmagatzemar els EPI necessaris "in situ", incloent almenys 2 o 3 talles de guants, i qualsevol altre equip de protecció requerit per a l'operació.

6.8 SENYALITZACIÓ

Tots els senyals d'emergència i evacuació han de complir, com a mínim, les dimensions, el disseny, els colors i els criteris d'ubicació establerts a la norma UNE 23034:1998 "Seguretat contra incendis", i han de ser fotoluminescents.

Els senyals fotoluminescents han de ser de Classe A, d'acord amb el que indica la norma UNE 23035:2003 "Seguretat contra incendis. Senyals i sistemes fotoluminescents".

Per a la senyalització de les portes, cal utilitzar preferentment l'opció de text literal o combinació de text amb pictograma, seguint les indicacions de la UNE 23034:1998. S'utilitzaran els senyals amb la llegenda "Sortida" o "Sortida d'emergència", garantint visibilitat des de qualsevol punt del recorregut d'evacuació.

Els cartells s'han d'instal·lar, sempre que sigui possible, sobre el marc superior de la porta o a la seva proximitat, assegurant una bona visibilitat, sense interferències ni possibilitat de confusió.

Així mateix, es col·locarà senyalització fotoluminescent d'emergència a les sortides de la cabina cap a l'exterior.

La ubicació final i la tipologia de la senyalització d'emergència serà definida en coordinació amb FMB durant la fase de projecte, atenent els principis de visibilitat, accessibilitat i seguretat establerts per la legislació vigent en matèria de PRL i seguretat ferroviària.

6.9 RISC ELÈCTRIC

Les parts actives susceptibles de causar contactes elèctrics estan protegides degudament.

Tots els sistemes elèctrics s'han de poder accionar sense perdre la protecció contra el contacte directe.

Els armaris disposaran de sistema de tancament i obertura mitjançant clau de FMB.

Els cofres amb equips connectats a alta tensió disposaran d'un sistema de protecció per garantir la seguretat del personal de manteniment, per evitar el contacte voluntari o fortuït amb elements sota tensió.

Les parts actives susceptibles de causar xocs elèctrics s'han de protegir contra el contacte directe segons les prescripcions de la norma EN 50153. Per això s'ha de garantir la posada a terra correcta de totes les masses metàl·liques incloent l'estructura del vehicle, carcasses d'aparells i equips, susceptibles d'estar sota tensió en cas d'una derivació. Aquestes mesures dependran de la banda de la tensió que alimenti cada part activa del tren.

Aquest sistema impedirà que es pugui accedir als cofres de tracció i auxiliars, sense haver realitzat prèviament la desconexió de l'alimentació principal i la maniobra de posada a terra.

El sistema d'accionament de pantògrafs disposarà de doble sistema de bloqueig per evitar contacte involuntari amb catenària amb ordre de posició a baix i avís de fi del recorregut.

El sistema de protecció impedirà la pujada de pantògrafs del tren, desconnectarà, físicament, els equips de l'alta tensió i farà la posada a terra dels circuits de la unitat de tracció i dels convertidors.

La posada a terra dels circuits s'ha d'activar mitjançant l'accionament d'un dispositiu de seguretat amb enclavament, que s'ha de situar en un emplaçament adequat i amb les proteccions necessàries per evitar-ne l'accionament involuntari.

Les portes dels cofres amb accés a alta tensió disposaran de pany. Les claus d'obertura i tancament han de ser iguals per a tots els cofres de la mateixa unitat de tracció i convertidor i aniran disposades en un cofre de claus. A aquest cofre només es podrà accedir després de la posada a terra d'aquesta unitat de tracció i només es podrà treure la posada a terra si totes les claus de la unitat de tracció i convertidor estan en aquest cofre de claus.

Els convertidors i les unitats de tracció disposaran d'una resistència de descàrrega ràpida dels filtres interiors que quedarà connectada a terra en posar a terra la unitat de tracció. L'accés als circuits i components d'alta s'ha de fer mitjançant portes independents que només puguin ser obertes amb claus accessibles després de la posada a terra de la unitat de tracció.

Quan es desconnecti el convertidor s'ha de garantir que la tensió residual presenti als condensadors del circuit d'alta tensió s'elimini en el moment de la desconexió.

Tots els equips connectats a alta tensió disposaran de senyalitzacions òptiques clarament visibles des de l'exterior dels equips esmentats, que indiquin l'absència/presència de tensió.

7 DOCUMENTACIÓ

L'adjudicatari estarà obligat a facilitar a FMB tota la documentació tècnica necessària per assegurar l'explotació, el manteniment integral i la formació relacionada amb el nou material mòbil.

Aquesta informació s'ha de lliurar acompanyada d'una base de dades estructurada amb el contingut mínim següent:

- número de plànol de FMB,
- símbol i posició al plànol,
- constructor,
- número de plànol del constructor,
- fabricant,
- número de plànol del fabricant,
- referència del fabricant,
- nombre d'elements per aparell,
- nombre d'elements per cotxe (MA1–MB1–R–MB2–MA2) i total per tren,
- ubicació física a cada cotxe, pes i observacions tècniques.

Aquest pla ha d'optimitzar-se en funció de l'experiència adquirida durant el període de garantia o adaptacions necessàries per implantar el sistema de Manteniment Basat en Condició (CBM). El pla actualitzat serà presentat per a la seva aprovació abans de la fi del període de garantia.

A més, quatre (4) mesos abans de la posada en servei del primer tren, l'adjudicatari ha de lliurar a FMB una llista completa, en suport informàtic i format FMB, amb els números de sèrie i fabricació de tots els equips principals instal·lats a cada cotxe. Aquesta mateixa informació ha de lliurar-se per als equips i recanvis de parc. Aquesta condició és obligatòria per a l'inici del període de garantia dels trens.

Tota la documentació gràfica ha de complir amb la Normativa per a l'Elaboració de Plànols i per a la Recepció d'Informació Gràfica inclosa a l'ANNEX corresponent.

Qualsevol modificació posterior al lliurament del tren que comporti canvis als plànols s'ha de reflectir en una versió actualitzada i lliurar-se a FMB en el termini màxim d'un (1) mes.

FMB podrà requerir plànols addicionals, que han de ser lliurats també en suport informàtic, en idioma català o castellà.

L'incompliment en els terminis de lliurament, la no-conformitat amb la normativa de documentació o qualsevol altra incidència relacionada amb el lliurament d'informació implicarà una pròrroga automàtica del període de garantia del tren afectat.

FMB ha de comptar amb tota la informació necessària per executar de forma autònoma i completa el manteniment dels trens, incloent-hi documentació descriptiva i funcional, programari, llistes de materials, assaigs, etc.

En cas que FMB necessiti informació tècnica directament dels subministradors dels constructors, aquests han d'estar obligats a lliurar-la en un termini màxim d'un (1) mes.

L'adjudicatari ha de proposar un llistat detallat de documentació a lliurar juntament amb el subministrament. Aquesta llista ha de contenir com a mínim els documents sol·licitats en aquest plec. Durant la fase de projecte, FMB validarà el contingut definitiu.

Pel que fa al manteniment general del tren, l'adjudicatari ha de lliurar en suport informàtic editable i en format validat per FMB la documentació següent:

- Documentació tècnica general
 - Memòria de projecte.
 - Especificacions tècniques.
 - Llistes de materials i equivalències.
 - Arborescència de peces del tren. generals, de conjunts, subconjunts i contingut, detallats fins a l'última peça muntada.
 - Còpia de comandes d'equips.
 - Documentació per subsistema i per equip.
- Plànols
 - Generals, conjunts, subconjunts i especejaments.
 - Arborescència de plànols fins a la darrera peça muntada.
- Esquemes

- Elèctrics i electrònics: descripcions, esquemes, llistes d'equips.
- Pneumàtics: descripcions, esquemes, llistes d'equips.
- Manuals
 - Descriptius de components.
 - Manuals d'operació i conducció.
 - Investigació d'avaries.
 - Manteniment i implantació
 - Instruccions tècniques.
 - Estacions de treball per a totes les operacions de manteniment preventiu, correctiu i desmuntatge/muntatge de tots els equips, en format FMB.
- Pla de manteniment
 - Pla complet (preventiu i correctiu): detallat per a tots els equips/aparells del tren, incloent cicles curts, llargs i revisions generals. També s'han d'indicar les instruccions de treball corresponents a cada equip i periodicitat.
 - Pla optimitzat amb CBM al tancament de garantia.
- CMB
 - Especificació de sensors instal·lats, arquitectura d'adquisició de dades i criteris de diagnòstic predictiu.
 - Models matemàtics utilitzats (on apliqui) per a la predicció de fallades.
 - Proposta d'indicadors i llindars d'alerta per a cada sistema monitorat.
 - Integració del CBM al pla de manteniment evolutiu.
- Manteniment d'equips electrònics:
 - Esquemes elèctrics funcionals i de connexió de l'equip complet.
 - Esquemes electrònics detallats de totes les targetes i els circuits impresos associats a l'equip.

- Llistat de cablejats i connectors, incloent codificació, numeració, longituds, tipus de senyal i especificació tècnica.
- Plànols de muntatge de components electrònics a les targetes (layout i serigrafia).
- Plànols dels circuits impresos (PCB) incloent totes les capes i disseny complet en format editable.
- Llistes de materials (BOM) i components electrònics, indicant:
 - Referència del fabricant original.
 - Característiques tècniques
 - Equivalències i alternatives si n'hi hagués.
 - Ubicació al tren.
- Procediments detallats de diagnòstic, verificació, reparació i validació per a:
 - Targetes electròniques individuals.
 - Mòduls complets.
 - Subconjunts de l'equip.
- Manuals de manteniment de l'equip complet i dels components electrònics.
- Manuals funcionals i de principi de funcionament de:
 - L'equip complet.
 - Cada targeta electrònica i les seves funcions dins del sistema.
- Descripció funcional dels programes, microprogramari i lògica embarcada, incloent:
 - Diagrames de blocs funcionals.
 - Arquitectura programari.
 - Algorismes rellevants.
- Catàlegs tècnics dels components clau, com:
 - Semiconductors de potència.

- Circuits integrats.
- Microprocessadors.
- Convertidors analògic/digital.
- Mòduls de comunicació.
- Controladors lògics programables (PLC/FPGA si s'aplica).
- Programari de les targetes electròniques.
- Microprogramari de les targetes electròniques.
- Formació
 - Documentació formativa tècnica.
 - Simuladors i materials.
 - Eines i equips: Documentació d'estris i bancs de proves associats.

Pel que fa a la ciberseguretat, l'adjudicatari ha de lliurar la documentació següent durant la fase de projecte:

- Anàlisi de risc preliminar.
- Inventari d'actius, segons NTOTIC_012_DESCRIPCION DE LOS CONCEPTOS DEL LISTADO SuC.
- Arquitectura de seguretat:
 - Diagrames de zones i conductes
 - Anàlisi de risc detallat per a cada zona de seguretat
 - Propòsit de la comunicació (funcionalitats, protocols...)
 - Matriu de comunicacions
 - Flux de dades (origen, destí, nodes...)
 - Regles microprogramari (comunicació entre diferents zones)
- Descripció de contramesures compensatòries.
- Nivell de seguretat objectiu (SL-T) i nivell de seguretat assolit (SL-A).
- Guies de fortificació dels equips (com a Annex s'aporten mesures mínimes de fortificació requerit per l'ENS).
- Pla per gestionar la seguretat de la cadena de subministrament.
- Gestió de vulnerabilitats i pedaços:

- Així com tota la informació requerida en compliment de la normativa vigent a l'àmbit de la ciberseguretat.
- Resultats d'una auditoria de "pentesting".
- 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.
- Plans de recuperació i continuïtat.

Al llarg del període de garantia, l'adjudicatari ha de lliurar tota la documentació i mitjans perquè FMB pugui realitzar el manteniment integral (preventiu, correctiu, predictiu, CBM...) dels trens. perquè FMB sigui capaç de realitzar de forma autònoma el manteniment integral del tren i els seus equips, incloent-hi el manteniment i reparació de targetes electròniques.

Per a la signatura de l'acta de recepció provisional i inici de la garantia, serà indispensable el lliurament provisional de la documentació i el final del període de garantia anirà lligat al lliurament definitiu de tota la documentació descrita anteriorment.

8 FORMACIÓ

8.1 GENERALITATS

La formació del personal encarregat de l'operació i el manteniment del material mòbil estarà inclosa en el contracte.

Aquesta formació oferirà, en el moment requerit, els mitjans a FMB per mantenir i operar el material mòbil amb total seguretat i amb el màxim nombre de competències possibles. Per fer-ho, l'adjudicatari posarà a disposició una sèrie d'instructors, material de formació, documents i altres accessoris necessaris per a la formació de personal de manteniment i operació. Així mateix, proporcionarà a tots els participants la documentació pedagògica relativa a aquesta formació.

En cas que, segons el parer de FMB, les formacions siguin manifestament insuficients, FMB es reserva el dret d'exigir-ne la repetició totes les vegades que siguin necessàries, sense cost associat per a FMB.

L'adjudicatari durant la fase de disseny i integració ha de definir el pla de formació de ciberseguretat que inclogui temari específic en funció del perfil d'usuari o rol d'interacció amb el sistema i els subsistemes. Aquest pla de formació l'ha de validar FMB.

8.2 PERSONAL IMPLICAT I CONTINGUT

El personal a qui s'adreça la formació inclou el:

- Personal encarregat de l'operació (comandaments intermedis d'operació i operadors del CCM). 60 comandaments tècnics operatius (CTO) i 60 agents formadors que treballen en tres torns. Aquesta formació inclourà, almenys, el següent:
 - Formació sobre la conducció (en condicions normals i degradades) i la resolució d'incidències. La durada mínima de les formacions per persona serà de 40 hores. Aquesta formació serà teòricopràctica.
 - Formació sobre la utilització dels sistemes de telemonitoratge (i telecomandament en cas que fos implantat). La durada mínima de les formacions per persona serà de 20 hores.
- Personal encarregat del manteniment del material mòbil. Al voltant de 70 persones per a L1, 70 persones per a L2, 70 persones per a L3, 70 persones per a L4 i 80 persones per a tallers centrals. Aquestes formacions s'han de fer en tres torns. El contingut de les formacions ha de considerar els diferents perfils: operari de manteniment, tècnic de manteniment correctiu, comandaments i enginyers. Comprendrà, cursos teòricopràctics de com a mínim els aspectes següents:

Per a la plantilla en general:

- Coneixement general del tren i les seves funcionalitats. Durada mínima: 8 hores.
- Desallotjament del tren.

Per als operaris de manteniment:

- Operacions de manteniment preventiu. Es faran la primera vegada que es facin aquestes operacions. Haurà de ser una formació teòrica i pràctica. Durada mínima 8 hores per cada estada de manteniment.
- Operacions de manteniment correctiu. Es faran formacions dels manteniments correctius habituals. Haurà de ser una formació teòrica i pràctica. Durada mínima 8 hores per cada tipus d'operació de correctiu.
- Operacions de manteniment de cicle llarg Tallers de Centrals. Formacions i Homologacions per part del fabricant i els seus subministradors d'equips perquè el personal de FMB pugui fer el manteniment dels equips mecànics i els seus components fins al nivell de substitució i reparació de cadascun dels elements.

Resta de personal de manteniment (Tècnics de manteniment, Tècnics electrònics, comandaments i enginyers): han de realitzar les mateixes formacions que els operaris de manteniment preventiu i a més caldrà considerar les següents:

- Coneixement dels materials i del programari a bord del vehicle.
- Sistema d'ajuda per al manteniment a bord.
- Les eines de diagnòstic, bancs de proves i utilitatges disponibles.
- Gestió, diagnòstic, seguiment i reparació de les avaries.
- Resolució d'incidències en línia.
- Modificació dels paràmetres dels programaris accessibles i gestió de la seva evolució.
- Sistema de telemonitoratge i CBM.
- Formacions i homologacions oficials per part del fabricant del tren i els seus subministradors d'equips perquè el personal de FMB pugui fer el manteniment dels equips electrònics i els seus components fins al nivell de reparació de les targetes electròniques i substitució o programació dels elements d'aquestes.

Les formacions per a aquest personal es realitzaran per equips/sistemes. Cada formació de cada equip/sistema serà com a mínim de 16 hores per persona.

El contingut de cadascuna de les formacions ha de ser lliurat a FMB un (1) mes abans de la realització per a la validació del contingut.

8.3 PLA DE FORMACIÓ

Set (7) mesos abans de la data contractual de posada en servei del primer tren es lliurarà a FMB el Pla de Formació i la documentació per a la realització dels cursos que ha de validar FMB. L'adjudicatari presentarà una proposta preliminar amb prou detall per justificar el compliment del que especifica aquest plec.

