

Cobertura de telefonia mòbil en el Parc Natural de l'Alt Pirineu

Bernat Tort Escudero

Grau en Enginyeria de Tecnologies i Serveis de Telecomunicació
Xarxes sense fil

Nom Consultor: **Ferran Adelantado Freixer**

Professor Responsable: **Ferran Adelantado Freixer**

Data Lliurament: 4 de juny del 2020



Aquesta obra està subjecta a una llicència de [Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 3.0 Espanya de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

B) GNU Free Documentation License (GNU FDL)

Copyright © ANY EL-TEU-NOM.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.3 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.

A copy of the license is included in the section entitled "GNU Free Documentation License".

C) Copyright

© (l'autor/a)

Reservats tots els drets. Està prohibit la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol mitjà o procediment, compresos la impressió, la reprografia, el microfilm, el tractament informàtic o qualsevol altre sistema, així com la distribució d'exemplars mitjançant lloguer i préstec, sense l'autorització escrita de l'autor o dels límits que autoritzi la Llei de Propietat Intel·lectual.

FITXA DEL TREBALL FINAL

Títol del treball:	<i>Cobertura de telefonia mòbil en el Parc Natural de l'Alt Pirineu</i>
Nom de l'autor:	<i>Bernat Tort Escudero</i>
Nom del consultor/a:	<i>Ferran Adelantado Freixer</i>
Nom del PRA:	<i>Ferran Adelantado Freixer</i>
Data de lliurament (mm/aaaa):	<i>06/2020</i>
Titulació o programa:	<i>Grau d'Enginyeria de Tecnologies i Serveis de Telecomunicació</i>
Àrea del Treball Final:	<i>Xarxes sense fil</i>
Idioma del treball:	<i>Català</i>
Paraules clau	<i>Cobertura mòbil, Estació Base, Integració</i>
<p>Resum del Treball (màxim 250 paraules): <i>Amb la finalitat, context d'aplicació, metodologia, resultats i conclusions del treball</i></p> <p>L'activitat humana en els parcs naturals consisteix en la realització de tasques d'observació científica, d'excursionisme, esportives o geoturístiques. La telefonia mòbil possibilita la intercomunicació en temps real entre els agents de les dites activitats i els gestors del Parc. Per aquest motiu cal assegurar la qualitat del servei de veu i del servei de dades de les xarxes de telefonia mòbil.</p> <p>El present projecte proposa la realització d'actuacions sobre el terreny per tal de conèixer la qualitat de servei existent en relació a les tecnologies de les xarxes d'UMTS i LTE amb l'objectiu de millorar la situació actual. El projecte preveu un estudi inicial de la cobertura del terreny, una planificació d'optimització de la xarxa afegint nous emplaçaments o modernitzant els existents i també el procediment d'integració dels equips utilitzats per operar a la xarxa oferint els serveis esperats. El resultat d'aquestes actuacions serà la implementació de 37 nous emplaçaments i la modernització de 39 estacions base existents que permetran donar resposta a les demandes actuals dels serveis de telefonia mòbil.</p> <p>Els beneficis esperats consisteixen en millorar la connectivitat dels visitants amb l'exterior i amb els gestors del parc, donar suport a les activitats de socorrisme i de rescat d'extraviats, facilitar la comunicació en temps real entre operaris, proveïdors i caps d'obra en les obres civils que es facin en el Parc i afavorir les investigacions científiques ajudant a establir una bona coordinació entre equips.</p>	

Abstract (in English, 250 words or less):

Human activity in natural parks consists of carrying out tasks of scientific observation, hiking, sports or geotourism. Mobile telephony enables real-time intercommunication between the agents of these activities and the Park's managers. For this reason, the quality of voice and data service in mobile networks must be ensured.

This project proposes to carry out actions in the field in order to know the existing quality of service in relation to the technologies of the UMTS and LTE networks with the aim of improving the current situation. The project envisages an initial study of the terrain coverage, a network optimization plan adding new locations or modernizing the existing ones and also the integration procedure of the equipment used to operate in the network offering the expected services. The result of these actions will be the implementation of 37 new locations and the modernization of 39 existing base stations that will respond to the current demands of mobile telephony services.

The expected benefits are to improve the connectivity of visitors with the outside and with the managers of the park, to support the activities of first aid and rescue of lost people, to facilitate the communication in real time between operators, suppliers and foremen in the civil works that are done in the Park and to favor the scientific investigations helping to establish a good coordination between equipment.

Índex

1. Introducció	2
1.1 Context i justificació del Treball.....	2
1.2 Objectius del Treball	3
1.3 Enfocament i mètode seguit	3
1.4 Planificació del Treball	3
1.5 Breu sumari de productes obtinguts.....	4
1.6 Breu descripció dels altres capítols de la memòria	4
2. Comprovació de la cobertura existent.....	6
2.1 Identificació de les EBs actuals.....	7
2.2 Adquisició del software i del hardware	12
2.3 Realització “in situ” de les proves de cobertura.....	14
2.4 Anàlisi i valoració dels resultats	20
3. Estudi del territori	22
3.1 Utilització de mapes del terreny	22
3.2 Determinació dels llocs apropiats per a la instal·lació de les EBs	24
3.3 Estudi de viabilitat /Obra Civil	27
4. Descripció dels equips	30
4.1 Material Electrònic	30
4.2 Sistema radiant.....	32
4.3 Transmissió	39
4.4 Replanteig del projecte	41
5. Integració dels Nodes	49
5.1 Creació dels Scripts.....	49
5.2 Integració en Local	51
5.3 Integració Remota	77
5.4 Proves de configuració	83
6. Comprovació final	87
6.1 Parametrització final	87
6.2 Realització proves cobertura.....	87
6.3 Activació llicència dels nodes.....	88
7. Conclusions	91
7.1. Descripció.....	91
7.2. Objectius assolits.....	91
7.3. Línies de treball futures.....	91
8. Glossari	92
9. Bibliografia	94

II-lustracions

II-lustració 1: Mapa PNAP	2
II-lustració 2: Diagrama de Gantt. Elaboració pròpia	4
II-lustració 3: Arquitectura i elements de UMTS	6
II-lustració 4: Arquitectura LTE	7
II-lustració 5: Sites GSM/UMTS Movistar. Tems Investigation. Propietat d'Ericsson ...	10
II-lustració 6: Sites LTE Movistar. Tems Investigation. Propietat d'Ericsson	10
II-lustració 7: Programa Tems Investigation de ASCOM	13
II-lustració 8: Scanner PCTEL MXflex	13
II-lustració 9: Mòbil Samsung Galaxy Note 4.....	14
II-lustració 10: Esquema de connexió mesures cobertura mòbil. Elaboració pròpia	14
II-lustració 11: Workspace. Tems Investigation	15
II-lustració 12: Configuració correcta de les mesures. Tems Investigation	18
II-lustració 13: Mostra resultats correctes sobre mapa. Tems Investigation.....	20
II-lustració 14: Mostra resultats incorrectes sobre mapa. Tems Investigation.....	21
II-lustració 15: Mapa zona PNAP, Andorra i França. Google Maps	22
II-lustració 16: Plànols del PNAP	23
II-lustració 17: Implantació sites nous. Valls Àneu i Cardos. Elaboració Pròpia.....	25
II-lustració 18: Implamentació sites nous. Valls Cardos i Ferrera. Elaboració Pròpia ..	25
II-lustració 19: Implamentació sites nous. V Sta Magdalena i Massís d'Orri. El. Pròpia	26
II-lustració 20: RBS 6201, RBS 6601 i RBS 6102	31
II-lustració 21: Digital Unit (DU).....	31
II-lustració 22: RRUS12	32
II-lustració 23: Elements SSRR	33
II-lustració 24: Diagrama radiació antena omni (esq.) i antena omni indoor (dreta)	34
II-lustració 25: Diagrama de radiació antena panell (esquerra) i antena panell (dreta)	34
II-lustració 26: Boques de connexió antena Panell.....	35
II-lustració 27: Downtilt mecànic i elèctric d'una antena	36
II-lustració 28: Dimensions cables coaxials	36
II-lustració 29: Composició fibra òptica.....	37
II-lustració 30: TMA (esquerra) i característiques del TMA (dreta).....	38
II-lustració 31: Diplexor simple (esquerra) i diplexor doble (dreta).....	38
II-lustració 32: Combinador híbrid	39
II-lustració 33: Instal·lació PTRO.....	40
II-lustració 34: TCU (part superior) i SIU (part inferior)	40
II-lustració 35: MICRO CF-PC	42
II-lustració 36: MICRO CF-PC. Sub bastidor inferior	42
II-lustració 37: Bornes de connexió de les RBS.....	43
II-lustració 38: Bornes de connexió de les RRU i les alarmes	43
II-lustració 39: Antena Kathrein 80010817. Característiques.....	44
II-lustració 40: Esquema connexions U900 i LTE800. Elaboració Pròpia	45
II-lustració 41: Esquema connexions LTE800 i U900 (mixed-mode). El. Pròpia	46
II-lustració 42: Esquema de connexions TCU	47
II-lustració 43: Gràfica de mesura de ROE. Elaboració Pròpia	85
II-lustració 44: Gràfica de mesura d'atenuació. Elaboració Pròpia.....	86
II-lustració 45: Gràfica de mesura de potència. Elaboració Pròpia	86

