



Plec de Prescripcions Tècniques

**Servei d'auditoria de l'estat
de la xarxa DMR de FMB.
L1 i L2.**

Novembre de 2025

Índex de continguts

| | |
|--|-----------|
| 1. Introducció | 4 |
| 2. Objecte i abast de la contractació | 4 |
| 2.1. Objecte de la contractació | 4 |
| 2.2. Abast dels treballs..... | 4 |
| 2.3. Línies de metro a estudi..... | 5 |
| 3. Descripció del sistema actual | 6 |
| 3.1. Arquitectura del sistema | 6 |
| 3.2. Estació base | 7 |
| 3.3. Sistema radiant..... | 8 |
| 3.3.1. Tipus d'elements passius | 9 |
| 3.4. Inventari d'estacions base i elements passius | 11 |
| 4. Serveis a contractar | 12 |
| 4.1. Auditoria de la xarxa actual..... | 12 |
| 4.2. Enginyeria i redisseny de la xarxa | 15 |
| 5. Condicions d'execució dels treballs | 16 |
| 5.1. Prevenció de Riscos Laborals | 16 |
| 5.2. Accés a vies..... | 16 |
| 5.3. Fases d'execució del projecte..... | 16 |
| 5.3.1. Fase 0: Pla de projecte | 16 |
| 5.3.1.1. Planificació..... | 16 |
| 5.3.1.2. Metodologia | 17 |
| 5.3.1.3. Model de seguiment del projecte..... | 17 |
| 5.3.2. Fase I: Auditoria | 18 |
| 5.3.3. Fase II: Enginyeria | 18 |
| 5.4. Documentació a lliurar a la finalització de la contractació | 19 |
| 6. Ambientalització | 20 |
| 6.1. Informe justificatiu | 20 |
| 6.2. Penalització | 20 |

7. Amidaments 21**Índex de figures**

| | |
|---|----|
| Figura 1. Arquitectura del Sistema Ràdio DMR | 6 |
| Figura 2. Estació Base Interior en armari | 8 |
| Figura 3 Esquema genèric sistema radiant a túnel | 9 |
| Figura 4 Tipus d'elements passius | 10 |
| Figura 5 Exemple d'esquema de connexionat | 13 |
| Figura 6 Element passiu a la boca de túnel (Urquinaona L4) | 14 |
| Figura 7 Exemple de línies de nivells de potència rebuts (RSSI) en mesures a tren | 15 |

1. Introducció

Actualment, Ferrocarril Metropolità de Barcelona (FMB) disposa d'una xarxa de radiocomunicacions basada en tecnologia DMR Tier III, que dona cobertura i capacitat de comunicació als diferents usuaris (Operacions, Seguretat i Manteniment).

La comunicació de veu dels diferents usuaris s'obté mitjançant la xarxa d'equipament de ràdio instal·lada tant a les estacions del Metro de Barcelona com als emplaçaments de superfície.

2. Objecte i abast de la contractació

2.1. Objecte de la contractació

L'objecte de la present contractació és l'execució d'una auditoria sobre la xarxa DMR de FMB que generi documentació tècnica sobre l'estat de la xarxa, pel que fa a l'equipament del sistema radiant a túnel i dependències, i a la cobertura.

Els objectius principals d'aquesta auditoria són:

1. Obtenció d'una documentació actualitzada de la xarxa en quant a elements que la formen: estacions base, cablejat de sistema radiant i elements passius.
2. Obtenció d'una proposta d'actualització (hardware i/o software) sobre la xarxa per millorar la cobertura a les estacions, principalment tenint en compte que es vol assegurar que en el 100 % dels túnels i de les zones d'andanes de totes les estacions es disposi de doble cobertura (cobertura DMR des de un mínim de dos estacions base diferents).

2.2. Abast dels treballs

L'abast de la contractació preveu tots els serveis necessaris per executar una auditoria sobre la xarxa DMR de FMB. Únicament es treballarà i realitzarà aquest estudi en l'àmbit dels túnels i estacions de FMB, quedant exclosos els centres de control i les ubicacions i zones d'exterior.

L'adjudicatari haurà de proveir, com a mínim, els següents serveis:

Project Management del projecte

- Redacció de planificacions i plans de projecte.
- Funcions de control, seguiment, reporting i presentacions de projecte.
- Seguiment i control de la prevenció de riscos.
- Assegurament de la qualitat.

Enginyeria i treball de camp

- Visites a camp per revisió i verificació de l'equipament i pressa de mesures de cobertura

- Medicions de cobertura en tren (amb equipament embarcat) a les línies objecte de l'auditoria.
- Redacció de la memoria d'estat de la xarxa DMR.
 - Validació i actualització de l'actual documentació del sistema radiant.
- Redacció de la proposta tècnica de millora de la xarxa DMR proposant (en cas que sigui necessari):
 - Instal·lació de noves estacions base i la seva ubicació.
 - Redistribució d'estacions base actuals i la seva nova ubicació.
 - Instal·lació d'unitats repetidores per reforç puntuals i la seva ubicació.
 - Instal·lació de nous trams de cable radiant i/o modificació dels recorreguts dels actuals.
 - Reassignació del pla freqüencial actual per acomodar els canvis i noves necessitats o ampliació de freqüències, en cas que sigui necessari.

2.3. Línies de metro a estudi

L'abast de la contractació únicament contempla l'auditoria de la totalitat de les línies 1 i 2 de Metro de Barcelona. La resta de línies seran objecte d'una auditoria posterior en futures licitacions.

3. Descripció del sistema actual

3.1. Arquitectura del sistema

El sistema de radiocomunicacions DMR instal·lat a les línies convencionals de FMB (L1, L2, L3, L4 i L5, Funicular) i a la línia automàtica L11, així com als 4 emplaçaments de superfície (Collserola, Carmel, Montjuïc i Sagrera), és la solució del fabricant HYTERA DS-6211 release 6.5.