Aquest pla ha de considerar:

- Una planificació general de les formacions.
- L'objectiu i la durada de cada programa,

- El lloc on s'ubicaran les sessions de cada programa. Les formacions es realitzaran a les instal·lacions on indiqui FMB.
- El nombre de participants, que sempre serà inferior a 4 persones més el formador.
- La qualificació de les persones encarregades de cada programa, que haurien de ser enginyers qualificats en la matèria a impartir.
- L'establiment d'aquest pla s'ha d'adaptar a les necessitats i la disponibilitat de FMB. Les formacions s'han de fer en dies laborables en els tres torns de treball (de 6 a 14 hores, de 14 a 22 hores, i de 22 a 6 hores).
- La planificació ha de considerar fer cinc vegades cada formació per torn, taller, línia i perfil de persona. Cal considerar la necessitat de replanificar en fase de projecte un mínim de 10% dels cursos.
- L'adjudicatari ha de realitzar la formació de les instruccions de treball, tant de preventiu com de correctiu, a tot el personal de manteniment. Aquesta formació específica s'ha de fer abans de la finalització del període de garantia.
- L'adjudicatari ha de realitzar la formació de les eines, bancs de proves i estris especials al personal que FMB defineixi.
- L'adjudicatari ha de redactar per al personal de conducció fitxes senzilles i fàcilment entenedores per a la resolució de les avaries més comunes en servei

El 100% del personal d'operació i CCM ha d'haver rebut la formació abans de la posada en servei del primer tren.

La formació de Manteniment ha de finalitzar tres (3) mesos després de la posada en servei del primer tren. La formació avançada de manteniment per a tècnics, comandaments i enginyers s'ha de fer transcorreguts 12 mesos de l'entrada en servei del primer tren.

El pla de formació ha de garantir que qualsevol actualització o modificació necessita una formació a tot el personal d'acord amb l'estat definitiu del material mòbil, així com una actualització de la documentació de formació.

A cada programa específic, l'adjudicatari elaborarà un pla de formació que inclourà, entre d'altres:

- Un estat detallat del curs de formació proposat, la ubicació exacta, durada i nombre de sessions proposades, juntament amb informació pràctica necessària quan la formació es desenvolupi a les seves instal·lacions.

- Una descripció de l'índex dels documents pedagògics facilitats.
- Una llista de documents del mercat relatiu al programa.
- Una definició de les especialitats recollides al programa.
- Una descripció dels coneixements que el personal en pràctiques adquirirà un cop completada la seva formació.
- Els equipaments i les instal·lacions a disposició del personal en pràctiques.
- Una descripció del sumari dels mètodes pedagògics utilitzats, com ara: cursos teòrics, treballs pràctics, demostracions.

8.3.1 Cabines de simulació de conducció d'alta immersió

L'adjudicatari ha de subministrar 3 (una per lot, en cas d'oferta integrada de Lot 2 i Lot 3 se subministraran 2 cabines) de simulació de conducció d'alta immersió, així mateix, ha de subministrar el programari del tren adaptable a la plataforma de simulació de FMB abans de l'entrada en servei del primer tren. Han de funcionar de forma integrada amb el SICRAO (Simulador Integral de Conducció i Operació) ja existent a FMB. En fase de projecte, l'adjudicatari presentarà la proposta tècnica i funcional de les cabines de simulació.

El lloc de conducció ha de generar la immersió necessària perquè l'alumne percebi com a real l'experiència formativa al simulador.

Aquest lloc ha de tenir les característiques següents:

- Possibilitat de simular més d'una sèrie de trens a la mateixa cabina amb possibilitat d'afegir nous tipus de material rodant en el futur.
- Habitacle de cabina amb accés mitjançant porta, sense tancament al sostre simulant la cabina real del tren per evocar la sensació de cabina real tant en mida com en ergonomia i disposició d'elements.
- Possibilitat de desmuntatge de la cabina per a un trasllat relativament senzill amb els reforços necessaris per garantir-ne la integritat.
- Instal·lació de comandaments de conducció indicats reals per a una correcta immersió.
- Representació de la resta de comandaments i indicadors de manera virtual a pantalles tàctils.

- Inclusió d'un sistema de so que simuli les condicions reals en aquest aspecte a la cabina.
- Comunicacions (radiotelèfon tren/ portàtil) (cabina conducció/ cabina passatge).
- Sistema de visualització exterior (càmera retrovisora).
- Sistema visual de representació de la línia (càmeres, monitors, miralls d'andana, portes d'andana).
- Haurà de comptar amb les vistes laterals simulant les finestres per poder realitzar la parada de precisió a les andanes amb TPA.
- Càmera de seguiment accions alumne.
- Seient ferroviari idèntic a l'utilitzat a cada sèrie de tren.

L'adjudicatari ha de subministrar i instal·lar una estructura addicional, independent del simulador de conducció, destinada a la formació pràctica del personal de conducció en procediments d'evacuació. Aquesta estructura reproduirà, a escala real, els dispositius d'evacuació reals instal·lats als trens, incloent-hi:

- Escala lateral d'evacuació, ubicada a la zona de portes d'accés al tren.
- Escala frontal d'evacuació, ubicada a la capçalera de cabina.

Tots dos elements han d'estar muntats de forma fixa sobre una estructura metàl·lica o equivalent que en garanteixi l'estabilitat i la seguretat durant l'ús formatiu. El conjunt ha de permetre l'entrenament en condicions representatives, incloent-hi l'accés, el desplegament, la recollida i el descens/ascens a peu de via o una andana simulada.

El disseny ha de complir els criteris ergonòmics i de seguretat vigents, i contemplar accessibilitat des de terra pla.

L'adjudicatari lliurarà en fase de projecte la documentació tècnica del conjunt, incloent plànols, materials, certificacions de resistència estructural i normativa aplicable, així com el procediment d'instal·lació i manteniment.

8.3.1.1 Representacions Virtuals

Es representaran amb panells virtuals fora de la cabina, a manera tòtem, tots aquells elements que es troben fora de la cabina i amb què el personal de conducció ha d'interactuar en cas d'incidència. S'ha

de poder navegar d'una manera tan realista com sigui possible (2D i 3D) fins a poder accedir-hi des de l'andana, des de la via i per dins del tren. Entre altres són:

- Operacions en elements de portes.
- Panells pneumàtics.
- Panells de relés.
- Claus i vàlvules.
- Commutadors o altres elements d'aïllament.
- Interruptors.
- Portes d'emergència, passarel·les d'evacuació.
- Tancament i aïllament de les portes.
- Accionament per afliuixar el fre d'estacionament.
- ...etc.

8.3.1.2 Sistema de so

El sistema de so ha d'incloure reproduccions d'àudio 5.1, com a mínim, que proporcionen una simulació 3D realista de l'entorn d'àudio a la cabina.

El sistema de so ha de poder reproduir sons simultàniament.

El sistema d'àudio utilitzarà l'efecte Doppler en temps real.

Se simularan els sons següents:

- Motor de tracció, que varia en funció de la velocitat i la càrrega.
- Els sons del fre pneumàtic i les pastilles de fre.
- Els sons de l'aire de la cabina, el xiulet de l'aire, especialment als túnels.
- El soroll de la via en rails articulats i les soldadures en els canvis de via i encreuaments de carrils.
- Clàxon pneumàtic/elèctric.

- Soroll dels trens que es creuen (dependents de la longitud i la velocitat del tren).
- El grinyol de les rodes als revolts.
- Sons d'advertiment i alarmes a la cabina.
- Sons d'accionaments de polsadors i elements de cabina.

Tots els sons han de ser emulats per programari (incloent-hi els intercanvis per RÀDIO), permetent la reproducció del so i un ajust precís de la ubicació a l'espai.

8.3.1.3 Comunicacions

Les comunicacions de l'alumne amb passatge, altres trens, centre de control, instructor, etc, necessàries per a l'operació normal del metro es faran amb els mateixos elements i de la mateixa manera que la cabina real.

8.3.1.4 Sistema de visualització

La imatge mostrada es refrescarà a una freqüència de 100 Hz, com a mínim, sincronitzada amb la freqüència de les pantalles. Així s'evitaran salts i discontinuïtats aconseguint una imatge suau en desplaçar-se a l'escenari.

El sistema visual permetrà a més prendre referències de posició i velocitat correctament durant la simulació. La qualitat de la imatge permetrà identificar qualsevol objecte de manera i a la distància adequada. Tot això contribuirà a minimitzar els errors de percepció millorant la immersió de l'alumne durant l'exercici.

El sistema de la visió frontal i lateral del personal de conducció es compon d'una pantalla de mida similar al frontal del tren que cobrirà un angle de visió des de la posició del personal de conducció i dues pantalles laterals.

8.3.1.5 Comandaments de conducció reals

Per garantir un alt grau d'immersió els elements del lloc de conducció han d'estar instal·lats en un habitacle simulant la cabina real del tren, el pupitre tindrà les mides reals i una sèrie de comandaments l'aspecte, tacte i configuració dels quals han de ser reals. Aquests comandaments, com a mínim, han de ser els següents:

- Manipulador marxa fre amb HM
- Botonera ATP/ ATO.

- Botoneres llaços i Mode Especial.
- Inversor de marxa.
- Clau de govern.
- Bolet de fre d'emergència
- Polsadors gestió de portes.
- Polsadors anul·lació dispositius de seguretat.
- Selector mode especial.
- Avisadors acústics.
- Gestió fre estacionament/retenció.
- Elements de comunicació amb lloc de control.
- Llums i indicadors dels diferents equips de la cabina.

Aquells comandaments, indicadors, equips de seguretat, IHM... que no s'hagin integrat físicament al simulador es representaran virtualment en pantalles tàctils de manera realista, cobrint tots els elements reals del tren.

Qualsevol element no subministrat d'inici, i que a posteriori sigui rellevant per a la simulació s'ha d'incloure al projecte, sense cost per a FMB.

Qualsevol actualització del programari al tren, ha de subministrar-se al proveïdor del simulador per tenir actualitzat aquest alhora que s'actualitzen els programaris dels trens.

8.4 MATERIAL DIDÀCTIC

L'adjudicatari ha de lliurar a FMB tot el material didàctic i els mitjans complementaris necessaris per garantir l'eficàcia de la formació. Aquest material ha de permetre la seva reutilització, comprensió autònoma i actualització posterior per part de FMB.

El material ha d'incloure, com a mínim:

- Manuals formatius complets, en format digital, redactats en català o castellà i amb contingut específic adaptat a cada perfil (conducció, manteniment...).

- Presentacions en format audiovisual (vídeo), que cobreixin tant els mòduls teòrics com els pràctics incloent com es realitzen les operacions. Aquests vídeos han d'estar organitzats per tema, ser reproduïbles sense restriccions i validats per FMB perquè la formació es pugui fer de manera autònoma.
- El Manual del Formador, que inclourà com a mínim:
 - Els objectius pedagògics de cada mòdul.
 - La durada estimada per sessió.
 - Els mètodes d'ensenyament.
 - Els criteris d'avaluació de l'aprenentatge.
- Exercicis, casos pràctics, orientats a verificar la comprensió del contingut per part del personal assistent.
- Esquemes funcionals, diagrames, plànols de sistemes i llistes de components, vinculats a les unitats formatives corresponents.
- Llista d'eines i utilatge associat a les pràctiques i mòduls tècnics.

Tota la documentació s'ha de lliurar com a mínim una (1) setmana abans de l'inici de cada sessió, en format digital editable (PDF, PowerPoint, Word, Excel o equivalent), i quedarà sota propietat de FMB per a ús intern.

Els continguts han de facilitar la seva actualització futura davant de possibles canvis de disseny, programari o manteniment del material rodant.

9 SOSTENIBILITAT

9.1 DECLARACIÓ AMBIENTAL DE PRODUCTE VERIFICADA

L'adjudicatari ha d'elaborar i presentar Declaració Ambiental de Producte (EPD) seguint el Sistema Internacional EPD[®] segons PCR 2023:01 Rolling stock (o versió actualitzada) per a material rodant (UN CPC 495), així com segons els principis i procediments de les normes ISO 14025, ISO 14040 i ISO 14044.

Aquesta declaració s'ha de presentar com a màxim un (1) mes abans de l'entrada en servei.

L'EPD es basarà en la metodologia de l'anàlisi de cicle de vida i serà validada externament per un organisme verificador certificat independent aprovat pel comitè tècnic de Sistema Internacional EPD[®] o similar.

La unitat funcional serà transportar un passatger per 1 km.

L'EPD ha de complir els requisits següents:

- Farà referència al programa en el qual s'ha registrat. Totes les EPDs registrades compleixen els mateixos requisits de seguretat.
- Fareu referència al document PCR que s'ha utilitzat per al desenvolupament de l'ACV i EPD (PCR 2023:01 Rolling stock o la versió actualitzada) així com els procediments de la ISO 14025:2006 o versió actualitzada.
- Haurà de tenir la informació sobre el procés de verificació: nom del verificador i data de validesa.
- El certificat de verificació presentat ha de ser emès per Entitat de Certificació, acreditat per ENAC o per EPD International[®] o similar.
- Els índexs de reciclabilitat i recuperabilitat del vehicle ferroviari s'han de calcular segons les normatives ISO 21106 o segons UNIFE UNI-LCA-001, que proporcionen informació detallada sobre les etapes de càlcul i les xifres del reciclatge de materials. La normativa utilitzada per fer el càlcul s'ha de declarar a les EPD.
- Les emissions acústiques del vehicle ferroviari han d'incloure com a mínim:
 - Nivell de pressió acústica a parat interior i exterior.
 - Nivell de pressió acústica en acceleració interior i exterior.
 - Nivell de pressió acústica amb velocitat constant interior i exterior a 30/50/80 km/h.

L'estàndard utilitzat per realitzar els mesuraments s'ha de declarar a l'EPD®.

- Els resultats de consum d'energia s'han de calcular amb valors extrems de recepció a catenària. Es consideraran dos possibles escenaris: un en què l'energia necessària durant la frenada és regenerada a la catenària (100% de receptivitat) i un altre en què es dissipa tota l'energia (0% de receptivitat).
- Impacte ambiental al llarg del cicle de vida (/pax.km). L'EPD declararà les categories d'impacte predeterminades tal com es descriu a les Instruccions Generals del Programa.

A l'EPD ha d'aparèixer de manera clara i precisa el valor absolut dels km x passatger totals estimats durant tota la vida útil del tren. En el cas de tenir en compte diversos escenaris quant a km x passatger s'han d'indicar les hipòtesis preses (passatge màxim total, passatge nominal, passatge mitjà, etc.) i el seu valor. El lliurament de l'EPD s'ha de fer abans de l'entrada en servei del darrer tren.

A l'EPD han d'aparèixer els resultats lligats a energia i a emissions de CO₂ en valors absoluts per al tren a més dels valors exigits en ràtio d'unitat funcional.

Per als diferents escenaris de l'EDP s'han d'indicar per als impactes en energia i emissions de CO₂ les quantitats tant en valor absolut com per unitat funcional al detall de fases "Detailed phases" que presenta cadascuna de les fases de l'ACV.

Concretament es donaran els valors de detall (dins de les fases de l'ACV "Detailed phases" dels resultats quant a emissions de CO₂eq i energia consumida, tant en unitats absolutes com relatives a la unitat funcional (pax_km):

emissions de CO₂eq: t CO₂eq (absoluta) i g CO₂eq/pax_km (relativa)

energia consumida kWh (absoluta) i (kWh/pass_km) x 10⁻³ (relativa)

El tren ofert ha de complir almenys els següents requeriments, segons ISO 21106:

- Reciclabilitat: **95%**.
- Recuperabilitat: **98%**.

En fase de projecte, l'adjudicatari ha de lliurar un Manual de Cicle de Vida que inclogui les instruccions específiques de gestió de residus (capítol 8.3).

9.2 DECLARACIÓ DE COMPLIMENT DEL REACH

L'adjudicatari ha de complir de manera fefaent amb el Reglament EC 1907/2006 (d'ara endavant anomenat "REACH") i amb la "Llista de substàncies prohibides i declarables de la indústria ferroviària"

especificant la no existència de substàncies prohibides ("UNIFE Material Declaration Template" disponible a <http://unife.org>).

En concret l'adjudicatari ha de considerar obligatòriament els següents punts del Reglament REACH (EC 1907/2006):

1. Declaració sobre substàncies candidates extremadament preocupants (SVHC):

Declaració sobre la presència de substàncies incloses a la Llista de Candidats del REACH, indicant si són presents al producte en concentracions superiors al 0,1% en pes. En cas afirmatiu, ha de proporcionar la informació següent:

- Identificació de la substància.
- Quantitat estimada i localització al producte.
- Informació suficient per permetre'n un ús segur, segons el que estableix l'article 33 del REACH.