Taules

Taula 1: UMTS2100, banda 1. Elaboració pròpia.....	8
Taula 2: UMTS2100, Ample de banda Operadores de la banda 1. Elaboració pròpia... 8	8
Taula 3: UMTS2100, banda 8. Elaboració pròpia.....	8
Taula 4:UMTS2100, Ample de banda Operadores de la banda 8. Elaboració pròpia.... 8	8
Taula 5: Bandes del LTE. Elaboració pròpia	9
Taula 6: Sites de LTE de la zona del PNAP. Elaboració pròpia	12
Taula 7:Relació Refugis del PNAP. Elaboració pròpia	24
Taula 8: Emplaçaments nous del Projecte. Elaboració pròpia.....	27
Taula 9: Material electrònic escenari 1. Elaboració Pròpia	44
Taula 10: Material electrònic escenari 2.1. Elaboració Pròpia	46
Taula 11:Material electrònic escenari 2.2. Elaboració Pròpia	46
Taula 12: Rang de freqüències telefonia mòbil. Elaboració Pròpia.....	84
Taula 13: Relació potències segons tecnologia. Elaboració Pròpia.....	87

1. Introducció

1.1 Context i justificació del Treball

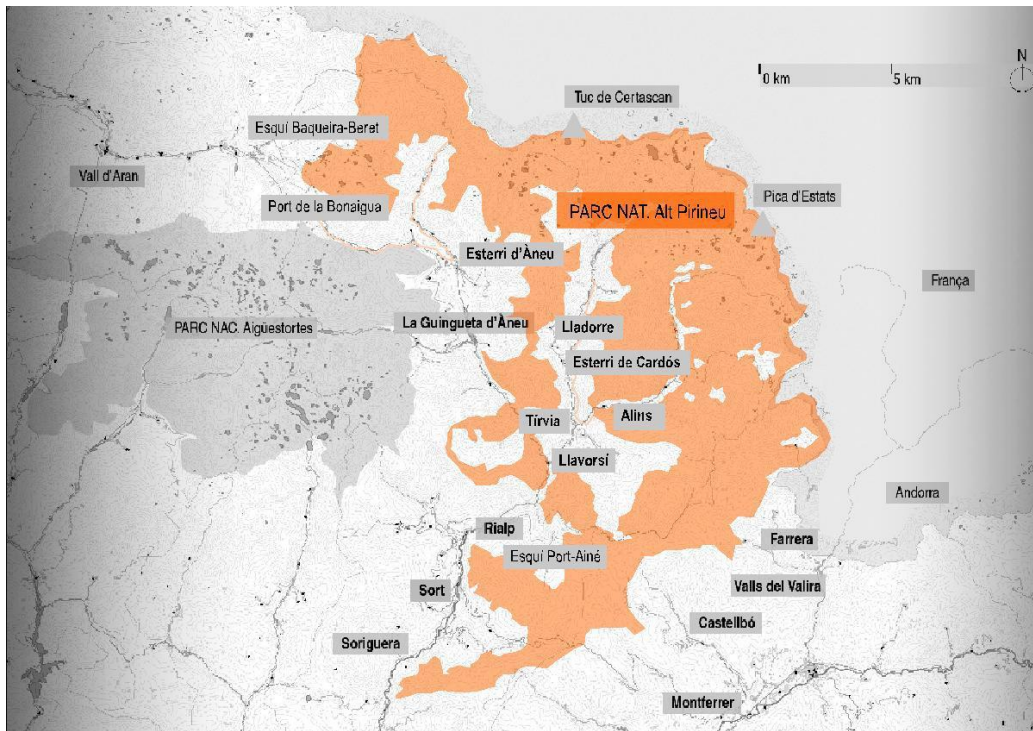
El Parc Natural de l'Alt Pirineu (PNAP) està situat en les comarques del Pallars Sobirà i de l'Alt Urgell i té una extensió de 80.363 hectàrees. La figura següent (il·lustració 1) presenta un mapa general del seu emplaçament. És el Parc Natural més gran de Catalunya [1].

Va ser creat l'any 2003 amb l'objectiu de protegir els seus valors naturals: els seus paisatges d'alta i mitja muntanya, el seu patrimoni – geològic, botànic, faunístic, cultural i històric – i també per ajudar al seu desenvolupament humà de forma sostenible.

Actualment, té en servei un sistema de telecomunicacions que presenta serioses limitacions perquè no assegurin la cobertura de telefonia mòbil en espais importants del territori, especialment en les regions d'alta muntanya que:

- són zones que reben molts visitants i amants de la natura. En elles, s'hi practiquen molts i diferents esports de muntanya. D'entre ells, es poden citar: senderisme, escalada, rafting, puenting, esquí i esquí nòrdic, i d'altres. En el PNAP es troben els cims més alts de Catalunya: La Pica d'Estats 3.143m i el Pic de Sotlló 3073m.
- són zones d'interès turístic, folklòric o cultural: Observació de la flora i fauna, Falles d'Isil, Falles d'Alins, Processó dels Armats, Pedals de Foc, i d'altres.
- tenen indrets d'interès científic tant geològic, com faunístic i geogràfic.

Funciona bàsicament en l'entorn 2G essent molt baix el servei que pot donar en nivells superiors.



Il·lustració 1: Mapa PNAP

1.2 Objectius del Treball

Els objectius principals són:

- Disposar d'una xarxa de telefonia mòbil per assegurar la cobertura de 3G i 4G en els nuclis urbans i en les rutes de senderisme del PNAP.
- Gestionar les deficiències de telefonia mòbil que hi ha en els nuclis de població ubicats dins del PNAP (vegeu el mapa). Amb aquest objectiu la xarxa haurà de millorar les connexions cap a l'interior i l'exterior de la zona.
- Afegir les EBs (Estacions Base) necessàries per assegurar la cobertura i establir-ne les funcionalitats.
- Ampliar i/o modificar les prestacions de les EBs ja actives al territori per tal d'assegurar la cobertura.
- Afegir les antenes que siguin necessàries i amb les funcionalitats adients.
- Ampliar i/o modificar les prestacions de les antenes ja instal·lades al territori per tal d'assegurar el bon servei de les EBs.
- Assegurar la qualitat, l'eficàcia i la seguretat de la xarxa.

1.3 Enfocament i mètode seguit

El plantejament per a la implantació de cobertura mòbil de l'UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*) i LTE (*Long Term Evolution*) serà dividit en dos parts.

En primer lloc, es farà un estudi de la zona on es vol actuar i per tant, caldrà un coneixement previ del territori.

En segon lloc, caldrà fer la part tècnica que especificarà una proposta de replanteig i que configurarà el conjunt d'equips per a la posta en marxa i per a la comprovació de les millores obtingudes.

Per elaborar aquestes tasques s'ha analitzat i s'ha estudiat documentació tècnica sobre les eines que caldrà utilitzar, s'ha explorat el territori del PNAP i s'ha utilitzat documentació tècnica d'integració i configuració dels equips per poder crear una EB.

1.4 Planificació del Treball

La planificació per a dur a terme aquest TFG està definida en 4 parts. S' ha organitzat d'aquesta forma per fer-les coincidir amb les dates d'entrega de les PACs (Proves d'Avaluació Continuada) de l'assignatura.

La primera part, es correspon a la realització de la proposta del TFG i a la seva planificació. En ella, s'ha elaborat el Diagrama de Gantt i s'ha fet la introducció de la Memòria.