Aquest sistema té com a referència funcional l'arquitectura del sistema que es mostra a la figura següent:

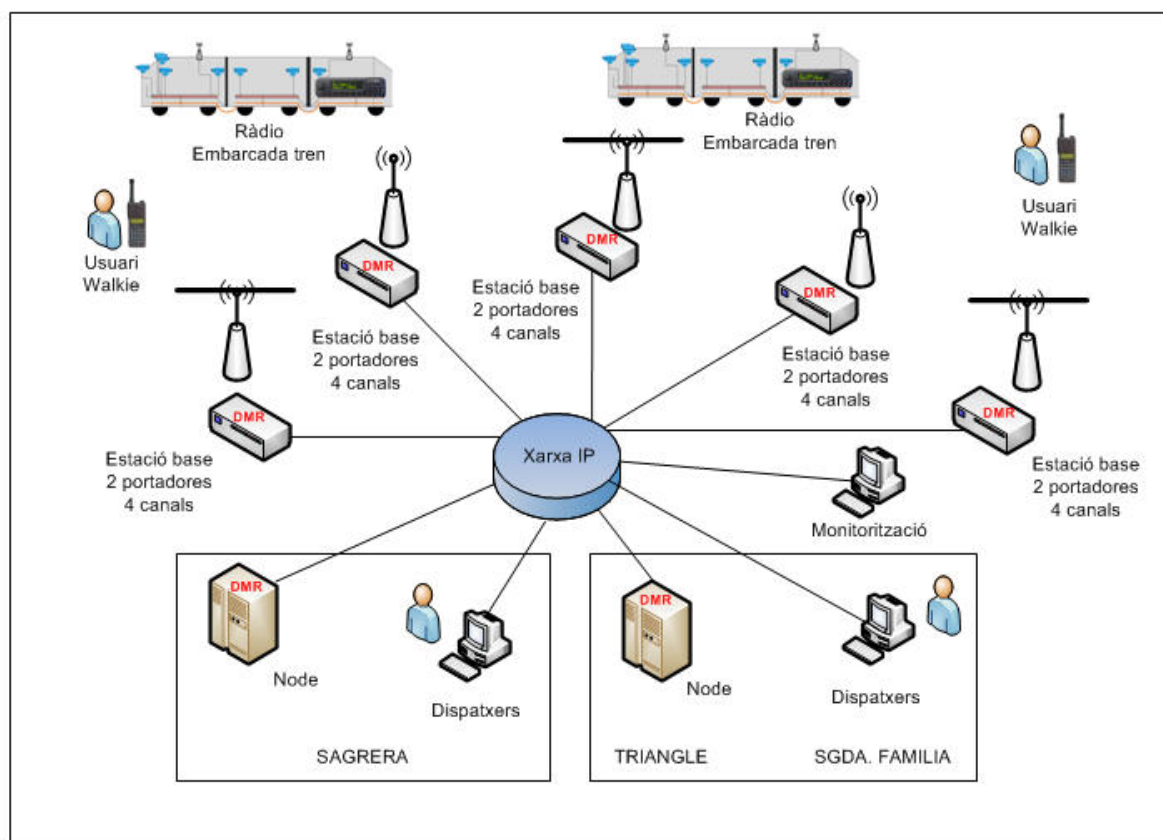


Figura 1. Arquitectura del Sistema Ràdio DMR

L'arquitectura del sistema està formada pels següents elements:

- Un conjunt d'estacions base DMR, equipades cadascuna d'elles amb tres (3) portadores ràdio i ubicades en els llocs adequats per a donar cobertura a les àrees on es troben els usuaris:
 - Per a la cobertura a l'interior de la xarxa de Metro (estacions, túnels, dependències, etc.) les estacions base DMR es troben instal·lades a les cambres de comunicacions de determinades estacions.
 - Per a la cobertura a l'interior de les oficines de Sagrera on es troba el Centre de Control de Metro (CCM) existeix una estació base DMR en l'edifici de Sagrera.

- Per a la cobertura a l'exterior, les estacions base DMR es troben instal·lades en els emplaçaments de Collserola, Montjuïc i Carmel.
- Dos nodes de control i commutació central redundats ubicats als CPDs de TMB de Sagrera i Triangle, funcionant en configuració redundat un de l'altre.
- Equipament dels Centres de Control Redundats (Centres de Control de Metro CCM i CCM2, i Centres de Seguretat i Protecció Civil CSPC i CSPC2), ubicats a Sagrera i Sagrada Família, on hi ha ubicats els operadors de dispatxing.
- Subsistema de gravació redundat per l'enregistrament de totes les converses del sistema, tant les que involucren als Centres de Control com les que només involucren als usuaris de terminals ràdio.
- Subsistema de monitorització, control, administració i gestió del sistema, amb integració amb els sistemes de supervisió i gestió tecnològica de TMB.
- Terminals ràdio d'usuaris:
 - Portàtils
 - Embarcats als trens
 - Embarcats a les dresines (tractores)
- El sistema de transport per a la interconnexió d'elements del sistema (estacions base, nodes, centres de control, etc.) és la xarxa MPLS de TMB.

3.2. Estació base

La BS està formada per diferents unitats:

- PDU: unitat de distribució d'energia
- CHU: unitat de canal
- BSCU: unitat de control
- PSU: font d'alimentació
- DPU: unitat de diplexor
- DIU: unitat de divisor
- COM: combinador
- etc.

Les estacions base (BS) implementen les següents funcions:

- Comunicar-se amb els terminals d'acord amb el protocol d'interfície aèria.
- Controlar les trucades dins de la BS i trucades entre BSs.
- Gestionar els recursos de la BS.
- Controlar la interfície entre la BS i MSO (Node central).



Figura 2. Estació Base Interior en armari

3.3. Sistema radiant

El sistema radiant que utilitza el sistema DMR és el mateix que s'utilitzava amb l'antic sistema de ràdio analògica PMR. Es basa en freqüències en torn als 170 MHz, amb estacions base distribuïdes per norma general (amb excepcions segons els trams, recorreguts, finals de línia, etc.) cada 3 estacions de FMB.