Es valorarà que l'oferent proposi un nombre de substàncies de la llista substàncies candidates de REACH (a data de publicació d'aquesta licitació) es compromet a no fer servir (<https://echa.europa.eu/ca/candidate-list-table>). En un termini màxim d'1 mes després de la signatura del contracte, l'adjudicatari ha de lliurar aquesta llista.

2. Declaració de substàncies incloses a la llista d'autorització (Annex XIV):

Confirmació explícita que el producte, el procés de fabricació i la cadena de subministrament no fan servir substàncies incloses a l'Annex XIV del REACH, llevat que:

- El licitador disposi d'una autorització vigent emesa per l'Agència Europea de Substàncies Químiques (ECHA).
- L'ús de la substància compleixi amb excepcions explícites llistades a l'Annex XIV.

La utilització de productes que incorporin substàncies considerades "declarables" s'ha de sotmetre a l'aprovació de FMB, justificant la no-existència d'alternatives. En cas que aquests productes, a causa de canvis legislatius, passin a estar prohibits, l'adjudicatari estarà obligat a proposar alternatives almenys durant els 20 anys posteriors al lliurament del primer tren.

3. Declaració d'absència de substàncies prohibides (Annex XVII):

Confirmació que el producte final no conté substàncies prohibides o restringides segons l'Annex XVII del REACH. En cas de contenir substàncies restringides, cal especificar:

- La substància afectada.
- La quantitat present.

- La conformitat amb les restriccions establertes a l'Annex XVII.

Durant la fase de projecte es realitzaran auditories de tots els sistemes del tren per un organisme autoritzat per FMB per comprovar l'absència d'aquelles substàncies prohibides, així com les substàncies candidates que l'adjudicatari s'hagi compromès contractualment a no utilitzar. La realització d'aquestes auditories han de ser documentals a la totalitat dels sistemes del tren. Aquesta auditoria s'ha de lliurar a FMB abans de la posada en servei comercial del primer tren.

FMB es reserva la potestat de demanar assaigs destructius d'algun equip, aparell o element, si no s'ha pogut demostrar documentalment per part de l'adjudicatari l'absència de substàncies prohibides o candidates que contractualment no haurien d'estar sent utilitzades. El nombre d'assaigs no serà superior a 10. Aquests assaigs han de ser responsabilitat de l'adjudicatari sense cap cost per a FMB.

La sortida de garantia dels trens anirà lligada a un informe justificatiu final del compliment del REACH a la data de finalització de la garantia. Això significa que tots els productes hagin pogut passar a ser prohibits durant la fase de garantia no han de ser presents al tren.

9.3 INSTRUCCIONS ESPECÍFIQUES DE GESTIÓ DE RESIDUS

L'adjudicatari ha de presentar, abans del lliurament del primer tren, la informació següent:

1. Inventari de materials per tren

S'inclourà un desglossament del pes total (en kg) dels principals grups de materials emprats en la construcció del tren, agrupats com a mínim a:

- Alumini, acer, coure i altres metalls,
- Plàstics, elastòmers i materials compostos,
- Vidres, ceràmics, pintures i fluids tècnics.

2. Origen de fabricació d'equips

S'indicarà, per cada subsistema principal (tracció, fre, climatització, portes, pantògraf, etc.):

- Empresa subministradora.
- País i localitat de fabricació.

Qualsevol canvi rellevant durant la garantia s'ha de reflectir en una actualització d'aquesta informació.

L'adjudicatari ha de presentar els procediments per al reciclatge dels principals components i peces del tren que garanteixin el compliment de la normativa i la protecció del medi ambient i les persones.

Aquesta documentació s'ha de presentar juntament amb el primer tren. Qualsevol modificació durant la fase de garantia requerirà la presentació d'una actualització de la documentació esmentada i estarà vinculada a la finalització del període de garantia.

Les instruccions han de contenir com a mínim la informació següent:

- Els mètodes de reciclatge requerits quan els vehicles, sistemes i components es desmunten (recuperen) per assolir l'eficiència de reciclatge especificada.
- Instruccions d'eliminació i reciclatge relacionades amb els materials rellevants de l'Annex 14 i Candidats.
- Il·lustracions del sistema/subsistema on estan marcats els components i les parts, juntament amb la llista de materials descrita anteriorment. Les il·lustracions han de presentar el contingut principal del material i la reciclabilitat del component respectiu.
- La documentació ha d'establir les instruccions de muntatge i desmuntatge i les normes de seguretat relatives als sistemes/subsistemes i components.

9.4 PES

El tren ha de ser tan lleuger com sigui possible. El pes màxim admissible de la unitat completa en tara (AW0) serà de:

- Lot 1: Trens L2 i L4: 155.000 kg.
- Lot 2: Trens L1: 161.000 kg.
- Lot 3: Trens L3: 155.000 kg.

Es valorarà a l'oferta el pes de la unitat completa. Es valorarà que el pes del tren ofert sigui menor del pes màxim admissible.

Al pes ofert, i a valorar, no han d'estar inclosos els equips d'aportació FMB descrits en aquest plec.

En el repartiment de masses es tindran en compte els desequilibris màxims admissibles establerts en aquest plec.

S'admetrà una tolerància al pes indicat de +500 kg per cotxe, sense penalització.

L'excés de pes de cada cotxe serà penalitzat per cada kg d'excés, segons s'estableixi al Plec de Condicions Particulars.

La mida del pes es realitzarà amb tots els equips muntats abans de la sortida de fàbrica del tren. No s'acceptarà que la mesura de pes es realitzi sense que tots els equips del tren estiguin muntats, en aquest cas, es considerarà el valor del pes com el pes més gran del tren mesurat durant el projecte i se sumará el 10% a aquest valor de pes.

9.5 VIBRACIONS

El nivell de vibracions mecàniques transmeses pel tren ha de complir:

- El que estableix el Reial decret 1311/2005, quant a límits d'exposició per al personal davant de vibracions mecàniques,
- I la norma EN 12299, relativa al confort vibratori percebut pels passatgers.

L'objectiu és garantir la protecció de la salut del personal d'operació i manteniment, així com el confort dinàmic dels ocupants del tren, tant a la cabina com als salons de viatgers.

Tots els equips susceptibles de generar vibracions (HVAC, convertidors, compressors, etc.) han de:

- Estar muntats amb elements elàstics ("silentblocks" o altres sistemes antivibratoris), o
- En cas de muntatge rígid, l'adjudicatari ha de justificar mitjançant informes de càlcul i assaig que es compleixen els límits exigits pel RD 1311/2005 i l'EN 12299, fins i tot en les condicions més desfavorables de càrrega i via.

Durant la fase de validació del projecte, l'adjudicatari ha de presentar:

- Informes de simulació de vibracions estructurals en bastidor i caixa,
- Resultats d'assaigs en via o banc, d'acord amb:
 - ISO 2631-1 (vibracions del cos complet),
 - EN 12299 (confort vibratori),
- Protocols de prova que reflecteixin les condicions reals d'operació (corbes, acceleracions, frenada, via contaminada...).

9.6 SOROLL

Pel que fa a la pressió sonora, per tal de minimitzar l'impacte medi ambiental i preservar el benestar de les persones, el tren respectarà els següents límits d'emissió sonora mesurats segons el que estableix la norma UNE-EN ISO 3095:2013 (o l'última actualització) per a la mesura del soroll a

l'exterior de les unitats i segons la norma UNE-EN ISO 358:2005 (o l'última actualització) per a la mesura del soroll a l'interior dels vehicles.

Els requeriments exigits són els següents:

Soroll exterior:

- Tren aturat a l'aire lliure: El nivell de soroll mesurat amb el paràmetre L_{pAeqT} davant de cadascun dels equips funcionant aïlladament (amb alimentació exterior si és necessari o sense que els altres equips contribueixin al soroll del propi equip) no sobrepassarà els 65 dB(A). La distància de mesurament correspondrà a la indicada a la ISO 3095:2013. Els equips funcionaran segons el que especifica la norma ISO 3095:2013.
- Tren en acceleració/frenada des d'aturat de 0 a 30 km/hi viceversa: El nivell de soroll mesurat amb el paràmetre L_{pAmax} durant l'acceleració no ha de sobrepassar els 80 dB(A) mesurats segons la norma ISO 3095:2013. L'acceleració/frenada de la unitat correspondrà a la típica utilitzada en servei comercial.

Soroll interior:

Posicions de mesurament segons ISO 3381:2005 en qualsevol posició a l'eix central del tren i a una alçada d'1,2 m a les zones assegudes i 1,6 m d'alçada a les zones de portes i passadís.

- Tren aturat a l'aire lliure: El nivell de soroll mesurat amb el paràmetre L_{pAeqT} a les posicions recomanades a la norma ISO 3381:2005 no sobrepassarà 65 dB(A). Els equips funcionaran d'acord amb allò establert a la norma ISO 3381:2005.
- Tren en acceleració/frenada des d'aturat de 0 a 30 km/hi viceversa a l'aire lliure: El nivell de soroll mesurat amb el paràmetre L_{pAmax} durant l'acceleració/frenada no sobrepassarà 75 dB(A) mesurats segons la norma ISO 3381:2005. L'acceleració/frenada de la unitat correspondrà a la típica utilitzada en servei comercial.
- Tren a velocitat constant de 80 km/h a l'aire lliure: El nivell de soroll mesurat amb el paràmetre L_{pAeqT} no sobrepassarà els 70 dB(A) en una via que compleixi els requeriments de qualitat acústica (rugositat i "Track Decay Rates") recomanats a la ISO 3095:2013. En cas que el tren no es pogués validar en via a l'aire lliure a velocitat constant, l'adjudicatari ha de proporcionar en fase de projecte simulacions de soroll interior que demostrin el compliment d'aquest requeriment basades en mètodes validats de predicció de soroll interior que obtinguin la contribució del soroll interior transmès per via aèria i estructural.

- Tren a velocitat constant de 80 km/h en túnel: a causa dels diferents tipus de túnels possibles, el nivell de soroll interior mesurat en les mateixes condicions que a l'aire lliure no sobrepassarà els nivells següents, respectant sempre els criteris de qualitat acústica de via recomanats a la ISO 3095:2013.
- + 7 dB respecte a l'aire lliure al túnel de via doble amb balast.
- + 13 dB respecte a l'aire lliure al túnel de via única sobre placa.

L'adjudicatari proporcionarà mesuraments en almenys dos projectes o simulacions de soroll, així com propostes tècniques que demostrin la viabilitat tècnica per assolir els nivells requerits en aquest capítol.

9.7 CONSUM ENERGÈTIC

L'ofertant farà una simulació de consum energètic de tracció d'un tren en els trams següents:

- Lot 1: L2: Entre Passeig de Gràcia – Artigues . El consum màxim permès en aquest tram per totes dues vies és de 214 KWh.
- Lot 2: L1: Entre Mercat Nou – Catalunya. El consum màxim permès en aquest tram per ambdues vies és de 414 KWh
- Lot 3: L3: Entre Zona Universitària – Catalunya . El consum màxim permès en aquest tram per totes dues vies és de 230 KWh.

El càlcul es farà amb les hipòtesis següents:

- Perfil de línia, recorregut i condicions de marxa segons velocitats ATO aportades per FMB a l'Annex corresponent d'aquest Plec (Annexos: TRAÇAT_L1_Mercat_Fondo, TRAÇAT_L2-Passeig_Artigues, TRAÇAT_L3-Zona_Catalunya).
- Parada en estacions de 20 segons sense obrir portes.
- Tren amb tara (AW0).
- Proves nocturnes sense trens addicionals a la via, sense considerar devolució a catenària (sense receptivitat de catenària).
- Via seca.
- Rodes noves.
- Temperatura de simulació 35 °C al túnel sense vent.

- Consum d'auxiliars del tren: el tren estarà funcionant com si estigués funcionant en servei, amb tots els equips en correcte estat i amb l'aire condicionat apagat.
- Al càlcul no es considerarà el consum produït pel canvi de via, és a dir, els càlculs es faran d'estació a estació sumant el resultat de Via 1 i de Via 2.

Es prendrà com a referència per fer el càlcul la norma EN 50463 tenint en compte les hipòtesis anteriors.

En fase de projecte l'adjudicatari demostrarà els valors de consum reals del tren indicats a l'oferta, mitjançant les corresponents proves en via en els trams i en les condicions indicades en aquest apartat. L'adjudicatari emetrà el corresponent informe en el termini màxim de dues (2) setmanes des de la realització de les proves, les quals han de ratificar els valors oferts. En cas de no complir-se els valors oferts s'aplicaran els valors obtinguts a les proves reals com a penalització per a tota la flota de trens.

10 NORMATIVA PER A L'ELABORACIÓ DE PLÀNOLS I PER A LA RECEPCIÓ D'INFORMACIÓ GRÀFICA

10.1 GENERALITATS

A continuació, s'especifica la normativa bàsica per a l'elaboració i el subministrament de la documentació necessària per al projecte.

Aquest punt no limita la resta de documentació sol·licitada en altres punts del plec de condicions tècniques o posterior documentació sol·licitada.

Aquesta normativa descrita afecta tant la documentació generada en la fase de projecte com en la posterior documentació lliurada en fases de garantia, postvenda i altres demandes documentals.

Tota la informació l'ha de generar l'empresa adjudicatària que lideri el projecte i ha de ser lliurada a FMB tres (3) mesos abans de la posada en servei del primer tren.

El lliurament de la documentació dins del temps estipulat és condició necessària perquè els trens carreguin quilòmetres i iniciïn el període de garantia (tal com s'indica en el capítol de generalitats d'aquest mateix plec).

Diferenciarem la normativa de plànols i la normativa per a la resta de la documentació.

En cas d'omissió del punt anterior, es considerarà acceptat el compliment d'aquesta normativa.

10.2 NORMATIVA PER A L'ELABORACIÓ I RECEPCIÓ DE PLÀNOLS

Vegeu l'Annex.

11 ENGINYERIA, FABRICACIÓ, PROVES, I POSADA EN MARXA

Aquest pla ha de ser aprovat per FMB abans de continuar amb les fases d'industrialització i fabricació següents.

Durant la fase de fabricació, l'adjudicatari ha de:

- Garantir la traçabilitat de materials i components crítics,
- Permetre l'accés a les instal·lacions de producció a FMB o tercers designats,
- Notificar i coordinar les auditories i controls de qualitat,
- Aplicar un Pla de Control de Producció, validat prèviament per FMB, que inclogui processos com:

- Soldadura i mecanitzat,
- Assemblatge elèctric i pneumàtic,
- Muntatge de bogis, portes, cabina, interiorisme,
- Assaigs al taller.

L'adjudicatari ha de presentar i executar un Pla d'Assaigs, format per:

- Assaigs de tipus, al primer tren (estructura, fre, clima, EMC, seguretat, etc.),
- Assaigs de sèrie, a cada tren fabricat (funcionals, dinàmics, seguretat),
- Assaigs en presència de FMB, amb informe final de resultats.

Tots els procediments d'assaig s'han d'ajustar a normatives europees vigents (EN, ISO, IEC, etc.) i els han de validar FMB abans de la seva execució.

Cada tren ha de superar satisfactòriament:

- Proves en via, en condicions reals de càrrega i explotació,
- Validació de compatibilitat amb la infraestructura (alimentació, gàlibs, andanes, senyalització, ATP...),
- Comprovació d'integració de tots els sistemes embarcats.

11.1 PERSONAL DE L'ADJUDICATARI

Serà obligació de l'adjudicatari presentar a FMB, abans d'un (1) mes des de la signatura del contracte, l'organigrama general del personal que contractarà per al projecte.

Es requerirà un equip de projecte format com a mínim per:

- Director de projecte: serà el responsable màxim de l'execució global del contracte. Dirigirà i coordinarà totes les activitats del projecte, assegura el compliment de terminis, costos, qualitat i requisits contractuals. Actuarà com a interlocutor principal amb FMB.
- Responsable d'enginyeria del projecte: supervisarà el disseny tècnic del tren i els subsistemes. Coordinarà l'elaboració de documentació tècnica, assegurarà la integració funcional i la compatibilitat d'interfícies. Garantirà el compliment de les especificacions i la normativa aplicable.

- Responsable de qualitat del projecte: definirà i controlarà el Pla de Qualitat del Projecte. Supervisarà la conformitat dels processos de fabricació, validació i proves. Gestionarà les no-conformitats i l'assegurament de la qualitat de subministraments i subcontractistes.
- Responsable de CBM (Manteniment Basat en Condició): liderarà la definició, implementació i validació del sistema CBM del tren. Coordinarà la sonorització, anàlisi de dades i estratègies predictives. Assegurarà la integració dels sistemes de monitoratge amb els requisits de manteniment optimitzat.
- Responsable de validació i proves del projecte: serà l'encarregat de coordinar les activitats d'integració de sistemes i subsistemes al vehicle. Supervisarà la validació funcional, tècnica i de seguretat, tant en fase de disseny com en les proves de validació al tren. Organitzarà i dirigirà les proves de subsistemes, proves estàtiques i dinàmiques del tren. Assegurarà el compliment del pla d'assaigs, gestió de resultats, validació de requisits.
- Responsable de planificació: desenvoluparà i mantindrà el cronograma/Planning del projecte. Controlarà i actualitzarà les fites, la seqüència lògica d'activitats, recursos i desviacions. Farà les actualitzacions periòdiques de la planificació.
- Responsable de garantia del projecte: supervisarà el compliment de les condicions de garantia tècnica i contractual. Gestionarà les incidències durant el període de garantia, coordinarà l'atenció postvenda i el subministrament de recanvis. Serà responsable dels indicadors de fiabilitat i disponibilitat. Serà l'interlocutor amb FMB en fase de garantia.