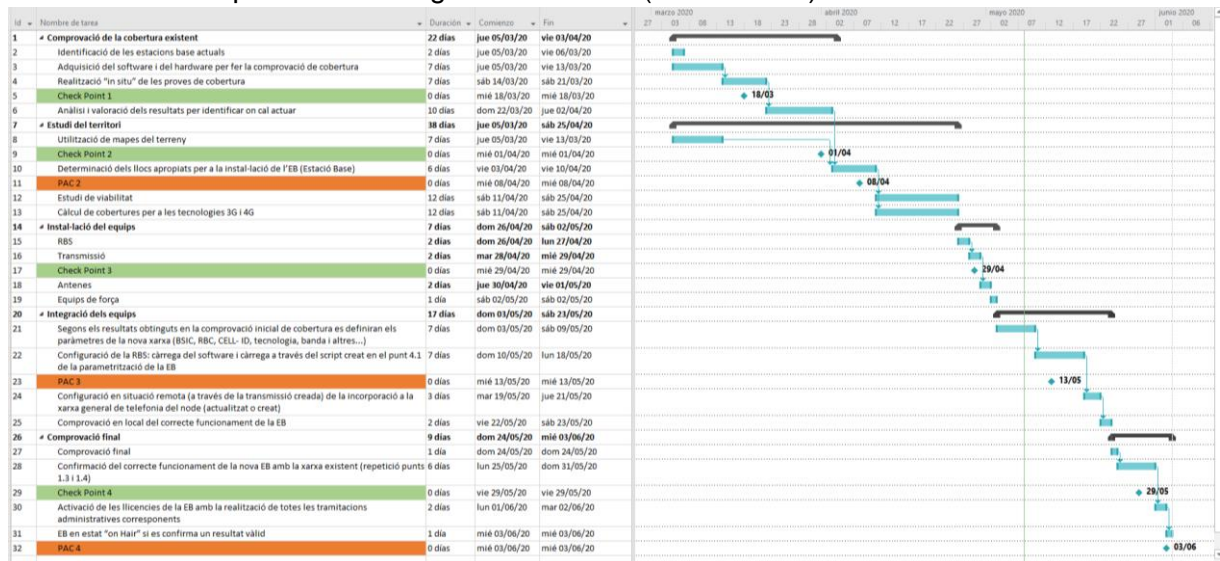
La segona part, es correspon a l'estudi de la zona del PNAP per poder realitzar el Projecte i la realització de l'estudi previ de cobertura. S'ha presentat un software anomenat *Tems Investigation* per efectuar les mesures. Posteriorment, s'ha analitzat el seu resultat per poder elaborar un estudi de les zones amb servei defectuós o inexistent. També s'ha realitzat un estudi de recerca inicial amb les tecnologies de UMTS i LTE que són les que s'han utilitzat en aquest TFG.

La tercera part, introdueix l'elaboració del replanteig. S'han documentat els equips que s'utilitzen en l'actualitat i s'han triat i configurat els equips a instal·lar. Per dur a terme aquesta configuració (integració) es disposa dels *scripts* de cada emplaçament i de dos programaris: l'EMAS (per configurar el UMTS900 i el LTE) i l'OMT (per configurar el GSM900 quan aquest calgui configurar-se en *mixed-mode* amb el U900).

La quarta part, ha consistit en acabar la integració local i en realitzar la integració remota que s'ha dut a terme pel departament de Configuració i d'Execució d'Ericsson.

Per últim, s'han realitzat les proves de dades i de veu en local i s'ha verificat l'estat final de cobertura utilitzant el mateix procediment que en la fase inicial. L'Operadora ha instal·lat les llicències de validació dels equips i consegüentment els emplaçaments han quedat en estat "On Hair".

A continuació es presenta el Diagrama de Gantt (il·lustració 2):



Il·lustració 2: Diagrama de Gantt. Elaboració pròpia

1.5 Breu sumari de productes obtinguts

S'ha obtingut la millora de la cobertura de la telefonia mòbil en el PNAP.

Per fer-ho s'han fet les següents actuacions:

- S'han instal·lat 37 emplaçaments nous repartits en les zones més transitades del PNAP (refugis, cabanes, pàrquings i poblats).
- S'han realitzat treballs de millora d'alguna tecnologia, sigui UMTS900 o LTE800 en els 39 emplaçaments existents.
- S'ha optimitzat la xarxa de telefonia mòbil de les comarques del Pallars Sobirà i de l'Alt Urgell.

1.6 Breu descripció dels altres capítols de la memòria

En els següents capítols de la present memòria s'analitza, s'argumenta i es documenta cada una de les parts del TFG. Els capítols s'organitzen de la següent manera:

Capítol 2. Comprovació de la cobertura existent: s'analitza la cobertura inicial del territori. Les zones d'estudi són les més utilitzades i transitades del PNAP. Es detalla el funcionament del programa *Tems Investigation* per realitzar les mesures amb els paràmetres correctes. S'agrupen els *sites* i les tecnologies i s'expliquen les bandes que s'utilitzen en aquest TFG.

Capítol 3. Estudi del territori: es fa sobre la zona geogràfica on es vol dur a terme el projecte. S'agrupen els diferents punts d'interès per instal·lar-hi els nous emplaçaments de Nodes i s'indiquen les seves ubicacions. Es realitza un estudi de la viabilitat que han de tenir els recintes i es calcula teòricament la cobertura de cada *site*.

Capítol 4. Descripció del equips: es descriuen els equips més importants utilitzats en l'actualitat per les EBs i es decideix si cal instal·lar-ne de nous.

Capítol 5. Integració dels Nodes: s'explica amb els programes EMAS i OMT la configuració dels equips electrònics. S'explica també, com es creen els *scripts* que són específics per a cada emplaçament i com es realitzen les proves de veu i de dades per comprovar que el *site* ha quedat correctament integrat.

Capítol 6. Comprovació final: es realitza la comprovació final de la cobertura en la zona segons s'ha explicat en el capítol 2. Es comprova que la cobertura final hagi millorat i s'activa la llicència per a la seva posta en marxa.

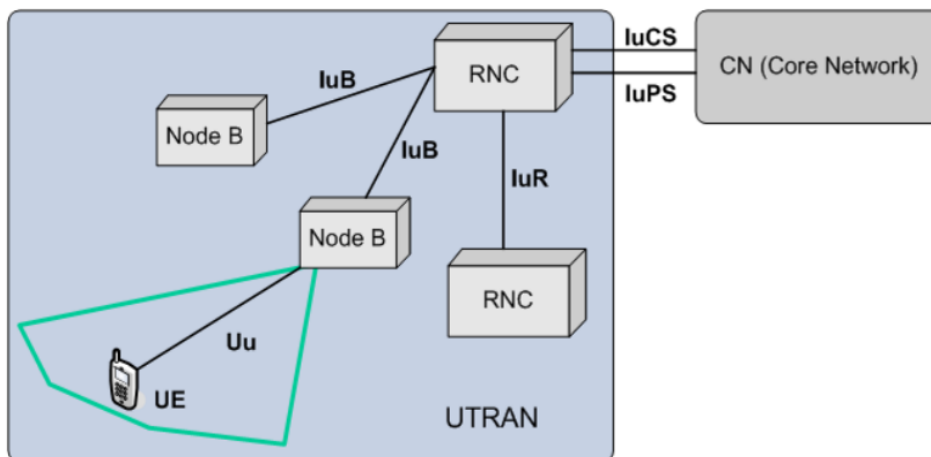
2. Comprovació de la cobertura existent

La primera part de la memòria inclou una recerca d'estudi de les arquitectures en que es vol treballar i que seran tractades contínuament al llarg del projecte. Aquestes seran les de les tecnologies 3G (UMTS) i 4G (LTE).

Arquitectura UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*)

UMTS descriu una arquitectura en la qual apareixen tres elements principals: l'equip d'usuari (UE), la UTRAN (*UMTS Terrestrial Radio Access Network*) i la xarxa central. Aquest esquema es presenta a la figura inferior. La interfície ràdio Uu es troba entre l'UE i la xarxa UTRAN i entre aquesta i la xarxa central (CN) es troba la interfície Iu. Cal destacar que l'accés en el medi a través de la interfície Uu es realitza mitjançant WCDMA (*Code Division Multiple Acces*).

La UTRAN està composta pels NodesB i per les RNCs (*Radio Network Controler*). Els NodesB a la vegada estan compostos per equips de ràdio i per un sistema radiant. Estan connectats a les estacions controladores RNCs mitjançant la interfície IuB. La següent figura (il·lustració 3) mostra l'arquitectura de UMTS [2].