En el següent esquema es mostra un exemple genèric d'aquesta configuració, amb una estació base (BTS 1) inicial connectada al sistema de cable radiant a túnel, a una banda, i 3 estacions més enllà, una BTS 2 també connectada al sistema de cable radiant. Les estacions 2 i 3, per tant, reben cobertura ràdio de les BTS 1 i 2.

Dels diferents passius ubicats a les estacions, surten ramals de cable radiant finalitzats en càrrega de 50 ohms (R) encarregats de portar la senyal RF a les dependències d'estació (vestíbuls, enllaços, sortides d'emergència, etc.).

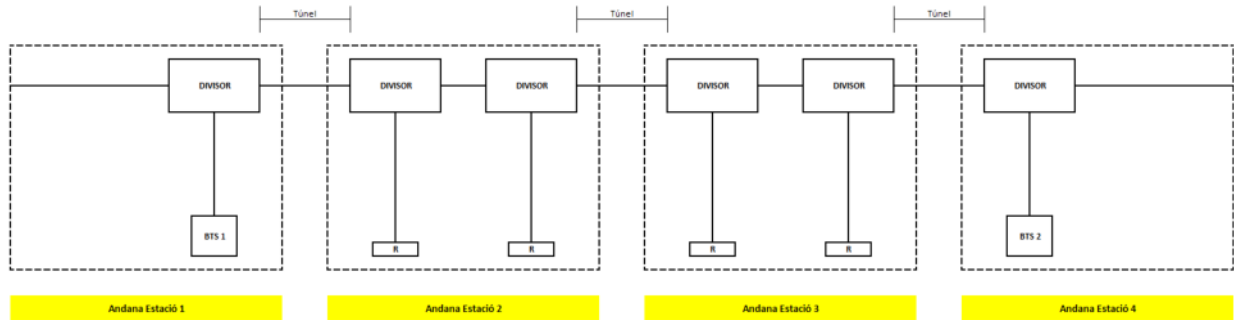


Figura 3 Esquema genèric sistema radiant a túnel

Pels trams a túnel, típicament trobem cable radiant de 7/8" o de 1 i 1/4", i pels trams de radiant que recorre les dependències, vestíbuls, etc. trobem cable radiant de 1/2". També formen part d'aquest sistema radiant els divisors, acobladors i demés elements passius encarregats de repartir i distribuir la senyal radioelèctrica, així com elements DC Block per al bloqueig de contínua cap a dependències.

3.3.1. Tipus d'elements passius

Formant part del sistema radiant, trobem una sèrie d'elements passius que permeten distribuir el senyal RF pel sistema.

Aquests elements passius o simplement "passius", seran objecte de revisió en la fase d'auditoria, a efectes d'actualitzar la documentació i principalment els esquemes de connexió per cada línia.

A continuació es presenta la simbologia dels diferents elements disponibles en els documents de càlculs de que disposa TMB. Aquests documents s'hauran d'actualitzar i/o completar amb la informació obtinguda de les mesures reals en camp.

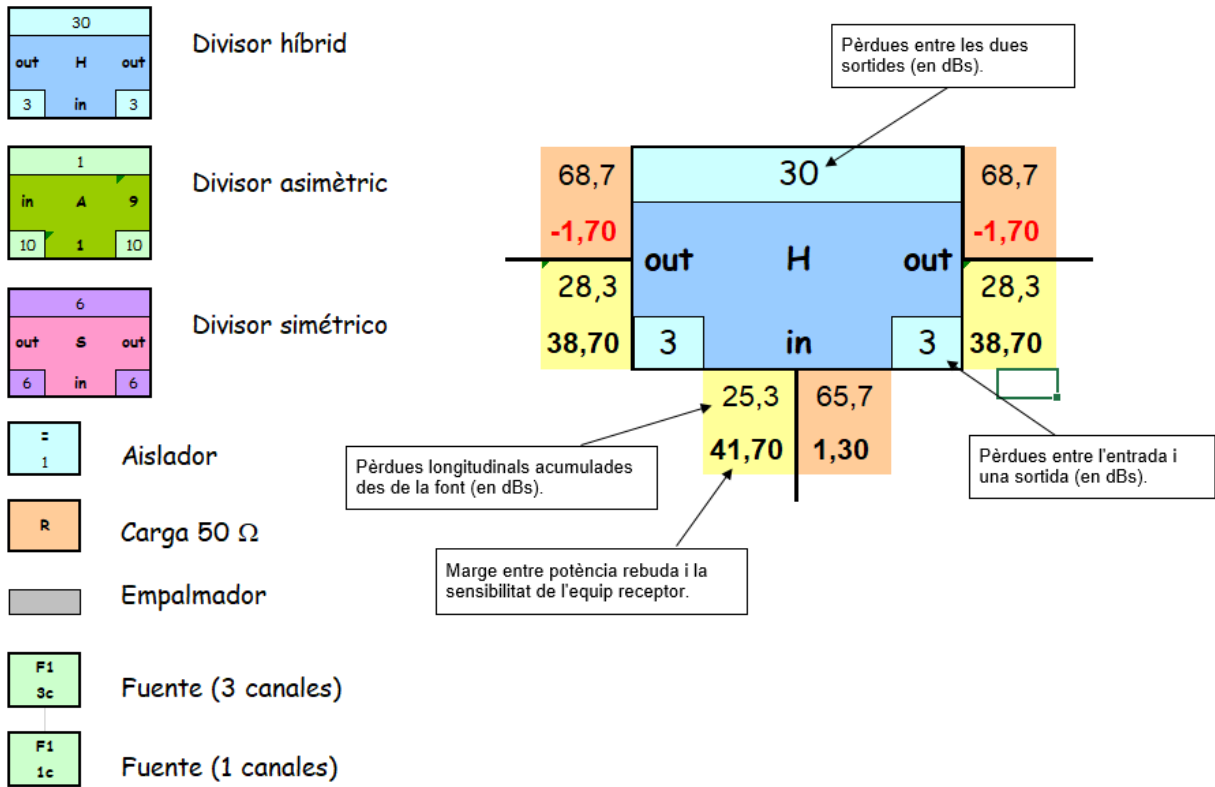


Figura 4 Tipus d'elements passius

3.4. Inventari d'estacions base i elements passius

A continuació es presenta l'inventari d'elements del sistema a efectes que les empreses licitadores puguin fer-se una idea de l'abast de l'auditoria.