Aquests perfils esmentats aportaran una experiència demostrable a projectes ferroviaris, no menor a 10 anys per als director de projecte, el responsable d'enginyeria del projecte, qualitat i garantia i, per a la resta, un mínim de 5 anys.

Tot l'equip presentat l'ha d'aprovar FMB. Si durant el projecte hi ha canvis a l'equip, les seves substitucions han de complir els mateixos requeriments d'aquest plec i ser aprovats per FMB.

11.1.1 Organigrama detallat

L'adjudicatari presentarà abans d'un (1) mes des de la signatura del contracte, l'organigrama de l'organització per al control de la fabricació dels conjunts, subconjunts, proves/posada en marxa i garantia.

En aquest organigrama es detallarà, per a cadascuna de les persones designades, la seva qualificació professional i una relació dels darrers treballs realitzats.

11.1.2 Intercanvi de documentació i comunicacions de projecte

Durant tota l'execució del contracte, l'adjudicatari ha de garantir un sistema organitzat i traçable de lliurament de documentació tècnica i comunicacions oficials, d'acord amb els principis següents:

- Plataforma de gestió documental
 - L'adjudicatari ha de proposar l'ús d'una plataforma digital (pròpia o de tercers) per a l'intercanvi documental.
 - Tota la documentació ha d'estar estructurada i identificar-se amb un codi normalitzat, indicar número de versió i data, i estar disponible a:
 - Format editable.
 - I format PDF amb signatura digital si s'aplica.
- Control de lliuraments
 - Cada document tècnic (plànols, manuals, protocols de prova, informes...) serà objecte de revisió i validació per part de FMB.
 - Cal mantenir una traçabilitat completa de revisions, observacions i respostes.
- Canals de comunicació
 - Les comunicacions formals del projecte es faran per escrit, a través del sistema definit, o mitjançant correu electrònic corporatiu amb còpia a l'interlocutor tècnic nomenat per FMB.
- Registre i arxiu
 - Tota la documentació i comunicacions intercanviades durant el contracte s'han d'arxivar de manera organitzada, accessible i amb suport, durant tota la vida del contracte i garantia.
 - L'adjudicatari ha d'assegurar que FMB podrà accedir a tota la documentació del projecte en tot moment i realitzar descàrregues, en cas necessari massives, de la documentació esmentada.

11.2 APROVACIÓ DEL PROJECTE I INSPECCIÓ DE LA FABRICACIÓ

Els assaigs en via dels trens assignats a L1 de FMB es realitzaran a les instal·lacions de FMB segons restriccions especificades en aquest plec.

Els projectes dels trens han de ser necessàriament aprovats per FMB, encara que aquesta aprovació no eliminarà la plena responsabilitat de l'adjudicatari respecte al projecte. L'adjudicatari serà totalment responsable dels errors o omissions que puguin existir, tant en la confecció i càlculs com en els materials elegits, així com amb referència al compliment dels plecs de condicions i al bon funcionament dels trens.

Se sotmetrà a FMB per a la seva aprovació tota la documentació tècnica de construcció, relativa al vehicle i les seves parts, de manera que FMB pugui adquirir una idea perfectament clara del vehicle que es construirà i els seus components.

L'adjudicatari presentarà a FMB, a l'inici de la fase de projecte, la llista dels seus principals subministradors per a aprovació de FMB, així com els informes justificatius corresponents analitzant el compliment que aquests compleixen amb els requeriments d'aquest Plec.

Per facilitar la tasca d'aprovació del projecte i posterior verificació de la construcció, FMB podrà desplaçar a les diverses factories de l'adjudicatari, un o diversos dels seus tècnics o personal d'una entitat inspectora com a representant de FMB, amb caràcter permanent, per a això l'adjudicatari posarà a la seva disposició un lloc de treball degudament climatitzat, amb totes les facilitats necessàries per poder desenvolupar la tasca per TMB; quedarà obligat a facilitar aquesta tasca. Incloent-hi una connexió Wifi d'alta velocitat, telèfon, impressora amb connexió remota sense necessitat de connexió local tipus USB, pantalla de visualització de dades, a més de tot el mobiliari i material d'oficina i consumibles necessaris, amb els accessoris d'ús comú a oficina que li siguin requerits per FMB i sota la seva aprovació. Així mateix, l'adjudicatari facilitarà com a mínim 3 places reservades d'aparcament per a cotxe, dins de les instal·lacions de fabricació el més a prop possible del lloc de treball destinat per a FMB.

La missió principal dels tècnics de FMB o els seus representants, en aquesta fase serà la de seguiment i participació si escau, de l'elaboració del projecte i de les proves i assaigs que l'adjudicatari ha de realitzar per comprovar que el projecte respon a les exigències del servei a prestar.

FMB aprovarà o rebutjarà la documentació i materials sotmesos a aprovació per l'adjudicatari, en el termini màxim de dos mesos des de la recepció.

La correcció de tots els errors o omissions que es posin de manifest en l'aprovació de plànols i càlculs serà obligatòria per a l'adjudicatari, tant sobre la documentació com sobre els propis vehicles.

FMB no considerarà efectuat el lliurament de les unitats i per tant no efectuarà recepció provisional ni definitiva, a cap vehicle al qual falti fer les correccions en qüestió.

FMB efectuarà la inspecció del projecte, fabricació, proves, assaigs i tot allò que consideri oportú, per mitjà de tècnics inspectors que lliurement designarà entre el seu personal o fora. Aquesta inspecció no comprometrà FMB ni alliberarà total, o parcialment l'adjudicatari de la plena i exclusiva responsabilitat sobre la qualitat, prestacions i condicions del projecte. L'adjudicatari queda obligat a establir un pla de qualitat i un pla de control de qualitat, tant per a la recepció de materials, com per a la fabricació, proves i posada en marxa dels trens, que serà lliurada a FMB per a la seva aprovació i seguiment.

L'adjudicatari donarà al servei d'inspecció de FMB tota mena de facilitats per a l'exercici de la seva comesa, permetent el lliure accés i lliure mobilitat a totes les instal·lacions de l'adjudicatari i subcontractistes d'aquest. Podent exercir aquesta funció sense necessitat de comunicar o informar dels moviments dins de les seves instal·lacions amb anterioritat, al personal de l'adjudicatari. Per a això, l'adjudicatari informará de tot allò rellevant respecte a les normes de prevenció de riscos laborals i el seu compliment, però en cap moment el supeditarà en espera de la inspecció, o a haver d'anar acompanyat per algun membre de l'adjudicatari. Això és vàlid tant als seus propis tallers, com als d'altres fàbriques que elaborin materials o elements per als trens, posant a la seva lliure disposició totes les dades necessàries per arribar al coneixement de la qualitat dels productes, així com les proves i assaigs a què s'ha de sotmetre el material per demostrar a priori que compleix les especificacions, sense cap cost per a FMB.

11.2.1 Inspecció i proves durant la fabricació

L'adjudicatari, un mes després de la signatura del contracte, lliurarà a FMB, per a la seva aprovació, un Pla d'Inspeccions, Proves i Assaigs que caldrà fer als trens que es fabricaran. Aquest pla també tindrà en compte les proves tipus dels equips principals sense muntar al tren, dels equips principals muntats al tren i del tren en conjunt, les inspeccions de primer article (FAI), a casa dels subministradors, assaigs en laboratoris externs i inspeccions de primer muntatge (IPM), de qualsevol component del tren a fàbrica de l'adjudicatari. En cap cas es podran sobreposar les unes sobre les altres, sense l'autorització expressa de FMB.

FMB ha de donar la seva conformitat al Pla de Proves i assaigs, tant de tipus com de sèrie i, si escau, als fulls de control i protocols específics de cadascuna de les proves.

És responsabilitat de l'adjudicatari dur a terme les proves pertinents durant totes les fases del projecte per assegurar la funcionalitat, la qualitat de fabricació i l'adequada integració de cadascun dels sistemes i equips del vehicle. Aquestes proves han de complir rigorosament els requisits establerts al Plec de Prescripcions Tècniques.

Per al procés de desenvolupament del tren, la validació dels requisits es realitzarà a través de proves, les quals es fonamentaran a l'estructura del Pla de Proves.

Totes les proves han d'estar condicionades a les característiques específiques dels equips i materials que resultin elegits en fase de projecte.

Es realitzaran assaigs tipus per verificar la qualitat del vehicle, d'acord amb aquest plec i servei a prestar, comprovant que el projecte, procés de fabricació i les prestacions del tren o dels equips, són correctes.

Els assaigs tipus es faran sobre el primer element representatiu de la sèrie.

FMB es reserva el dret de sol·licitar la realització dels assaigs tipus a l'1% com a mínim d'elements de la sèrie. Sense cost addicional per a FMB.

Sempre que hi hagi algun canvi en el procés de fabricació, disseny o un canvi de centre de producció, l'adjudicatari està obligat a comunicar-ho a FMB per a la seva aprovació prèvia, i es tornaran a fer aquestes proves tipus. Es realitzaran proves tipus específiques en totes les línies atenent les diferents especificitats de cadascuna.

Els assaigs sèrie representaran una part dels de tipus, es realitzaran per comprovar les característiques que puguin patir modificació durant la fabricació i es faran sistemàticament sobre totes les peces.

Els assaigs tipus i sèrie, es refereixen tant a materials i elements, com a conjunts, subconjunts, a més de components i equips principals muntats al tren i al propi tren.

Al projecte s'ha de tenir en compte la possibilitat d'introduir fàcilment les modificacions que es derivin de l'assaig tipus. Aquests assaigs es faran a la primera unitat de la sèrie amb l'objecte de validar-ne el disseny, podent realitzar-se aquests assaigs en unitats posteriors prèvia aprovació per part de FMB.

Si un assaig sèrie del tren, d'un dels seus components o equips principals no és satisfactori, s'ha de rebutjar. No es pot seguir el flux productiu fins a solucionar-se l'error o ser substituït per un altre de correcte.

Al lloc, àrees de treballs, o als tallers de fabricació dels equips i materials, el personal que FMB nomeni i els seus respectius representants podran, sense estar-hi obligats, inspeccionar, examinar i comprovar tots els materials, igual que verificar l'avenç de la fabricació, la qualitat i la conformitat amb les Especificacions Tècniques de tots els Equips i Materials que s'han de proporcionar d'acord amb aquest Plec. Si la fabricació d'aquests equips i materials es fa en instal·lacions pertanyents a tercers diferent de l'adjudicatari, l'adjudicatari ha d'obtenir l'accés a aquestes instal·lacions per a FMB, el

personal que aquest designi i els seus representants respectius, de manera que puguin realitzar les inspeccions, els exàmens i les proves abans esmentades. Cap d'aquestes inspeccions, exàmens o proves eximirà l'adjudicatari del compliment de les seves obligacions d'acord amb aquest plec. Totes les inspeccions i proves han de ser de 8 h a 17 hores, excepte aquelles que siguin imperativament necessàries de realitzar a les instal·lacions de FMB i necessitin accés a la línia principal.

La Inspecció de FMB té dret a rebutjar l'element, el component o l'equip del subministrament construït fora de control. S'ha d'avisar immediatament FMB davant de tots els esdeveniments que, per la seva pròpia naturalesa, tendeixin a modificar el desenvolupament previst de les operacions o puguin endarrerir el lliurament.

Els agents encarregats de la inspecció podran fer totes les verificacions necessàries per assegurar-se que les especificacions tècniques, els requeriments de qualitat, les normes necessàries, per als materials, components, equips principals o trens, són respectades. Els agents encarregats de la inspecció poden suspendre o parar qualsevol feina que els sembli que no es fa segons el que s'ha indicat anteriorment. L'exercici de la supervisió deixa enterament la responsabilitat a l'adjudicatari i no limita el dret de FMB per rebutjar els materials, components, equips principals o trens defectuosos o incomplets, sense cap cost per a FMB.

11.2.2 Terminis i informació a subministrar previs a proves tipus i inspeccions del primer article (FAIs).

Amb almenys un (1) mes d'antelació l'adjudicatari ha de subministrar a FMB la informació sobre:

- El lloc de cadascuna de les proves.
- La data.
- Especificació Tècnica i funcional de l'element o l'equip que s'assajarà.
- El protocol de la prova.
- Els criteris d'acceptació corresponent a aquesta prova d'acord amb les especificacions tècniques.
- Confirmar que les normes que hi apliquin i es facin servir hagin estat lliurades a FMB amb dos mesos d'antelació.
- El personal i experiència de l'adjudicatari que assistirà, sota l'aprovació de FMB.
- Pla de viatge previst.

11.2.3 Terminis i informació a subministrar previs a inspeccions, proves sèrie o assaigs

L'adjudicatari confirmarà la data de les proves o inspeccions a FMB amb almenys quinze (15) dies hàbils d'antelació. FMB notificarà a l'adjudicatari, la seva intenció de presenciar o no aquestes proves, inspeccions o assaigs, o sol·licitarà que es posposin a una nova data a acordar entre FMB i l'adjudicatari en base a la disponibilitat del personal de FMB, sense cap cost per a FMB.

FMB o el personal que aquest designi i els seus respectius representants i assessors podran presenciar aquestes proves. L'adjudicatari li enviarà com a màxim un (1) dia hàbil després a FMB una còpia certificada dels resultats de tota prova o inspecció realitzada, signada digitalment.

11.2.4 Dret de FMB per sol·licitar repetir qualsevol tipus de proves inspeccions o assaigs

Si FMB considera que alguna prova tipus o sèrie, inspecció o assaig, no presenciada per FMB ha de ser repetida, FMB ho informarà a l'adjudicatari i aquest procedirà a repetir-les, sense cost addicional per a FMB.

11.2.5 Recursos per a les proves, inspeccions o assaigs

L'adjudicatari serà responsable de subministrar tota l'assistència, personal, pilot homologat, equips, instruments... i tot allò que calgui o que se li demani per fer-les eficientment. En cap cas la realització de proves, inspecció, assaigs... suposarà un cost de cap mena per a FMB.

Tots els costos associats a la realització de qualsevol tipus de proves, inspecció o assaig, aniran a càrrec de l'adjudicatari, tant en la realització de les proves, com per als costos associats al desplaçament, dietes i allotjament del personal que FMB nomeni. Incloent-hi normes i assaigs.

11.2.6 Operacions de control principals

Aquest programa de control és un programa tipus, que ha de ser adaptat a les característiques principals dels vehicles a controlar, quan estiguin definits.

El programa de control indicat als apartats següent no és limitatiu, l'adjudicatari ha de presentar el programa de control que ha de ser sotmès a l'aprovació de FMB.

11.2.6.1 Control de les caixes

11.2.6.1.1 *Sumari de les operacions*

El control de les caixes comportarà les operacions següents:

- a) Control al magatzem de les peces provinents de subcontractistes.

- b) Control del bastidor de caixa.
- c) Control de la caldereria i caixa en blanc.
- d) Control de la pintura.
- e) Control del recobriments i vinilat.
- f) Control de l'acabat dels vehicles.
- g) Assaig de recepció dels vehicles.
- h) Estanquitat dels vehicles.

11.2.6.1.2 *Control al magatzem de les matèries primeres lliurades pels subcontractistes*

En el moment de la recepció del material per l'adjudicatari, la mercaderia lliurada serà registrada en un document que es lliurarà als serveis corresponents. S'assegura la traçabilitat de tots els materials.

L'adjudicatari ha d'enviar a la Inspecció de FMB un avís de recepció en què s'esmentarà, arribat el cas, el número de l'autorització d'expedició lliurat pel recepcionari i el control de recepció realitzat.

11.2.6.1.3 *Control de la caixa en blanc*

➤ Homologació dels soldadors

Els soldadors que treballin en la realització de la caldereria han d'estar homologats.

Aquestes proves es faran seguint l'aplicació de les normes UNE-EN 287 part 1 o 2.

El proveïdor de soldadura de les estructures ha d'estar certificat segons la norma UNE-EN 15085-2 amb nivell CL1.

➤ Vigilància de la fabricació dels subconjunts de caldereria

Es tracta dels elements següents: bastidor, laterals, capçal davanter i del darrere, pavelló, caixes d'aparells, etc.