Il·lustració 3: Arquitectura i elements de UMTS

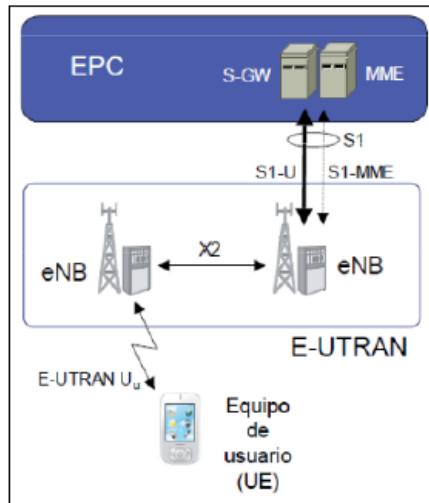
Arquitectura LTE (*Long Term Evolution*)

LTE segueix una arquitectura de xarxa molt similar a l'UMTS. Té un equip d'usuari UE i una infraestructura de xarxa que es divideix de forma lògica en una infraestructura de xarxa troncal CN (*Core Network*) i una de xarxa d'accés Access Network o E-UTRAN (*Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network*) que és la xarxa d'accés específica per LTE. Utilitza la tecnologia OFDMA (*Orthogonal Frequency-Division Multiple Access*) en la interfície ràdio (portadores ortogonals).

La xarxa d'accés E-UTRAN i la xarxa troncal EPC (*Evolved Packet Core*) proporcionen de forma conjunta serveis de transferència de paquets ip. El servei de transferència de paquets ip ofert per la xarxa LTE entre l'equip d'usuari i una xarxa externa s'anomena servei portador EPS (*Evolved Packet System*) Bearer Service. La part del servei de transferència de paquets que proporciona la xarxa d'accés E-UTRAN s'anomena ERAB (*E-UTRAN Ràdio Access Bearer*).

E-UTRAN es compon únicament d'una entitat de xarxa anomenada *evolved NodeB* (eNodeB) que constitueix la EB. D'aquesta manera, la EB E-UTRAN integra totes les funcionalitats de la xarxa d'accés a diferència de les tecnologies GSM i UMTS que estan compostes per EB i equips controladors. En el cas de GSM, la EB és BTS (*Base Transceiver Station*) i l'equip controlador és la BSC (*Base Station Controller*). Per a l'UMTS, la EB és el NodeB i l'equip controlador és la RNC.

A més, hi ha una interfície anomenada X2 a través de la qual els eNodes estan connectats i es comuniquen entre ells. La següent figura (il·lustració 4) mostra l'arquitectura de LTE [3].



Il·lustració 4: Arquitectura LTE

2.1 Identificació de les EBs actuals

Per poder realitzar l'objectiu del projecte, inicialment és necessari saber el punt de partida des d'on caldrà actuar i per tant, cal conèixer l'estat inicial en que es troba el territori.

La telefonia mòbil està determinada per diferents generacions i cada una d'elles té unes característiques que milloren l'anterior. En l'actualitat, predomina la quarta generació que és una tecnologia que està en fase d'implementació. Encara no està efectuada la execució total en tot el territori nacional i per tant, requereix també de l'ús de la tercera generació.

La quarta generació a Espanya no permet el servei de veu amb plenes garanties ja que només permet el servei de dades. Si bé és cert que existeix el servei de *VoLTE* (*Voice over LTE*) aquest té algunes deficiències com per exemple la compatibilitat dels Smartphones, la desconexió de la trucada al canvi de xarxa (de 4G a 3G) i la comunicació entre les diferents Operadores (només es pot utilitzar el servei entre clients d'una mateixa Operadora).

Podem conèixer les tecnologies de que disposa una EB perquè tots els *sites* (EBs) disposen de la tecnologia 3G / WCDMA. Concretant més en aquest punt, caldrà fer una diferenciació de les bandes de cada tecnologia i de les que pot tenir cada *site*.

El 3G/WCDMA té principalment les següents bandes:

Banda 1: es correspon a la banda de 2100 MHz. L'ample de banda és de 60 MHz (20 MHz per a cada operadora).

Banda 8: es correspon a la banda 900 MHz. L'ample de banda és donat per l'operadora: per Movistar és de 14.8 MHz, per Vodafone de 10 MHz i per Orange de 10 MHz.

Les taules següents resumeixen les dos bandes de 3G/WCDMA:

Banda 1 (2100 MHz):

tipus	freqüències	ample	enllaç
FDD	1920-1980 MHz	60 MHz	pujada
	2110-2170 MHz	60 MHz	baixada

Taula 1: UMTS2100, banda 1. Elaboració pròpia

Operadors

bloc	pujada	baixada	operador
2 x 15 MHz	1935-1950 MHz	2125-2140 MHz	Orange
2 x 15 MHz	1950-1965 MHz	2140-2155 MHz	Vodafone
2 x 15 MHz	1965-1980 MHz	2155-2170 MHz	Movistar

Taula 2: UMTS2100, Ample de banda Operadores de la banda 1. Elaboració pròpia

Banda 8 (900 MHz):

freqüències	ample	enllaç
880-915 MHz	35 MHz	pujada
925-960 MHz	35 MHz	baixada

Taula 3: UMTS2100, banda 8. Elaboració pròpia

Operadors

bloc	pujada	baixada	operador
2x5 MHz	880,1-885,1 MHz	925,1-930,1 MHz	Orange
2x5 MHz	885,1-890,1 MHz	930,1-935,1 MHz	Orange
2x5 MHz	890,1-895,1 MHz	935,1-940,1 MHz	Movistar
2x5 MHz	895,1-900,1 MHz	940,1-945,1 MHz	Movistar
2x4,8 MHz	900,1-904,9 MHz	945,1-949,9 MHz	Movistar
2x10 MHz	904,9-914,9 MHz	949,9-959,9 MHz	Vodafone

Taula 4:UMTS2100, Ample de banda Operadores de la banda 8. Elaboració pròpia

Es pot assegurar que tots els *sites* disposen de la banda 8 de 3G ja que inicialment, totes aquestes EB disposaven de la segona generació (2G / GSM) i per tant, la modulació al 3G resulta tècnicament senzilla de realitzar (és un *mixed-mode*) i amb un cost addicional molt baix (aquest punt s'explicarà i es documentarà en el capítol 4: Descripció dels equips).

Pel que fa al 4G/LTE no es pot diferenciar directament si el *site* disposa d'aquesta tecnologia o no. Per poder diferenciar i per tant, identificar quines EBs disposen de 4G caldrà obtenir un plànol amb els identificadors de cel·la de cada tecnologia. En el cas del 4G aquest identificador és el PCI (*Physical Cell Identity of the serving cell*).

Els PCIs o identificadors físics de cel·les proporcionen un valor pseudo - únic per identificar l'eNodeB. El valor PCI es crea a partir de dos components: el PSS (*Primary Synchronization Signal*) i el SSS (*Secondary Synchronization Signal*). El PSS és el senyal de sincronització primària i té valor 0, 1 o 2. El SSS és el senyal de sincronització secundària i pot tenir un valor entre 0 i 167. Per fer el càlcul del PCI cal fer la següent operació:

$PCI = PSS + (3 \cdot SSS) \rightarrow$ resultant un valor entre 0 i 503 (en total són 504 valors).

A més, el 4G disposa també de varies bandes. Les més utilitzades són:

Banda 20: correspon al LTE 800 (800 MHz). L'ample de banda és de 10 MHz per operadora i és la més utilitzada en zones rurals degut al gran abast que té.

Banda 3: correspon a la banda 1800 MHz (banda del DCS de la segona generació). L'ample de banda és de 40 MHz per operadora.

Banda 7: correspon a la banda 2600 MHz. L'ample de banda és variable segons l'operadora. Tenen un abast nacional (20 MHz) i un altre autonòmic (10 MHz o bé 20 Mhz). Es troba en zones d'alta densitat de població.

La següent taula resumeix les diferents bandes del 4G:

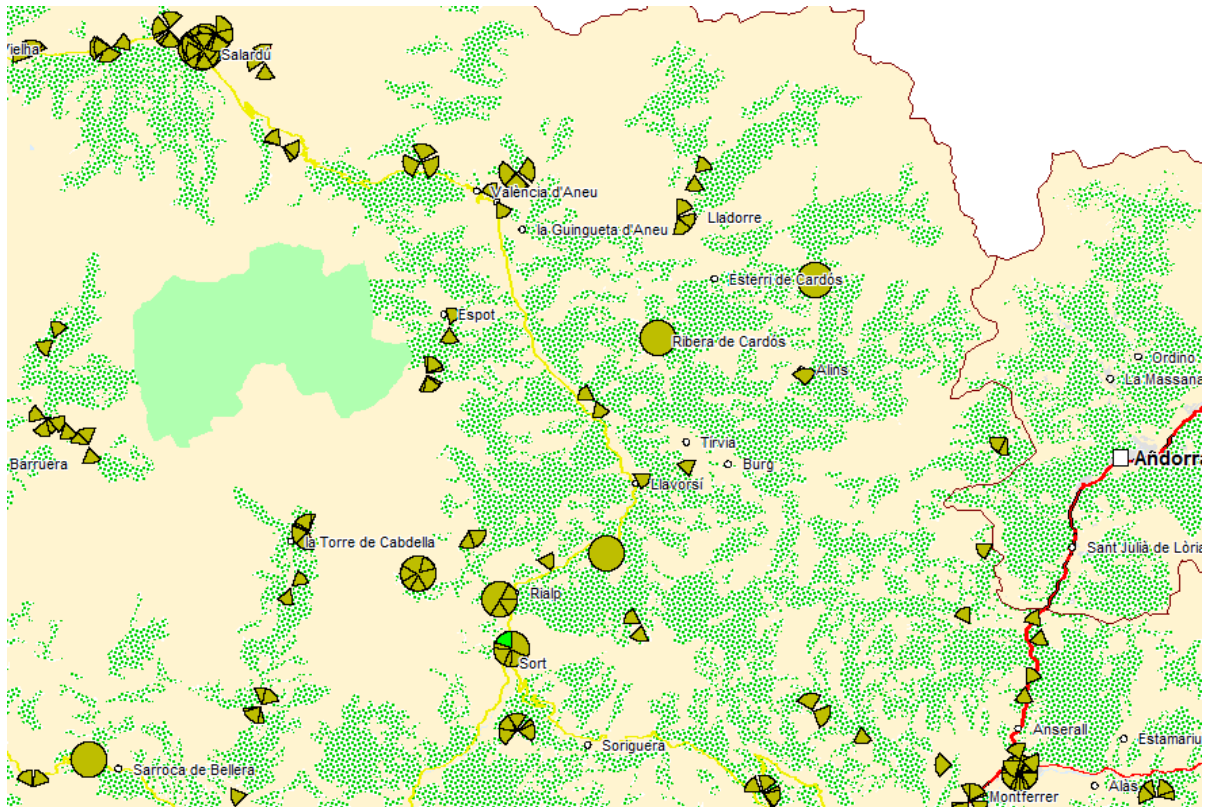
Freqüència (MHz)	banda LTE	Freqüències pujada (MHz)	Freqüències baixada (MHz)
800	20	832-862	791-821
1800	3	1710-1785	1805-1880
2600	7	2500-2570	2620-2690

Taula 5: Bandes del LTE. Elaboració pròpia

El PNAP es troba en el Pirineu de Lleida i el desplegament de tot el potencial de la quarta generació encara està en fase d'implementació. La tercera generació està completada i pel que fa a la quarta generació ja inclou la banda implementada sobre la qual s'actuarà (banda 20).

Quan es parli de generacions a partir d'ara es farà referència a tecnologies: és a dir, al parlar de la tercera generació es farà referència a la tecnologia 3G / WCDMA i per a la quarta generació es farà referència a la tecnologia 4G / LTE.

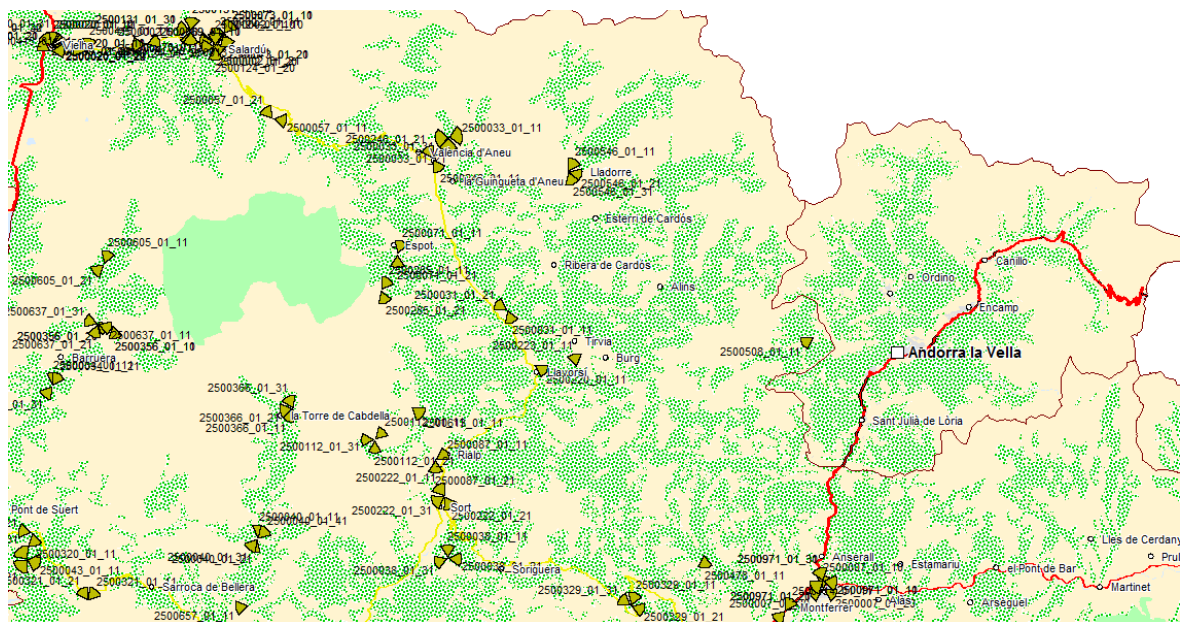
En la següent figura es mostren les EBs actuals.



II-lustració 5: Sites GSM/UMTS Movistar. Tems Investigation. Propietat d'Ericsson

S'observa que les EBs es troben principalment situades en les poblacions principals que hi ha ubicades en la zona del PNAP. Corresponen a la operadora Movistar i cada una d'elles té un codi que les identifica a la xarxa. Totes les EBs mostrades disposen de tecnologia 2G / GSM i 3G/WCDMA, però no totes disposen de 4G / LTE.

Seguint amb la operadora Movistar la següent figura mostra els sites de 4G:



II-lustració 6: Sites LTE Movistar. Tems Investigation. Propietat d'Ericsson

Com es pot veure són inferiors els *sites* que disposen de 4G.

En la figura anterior es pot veure el codi d'emplaçament que és únic, el número de portadores de cada sector i el PCI.

Ex: 2500033_01_11 → codi *sites* (els primers 2 dígits són els que corresponen al codi postal de la província) a continuació el número de portadores de cada sector (en LTE aquest valor és 1) i l'últim el PCI.

Cal indicar que el número de portadores en LTE sempre és de 1. D'altra banda, la tecnologia UMTS pot utilitzar fins a 3 portadores per banda.

Així doncs, degut a que els emplaçaments estan situats en zona rural, aquests tindran la banda de LTE 800.

La següent taula mostra els *sites* de 3G i 4G de Movistar de la zona. Seran necessaris per saber quines seran les cel·les veïnes de les noves EBs que s'implantaran.

CELLNAME	EARFCN_DL	eNodeB
2500222_01_11	6400	ENB_L_SORT_CT_01
2500222_01_21	6400	ENB_L_SORT_CT_01
2500222_01_31	6400	ENB_L_SORT_CT_01
2500057_01_11	6400	ENB_L_PORT_BONAIGUA_EB_01
2500057_01_21	6400	ENB_L_PORT_BONAIGUA_EB_01
2500071_01_11	6400	ENB_L_EST_SUPER_ESPOT_EB_01
2500071_01_21	6400	ENB_L_EST_SUPER_ESPOT_EB_01
2500285_01_11	6400	ENB_L_ESPOT_2000_01
2500285_01_21	6400	ENB_L_ESPOT_2000_01
2500033_01_11	6400	ENB_L_ESCOBEDA_EB_01
2500033_01_21	6400	ENB_L_ESCOBEDA_EB_01
2500033_01_31	6400	ENB_L_ESCOBEDA_EB_01
2500220_01_11	6400	ENB_L_LLAVERSI_CT_01
2500246_01_11	6400	ENB_L_ESTERRI_DANEU_CT_01
2500246_01_21	6400	ENB_L_ESTERRI_DANEU_CT_01
2500971_01_11	6400	ENB_L_PLA_FORQUES_CTTI_01
2500971_01_21	6400	ENB_L_PLA_FORQUES_CTTI_01
2500038_01_11	6400	ENB_L_TORNAFORT_EB_01
2500038_01_21	6400	ENB_L_TORNAFORT_EB_01
2500038_01_31	6400	ENB_L_TORNAFORT_EB_01
2500031_01_11	6400	ENB_L_COMELLADA_RTV_EB_01
2500031_01_21	6400	ENB_L_COMELLADA_RTV_EB_01
2500087_01_11	6400	ENB_L_RIALP_EB_01

2500087_01_21	6400	ENB_L_RIALP_EB_01
2500223_01_11	6400	ENB_L_TIRVIA_01
2500546_01_21	6400	ENB_L_LLADORRE_01
2500546_01_31	6400	ENB_L_LLADORRE_01
2500112_01_11	6400	ENB_L_LLESUI_01
2500112_01_21	6400	ENB_L_LLESUI_01
2500112_01_31	6400	ENB_L_LLESUI_01
2500329_01_11	6400	ENB_L_GUILSCANTO_01
2500329_01_21	6400	ENB_L_GUILSCANTO_01
2500329_01_31	6400	ENB_L_GUILSCANTO_01
2500508_01_11	6400	ENB_L_OS_DE_CIVIS_01
2500613_01_11	6400	ENB_L_ALTRON_01

Taula 6: Sites de LTE de la zona del PNAP. Elaboració pròpia

En la taula anterior es pot observar una columna que es diu EARFCN_DL (*E-UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number*). Aquest paràmetre identifica de manera exclusiva la banda LTE i la freqüència de la portadora. En el cas del EARFCN 6400 es correspon al canal de *downlink* del LTE 800 de Movistar. Seria el mateix mètode que la UARFCN (*Absolute Radio Frequency Channel Number*) pel 3G.