| Línia | Número d'estacions | Longitud (Km) | Estacions Base | Divisors |
|--------------|--------------------|---------------|----------------|------------|
| 1 | 30 | 20,7 | 12 | 78 |
| 2 | 18 | 13,7 | 8 | 35 |
| 3 | 26 | 18,4 | 11 | 75 |
| 4 | 22 | 17,3 | 9 | 54 |
| 5 | 27 | 19,2 | 11 | 73 |
| 11 | 4 | 2,1 | 2 | 6 |
| Total | 127 | 91,4 | 53 | 321 |

A data d'avui la xarxa de Metro de TMB té un total de 6 línies amb 120 estacions i 86 kilòmetres d'extensió aproximadament. Del total d'estacions, al voltant de 30 inclouen serveis de correspondència i la distància mitjana entre estacions és de 650 metres. Pràcticament la totalitat de les línies són soterrades, excepte petits trams en superfície de la L1, la L5 i la L11.

| Línia | Color | Estacions | Km | Recorregut |
|-----------|-----------|-----------|------|-------------------------------|
| Línia 1 | Vermell | 30 | 20.7 | Hospital de Bellvitge - Fondo |
| Línia 2 | Lila | 17 | 13.1 | Paral·lel - Pep Ventura |
| Línia 3 | Verd | 24 | 16.6 | Zona Universitària -Canyelles |
| Línia 4 | Grog | 22 | 16.7 | Trinitat Nova* - La Pau |
| Línia 5 | Blau | 23 | 16.7 | Cornellà Centre - Horta |
| Línia 11 | Verd clar | 4 | 2.1 | Trinitat Nova* - Can Cuiàs |
| Funicular | Gris | 2 | 0.75 | Miramar - Montjuic |

*Són la mateixa estació

L'objecte d'aquesta licitació es centrarà únicament en les Línies 1 i 2:

| Línia | Número d'estacions | Longitud (Km) | Estacions Base | Divisors |
|--------------|--------------------|---------------|----------------|------------|
| 1 | 30 | 20,7 | 12 | 78 |
| 2 | 18 | 13,7 | 8 | 35 |
| Total | 48 | 34,4 | 20 | 113 |

D'acord a les necessitats de cobertura, la xarxa està composta per 54 estacions base interiors que donen servei a les línies de Metro L1, L2, L3, L4, L5, L11 i funicular, i 4 estacions exteriors (Collserola, Carmel, Montjuïc i Sagrera) per donar cobertura en superfície.

Totes les estacions base són de **3 portadores** (tindran 2 CHUs). D'aquesta manera es disposa de redundància de radiocanal en cas de fallida.

Per altra banda, amb la tecnologia DMR aquestes portadores ofereixen a cada estació base **5 canals** de veu simultanis i un canal de control.

El node central del sistema consta de principal y redundat en configuració 1+1 per a tots els seus servidors. La gravadora digital de veu també està duplicada i dimensionada per enregistrar 36 canals de veu.

Existeixen 16 posicions d'operador amb posició de despatx.

Cada tren disposa de 2 unitats de ràdio embarcades i existeixen 290 terminals embarcats en trens i 22 terminals en tractores i dresines.

Per al personal de servei en metro es consideren aproximadament 1.000 terminals portàtils amb els seus accessoris.

4. Serveis a contractar

Els serveis a contractar es poden dividir en dos blocs: per una banda, una auditoria de la xarxa actual, que permeti obtenir una foto real de l'estat de la xarxa DMR de FMB; d'altra banda, un servei d'enginyeria que proposi un redisseny de la xarxa, amb l'objectiu de garantir la doble cobertura (cobertura amb un nivell acceptable de com a mínim dos estacions base diferents) a totes les andanes i trams de túnel de FMB.

Aquest estudi només es realitzarà per les línies 1 i 2 de FMB.

4.1. Auditoria de la xarxa actual

Durant aquesta auditoria es faran les següents feines de camp:

- Revisió d'elements passius i sistema radiant.
- Mesures de cobertura a andanes.
- Mesures de cobertura a túnels.

A la finalització, es generarà la següent documentació:

- Estudi de cobertura amb protocol de mesures, resultats dels càlculs i gràfics de cobertura en estacions i túnels.
- Esquemes de connexió de cada línia actualitzats.
- Document d'ubicació de tots els divisors (inventari d'elements i reportatge fotogràfic).
- Plànols de les estacions amb els recorreguts dels ramals de cablejat radiant i la ubicació dels elements passius.

La feina de revisió d'elements passius i del sistema radiant consisteix en realitzar visites a camp (estacions i/o túnel) per tal de revisar i actualitzar la documentació que faciliti TMB. Per les visites a túnel cal tenir en compte que només podran realitzar-se en horari de finalització del servei de metro per tant, entre 1 y 4 de la matinada aproximadament.

TMB entregarà a l'adjudicatari tota la informació necessària del sistema radiant instal·lat a túnel i estacions. Com a mínim, facilitarà els esquemes de connexió dels diferents trams de cable radiant i els diferents divisors i elements passius, incloent els càlculs d'atenuacions acumulades entre els diferents elements.