Abans de la soldadura, els travessers, els capçals i les travesses pivot seran objecte d'un control particular. Els inspectors de l'adjudicatari han de presentar obligatòriament aquestes peces a la Inspecció de FMB abans de la soldadura.

Als subconjunts a soldar, les peces han d'estar exemptes de dipòsits, susceptibles de danyar la soldadura.

S'ha de verificar que les parts superiors de les ales dels perfils estiguin en un mateix pla.

Després de soldar, es verificarà cada soldadura, l'adjudicatari ha de sotmetre a l'aprovació de FMB les normes utilitzades en el procediment de soldadura i inspecció.

L'utilitatge que es faci servir estarà previst per evitar les soldadures verticals i de sostre, soldant-se exclusivament en posició horitzontal, o si escau el procediment aprovat per FMB.

L'adjudicatari establirà un pla de control sobre les soldadures de caixa, d'acord amb el qual, es controlarà la fabricació, que especificarà:

- El mètode o sistema de soldadura.
- La normativa utilitzada per als processos de soldadura.
- El desenvolupament o plànol de les parts a soldar.
- El sistema de tall i aixamfranat.
- La neteja de xapes (inexcusablement per als bogis va per fresat o similar).
- Les característiques de les unions a realitzar.
- Els paràmetres de soldadura.
- L'homologació del procés.
- L'homologació dels soldadors.
- Control per END (Assaigs No Destructius).
- Perllongament de xapes, cordons i talls posteriors.

L'adjudicatari se sotmetrà inexcusablement davant FMB per a l'homologació de:

- Soldadors.
- Procediment.
- Aquesta homologació es farà malgrat que el personal intervinent estigui treballant en altres projectes.

Per a l'homologació de soldadors s'utilitzaran la norma UNE-EN 287, part 1 o 2, DIN 8560, o la pròpia de l'adjudicatari aprovada prèviament per FMB. Es procedirà de la mateixa manera per a l'homologació de procediment.

Sobre el control per END ("assaigs No Destructius" per les sigles en castellà) es confeccionarà una llista de comprovació en què s'indicaran totes les soldadures objecte d'aquest assaig, que han de ser totes les principals, incloent-hi unions de travessa-capçal, unions de travessa-pivot-capçal, unions travessa-pivot-travessers, etc. Aquesta proposta de planificació serà sotmesa a l'aprovació de FMB.

S'establirà un pla específic de les soldadures amb indicació dels mètodes, desenvolupament, sistema de tall, neteja, etc. Se seguirà la norma UIC-897 (punts 1 i 9).

El control fonamentalment es farà per radiografia, admetent-se exclusivament qualitats negra i blava segons UNE 14011. El control per US (Ultrasons) serà vàlid prèvia homologació de procediment i operadors i aprovació per FMB. El control per líquids penetrants serà sotmès a l'aprovació de FMB, però la seva utilització en sèrie només es podrà fer després de comprovar-ne la idoneïtat pels procediments anteriors en els deu primers cotxes.

En cas que l'adjudicatari desitgi utilitzar altres normes UNE, ASTM, etc. o pròpies, les presentarà a FMB per a la seva aprovació.

Així mateix, a les primeres caixes, en un nombre a determinar de soldadures, però compronent totes les principals i aquells casos de dubte, s'efectuarà presa de mostres per a assaig.

Aquesta presa es realitzarà sobre testimonis, prolongació de les peces a unir, i es realitzarà la soldadura com a prolongació del cordó de treball.

Es tallaran aquests testimonis en fred, i s'assajarà que s'ha plegat a 180° amb mandril de $d = 2e$, no havent d'aparèixer esquerdas, fissura, porus, etc., a tota la part plegada.

Queda a criteri de FMB fer altres assaigs complementaris, com ara tracció, resistència, textura i macrografia. Sense cost addicional per a FMB.

Es farà sobre el total de les soldadures un control visual, per la qual cosa l'adjudicatari remetrà un pla de criteri d'acceptació, el qual prèvia aprovació per FMB s'emprarà en la supervisió de la fabricació.

Tots els controls dimensionals es faran seguint la norma:

NF F31.101 Cotxes, furgons i elements automotors. Xassís i xassís-caixa.
Característiques dimensionals. Toleràncies.

➤ Control dimensional de la travessa pivot i del bastidor

Es verificaran les travesses pivot abans del muntatge; enduent-se el control en primer lloc a les soldadures, les parts mecanitzades han d'estar conformes amb els plans quant a les dimensions i l'estat superficial. S'establirà una acta per al control de la soldadura i les dimensions del bastidor.

➤ Verificació de la caixa en blanc

Cada caixa en blanc, una vegada finalitzada, ha de ser presentada a l'inspector, que procedirà a les operacions següents:

- a) Control de la planitud de laterals, capçals i extrems.

Les superfícies han de ser perfectament tenses i planes. S'aplicarà una regla a les diferents orientacions, no havent d'aparèixer deformacions per cavitats o bosses superiors a 1 mm.

- B) Se suprimirà tota mena de deformacions ondulatòries.

- c) Verificació de les dimensions de la caixa en blanc. Principals verificacions a efectuar:

- Allotjament de finestres i entrants, allotjament de portes, envans i extrems, alçada del sostre des de l'interior, buit dels equips de climatització. Verificar l'escaire en relació amb el terra del cotxe, assegurar-se que l'amplada de les portes és constant a tota la seva altura.
- Marcs de portes laterals: verificar l'esquadrat dels muntants en relació amb el terra.
- Adreçat interior de l'estructura: verificar el redreçat de les parts visibles després de la col·locació del revestiment interior (es permetrà una tolerància més gran de les parts ocultes que suporten el revestiment de la caixa) i verificar les alçades del terra i fixacions de les columnes de la plataforma i seients.
- Planella de bastidor, incloent-hi:

- Distància entre pivots o centres de bogis.
- Longitud total.
- Distància de pivots o centres de bogis extrems.
- Diagonals.
- Ample a nivell de capçaleres, bigues pivots, i al llarg de tot el bastidor.
- Planella caixa, incloent-hi:
 - Longitud de caixa a alçada de bastidor, centre i coberta.
 - Amplada de caixa a zona de capçaleres, bigues pivots i amb lectures intermèdies proporcionalment repartides i a tres nivells, sostre, cintura i bastidor.
 - Alçada de caixa als dos extrems i al llarg de la caixa.
 - Reviró o diferència d'alçada als punts de suport de la caixa amb el bogi.
 - Contrafletxa.
 - Planituds laterals, extrems, terra bastidor i superfícies planes.

➤ Verificació de l'estanquitat del pavelló

Després de la soldadura es farà el control de l'estanquitat del pavelló. Aquest comporta en primer lloc la verificació de les soldadures:

- En cas d'alumini: per líquids penetrants. Prova d'estanquitat pneumàtica, per diferència de pressió, en temps transcorregut.
- En cas d'acer: per partícules magnètiques o líquids penetrants.

La zona de pantògraf, la d'incorporació de l'aire condicionat de passatge i cabina, i en general la coberta, serà tractada especialment comprovant-se, a banda de l'estanquitat, el drenatge correcte d'aquesta part, a fi que es produeixi una perfecta evacuació de l'aigua.

11.2.6.1.4 *Control de la pintura.*

➤ Pintura exterior de caixa

Es comprovarà que les instal·lacions estiguin proveïdes de filtres per a l'entrada d'aire, temperatura no inferior a 12 °C i humitat no superior al 85%.

Es verificaran els processos següents: Preparació de superfície, pintura d'imprimació massillat, pintura capa intermèdia, pintura d'acabat i aplicació de vinils antigrafit.

➤ Pintura exterior de sostre

Es comprovarà l'aplicació com a mínim de les capes següents:

- Capa d'epoxi.
- Imprimació.
- Capa d'acabat gruixut.
- Vernís.

11.2.6.1.5 *Inspecció de l'interiorisme*

Es procedirà a les operacions de control següents:

➤ Control del muntatge de les finestres

L'adjudicatari assegurarà el perfecte amarratge dels marcs i llunes. Es definirà amb una prova específica per comprovar la potencial sortida de la lluna o finestra del perfil de cautxú, o que es desenganxi, en cas que vagi enganxada.

➤ Inspecció del muntatge de l'aparellatge

La vigilància s'exerceix per mostreig durant l'execució dels treballs.

➤ Inspecció de la instal·lació del cablejat elèctric i estrenyiment de connexions

El cablejat després de la connexió i el marcatge es presentarà a l'inspector abans de la col·locació de l'aparellatge (per exemple: el cablejat sota el bastidor abans del muntatge dels cofres, el pupitre precablejat abans del seu emplaçament a la cabina, etc.).

Després de verificar la conformitat amb els plànols en el muntatge, les mànegues d'unió dels fils de tren no en permetran l'escanyament o els dobles.

El control unitari de cables i mànegues es farà prèviament pel servei d'inspecció de l'adjudicatari. FMB inspeccionarà per mostreig entre els lots presentats.

L'adjudicatari assegurarà que no es produeixi cap deteriorament pel moviment i per les vibracions en circular els trens. Cal embridar adequadament els cables tenint cura especialment que les arestes vives dels perfils que estiguin en contacte amb els cables es protegeixin adequadament.

L'estrenyiment de les connexions s'efectuarà amb clau dinamomètrica, marcant la posició.

El disseny del pas elèctric entre cotxes se sotmetrà a assaig funcional durant les proves de tipus i ha de demostrar la seva durabilitat davant de cicles de connexió/desconnexió, impacte ambiental i càrregues dinàmiques, conforme al que estableixen 50343 i EN 50155.

Control de qualitat en muntatge cablejat

Es faran assaigs de tracció mecànica (segons UNE EN 50343) en punts crítics, especialment on el cablatge entra en armaris, caixes tècniques o estructures mòbils.

En fase de fabricació, s'exigirà verificació visual i validació documental de:

- Ubicació de suports.
- Fixacions.
- Radi de curvatura.
- Tipologia de protecció.
- Absència de contacte amb arestes o components mòbils.

➤ Verificació i aprovació per part de FMB dels processos especials com:

- Pintura.
- Reblat.
- Soldadura.
- Connexió per pressió.
- Parells de collament. S'han de marcar totes les unions roscades o cargolades sota bastidor, inclosos els cargols dels estreps i la dels equips que estiguin sota bastidor. La resta d'unions roscades o cargolades que no estiguin sota bastidor es marcaran a partir de mètrica 6.

- Segellats o adhesivats especials (vidres frontals) o trapes laterals, paviment del terra de la sala de passatge i cabina, per exemple.
- Corbat de canonades.
- Vinilat.
- I d'altres que l'adjudicatari cregui oportú.

Aquests processos especials s'han de basar en normes internacionals. L'adjudicatari les proposarà a FMB per a la seva aprovació.

➤ Verificació general de la caixa/cotxe

Les operacions de control s'han de fer seguint els plànols de projecte i tenir cura especialment dels detalls d'acabat del revestiment interior del compartiment de passatge.

L'adjudicatari ha de proposar dossier d'acceptació de criteris visuals, per a acceptació per part de FMB, dos mesos abans de la primera inspecció.

➤ Terra

Al marge de l'enviament de les certificacions d'assaig oficial a què ha estat sotmès el material del paviment i els seus elements, al taller de l'adjudicatari es revisaran per FMB o entitat Inspectora, abans i durant la col·locació del paviment:

- a) Els materials emprats.
- b) Col·locació.
- c) Junes d'unió.
- d) Proves de desenganxat.
- e) Acabat final.
- f) Prova de resistència a l'abrasió del paviment.
- g) Harmonització del color (Matching) entre peces del paviment emprat.
- h) Planitud, dins del que requereix aquest plec.

Un cop col·locat i després del temps prescrit per a l'assecatge, es farà una prova d'estanquitat a l'aigua, particularment als llocs d'unió i sòcols, igualment es comprovarà l'absència de

flexions irregulars, al pas marcat de les zones d'unió de taulers, riostes, etc. La prova d'estanquitat a l'aigua es farà amb gran quantitat d'aquesta, imitant un rentat del terra per aigües. Aquestes comprovacions s'ampliaran amb les observacions realitzades en els primers temps d'exploació, sobretot pel que fa al marcatge de les zones de paviment i la facilitat de neteja.

No es permetran ondulacions ni desalineacions majors a 1 mm a la planitud longitudinal o transversal al llarg o ample de tot el cotxe després de l'aplicació del paviment al terra del bastidor. Tant a la zona de passatgers com a les cabines de conducció.

➤ Passadís d'intercirculació

L'adjudicatari definirà un protocol, simulant les condicions de corba, peralt, etc., de línia, cotxeres i tallers que serà sotmès a l'aprovació de FMB.

El muntatge del passadís o el propi funcionament del passadís no ha de deixar cap marca a l'extrem del cotxe on faci el tancament o es recolzi, impedit que faci malbé la pintura de la caixa.

11.2.6.1.6 *Control de l'acabat dels cotxes*

Aquest control comportarà els punts següents:

➤ Control del muntatge definitiu de les portes d'accés sala passatgers, cabina conductor i sistemes d'evacuació d'emergència frontal o lateral.

Després de consultar els plànols de muntatge, es verificarà:

- a) Els jocs.
- b) L'amplada de les guies de les portes.
- c) El reglatge del sistema de seguretat de les portes.
- d) Que no hi hagi cap fregament entre les fulles i l'armadura.
- e) El parell de collament i marcatge dels cargols de fixació.
- f) S'efectua un rodatge d'almenys 8 hores o 1000 cicles, simulant les condicions reals del funcionament de les portes. En cas de fallada d'una porta es repetirà la prova completa des de l'inici. S'ha de validar l'ajust de les portes tal com indiquin les

instruccions de muntatge del subministrador de les portes, inclòs el sistema de tancament mecànic.

g) Per als sistemes d'evacuació frontal o lateral, l'adjudicatari presentarà les instrucció de muntatge i ajustament que ha de ser aprovada per FMB.

➤ Prova d'estanquitat segons EN 14752, en la seva última versió. Aquesta norma s'aplicarà a tot el contorn del vehicle, a totes les portes, cabina inclosa i sistemes d'evacuació per al passatge o personal de metro.

➤ Control del muntatge dels seients

Es verificarà la fixació dels seients. En tots els casos n'ha de quedar assegurada la intercanviabilitat. L'alineació entre aquests sempre ha de ser menor a 1 mm entre peces del mateix conjunt de seients.

➤ Inspecció de pictogrames i rètols

S'efectuarà inspecció ocular per a la seva acceptació o rebuig, i ha de ser del tipus indeleble.

Evitant cantonades a 90 graus que en permetin la vandalització, pel fet de desenganxar-los per part del passatge.

Se seguirà allò indicat al catàleg de senyalística de FMB i fitxes per codi. Documents que han de ser lliurats per FMB en fase projecte i adaptats per l'adjudicatari als nous trens amb l'aprovació de FMB, tres mesos abans de la seva aplicació al primer tren.

➤ Inspeccions que cal fer en la col·locació dels bogis

La col·locació del bogi es realitzarà a la factoria de l'adjudicatari, una vegada efectuades el conjunt de les operacions de control. S'ha de verificar el correcte acoblament de la caixa i del bogi:

- a) Verificació de la fixació de la travessa balladora a la caixa.
- b) Regulació de l'alçada de la suspensió i del pis.
- c) Inscripció en corba i llom d'ase.
- d) Unions elèctriques i pneumàtiques.

11.2.6.1.7 *Assaigs de recepció dels vehicles a la factoria*

Els assaigs es faran seguint les especificacions del plec i el programa d'assaigs detallat, establert expressament per l'adjudicatari per a aquest material.

La revisió dels acabats dels cotxes ha de ser la darrera operació a fer prèviament a l'expedició del tren a FMB. Es farà amb el tren completament acabat, amb totes les proves acabades, inclosa l'estanquitat. El tren estarà acoblat, podent ser possible la inspecció interior, exterior, sota bastidor i coberta a la mateixa ubicació. Aquesta inspecció es realitzarà abans de dos dies laborables a la seva expedició a FMB, sent l'adjudicatari capaç de solucionar i corregir aquells punts que siguin detectats durant la inspecció i sempre abans de la seva expedició a FMB.

Per als assaigs sèrie dels trens abans de sortida de fàbrica, proves d'acceptació en fàbrica, el tren ha d'estar completament acabat i amb proteccions per a totes aquelles parts que puguin ser susceptibles de fer-se malbé durant les proves. L'adjudicatari estarà obligat a presentar a FMB, les solucions que adoptarà per protegir el tren durant les proves, per a la seva acceptació i validació per part de FMB.

S'establirà un protocol que prevegi com a mínim els assaigs de la norma UNE-EN 50215 i els que es descriuen a continuació, tant per als cotxes sols com per als trens quintuples ja formats.