Així doncs, coneixent l' EARFCN_DL podem assegurar de quines bandes disposa cada *site*. Aquest punt és vàlid també per identificar les bandes del 3G, però caldrà tenir en compte que el 3G pot utilitzar més d'una portadora per sector, i per tant, hi haurà més d'un valor de l'UARFCN per a cada banda.

UARFCN (3G) de Movistar: U900 (3011 i 3032) i U2100 (10838, 10813 i 10788).

Per aquest TFG és farà ús de la banda 8 de UMTS900 i de la banda 20 de LTE800.

2.2 Adquisició del software i del hardware

Per poder elaborar un estudi de cobertura de la zona serà necessari utilitzar un software on quedin reflectits els diferents paràmetres del senyal de telefonia mòbil. Aquest programa és el *Tems Investigation* i mitjançant el seu ús es podrà saber com està la zona que volem cobrir [4].

Per començar, es farà una mesura de la cobertura per establir on cal actuar i un cop el projecte estigui realitzat es farà una mesura final. Serà llavors el moment de fer la comprovació de la millora de cobertura obtinguda.

El software utilitzat és el *Tems Investigation* (il·lustració 7).



II-lustració 7: Programa Tems Investigation de ASCOM

Les funcionalitats del programa es descriuen a continuació:

En quant al hardware a utilitzar serà el següent:

- PCTEL *MXflex Scanner Received* [5]: aquesta eina servirà per fer la mesura dels diferents canals de les tecnologies de telefonia mòbil (2G, 3G i 4G).



II-lustració 8: Scanner PCTEL MXflex

Hi ha diverses connexions disponibles:

Hi ha quatre connectors del tipus Sma. En aquests connectors es connectaran les antenes de mesura. Cada connector es correspon a una tecnologia. En el nostre cas s'utilitzaran tres connectors per a les tecnologies de 2G, 3G i 4G.

Un connector Smb. En aquest connector es connectarà l'antena de GPS (*The Global Positioning System*). Aquesta és necessària per prendre les mostres.

Connector de comunicació amb el PC o portàtil. S'utilitzarà per fer la comunicació mitjançant el port USB o LAN. En el cas actual s'utilitzarà el port USB.

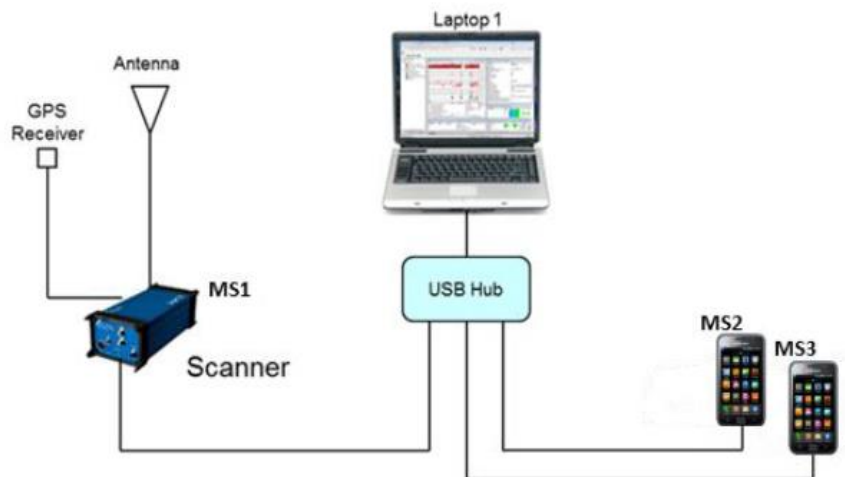
Connector d'alimentació: l'alimentació necessària és de 10 a 16 VDC (80W nominals, màxim 90W).

- Terminals mòbils (SmartPhones). Aquests terminals seran Samsung Galaxy NOTE 4. S'utilitzaran dos terminals, un per fer les mesures del servei de dades i l'altre per fer les mesures del servei de veu.



II-lustració 9: Mòbil Samsung Galaxy Note 4

Esquema de muntatge:



II-lustració 10: Esquema de connexió mesures cobertura mòbil. Elaboració pròpia

2.3 Realització “in situ” de les proves de cobertura

Per a la realització d'aquest projecte es durà a terme un estudi preliminar que servirà per avaluar a on cal intervenir i per fer un estudi de cobertura de les diferents zones del PNAP. Tindrà 2 fases:

- La primera fase consistirà en realitzar proves de cobertura, de la qualitat de les trucades i de la transmissió de dades en les diferents zones del PNAP. Inicialment, es faran en les zones habitades i en els càmpings, i posteriorment en els refugis i en els itineraris més concorreguts del PNAP. La primera fase és la més laboriosa ja que consisteix en conèixer el terreny i treballar “in situ”. En el cas de les zones habitades les proves es podran fer amb vehicle rodat, però en el cas dels refugis i rutes aquestes proves caldrà fer-les caminant.
- La segona fase consistirà en processar les dades obtingudes de la primera fase, fer-ne una anàlisi i decidir a on caldrà actuar.

Per a aquesta primera fase caldrà diferenciar dos escenaris:

- Escenari 1: quan les mesures es poden fer amb vehicle rodat.
- Escenari 2: quan les mesures s'han de fer caminant.

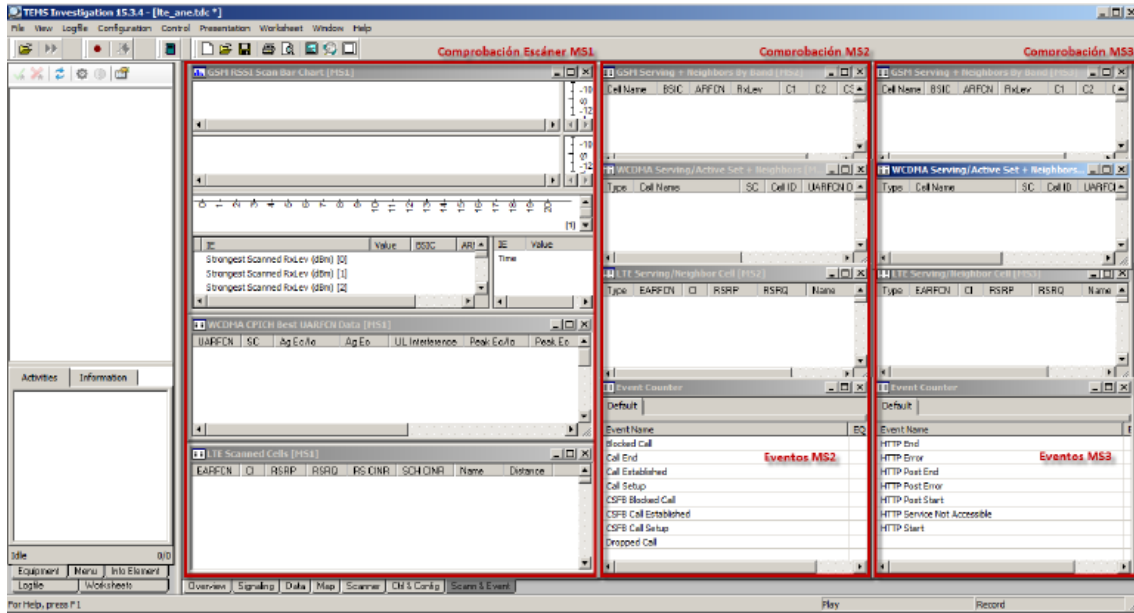
Escenari 1:

Per realitzar les mesures caldrà disposar d'un vehicle que tingui un circuit extern des de la bateria del cotxe fins a una caixa d'alimentació preparada per col·locar-hi un disjuntor. La sortida d'aquest circuit serà de 12V i servirà per alimentar el Scanner i el portàtil (il·lustració 10).