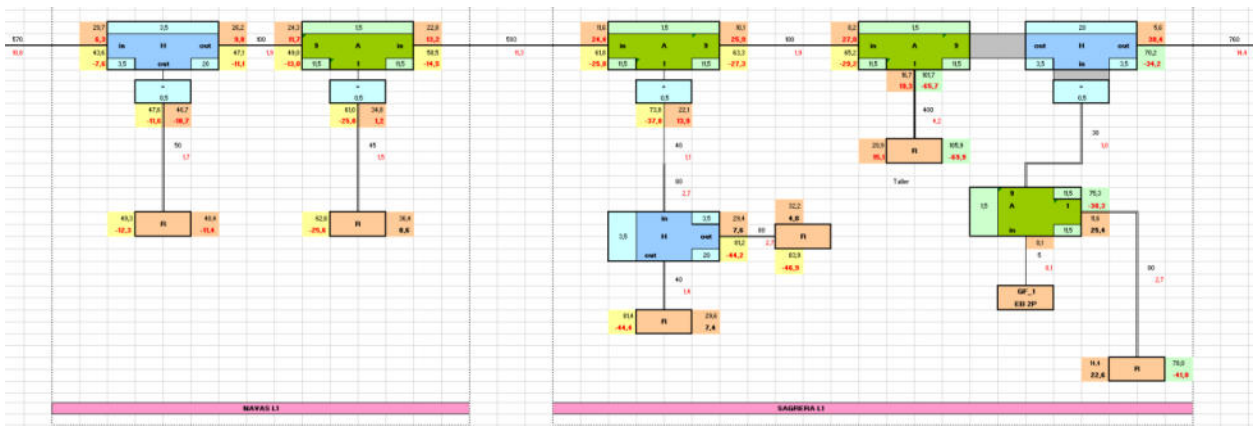


Figura 5 Exemple d'esquema de connexionat

Serà feina de l'adjudicatari la revisió i verificació d'aquesta documentació, realitzant visites oportunes a camp per poder actualitzar la documentació i posar-la al dia. S'han de realitzar les inspeccions necessàries a fi de verificar els elements passius ubicats a camp (estacions i túnel) i així actualitzar els esquemes de la xarxa.



Figura 6 Element passiu a la boca de túnel (Urquinaona L4)

Formarà part també de l'auditoria la realització de mesures de cobertura a les andanes de totes les estacions de FMB. Es realitzarà un mínim de 3 mesures a cada andana (via 1, via 2 i/o andana central), diferenciant els valors obtinguts de diferents estacions base.

Els valors es podran presentar en format taula, presentant totes les mesures de totes les estacions de cada línia, a cada andana.

Per últim, es realitzaran mesures de cobertura rebuda en tren. Per a realitzar aquestes mesures, l'adjudicatari haurà de connectar l'equip de mesura a l'antena del tren. Es realitzaran de la següent forma:

- Instal·lació de l'equipament de mesura a la cabina de la part posterior del tren, per evitar alterar a Operació.
- Connexió de l'antena del tren a l'equip de mesura.
- Inici de la circulació, captura de les mesures i registre de les dades.
- Connexió de l'antena a la ràdio del tren i retirada de l'equip de mesura.

Es faran mesures per cada línia (L1 i L2), en ambdós sentits de la marxa. Es presentaran els resultats on apareixeran gràfics com el del següent gràfic, per representar les dades.

Els càlculs de cobertura s'han de fer tant Tren-Terra (comprovant la cobertura del terminal embarcat en un tren situat en el túnel) com des d'un terminal portàtil ubicat en andana, vestíbuls i dependències. Les mesures s'han de fer en els dos sentits de la comunicació, downlink i uplink.

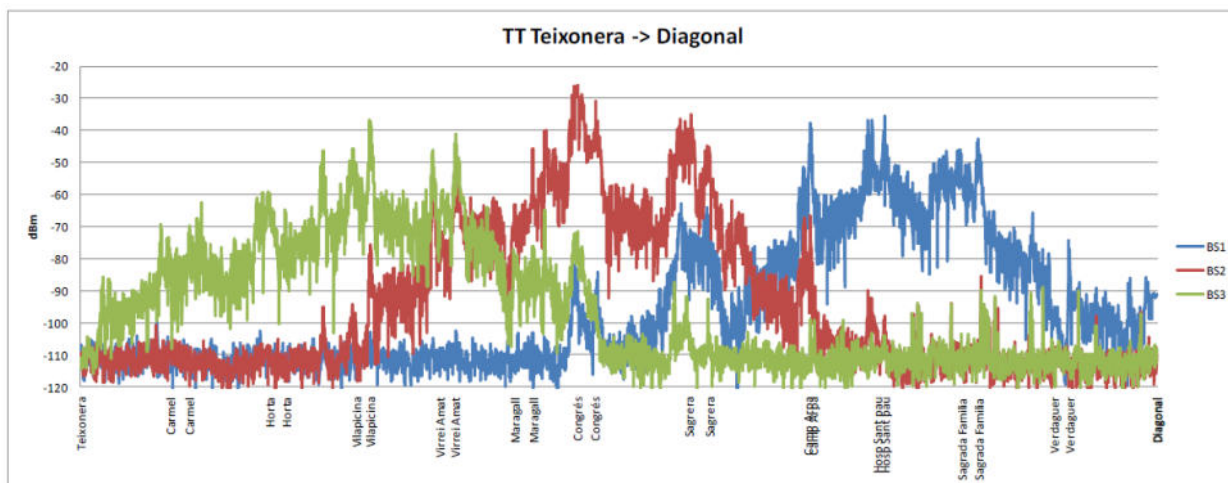


Figura 7 Exemple de línies de nivells de potència rebuts (RSSI) en mesures a tren

4.2. Enginyeria i redisseny de la xarxa

Amb les dades obtingudes i considerant també els càlculs d'atenuació teòrics originals, es demana que l'adjudicatari realitzi una feina d'enginyeria per proposar una redistribució de les estacions base actuals augmentant, si cal, el seu nombre. Cal generar una proposta d'ubicació final de totes les estacions base en una hipotètica distribució que permetés obtenir un nivell mínim acceptable de cobertura de la segona font de radiació (Estació Base més llunyana) en totes les andanes i túnels de FMB.

Aquesta proposta, doncs, ha de detallar en cas que sigui necessari:

- Nous trams de cable radiant a instal·lar.
- Aquelles estacions base que es mouran i la seva nova ubicació proposada.
- Les noves estacions base i a on es proposa instal·lar-les.
- Solucions alternatives com la instal·lació d'unitats repetidores de cobertura i la seva ubicació.
- Canvis en el pla freqüencial: augment de grups de freqüències i/o moviments. Actualment es fan servir 6 grups de 3 parells de freqüències cadascun (3 portadores per Estació Base, 2 freqüències per portadora) entre totes les estacions de FMB.
- Canvis en el pla de numeració.