➤ Assaigs dielèctrics seguint la recomanació UIC 616

- a) Assaigs dels circuits de potència (AT) .
- b) Assaigs dels circuits auxiliars (AT) .
- c) Circuits de baixa tensió.
- d) Circuits d'enllumenat.
- e) Circuits electrònics.

➤ Mesurament d'aïllaments

- a) Entre cada circuit.
- b) Entre dos circuits.
- c) Anotació dels valors a la fitxa de control.

➤ Assaigs generals dels circuits

Es tracta de verificar el funcionament correcte de cada circuit.

Assaigs de tracció

- a) Assaigs estàtics.
- b) Verificació dels sentits de rotació dels motors.
- c) Assaigs de tracció descrits als protocols corresponents.
- d) Mesurament vibracions (5xGMF) de les reductores i temperatures.
- e) Assaigs de tracció en via de l'adjudicatari.

Assaigs pneumàtics

- a) Verificació de l'arrencada i aturada dels compressors.
- b) Verificació del funcionament dels reguladors i vàlvules de seguretat.
- c) Verificació de l'estanquitat.
- d) Mesurament de pèrdues durant 20 minuts, amb tots els circuits en servei. La disminució de pressió ha de ser inferior a 1 bar.

Assaigs dels frens

- a) Verificació de les pressions per a cada nivell d'esforç de fre exigit.
- b) Verificació de l'aplicació real dels frens a cada bogi.
- c) Verificació de l'aplicació i l'afluixament del fre d'estacionament.

Assaigs de les portes

- a) Verificació general del funcionament:
 - pas entre muntants.
 - muntant de les juntes, etc.
- b) Mesurament amb dinamòmetre de l'esforç necessari per a l'obertura i el tancament:
 - motor acoblat.
 - motor desacoblat.
- c) Mesurament del temps d'obertura i tancament.

- d) Mesura de la força exercida per la porta en simulació d'atrapament.

Pesada dels cotxes i trens

Els cotxes s'han de pesar tots, donant el seu pes en aïllat i com a unitat acoblada.

Es farà amb tren acoblat seguint les normes EN50215.

Per al conjunt de les operacions ja esmentades donarà lloc a establir una fitxa de control d'assaigs que necessitarà per a cada cotxe:

- a) Els números de sèrie marcats sobre el conjunt de l'aparellatge instal·lat sobre cada cotxe.
- b) El gàlib del vehicle.
- c) Els pesos dels cotxes.
- d) Les observacions formulades sobre el material lliurat.

11.2.6.2 Programa de control dels bogis

S'estableix per als bogis un programa de control anàleg al de les caixes. Comprendrà per a un programa tipus les operacions següents:

11.2.6.2.1 *Caldereria*

- a) Recepció de les matèries primeres.
- b) Control de l'embotit de les xapes.
- c) Control de les soldadures i de la competència dels soldadors (peces de seguretat).
- d) Control del xassís sobre el poltre.

Aquest control s'efectuarà de manera anàloga al del xassís de la caixa.

11.2.6.2.2 *Mecanitzat*

Control general de les operacions de mecanització.

11.2.6.2.3 *Muntatge del bogi*

- a) Conformitat.

- b) Jocs parells de collament.

11.2.6.2.4 *Recepció dels bogis*

- a) Control del tarat, dels jocs i de les curses, per als diferents estats de càrrega.
- b) Control dels frens: funcionament, control d'eixos, jocs, fre d'estacionament, etc.
- c) Controls elèctrics: mesura d'aïllament fil a fil.
- d) Control d'estanquitat del circuit pneumàtic.
- e) assaigs sobre el banc de proves, previstos com a assaigs de tipus o de sèrie per als bogis motors.

11.2.6.2.5 *Acabats*

- a) Pintura i inscripcions. L'esquema de pintura proposat per a l'interiorisme, els cotxes i els bogis ha de ser aprovat per FMB.
- b) Greixatge, omplert d'oli dels reductors.

11.2.6.2.6 *Fitxes de recepció*

Comprèn els resultats dels diferents controls.

11.2.6.3 Programa de les principals operacions de control dels motors de tracció

Els controls a realitzar han de ser els indicats als apartats següents.

11.2.6.3.1 *Estator*

- a) Part mecànica.
 - carcassa.
 - coixinets.
- b) Part elèctrica.
 - Bobinats.
 - Connexions.
 - Aïllaments.

- c) Muntatge de l'estator. Cablejat. Acabats.
 - Controls del cablejat i de l'aïllament de les connexions.

11.2.6.3.2 *Rotor*

- a) Part mecànica
 - Arbre: verificacions dimensionals dels diàmetres i controls de la concentricitat.
 - Con mòbil.
 - Ventilador.
 - Xapes.
- b) Muntatge de l'armadura
 - Apilat.
- c) Assaigs
 - Mesurament de les resistències.
 - Ona de xoc i assaigs d'alta tensió a massa.

Immediatament després de l'assaig de sobrevelocitat, s'aplicarà una tensió alterna de 3750 V, 50 Hz durant un minut, entre tots els enrotllaments connectats en sèrie i la massa.

11.2.6.3.3 *Muntatge del motor*

- a) Control dels rodaments.
- b) Control de la col·locació del rotor.
- c) Mesurament del joc lateral i radial.

11.2.6.3.4 *Assaigs del motor. Assaigs a plataforma*

- a) Mesurament de les resistències.
- b) Escalfament unihorari.
- c) Característiques de càrrega.

- d) Sobrevelocitat.
- e) Assaig dielèctric.
- f) Mesurament de l'aïllament.

11.2.6.3.5 *Equipament del motor*

- A) Control de l'estanquitat de les caixes de borns i dels registres.
- b) Control de la protecció de les parts mecanitzades.
- c) Control de l'estat de la pintura.
- d) Verificació de la identitat del motor i dels seus elements.

11.2.6.4 Control de l'equip de tracció, convertidors estàtics i la resta d'equips electrònics.

L'adjudicatari lliurarà a FMB la documentació acreditativa dels equips electrònics següent:

- Els processos de selecció i homologació dels components muntats a l'equip.
- Els procediments de control de qualitat aplicats a la recepció dels elements de l'equip procedents de subministradors externs.
- Les etapes de fabricació de l'equip, detallant-se els procediments de control de qualitat i proves que s'efectuen en cadascuna.

Així mateix, l'adjudicatari elaborarà un Pla de Control de la fabricació dels equips, que ha de ser sotmès a l'aprovació de FMB, en el qual s'assenyalaran les fites més rellevants susceptibles de ser sotmeses a inspecció per part de FMB.

L'adjudicatari ha d'assegurar la traçabilitat de la fabricació dels equips des de l'amuntegament de components fins a les proves tipus o sèrie finals.

11.2.6.5 Control dels subcontractistes

Els controls itinerants asseguraran la recepció dels aparells i subconjunts més importants, instal·lats als cotxes. S'establirà un document d'acord amb l'adjudicatari dins la llista dels aparells a rebre a les fàbriques dels subcontractistes. Aquesta llista inclourà, en particular, les bateries, compressors, grups convertidors, aparells de fre, enganxalls i equips principals que determini FMB en fase de projecte. Necessitarà les operacions de recepció, així com els assaigs a realitzar, que sotmetrà a l'aprovació de FMB.

Per procedir a la recepció dels equips que hagin de superar proves sèrie, serà condició necessària que aquests vinguin acompanyats amb la documentació, justificativa que aquestes proves han estat realitzades i superades. Certificats 3.1 segons EN 10204 en la seva última versió.

11.2.6.5.1 *Aparells de commutació*

Interruptors, seccionadors, commutadors i relés

La normativa aplicable a aquests materials és la següent, o les equivalents més actualitzades:

NF C 45.250	Relés elèctrics. Relés tot o res.
NF C 62.002	Material ferroviari. Relé tot o res encapsulat.
CEI 77	
UIC 616	
CEI 408	Interruptors, seccionadors, interruptors i seccionadors combinats amb fusibles a baixa tensió.
NF C 61.120	Interruptors i commutadors per a aparells.
NF C 63.130	Interruptors. Seccionadors. Commutadors.
NF C 94.412	Components electromecànics. Interruptors i inversors de bàscula. Prescripcions generals.
UNE-EN 60129:96	Seccionadors de corrent altern per a alta tensió i seccionadors de posada a terra.
UNE 20103	Interruptors automàtics de baixa tensió per a circuits de distribució.
UNE 20314	Aparells elèctrics de baixa tensió. Regles de seguretat. Protecció contra xocs elèctrics.

El control es farà per mostreig.

Connectors Disjuntors d'ús general

S'aplicarà la normativa següent:

NF C 20.040	Línies de fuites i distància d'aïllament a l'aire.
-------------	--

NF C 63.110	Contactors. Regles (o el seu equivalent).
NF C 63.120	Disjuntors. Regles.
UNE-EN 61095:99	Aparellatge de maniobra de baixa tensió. Connectors
CEI 77157-1	
El control es farà per mostreig.	

11.2.6.5.2 *Motors auxiliars industrials*

Si són de corrent continu, suportaran els assaigs de tipus i de sèrie assenyalats a la norma CEI 349-1, segons un programa simplificat respecte dels motors de tracció, que no inclourà els assaigs de recerca. Aquesta norma i les proves que calgués fer quedaran complementades per les normes UNE20113 i 20116, referents a màquines elèctriques rotatives.

Els motors de corrent altern suportaran assaigs de tipus i de sèrie.

Els assaigs de tipus es faran amb el motor alimentat pel seu convertidor, tal com estigui al tren. Comprèn:

- a) Mesurament de les resistències.
- b) Sentit de rotació.
- c) Escalfament.
- d) Mesurament de les característiques par-velocitat, potència.
- e) Assaigs dielèctrics segons la norma CEI 349-2.
- f) Assaigs de curtcircuit rotor bloquejat.

A continuació d'aquests assaigs, es determinarà, per als assaigs de sèrie, un règim equivalent en alimentació a 50 Hz.

Els assaigs de sèrie comprendran:

- a) Mesurament de les resistències, que han de ser idèntiques ($\pm 6\%$) a les obtingudes a l'assaig de tipus del motor.
- b) Funcionament en un punt característic de cada règim de definició (la intensitat no ha de variar en un $\pm 10\%$ de la de l'assaig tipus).

- c) Assaigs dielèctrics segons la norma NF C 51.111.

11.2.6.5.3 Ventilació:

Els controls particulars sobre els grups de ventilació verificaran:

- a) L'equilibrat del motor, que ha de respectar un grau 2,5, es regeix segons la norma ISO 1940.
- b) L'equilibrat del conjunt, que ha de respectar un grau 6,3, es regeix segons la norma ISO 1940.
- c) Un assaig de funcionament que permet determinar els règims de funcionament, sobre un calaix equivalent per al primer equip segons la norma.

11.2.6.5.4 *Equips electrònics, sistema informàtic embarcat, sistemes de comunicació, sistemes de conducció automàtica sense conductor.*

L'adjudicatari d'aquests sistemes ha d'establir per a cadascun dels elements constitutius del sistema, una prova tipus i sèrie que ha de ser aprovada per la Inspecció de FMB.

L'adjudicatari estarà obligat a fer aquestes proves previ el muntatge al tren, respectant la normativa aplicable en cada cas.

L'adjudicatari de l'equip de radiotelefonia farà una posada a punt final a les dependències de FMB i condicions reals de servei.

Per a aquells equips que necessitin una posada a punt final a les dependències de FMB i en condicions reals de servei, també ha d'establir una prova tipus i sèrie que ha de ser aprovada per FMB.

11.2.6.5.5 *Resistències de fre*

S'ha de verificar la conformitat de les resistències de fre amb la prescripció CEI 322.

11.2.6.5.6 *Conductors i cables elèctrics (confirmar)*

Les verificacions i els assaigs s'han de consignar a les fitxes de control d'assaigs establerts per l'adjudicatari i s'enviaran al control, i es poden efectuar les verificacions per mostreig.

Els conductors portaran imprès a la coberta, lot, sigles de FMB, secció, nombre de conductors, tensió d'aïllament, etc.

Assaigs a la totalitat del subministrament

Complirà el que estableix la norma UNE de referència per a assaigs de cable en baixa i alta tensió.

- a) Assaigs de rigidesa dielèctrica en sec sobre els cables apantallats
 - Entre conductors.
 - Entre conductors i pantalla.
- b) Assaig de rigidesa dielèctrica després de la immersió en aigua per als conductors i cables no apantallats.
- c) Mesurament de la resistència d'aïllament.

Assaigs i verificacions efectuats per mostreig sobre una mostra de cables i conductors acabats

- a) Verificació de l'aspecte superficial de la banda de protecció.
- b) Verificació de les inscripcions i marques del cable sobre la banda.
- c) Verificació del diàmetre exterior del cable i de la cilindrada.
- d) Verificació de la constitució del cable i del marcatge dels conductors.
- e) Verificació del gruix i del centrat de les bandes aïllants i de protecció.
- f) Mesurament de la resistència lineal dels conductors.
- g) Verificació de l'estanyat dels fils de coure.
- h) Verificació de la resistència a la propagació de la flama i l'opacitat de fums i lliure d'halògens.

Assaigs que ha de fer el subministrador

Els assaigs següents els farà el subministrador i els resultats es plasmaran sobre fitxes de control d'assaigs.

- a) Verificació de la continuïtat dels conductors.

- b) Verificació de les característiques mecàniques dels embolcalls aïllants i del revestiment en estat de connexió i després d'un envelliment accelerat.
- c) Assaigs d'enrotllament a baixa temperatura i assaigs de congelació sobre les cobertes dels conductors i el revestiment de protecció de clorur de vinil.
- d) Verificació de la resistència de les bandes de protecció a l'oli mineral.

Normativa

- a) Dades generals.

Als cables que es faran servir i sobre tots els d'alta tensió, es tindrà en compte la tensió de catenària, les tensions parcials que es puguin generar als circuits d'AT i els seus efectes a les seccions de cables per a la tensió més baixa.

A tots els cables que es faran servir s'han d'indicar, mitjançant els certificats corresponents, les característiques i les dades següents:

- Fabricant.
- Tipus, color i denominació comercial.
- Secció i composició.
- Tipus i gruix de l'aïllament nominal.
- Diàmetre exterior nominal.
- Pes aproximat en kg/km. En cables especials s'indicarà, a més a més, la capacitat en pF/m.
- Càrrega permanent en A.
- Temperatura de treball permanent.
- Tensió nominal del cable.
- Tensió de prova.
- Tensió de servei.
- Resistència d'aïllament segons les normes UNE 21026; UNE-EN 21027-09; UNE 21028; UNE-EN 21028-98; UNE 21119.

- Assaigs de tensió segons les normes UNE 21026; UNE-EN 21027-98; UNE-EN 21028-98; UNE-EN 21031-98; UNE 21119.
- Assaigs d'aïllament i cobertes segons normes UNE-EN 60811-96; UNE 21022, UNE 21064.
- Lloc i data de realització dels assaigs.

b) Verificació de les característiques generals dels cables.

Es comprovarà que tots els tipus de cables que es faran servir compleixen el que especifica la fitxa UIC 895-OR.

c) Proves i reacció al foc i emissió, opacitat i toxicitat de fums.

Abans del començament del muntatge del cablatge, l'adjudicatari ha de lliurar a FMB el certificat corresponent, expedit pel laboratori oficial, de la qualificació, tant de reacció al foc com d'emissió, opacitat i toxicitat de fums de tots els cables que es faran servir segons la norma UNE-EN 45545.

FMB ha de donar aprovació abans de procedir al muntatge.

Així mateix, FMB podrà proposar proves alternatives d'assaig dels cables al foc segons UNE-EN 50265-99.

d) Altres proves.

L'adjudicatari, en fase de projecte, presentarà proposta a aprovar per FMB de les proves següents:

- Assaigs de flexibilitat segons CEI 228. Aquesta prova serà obligatòria per als cables de motors.
- Assaig de resistència d'aïllament segons UNE 21026, UNE-EN 21027-98; UNE-EN 21028-98; UNE-EN 21031-98; UNE 21119.
- Assaig de fums corrosius, segons UNE-EN 50267-98; CEI-754, o CEI-332.
- Assaigs de contingut d'halògens, segons UNE-EN 50267-99 21147 o CEI 754.
- Assaig de resistència a l'oli, segons MIL-C-915 E o ASTM equivalent.

- Assaig de característiques mecàniques segons UNE 21123.
- Assaig de temperatura admissible, segons CEI-216.
- Assaig de constitució del conductor, segons UNE 21022 o CEI 228.
- Assaig d'esquinçament, segons BS-6899.
- Assaig d'abradió segons DIN-53516.

Sobre cotxe muntat es comprovarà la correcta execució del cablatge (fixacions, guies malls, articulacions, absència de frecs) etiquetatge, comprovant-se que són indelebles.

Es comprovarà, així mateix, l'existència de cables de reserva, la identificació i la localització d'extrems.