Les antenes de RF i de GPS es col·locaran sobre el vehicle.

La configuració del programa serà la següent:

Inicialment configurar el *workspace*.



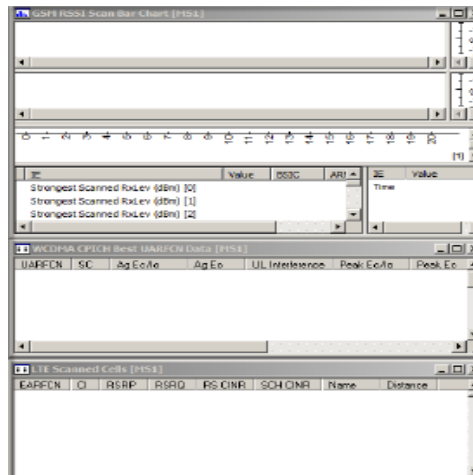
Il·lustració 11: Workspace. Tems Investigation

Un cop executat el programa caldrà crear una etiqueta nova anomenada *Scanner & Event*. Sobre aquesta pestanya caldrà diferenciar tres parts. La part de les mesures del *scanner*, la part de les mesures del terminal de veu i la part de les mesures del terminal de dades (il·lustració 11).

Mesures *scanner*: aquest serà el terminal (MS1).

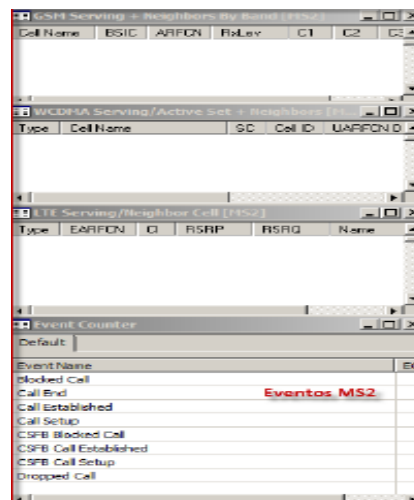
Caldrà obrir les següents finestres:

- GSM RSSI Scan Bar Chart (MS1).
- WCDMA CPICH Best UARFCN Data (MS1).
- LTE Scanned Cells (MS1).



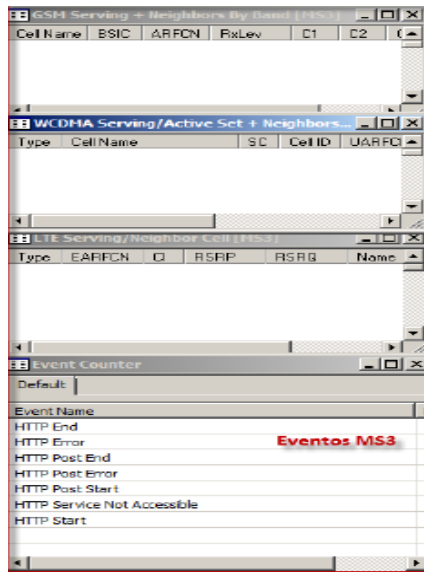
Mesures terminal de veu: aquest serà el terminal (MS2). Caldrà obrir les següents finestres:

- GSM Serving + Neighbors By Band (MS2).
- WCDMA Serving/Active Set + Neighbors (MS2).
- LTE Serving/ Neighbor Cell (MS2).
- Event Counter.



Mesures terminal de dades: aquest serà el terminal (MS3). Caldrà obrir les següents finestres:

- GSM Serving + Neighbors By Band (MS3).
- WCDMA Serving/Active Set + Neighbors (MS3).
- LTE Serving/ Neighbor Cell (MS3).
- Event Counter.



Per acabar, amb la configuració del *workspace* hi ha la finestra de la part esquerra (il·lustració 12) que és on es farà la configuració dels terminals. Com s'ha vist, es disposa de tres terminals: el MS1 que és el terminal del *scanner*, el MS2 que és el terminal de veu i el MS3 que és el terminal de dades.

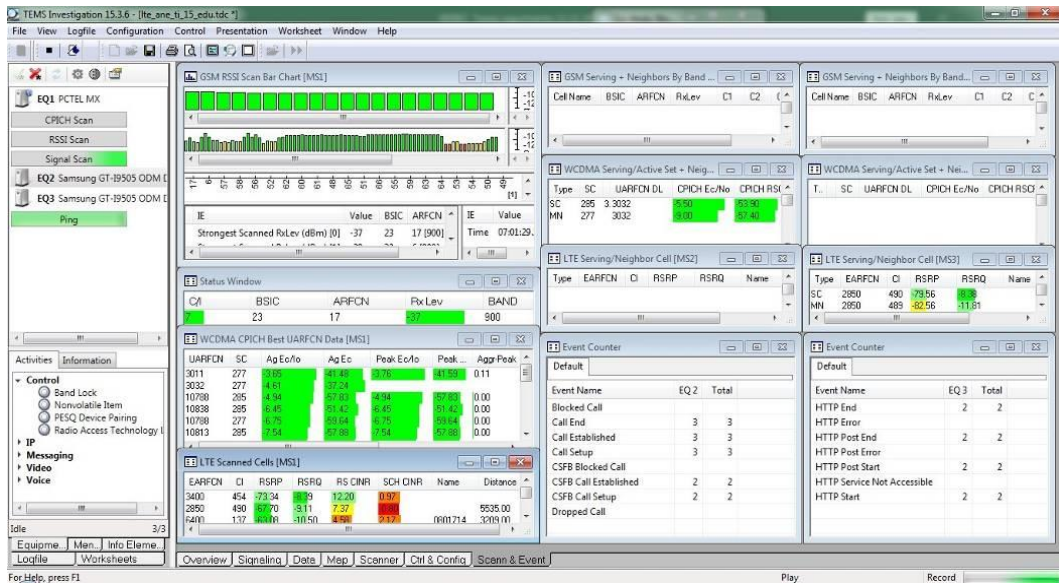
Quan els terminals estiguin connectats al portàtil caldrà habilitar-los. En aquesta finestra apareixerà com EQ1 (terminal MS1), EQ2 (terminal MS2) i EQ3 (terminal MS3). A més, hi haurà l'etiqueta del model de cada terminal.

A la part inferior es configurarà cada terminal:

- EQ1: s'habilitaran les tres tecnologies: 2G→RSSI scan 3G→ CPICH scan i 4G→Signal Sacn.
- EQ2 i EQ3: se seleccionarà en el desplegable Control / Band Lock per forçar la banda de la tecnologia que es voldrà mesurar.



El resultat final quan tot estigui en funcionament serà el següent (il·lustració 12):



Il·lustració 12: Configuració correcta de les mesures. Tems Investigation

Com es pot veure en aquest exemple el MS2 es troba en la tecnologia i banda U900 (UARFCN=3032) i el MS3 es troba en la tecnologia i banda LTE 2600 (EARFCN=2850). A més, la finestra *Event Counter* indica el desenvolupament de les mesures.

Per indicar les tasques que ha de realitzar el terminal MS2 i MS3 cal crear seqüències:

Terminal MS2: indicarà la seqüència de les trucades. En ella es definirà el temps d'espera i el temps de durada de la trucada.

Terminal MS3: indicarà la seqüència de descàrregues (*download*), càrregues (*upload*) i *pings*. En ella caldrà especificar el fitxer de descàrrega i el fitxer de càrrega.