Es generarà una memòria tècnica que inclogui tots aquests punts per les dues línies objectes de l'auditoria, L1 i L2.

5. Condicions d'execució dels treballs

L'objectiu d'aquest punt és definir els requeriments aplicables a la execució dels serveis necessaris per a l'execució del projecte.

5.1. Prevenció de Riscos Laborals

S'haurà d'haver complimentat el corresponent CAE i el Coordinador de Seguretat designat per TMB supervisarà el compliment per part del contractista del lliurament de tota la documentació necessària i realitzarà les revisions en el lloc d'execució de les tasques per vetllar i certificar que s'acompleixen les normatives de PRL corresponents.

El contractista dedicarà tots els recursos necessaris i generarà tota la documentació necessària per assegurar el compliment d'aquestes normatives.

5.2. Accés a vies

En la fase d'auditoria serà necessari l'accés a zona de vies en diverses ocasions. Per l'accés a vies l'empresa adjudicatària haurà de disposar d'un Pilot Homologat de Seguretat (PHS) amb certificació PHS-I dins del grup de treball i complir escrupolosament amb tota la normativa de treballs i seguretat ferroviària de TMB. Concretament es pot consultar el document *Norma de certificació i homologació dels pilots de seguretat a FMB (D029v5)* disponible en la Biblioteca de Controlar.

Les feines d'accés a vies s'hauran de fer forçosament en horari nocturn, de 1h a 4h de la matinada.

El personal que treballi a vies haurà de portar tots els EPIs requerits i especialment haurà d'anar equipat amb terminal ràdio TMB per comunicar-se amb el Centre de Control de Metro (CCM) i demanar l'accés i sortida de vies per iniciar/finalitzar els treballs.

5.3. Fases d'execució del projecte

De forma genèrica i orientativa, el projecte s'organitzarà en les següents fases:

- Fase 0: Pla de projecte
- Fase I: Auditoria
- Fase II: Enginyeria

Prèviament a l'inici de l'execució de la fase I, s'hauran de realitzar les gestions de PRL abans d'iniciar qualsevol activitat, com s'indica a l'apartat *Prevenció de Riscos Laborals*

5.3.1. Fase 0: Pla de projecte

El pla de projecte incorporarà tres tasques bàsiques:

5.3.1.1. Planificació

Tindrà lloc una reunió d'inici de projecte, on L'Adjudicatari presentarà una planificació de detall de totes les activitats i treballs a realitzar en el projecte, que desenvoluparà la planificació continguda en l'oferta.

L'Adjudicatari haurà de presentar una planificació per a la realització de totes les activitats previstes en la contractació, acordant les necessitats i dates amb els responsables de TMB.

Juntament amb la planificació L'Adjudicatari haurà de presentar el document amb les necessitats i dates pactades amb TMB, així com un diagrama de Gantt amb totes les feines i fites i també la seva durada. A la planificació s'inclourà una estimació dels recursos necessaris a involucrar per part de TMB. La planificació tindrà en compte les limitacions horàries de treball, que vindran marcades per TMB.

Tota la documentació generada s'ha de lliurar necessàriament en castellà o català, realitzant la traducció corresponent si això fos necessari. Els manuals de documentació tècnica, es lliuraran preferentment en castellà o català, encara que si no fos possible, podran estar en anglès.

5.3.1.2. Metodologia

En aquesta fase, l'Adjudicatari també presentarà un pla de que haurà de ser aprovat per TMB, on estarà definit, com a mínim:

- Les activitats a realitzar i responsabilitats durant la fase d'auditoria.
- Logística associada.
- Necessitats de recursos humans.
- Els procediments d'auditoria, tant de revisió i inspecció com de mesures de cobertura.
- Equipament necessari.

5.3.1.3. Model de seguiment del projecte

L'Adjudicatari es compromet a realitzar l'activitat objecte del Plec amb personal adient a les tasques a realitzar.

El control del contracte serà realitzat per la figura del Director de Projecte, el qual serà designat per l'Adjudicatari al començament del contracte i serà l'interlocutor entre l'Adjudicatari i TMB per a tota l'execució del projecte.

El Director de Projecte haurà d'iniciar i coordinar les tasques amb altres facultatius afectats per la instal·lació, proporcionar dia a dia la supervisió del personal contractat o subcontractat, així com assegurar el compliment de tota la normativa vigent esmentada anteriorment.

Haurà d'assegurar el compliment de l'acordat amb TMB referent a l'abast del Projecte d'execució i les seves revisions.

TMB convocarà reunions de seguiment del servei per al control i verificació del progrés del mateix, on L'Adjudicatari exposarà els avanços realitzats en el projecte i es confrontarà la planificació prevista.

La freqüència d'aquestes reunions de seguiment s'establirà a criteri de TMB, encara que no serà inferior a una per mes.

L'Adjudicatari actuarà sempre sota les directrius de TMB, a qui haurà de mantenir permanentment informat de l'estat de la situació i de les possibles desviacions del projecte.

L'Adjudicatari ha de lliurar mensualment a TMB, entre la signatura del Contracte i la seva extinció, un informe escrit del seguiment i estat dels treballs.

5.3.2. Fase I: Auditoria

L'Adjudicatari, durant la fase d'auditoria, realitzarà les activitats de camp seguint la planificació pactada a la fase 0.

Es realitzarà l'auditoria dels elements del sistema radiant, així com les mesures de cobertura en estacions i trens en el seu recorregut pels túnels.

En tot moment, l'adjudicatari comptarà amb el suport de l'interlocutor de TMB, per tal de poder coordinar accessos i mitjans necessaris, com poden ser els trens, peticions d'accés a vies, etc.

El Director de Projecte informará en tot moment de totes les activitats realitzades a dependències de TMB per part del personal de l'Adjudicatari.

A la finalització d'aquesta fase es generaran els següents documents:

- Relació actualitzada dels elements passius de la xarxa amb la descripció de la seva ubicació.
- Reportatge fotogràfic dels elements passius de la xarxa.
- Estudi de cobertura d'estacions i túnels.
- Esquemes de connexió de cada línia actualitzats.
- Plànols de les estacions amb els recorreguts dels ramals de cablejat radiant i la ubicació dels elements passius.