Serà obligatòria per a l'adjudicatari preparar els bancs dels diferents armaris elèctrics distribuïts pel tren per poder presentar a FMB la ruta i la fixació dels cables a tots aquests. L'adjudicatari no podrà llançar-ne la fabricació sèrie sense l'aprovació expressa de FMB.

11.2.6.6 Operacions de control de peces mecàniques i matèries primeres.

La naturalesa d'aquests controls s'ha de definir en funció del programa que cal dur a terme. A títol orientatiu s'indiquen a continuació alguns exemples.

11.2.6.6.1 *Peces modelades*

Les subcomandes s'han de redactar amb precisió, i han de portar les indicacions següents:

- El número de venda.
- El número de subcomanda.
- El tipus de peces demanades.
- La quantitat de peces demanades.
- El número de plànol.
- El número del model.
- Les condicions d'execució desbast, adollat, pintura.

- La qualitat del material.
- El marcatge de les peces.
- Els números i les referències de les normes per a la recepció.
- El principi a adoptar les reparacions eventuais.
- La classe de defectes admissibles (gammagrafies classe ASTM).
- Els terminis de fabricació.
- Les condicions de convocatòria del recepcionari.
- Normes utilitzades per a les recepcions.
- Criteris d'acceptació.

Es distingiran dos casos:

Peces tipus

- a) Per al cas de grans peces (carcasses). Assaigs no destructius. Examen de gammagrafies (si està previst a l'especificació) amb definició de la classe ASTM d'acceptació de defectes: vetes, buits, inclusions, esquerdes.

Determinació de les parts de la peça a gammagrafiar. Examen de la peça per ultrasons.

Determinació dels punts crítics a inspeccionar per ultrasons.

- b) Per al cas de peces petites (30 kg). Assaigs destructius.

La peça es destruirà en presència de l'inspector, per tornejat, serrat o esmolat, observant-ne l'homogeneïtat (en el cas de suports, plats de collament, peces d'unió).

Es determinaran quins han de ser els assaigs aplicables a les peces de sèrie.

Peces de sèrie

S'efectuaran les intervencions següents:

- a) Assaigs mecànics.

- Tracció.
- Resiliència.
- Permeabilitat magnètica.

b) Anàlisi química.

c) Verificació dimensional per mostreig.

11.2.6.6.2 *Peces forjades*

a) Control del 50% dels productes:

Característiques químiques.

Característiques mecàniques.

Característiques geomètriques.

Característiques físiques.

Característiques tecnològiques.

b) Control de peces modelades, desbastades o acabades:

Recuit de normalització.

Tractament tèrmic.

Verificacions.

Assaigs.

11.2.6.6.3 *Eixos i rodes*

El lliurament de les primeres matèries es farà d'acord amb la norma UNE 36007. Condicions generals tècniques de subministrament de productes siderúrgics i EN 13262. Aplicacions ferroviàries, eixos muntats i rodes, requisit de producte.

Els eixos es verificaran a més per ultrasons.

Els productes acabats han d'estar controlats des del punt de vista dimensional.

Es faran controls sobre les matèries primeres, mitjançant provetes (duresa HB, resiliència, tracció, composició química), segons les normes que es descriuen.

Les proves i els controls es realitzaran a la totalitat d'eixos i rodes.

Les normes de referència són:

UIC 811	Especificació tècnica per a la fabricació d'eixos per a material remolcat.
UIC 812	Especificació tècnica per a la fabricació de rodes monoblocs en acer no aliat, laminat o modelat per a material mòbil, motor i remolc.
UNE 36006	Tractaments tèrmics dels productes ferris. Terminologia i definicions.
UNE 7282	Presa i preparació de mostres i provetes de productes d'acer laminat i forjat.
UNE 7262	Assaig de tracció per a productes d'acer.
UNE 7290	Assaig de flexió per xoc amb proveta entallada de productes d'acer.
NF A 04.101	Productes metal·lúrgics. Proves magnetoscòpiques (detecció amb líquids magnètics).
UNE 7280	Determinació de la mida de gra en acers.
UNE 7278	Inspecció de xapes per ultrasons.
NF A 5.151	Productes siderúrgics. Examen macrogràfic per sals de plata i àcid sulfúric. Mètode de Baumann o impressió al sofre.
NF F 01.104	Rodaments per a caixes de greix. Control de recepció.
NF F 01.026	Marcatge dels eixos, rodes, bandatges i eixos muntats. Definició de les marques.
NF F 01.027	Marcatge dels eixos.
NF F 01.110	Centre de mecanitzat tipus A, acabat per a eixos.

11.2.6.6.4 Reductors

Es farà un control del material per colada i un per conjunt després d'haver seguit el tractament tèrmic. Aquests controls es faran sobre barres testimoni mitjançant assaigs destructius.

Les peces en brut forjades es tractaran de manera similar a la dels eixos.

Durant la fabricació, es procedirà als controls següents:

- Tractament.
- Estat superficial.
- Dimensional.
- Cerca d'esquerdes.
- Controls sobre registre gràfic de la geometria de les dents i de l'engranatge. Aquests controls s'han de fer mitjançant màquines especials.

Es verificarà:

- La despulla.
- L'error individual del pas.
- L'error total de divisió.
- L'error total de perfil.
- L'error compost radial.
- El salt radial.
- El salt de distorsió.

El conjunt de normes utilitzades en el curs d'aquests controls és:

UNE 7282	Presa i preparació de mostres i provetes de productes d'acer laminat i forjat.
UNE 7262	Assaig de tracció per a productes d'acer.
UNE 7017	Determinació de la duresa de productes d'acer pel mètode Brinell.
UNE 7053	Assaig de duresa en productes d'acer pel mètode Rockwell.
UNE 7054	Determinació de la duresa en productes d'acer pel mètode Vickers.
UNE 7290	Assaig de flexió per xoc amb proveta entallada de productes d'acer.

NF A 04.101	Productes metal·lúrgics. Proves magnetoscòpiques (detecció amb líquids magnètics).
NF A 04.102	Determinació de la mida de gra ferrític o austenític dels acers.
NF A 04.106	Mètodes de determinació del contingut d'inclusions no metàl·liques en acers laminats i forjats Part II - Mètode microgràfic amb l'ajuda d'imatges tipus.
NF A 04.202	Productes siderúrgics. Determinació i verificació de la profunditat convencional de cimentació.
NF A 04.203	Productes siderúrgics. Determinació de la profunditat convencional de tremp després d'escalfament superficial.
NF A 04.204	Productes siderúrgics. Determinació del gruix total o convencional de les capes primes endurides superficialment.
NF A 05.150	Productes siderúrgics. Tècniques d'examen microgràfic.
NF A 05.151	Productes siderúrgics. Examen macrogràfic per impressió a les sals de plata i a l'àcid sulfúric. Mètode anomenat de Baumann o impressió al sofre.
NF A 05.153	Productes siderúrgics. Examen macroscòpic per atac amb sals de coure.
NF A 05.154	Productes siderúrgics. Tècnica de rèplica metal·logràfica (examen òptic).
NF F 00.027	Rosca gas.
NF E 03.053	Rosques mètriques amb perfil triangular. Sistema ISO de tolerància de rosques. Qualitat mitjana 6H/69 per a bolons i altres aplicacions usals.
NF E 05.015	Estat superficial dels productes. Prescripcions. Generalitats. Terminologia. Definicions.
NF E 23.006	Precisió dels engranatges paral·lels amb dentat d'envoltant.

11.2.7 Nivells de control que cal aplicar als diferents òrgans del vehicle

Per al conjunt del subministrament, les operacions d'inspecció es reparteixen en quatre nivells:

1. Nivell 1

Aquest nivell afecta a tots els productes d'ús general i per als quals no se suposen característiques particulars. No s'hi exercirà control per part de FMB a les factories dels subministradors, però poden ser rebutjats si no responen a les exigències.

2. Nivell 2

El control de nivell 2 afecta a tots els productes, subconjunts i conjunts amb característiques imposades per als quals s'establirà una fitxa de control específica.

FMB en podrà exercir control a les factories dels subministradors.

3. Nivell 3

A aquest nivell pertanyen tots els conjunts principals, entre els quals es pot citar, per exemple:

- Grup motocompressor.
- Convertidors estàtics
- Els elements de fre.
- Els elements de seguretat.
- Els enganxalls.
- etc.

El control s'exerceix a tots els àmbits de la fabricació: per a cada conjunt, subconjunt o element, s'establirà una fitxa de control i d'assaigs que han de ser aprovades per la Inspecció de FMB.

FMB en podrà exercir control a les factories dels subministradors.

4. Nivell 4

Aquest control l'exerceixen els inspectors de FMB a les factories dels membres del grup que fabriquin les caixes, bogis, motors i equips principals.

El seguiment de la construcció s'efectua seguint les normes habituals aplicades al material ferroviari i conegudes pels membres del grup. El programa l'establirà l'adjudicatari i el sotmetrà, amb l'antelació mínima de dos mesos abans de l'inici de la fase de fabricació, a l'aprovació de la Inspecció de FMB.

FMB en podrà exercir control a les factories dels subministradors.

Les propostes indicades en aquest capítol són a títol orientatiu. No són ni exclusius ni excloents i les precisarà FMB en fase de projecte amb l'adjudicatari, en funció del disseny dels equips".

11.2.7.1 Caixa

<u>Material</u>	<u>Nivell de control</u>
Muntatge general a la fàbrica	4
Muntatge de la caixa	4
Peces modelades d'aliatge lleuger	2
Perfils i xapes de l'estructura	2
Enganxalls i barres	4
Bolons de seguretat	2
Terra	2
Vidres i parabrises	3
Revestiment del terra	2
Portes i mecanismes	4
Plaques de decoració	2
Unions de les finestres i portes	2
Seients	2
Cables	2
Bateries	1

Convertidors estàtics	4
Grup compressor	4
Equip de control del fre pneumàtic	3
Dipòsits d'aire	3
Unions pneumàtiques	2
Electrovàlvula de fre	3
Equip antibloqueig	3
Mànegues de connexió d'aparells	4
Tacogeneradors i captadors de velocitat	2
Equip ATP-ATO	4
Equip de conducció automàtica sense conductor	4
Equip registrador (caixa negra)	4
Pantògraf	3
Manipuladors, selector, etc.	4
Equip aire condicionat	4
Aparells d'alarma	3
Commutadors	1
Mànegues entre vehicles	4
Mànegues de connexió d'aparells	4
Fusibles	2
Armaris de relés	2
Sistema informàtic embarcat	4
Sistema de videovigilància.....	4

Tren-Stop 3

11.2.7.2 Bogis

<u>Material</u>	<u>Nivell de Control</u>
-----------------	--------------------------

Productes siderúrgics	2
Muntatge dels bogis	4
Xassís i travesses	4
Peces embotides i forjades.....	2
Elements de cautxú	2
Rodes.....	4
Eixos	4
Dipòsits de la suspensió	2
Vàlvules d'anivellament	2
Amortidors	2
Muntatge del reductor	4
Càrter del reductor	2
Engranatges	4
Muntatge de la timoneria del fre	4
Cilindres de fre	3
Cables	2
Bolons de seguretat	2

11.2.7.3 Motors de tracció

<u>Material</u>	<u>Nivell de Control</u>
-----------------	--------------------------

Muntatge dels motors	4
----------------------------	---

Carcassa motor	2
Eix motor	3
Rodaments	2
Fil de bobinatge	1
Rotor	4
Ventiladors	2
Bolons de seguretat	2
Captadors de velocitat	2

11.2.7.4 Equip de tracció

<u>Material</u>	<u>Nivell de control</u>
Equip electrònic de control.....	4
Circuit de potència	4
Bobines	4
Condensadors de potència	4
Suports	2
Fil de bobinatge	1
Bolons i cargols de seguretat.....	2
Bolons de seguretat	2
Contactors AT	3
Disjuntor	4

11.2.8 Assaigs i controls

11.2.8.1 Generalitats

Els trens complets han de ser objecte d'assaigs particulars; el primer tren se sotmetrà a assaigs de tipus per homologar i ajustar els equips del tren. Tots els trens se sotmetran a assaigs sèrie. El programa de proves tipus i sèrie l'ha de presentar l'adjudicatari amb una antelació mínima de dos mesos a la fabricació dels primers components principals del tren i l'ha d'aprovar FMB.

Els assaigs dinàmics tipus i sèrie es realitzaran en una via de proves fora de les instal·lacions de FMB. L'adjudicatari serà responsable de disposar de via de proves i dels recursos necessaris per dur-les a terme.

Per a aquelles proves que sigui imprescindible fer-les a les vies de FMB, l'adjudicatari ha de considerar que la disponibilitat per a aquestes proves serà de 1 a 4 hores per dia, tres dies a la setmana, en horari nocturn.

Tots els assaigs i proves el ha de fer personal qualificat i en presència de personal de FMB. En finalitzar aquest assaig, s'ha d'emplenar el full d'aprovació corresponent, on ha d'aparèixer la informació següent:

- Normativa aplicada durant l'assaig per obtenir el resultat.
- Característiques principals de l'equip o subconjunt.
- Normativa aplicada durant l'assaig per obtenir el resultat.
- Valors extrets durant l'assaig amb les toleràncies corresponents.
- Lloc, data i signatures dels responsables de l'assaig, tant de FMB com del personal assignat per l'adjudicatari.

Totes les normes que es facin servir o esmenten a la documentació de l'adjudicatari, per a l'execució del procés productiu, el muntatge o les corresponents proves i assaigs, s'han de lliurar a FMB com a mínim dos mesos abans de la realització dels muntatges, o de les proves o assaigs.

11.2.9 Gestió de la fabricació

11.2.9.1 Pla de control de l'adjudicatari

11.2.9.1.1 *Presentació del control de qualitat*

L'adjudicatari presentarà en fase de projecte la seva organització general de control. Comprendrà els punts següents:

- a) Organització del servei de control de qualitat.
- b) Procediments de control a les factories dels subcontractistes.
- c) Disposicions per a la recepció dels materials.
- d) Pla de control de la producció.
- e) Llista de màquines d'assaig i instruments de mesura.

11.2.9.1.2 *Programa de control de l'adjudicatari*

En un període que no ha d'excedir dos mesos després de la signatura del contracte, l'adjudicatari presentarà a la Inspecció de FMB un programa de control adaptat al projecte que incorporarà les parts següents:

➤ **Organització**

El grup perquè pugui ser autènticament eficaç, ha d'estar deslligat de l'oficina tècnica i de producció, i dependre exclusivament de la direcció.

➤ **Metodologia de control**

L'adjudicatari complirà les normes necessàries per garantir l'assegurament de la qualitat, editant el Pla de Qualitat i el Pla de Control de Qualitat que han de ser sotmesos a l'aprovació de FMB. El Pla de Qualitat s'ha de fer d'acord amb la norma IRIS ISO 22163

➤ **Control de recepció**

S'han de controlar tots els productes rebuts. El control es pot fer per mostreig estadístic o sobre la totalitat dels productes. Les peces i els subconjunts han de ser identificats i els certificats i els informes d'acceptació dels productes han d'estar a la disposició de la Inspecció de FMB.

➤ **Certificat de conformitat**

L'adjudicatari podrà establir un procediment que li eviti en certs casos el control per mostreig i assaigs, i no caldrà un control per part de l'adjudicatari dels materials o elements acompanyats d'un certificat de conformitat total amb les especificacions, emès pel subministrador. Això no obstant, la Inspecció de FMB pot sol·licitar un control per sondeig. El

fet que les matèries siguin utilitzades a la vista del seu certificat de conformitat no exigeix l'adjudicatari de la responsabilitat d'emprar les matèries d'acord amb les especificacions, i són rebutjades totes les matèries no conformes una vegada fet el mostreig.

➤ Punts de control client

Per assegurar un control permanent de la fabricació, l'adjudicatari establirà un Pla de Control i d'Inspecció i Assaigs, que ha de ser aprovat per FMB, on s'especifiquin els "punts de control client" a les cadenes de fabricació; aquests punts podran ser d'avís, inspecció o espera, a la inspecció de FMB. Per a cada punt, l'adjudicatari establirà les actes de verificació i control que han de ser visades per la Inspecció de FMB, l'adjudicatari comunicarà a la Inspecció de FMB el pas de cada "sistema" a cada "punt de control client" en els terminis fixats.

➤ Materials, peces i aparells i subconjunts

El control es refereix bàsicament a la qualitat de l'execució, la conformitat als plànols i càlculs, i el compliment satisfactori dels assaigs de tipus, assaigs de primer article i proves sèrie.

S'exercirà en tots els casos, independentment que els subministradors siguin subcontractistes o no.

➤ Grans conjunts, cotxes i trens

El control fa referència a la fabricació de les caixes dels cotxes, bogis, motors, equips de tracció, equips principals, i altres elements, efectuat per la Inspecció de FMB, que farà la supervisió i les verificacions necessàries als diferents estats de la realització.