5.3.3. Fase II: Enginyeria

En aquesta fase l'adjudicatari analitzarà tota la informació obtinguda durant la fase d'auditoria i realitzarà una proposta tècnica de redisseny de la xarxa actual DMR amb les següents prescripcions bàsiques inicials, que es revisaran conjuntament amb TMB:

- La proposta tècnica ha de permetre obtenir sempre cobertura a tots els túnels i andanes de les línies L1 i L2 de com a mínim dos estacions base diferents. Els dos valors rebuts de les dues estacions base han de ser superiors en un valor de recepció de potència (RSSI) mínim de **-90 dBm**.
- La modificació proposada no pot provocar una pèrdua o davallada significativa de cobertura en zones que actualment es troben amb cobertura. Principalment es tindrà cura de no afectar, amb la intenció de millorar la cobertura a túnels i andanes, al senyal RF que es deriva cap a les dependències (escales, vestíbuls, accessos, sortides d'emergència...) d'estacions.

La proposta tècnica ha de tenir com a mínim els següents continguts:

- Estat actual de la xarxa (en base a la informació proporcionada per TMB i a l'auditoria realitzada).
 - Proposta de reorganització de la xarxa que contingui:
 - Ubicació final de totes les estacions base actuals.
 - Noves estacions base i ubicació proposada.
 - Nous trams de cable radiant proposats.
 - Nous repetidors i ubicació proposada.
 - Nou pla freqüencial proposat.
 - Pla de numeració proposat.
- Esquemes de connexió per cada línia modificats presentant els càlculs teòrics de nivell de potencia rebuts a andanes i túnels (realitzant la cadena d'atenuació acumulada entre les estacions base i els diferents punts de la xarxa).
 - Justificació de no alteració a la zona de dependències.

5.4. Documentació a lliurar a la finalització de la contractació

La documentació a lliurar per l'empresa adjudicatària al final de les fases del projecte haurà de ser aprovada pel personal tècnic de TMB.

Aquest lliurament es realitzarà en suport electrònic.

Tota la documentació generada s'haurà de lliurar necessàriament en castellà o català, realitzant la traducció corresponent si així fos necessari. Els manuals de documentació tècnica, es lliuraran preferentment en castellà o català, encara que si no fos possible, podran estar en anglès. Els continguts bàsics de la documentació a lliurar seran, com a mínim:

- Relació d'elements passius i descripció d'ubicació. Exemple:
 - Divisor híbrid - Urquinaona Capçalera Via 1.
 - Divisor asimètric – Sants L5 Capçalera Via 2.
 - Etc...
- Reportatge fotogràfic dels elements passius de la xarxa.
- Estudi de cobertura. Ha d'incloure el detall de les mesures a andanes així com les gràfiques de mesures en tren pels túnels de les diferents línies.
- Esquemes de connexió de cada línia actualitzats, incloent tots els elements identificats que no apareixien als esquemes subministrats per TMB.
- Plànols d'estacions amb els recorreguts dels ramals de cablejat radiant i la ubicació dels elements passius.
- Memòria tècnica de redistribució de la xarxa DMR de FMB.

6. Ambientabilització

Els criteris ambientals definits en aquest plec són de **compliment obligatori** i tenen per objectiu minimitzar l'impacte ambiental associat al servei de Consultoria. En concret, s'estableixen les següents condicions:

- **Impressió de documents:** Només es farà si és estrictament necessari i prèviament acordat amb TMB. S'haurà de prioritzar la reducció d'impressions, utilitzar paper 100% reciclat (excepte plànols no imprimibles en DINA4/DINA3) i imprimir a doble cara en blanc i negre, excepte quan el color sigui imprescindible.
- **Presentació d'informes:** Tots els documents de treball i informes finals s'entregaran en format electrònic, preferentment per correu electrònic o servidor habilitat.
- **Vehicles utilitzats en el servei:** Els turismes o furgonetes que intervinguin en el contracte hauran de disposar, com a mínim, de l'etiqueta ambiental tipus C. En els enviaments de factures s'haurà d'indicar la matrícula del vehicle que ha realitzat el transport.

El compliment d'aquests criteris s'acreditarà mitjançant **declaració responsable** en la fase d'adjudicació i serà verificat durant l'execució del contracte quan correspongui. El seu incompliment comportarà l'exclusió de l'oferta o, si escau, l'aplicació de les mesures previstes en el plec.

6.1. Informe justificatiu

Tal com s'especifica al P716 DISSENY I ADQUISICIÓ DE BÉNS, OBRES I SERVEIS AMB CRITERIS AMBIENTALS. HOMOLOGACIÓ I AVALUACIÓ DE PROVEÏDORS, en cas que de forma excepcional, el Peticionari consideri que no es poden aplicar alguns dels criteris establerts com a obligatoris per la present instrucció, haurà de complimentar l' Informe justificatiu d'impossibilitat de compliment dels criteris ambientals, en el qual es concreti, com a mínim:

- Els requeriments i les característiques especials que requereix el servei contractat.
- Una justificació raonada sobre la impossibilitat de compaginar els requeriments especials amb els criteris ambientals que estableix cadascun dels àmbits d'aplicació.

Aquest informe justificatiu, haurà de remetre's a l'òrgan de contractació, que haurà de donar el vistiplau conforme considera correcta la justificació realitzada o, en cas contrari, el donarà com a no vàlid, i el Peticionari haurà d'adoptar els criteris establerts per la instrucció

6.2. Penalització

Els contractistes estan obligats a complir amb les obligacions que del contracte es deriven, fins a l'extinció del mateix, i dins del termini total fixat per a la realització del mateix.

D'acord amb el P716 DISSENY I ADQUISICIÓ DE BÉNS, OBRES I SERVEIS AMB CRITERIS AMBIENTALS. HOMOLOGACIÓ I AVALUACIÓ DE PROVEÏDORS, es podran establir penalitzacions referents a l'incompliment de l'execució de les prestacions, compromisos o condicions definides en el contracte.