Participaran en els assaigs parcials i generals dels bogis, motors, equips de tracció dels cotxes i trens formats abans de la seva expedició, la qual quedarà subordinada a l'autorització corresponent donada per FMB.

D'altra banda, s'ha d'enviar a la Inspecció de FMB una còpia de totes les comandes que es cursin referents al vehicle en construcció. Els subcontractistes procediran de la mateixa manera en la compra dels materials necessaris. Per a cada operació de recepció satisfactòria, la Inspecció de FMB lliurarà un butlletí d'autorització d'expedició.

Després d'haver llançat i presentat el projecte a la revisió de disseny, el constructor està obligat a comunicar qualsevol canvi de subministrador, centre de producció, procés productiu o disseny que es pugui produir en qualsevol fase posterior del projecte.

Sense l'acceptació per escrit per part de FMB de qualsevol dels canvis esmentats, implica la no-acceptació d'aquests, i la consegüent substitució o modificació per part de l'adjudicatari, per a l'acceptació dels trens. En cap cas suposarà cap cost per a FMB.

Les verificacions efectuades per la Inspecció de FMB deixen plena i sencera responsabilitat a l'adjudicatari que ha d'assegurar els seus propis controls a tots els nivells de fabricació i d'assaigs. Aquests controls són a càrrec de l'adjudicatari.

Cap de les verificacions dutes a terme pel personal de FMB allibera totalment o parcialment el constructor d'una mala execució o funcionalitat de la seva responsabilitat envers la decisió, i la resolució posterior.

11.2.9.2 Principis del programa de la inspecció de fabricació

11.2.9.2.1 *Prescripcions administratives concernents a l'establiment de comandes*

11.2.9.2.1.1 Establiment de comandes

Les comandes trameses a FMB han de portar obligatòriament les informacions següents:

- a) El número i la data en què s'ha efectuat la comanda original enviada al subministrador.
- b) El nom del subministrador.
- c) La indicació precisa de la factoria encarregada de l'execució.
- d) La denominació i les quantitats exactes dels productes sol·licitats.
- e) Les condicions de recepció: plànols, especificacions tècniques, etc.
- f) La menció: "aquestes mercaderies només es poden entregar amb l'autorització de FMB".
- g) Les prescripcions que s'indiquen als apartats següents per a l'establiment de comandes.
- h) Especificació General de compra i Especificació Tècnica, normes, requeriments de qualitat.

11.2.9.2.1.2 Peticions de recepció

Les peticions de recepció s'han de comunicar mitjançant un document, 10 dies abans de la data prevista, assegurant la recepció amb 3 dies d'antelació a l'enviament de les comandes.

El conjunt de les comandes o els documents han de ser sotmesos al control de la Inspecció de FMB des del seu inici, amb vista a determinar el tipus de control que cal aplicar d'acord amb el programa establert.

Els aprovisionaments principals dels subcontractistes i els seus subministradors es faran per mitjà de comandes redactades de la mateixa manera.

11.2.9.2.2 *Establiment de les fitxes de control*

Les fitxes de control per "punt", contindran bàsicament les dades següents:

- Per a les caixes:

- A) Homologació dels soldadors i mètodes de soldadura.
- b) Qualificació com a nivell II dels inspectors d'END, segons UNE-EN ISO 9712.
- c) Verificació de la caldereria després de la fabricació.
- d) Verificació de l'estanquitat del pavelló i el sostre.
- e) Control dimensional de les travesses pivot, del xassís, de la caldereria, etc.
- f) Aplicació de la pintura i dels rètols.
- g) Verificació dels revestiments.
- h) Muntatge de les portes i finestres.
- j) Llista d'instruments de mesura utilitzats a les inspeccions realitzades.

- Per als bogis

- a) Homologació dels soldadors i mètodes de soldadura.
- b) Qualificació com a nivell II dels inspectors d'END, segons UNE-EN ISO 9712.
- c) Control dimensional del xassís.

- d) Acabats, conformitat dels jocs, parells de collament, tractament tèrmic, etc.
- e) Aplicació de la pintura i rètols.
- f) Greixatge, ompliment d'oli dels reductors.
- g) Llista d'instruments de mesura utilitzats a les inspeccions realitzades.

- Per als motors:

- a) Verificacions dimensionals i d'aspecte després del muntatge.
- b) Acabats, conformitat dels jocs, parells de collament equilibrat, etc.
- c) Control de l'estanquitat de les caixes de borns, registres, filtres, etc.

- Per als altres sistemes:

L'adjudicatari completarà aquesta llista per a cadascun dels subconjunts o òrgans del material mòbil, necessitarà les operacions de control i establirà un projecte de fitxa de control sotmès a l'aprovació de l'FMB.

11.3 PLANIFICACIÓ DE FABRICACIÓ, PROVES I POSADA EN MARXA

Les fases clau del projecte són:

- FASE I (abans del 4 setmanes des de la signatura del contracte): A l'inici del contracte, màxim en un (1) mes des de la signatura del contracte, l'adjudicatari ha d'haver lliurat la proposta documental per revisar-la. FMB disposarà d'una (1) setmana de termini per revisar-la i autoritzar-ne l'ús si es compleix amb el que especifica el PPT.

En cas que la proposta documental no sigui aprovada per FMB en el termini indicat, l'adjudicatari disposarà d'una (1) setmana de termini per presentar una proposta amb les modificacions sol·licitades per la FMB. En cas de no complir les modificacions sol·licitades en el termini indicat, no serà aprovat per FMB.

Si, una vegada transcorreguts els terminis indicats, la proposta documental no hagués estat aprovada per FMB es considerarà com a no formalitzat el contracte sense que l'adjudicatari inicial tingui dret a indemnització ni cap compensació per cap concepte i FMB es reservarà el dret a reclamar la indemnització que correspongui. Així mateix, s'adjudicarà el contracte al licitador que hagi presentat la següent oferta amb una millor relació qualitat-preu, prèvia presentació de la documentació exigida a la clàusula 22.8 del PCP.

La documentació s'entregarà en format informàtic pdf.

L'adjudicatari entregarà la documentació de justificació següent:

- Descripció general del tren, incloent-hi els seus equips i subsistemes.
- Relació dels principals proveïdors i fabricants.
- Documentació detallada per a transformació de cabina a GOA4 (plans, modelatge 3D, temps, etc.).
- Documentació detallada de la instal·lació del sistema de detecció de descarrilament.
- Documentació tècnica CBM.
- Llista de substàncies candidates extremadament preocupants que l'adjudicatari es compromet a no fer servir.
- Justificació segons ISO 21106:
 - Reciclabilitat: 95%.
 - Recuperabilitat: 98%.
- Justificació del pes total del tren:
 - Lot 1: Trens L2 i L4: 155.000 kg.
 - Lot 2: Trens L1: 161.000 kg.
 - Lot 3: Trens L3: 155.000 kg.
- Justificació càlcul de consum energètic:
 - L1: Entre Mercat Nou – Catalunya. El consum màxim permès en aquest tram per totes dues vies és de 414 KWh.
 - L2: Entre Passeig de Gràcia – Artigues . El consum màxim permès en aquest tram per totes dues vies és de 214 KWh.
 - L3: Entre Zona Universitària – Catalunya . El consum màxim permès en aquest tram per totes dues vies és de 230 KWh.
- Justificació càlcul del cost de cicle de vida (LCC).

- Informe de justificació del càlcul de la fiabilitat.
 - Informe de justificació del càlcul de la disponibilitat.
 - Justificació % materials fabricats fora de la Unió Europea.
 - Planificació detall procés de fabricació.
 - Organigrama de l'equip de projecte.
 - Pla de validació de l'enginyeria de projecte i proves:
 - Cronograma de lliurables tècnics i presentacions (plànols, esquemes, llistes de materials, manuals...).
 - Metodologia de revisió i validació de disseny (estructural, elèctric, programari, funcional).
 - Identificació de punts de control crítics (hold points), maqueta virtual, maqueta física...
 - Procediment de revisió i resolució de comentaris: programari d'intercanvi de documentació amb fluxos de treball d'aprovació i traçabilitat.
 - Descripció detallada del sistema darrera milla.
 - Descripció detallada del sistema de greixatge de pestanyes embarcat.
- FASE II: Validació de l'enginyeria de detall: L'adjudicatari ha d'elaborar i presentar a FMB, en el termini màxim de catorze (14) mesos des de la signatura del contracte, una validació d'enginyeria de disseny, que inclourà com a mínim:

La resta de les fases del projecte s'acordaran una vegada presentat el pla de validació del projecte.

L'adjudicatari ha d'entregar quinzenalment una actualització de la planificació detallada de la producció, proves tipus, proves sèrie, inspeccions i assaigs, tant a la seva planta com a les plantes dels principals subministradors i equipaments principals, que incorpori l'avenç de la fabricació, proves, i posada en marxa, que a més en reculli el resultat.

El format d'aquesta planificació s'acordarà amb FMB i es lliurarà tres mesos abans de l'inici de l'activitat productiva.

L'adjudicatari proposarà una llista de proves sèrie i tipus per equip, subsistema i a tren complet que ha de validar FMB.

Així mateix lliurarà una planificació amb les inspeccions de primer muntatge (IPM). Hi assistirà el personal de FMB i l'adjudicatari necessitarà l'aprovació de FMB per llançar la producció sèrie. La producció sèrie no es podrà llançar sense haver introduït les millores per esmenar els desviaments trobats.

Les proves i posada en marxa dels trens han de seguir el que especifica la norma IEC 61133:2023 i han de complir, com a mínim amb la llista de norma de la "UNE-EN 50215 Aplicacions ferroviàries. Material rodant. Assaigs del material rodant al final de la seva construcció i abans de la posada en servei". En qualsevol cas, les proves sèrie i tipus han de complir com a mínim el que especifica la taula següent, durant el primer mes s'ha de presentar un pla preliminar de proves que ha de validar FMB:

<u>PROVES</u>	<u>TIPUS/SÈRIE</u>
<u>GENERAL</u>	
Dimensions generals per cotxe	T/S
Extensometria de caixa	T
Extensometria de bogi i vibracions	T
Dimensions generals, interior i exterior. Caixa bogi, cotxe-cotxe	T/S
Gàlib estàtic	T
Coefficient de flexibilitat	T
Descàrrega de roda	T
Flexibilitat a la suspensió (Souplesse)	T
Prova d'inclinació i resistència rotacional del bogi (X-factor)	T
Prova d'inscripció en corba, radi mínim	T

Pes i distribució de càrregues, cotxe/tren	T/S
Identificació Elements Principals MA	T/S
Identificació Elements Principals MB	T/S
Identificació Elements Principals R	T/S
Nivells d'il·luminació per cotxe, sala i cabina	T/S
Estanquitat a l'aigua	T/S
Il·luminació exterior alineament (reglatge de fars)	T/S
Relació d'elements de dotació	T/S
Aspecte i acabat final	T/S
Disseny, color, pintura, protecció i vinilat	T/S
<u>COTXE MOTOR A - B</u>	
Verificació circuits elèctrics	
Continuïtat	S
Prova de rigidesa dielèctrica	S
Comandament tren	S
Circuits pneumàtics	S
Sistemes de seguretat	S
Circuits de potència (convertidors/inversors)	S
Portes	S

Monitoratge - Informació (xarxa informàtica)	S
Verificació resistència posada a massa	S
Mesuraments d'impedància	T/S
Funcionalitat equips DE TRACCIÓ	
Equip de tracció	T/S
Funcionalitat equipaments pneumàtics	
Equipament pneumàtic (fre i circuits auxiliars)	T/S
<u>COTXE R</u>	
Verificació circuits elèctrics	
Continuïtat	S
Comandament tren	S
Circuits pneumàtics	S
Sistemes de seguretat	S
Portes	S
Monitoratge - Informació	S
Verificació resistència posada a massa	S
Funcionalitat equipaments pneumàtics	
Equip de fre	S
<u>UNITAT ACOBLADA</u>	

ASSAIGS ESTÀTICS	
Funcionalitat equips elèctrics	
Circuits de comandament	S
TCN xarxa	S
Generació BT-MT	S
Control tracció	S
Posada en servei tracció	S
Registrador d'esdeveniments	S
Informació al viatger	S
Tren Stop	S
Videovigilància, videoinformació	S
Portes	S
Climatització (sala i cabina)	S
Detector incendis	S
ATP ATO	S
Equip de ràdio tren-terra	S
Edició programari embarcat	S
Porta d'evacuació frontal/lateral	T/S
Funcionalitat equipaments pneumàtics	

Funcionalitat equipaments pneumàtics	T/S
Prestacions d'equips	
Bateries	T/S
Enllumenat interior i exterior	T/S
Climatització	T/S
Xarxa TCN	T/S
Informació al viatger, Videovigilància + Videoinformació	T/S
Retrovisió	T/S
Cicle de treball compressor pneumàtic	T/S
Detecció d'incendis	T/S
Equip de ràdio	T/S
Portes passatge, cabina i evacuació	T/S
Registrador d'esdeveniments	T/S
Informació al viatger	T/S
Tren Stop	T/S
ATP/ATO	T/S
Telemonitoratge	T/S
Sistema recompte persones	T/S
Telecomandament	T/S

Interfície Home Màquina	T/S
Equip de tracció i fre	T/S
Convertidor estàtic i auxiliar	T/S
Pantògraf	T/S
Resistència de fre	T/S
Xiulet	T/S
Home mort	T/S
Control d'accés al tren	T/S
Ràdio tren terra	T/S
Equips d'evacuació frontal i lateral	T/S
Beacons	T/S
Seient conductor	T/S
Bogi i tots els seus components	T/S
DINÀMIC A LA FACTORIA	
Proves dinàmiques equip de fre	
Equip de fre	T/S
Proves dinàmiques equip de tracció	
Equip de tracció + mode auxili	S
Proves EMC	

Sistemes de seguretat	
Home mort	T/S
VIA FMB	
Recepció final	
Comprovacions després del transport	S
Compatibilitat electromagnètica	T
Protocol d'acceptació Autoritat Ferroviària	S
Revisió circuits comandament + porta frontal després acoblament	S
Revisió de portes passatgers, laterals i sistemes d'evacuació.	S
Dinàmic en via	
Gàlib a les línies per on podran circular.	T
Modes de conducció	T
Velocitat comercial	T
Nivells de soroll	T
Estabilitat, confort i forces al carril	T
Prova de desallotjament de tren	T
Proves de rescat	T
Mesuraments tèrmics	T

Mesuraments pneumàtics	T
Mesuraments de consum energètic	T
Mesuraments bogis: esforços, tensions i vibracions bogi/via	T
Mesuraments eficiència convertidor estàtic	T
Prestacions equip de fre	
Fre pneumàtic	T/S
Fre de servei	T/S
Fre d'emergència	T/S
Antibloqueig	T
Modes degradats de fre	T
Fre d'estacionament, retenció i arrencada en rampa.	T
Prestacions equip de tracció	
Equip de tracció + mode auxili	T/S
Prestacions d'equips i sistemes	
Nivell de soroll exterior / Interior	T
ATP – ATO+TREN STOP	T/S
Comptador de persones	T
Confort a zona de passatge	T

Gàlib a estacions	T
Estabilitat de marxa	T
Informació al viatger	T
Videovigilància i videoinformació	T
Radiotelèfon	T
Caixa negra	T
Wifi	T
ÚLTIMA MILLA	T
GREIXADORS DE PESTANYA	T
<u>REMOLCAT D'UNITATS</u>	
Acoblament entre unitats	
Acoblament unitats	T/S
Acoblament i compatibilitat trens actuals	T

Els assaigs dinàmics tipus i sèrie es faran en una via de proves fora de les instal·lacions de FMB per als lots 1 i 3. L'adjudicatari serà responsable de disposar de via de proves i dels recursos necessaris per dur-les a terme.

La finalització d'aquestes proves per part de l'adjudicatari i la seva corresponent validació per part de FMB es considera com a fita de finalització de fabricació de tren a fàbrica.

Per a l'autorització de la sortida de tren de fàbrica cal la signatura per part de FMB de l'acta d'expedició del tren que ha de tenir almenys els annexos següents:

- Protocol de proves sèrie (dinàmic i estàtic) amb els resultats.
- Llista de materials pendents de muntar.

- Llista de modificacions no implantades.
- Llista de comprovació (verificació visual) estat del tren, exterior, interior, sota bastidor i coberta/sostre.
- Traçabilitat dels equips principals.
- Dossier de fabricació del tren. Indexat en format digital.
- Pesada i anivellació del tren.
- Full de control per a la dotació del tren.

Per a l'aprovació de la primera unitat s'han de completar totes les proves tipus i sèrie, validades per FMB, així com el projecte visat pel Col·legi d'Enginyers Industrials, i l'autorització per part de l'autoritat ferroviària.