Davant l'incompliment dels criteris ambientals, detectat mitjançant el sistema de seguiment definit a l'apartat anterior, el responsable del contracte redactarà un informe raonat de la necessitat d'aplicació de penalitats (o podrà fer servir un acta de seguiment del contracte, en cas de que existeixi), fent un resum de les circumstàncies que les fan necessàries i la proposta quantificada.

Un cop es disposi d'aquest informe, s'haurà de donar audiència al contractista, explicant-li les raons i l'import de la penalització. Arribat aquest moment, el proveïdor podrà fer les al·legacions que consideri. Un cop revisades les al·legacions, es farà una proposta de penalització, i el proveïdor, haurà d'acceptar-les i confirmar-les.

Aquesta proposta haurà d'arribar a l'òrgan de contractació corresponent que, és l'òrgan encarregat de la imposició de penalitats.

Un cop l'òrgan de contractació assoleixi un acord al respecte, aquest serà immediatament executiu, emetent-se la factura de penalització cap al proveïdor, que es farà efectiva mitjançant la deducció dels pagaments que s'hagi d'abonar al contractista.

7. Amidaments

Fase I Auditoria

Inclou totes les visites necessàries a estacions i túnel per tal de verificar els diferents elements passius de la xarxa. Inclou també les mesures de cobertura realitzades a totes les andanes (de via 1, de via 2 i/o centrals) de totes les estacions FMB. Inclou mesures amb equipament especialitzat de mesura (analitzador, portàtils, software especialitzat, cables i connectors per connectar l'equip a l'antena de la cabina de tren) en tot el recorregut de les línies 1 i 2 de FMB. La resta de línies queden excloses d'aquesta licitació.

Fase II Enginyeria

Servei d'enginyeria per la redacció d'una memòria tècnica amb una proposta de redisseny de la xarxa DMR actual. Inclou l'anàlisi de les necessitats i requeriments segons especifiqui TMB, l'avaluació dels possibles escenaris i la selecció de la proposta òptima de disseny.

Aquesta proposta ha de permetre disposar de doble cobertura real a les andanes i túnels de FMB sense provocar una pèrdua de servei a les zones actuals, tot segons les directrius indicades en aquest plec. La proposta inclourà la totalitat de les línies 1 i 2 de FMB.

| FASE I AUDITORIA | QTAT. | PREU UNITARI | PREU TOTAL |
|---|-------|--------------|------------|
| Auditoria L1 | | | |
| Revisió en camp elements passius i sistema radiant | 78 | | |
| Revisió en camp d'Estacions Base | 12 | | |
| Mesures cobertura en camp en andanes, vestíbuls i dependències d'estacions | 30 | | |
| Mesures cobertura en camp en túnel a peu amb terminals portàtils. Horari nocturn. Recorregut de L1 en metres. | 20700 | | |
| Mesures cobertura embarcats en tren en tota la longitud de L1 en ambdós sentits de la marxa i en els dos sentits de la comunicació (downlink,uplink). Recorregut de L1 en metres. | 20700 | | |
| Documentació auditoria L1 | | | |
| Informe de cobertura L1. Inclou: protocol de mesures, resultats de càlculs, gràfics de cobertura en estacions i túnels. | 1 | | |
| Informe auditoria elements passius L1. Inclou: Ubicació de tots els divisors (inventari d'elements i reportatge fotogràfic) Plànols de les estacions i túnels amb els recorreguts dels ramals de cablejat radiant i ubicació dels elements passius i els càlculs d'atenuació acumulades Mesures de cobertura de les estacions sobre els plànols anteriors Fitxer amb càlculs de cobertura | 1 | | |
| Auditoria L2 | | | |
| Revisió en camp elements passius i sistema radiant | 35 | | |
| Revisió en camp d'Estacions Base | 8 | | |
| Mesures cobertura en camp en andanes, vestíbuls i dependències d'estacions | 18 | | |
| Mesures cobertura en camp en túnel a peu amb terminals portàtils. Horari nocturn. Recorregut de L2 en metres. | 13700 | | |
| Mesures cobertura embarcats en tren en tota la longitud de L2 en ambdós sentits de la marxa i en els dos sentits de la comunicació (downlink,uplink). Recorregut de L2 en metres. | 13700 | | |
| Documentació auditoria L2 | | | |
| Informe de cobertura L2. Inclou: protocol de mesures, resultats de càlculs, gràfics de cobertura en estacions i túnels. | 1 | | |
| Informe auditoria elements passius L2. Inclou: Ubicació de tots els divisors (inventari d'elements i reportatge fotogràfic) Plànols de les estacions i túnels amb els recorreguts dels ramals de cablejat radiant i ubicació dels elements passius i els càlculs d'atenuació acumulades Mesures de cobertura de les estacions sobre els plànols anteriors Fitxer amb càlculs de cobertura | 1 | | |
| Subtotal Auditoria | | | |
| FASE II ENGINYERIA | | | |
| Memòria tècnica redistribució de L1. Inclou: | | | |
| Estat de la xarxa com a resultat de l'auditoria | | | |
| Proposta redisseny xarxa DMR L1. Inclou: Plànols de les estacions i túnels amb els recorreguts dels ramals de cablejat radiant i ubicació dels elements passius i els càlculs d'atenuació acumulades per tota L1 Fitxer amb càlculs de cobertura en tot el recorregut de L1 | 1 | | |
| Memòria tècnica redistribució de L2. Inclou: | | | |
| Estat de la xarxa com a resultat de l'auditoria | | | |
| Proposta redisseny xarxa DMR L2. Inclou: Plànols de les estacions i túnels amb els recorreguts dels ramals de cablejat radiant i ubicació dels elements passius i els càlculs d'atenuació acumulades per tota L2 Fitxer amb càlculs de cobertura en tot el recorregut de L2 | 1 | | |
| Subtotal Enginyeria | | | |
| TOTAL Auditoria + Enginyeria | | | |

Annex A. Taula d'amidaments Auditoria DMR L1 i L2