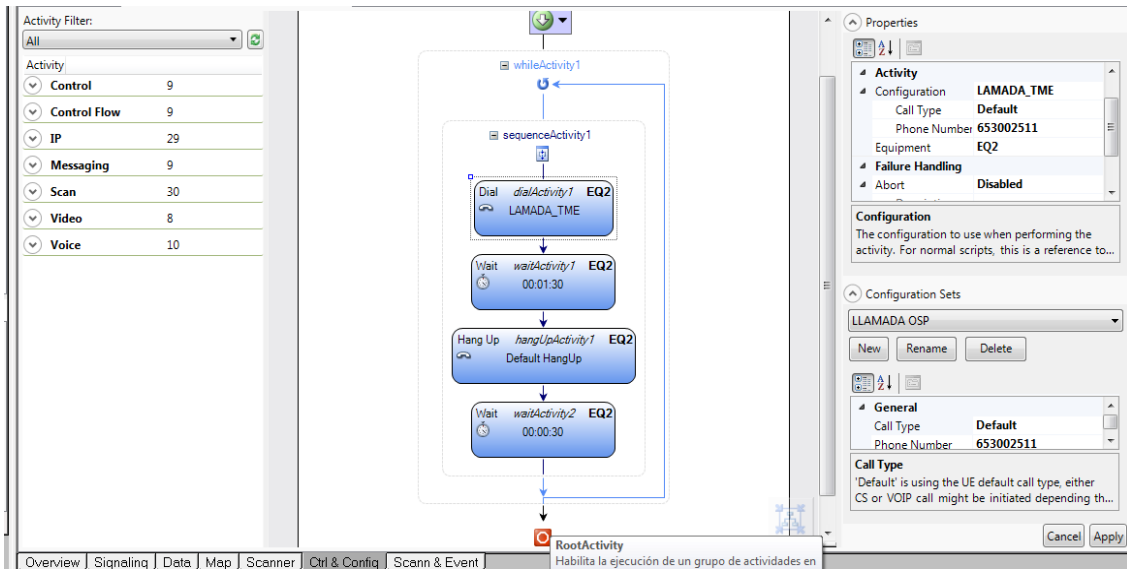
En les mesures inicials i en les mesures finals s'utilitzarà la següent seqüència:

Event Name	EQ 2	Total
Blocked Call		
Call End	3	3
Call Established	3	3
Call Setup	3	3
CSFB Blocked Call		
CSFB Call Established	2	2
CSFB Call Setup	2	2
Dropped Call		

Terminal de veu → tasques: *Dial* (trucada), *Wait* (90 segons), *Hang Up* (penjar) i *Wait* (30 segons).

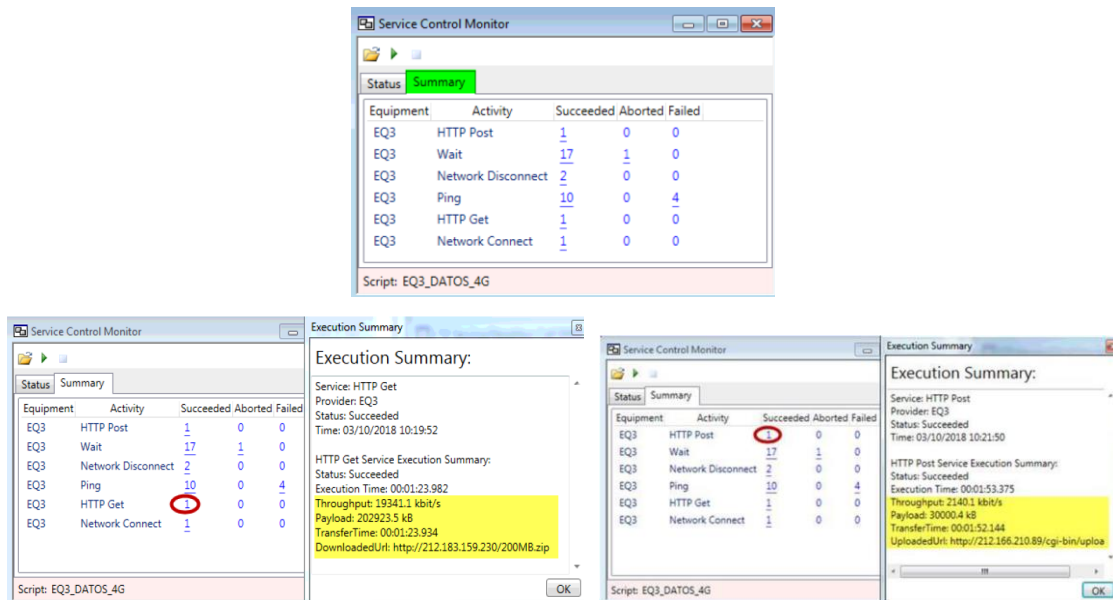
El temps d'espera de 30 segons entre trucades ha de ser suficient per a que el terminal de veu canviï de tecnologia i passi del 3G al 4G (recordar que la trucada sempre s'efectua en 3G). És interessant que la trucada es faci en 4G amb el terminal en repòs (mode *idle*). Si el terminal no fa el canvi de tecnologia quedarà reflectit a la finestra de "*Event Counter*". Concretament, el comptador de *CSFB Call Established* i *CSFB Call*

Setup marcaran el número inferior de trucades del total en que el terminal no hagi fet aquest canvi.



Les seqüències es poden crear a la interfície que té el programa. Cal anar a la pestanya *Ctrl & Config* on es podrà crear la seqüència requerida (pel client) o es podrà modificar qualsevol altra que hagi estat creada.

Per a la seqüència de dades les tasques són més nombroses. Resumint, es demana fer una descàrrega d'un arxiu de 200 MB (FTP Get), una càrrega de 30 MB (HTTP Post) i 42 pings de diferents IPs. Tot aquest procés el podem monitoritzar amb les següents finestres.



Escenari 2

Per realitzar les mesures en zones on no es possible utilitzar un vehicle el procés és similar. En aquest cas, caldrà disposar de bateries pel portàtil i pel scanner i tant l'esquema de connexió com la configuració del programa seran els mateixos.

Encara que els mesuraments de l'escenari 1 i de l'escenari 2 són molt semblants és molt rellevant que en el cas de l'escenari 2 hi haurà moltíssimes més mostres (ja que es faran caminant) i per tant, les estadístiques finals (finestra *Counter Event*) es veurien desproporcionades si no separéssim els escenaris.

2.4 Anàlisi i valoració dels resultats

Un cop obtinguts els resultats es pot esperar que en les poblacions la cobertura de 3G i 4G serà correcta (encara que hi ha poblacions que no disposen de 4G).

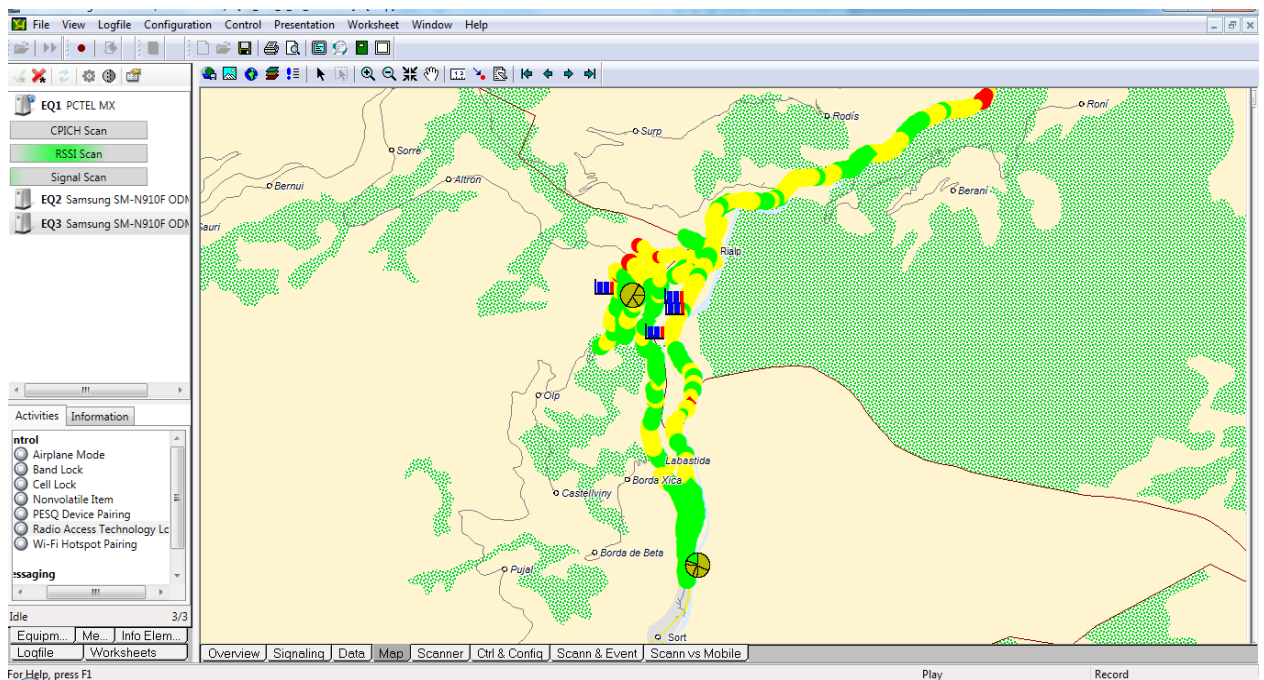
D'una banda, en aquest treball es prendrà com a referència d'anàlisi les tecnologies i bandes següents:

UMTS900→ tecnologia 3G, banda 8

LTE800→ tecnologia 4G, banda 20

Les mesures de les altres bandes de les tecnologies 3G i 4G i evidentment del 2G no es prendran com a referència.

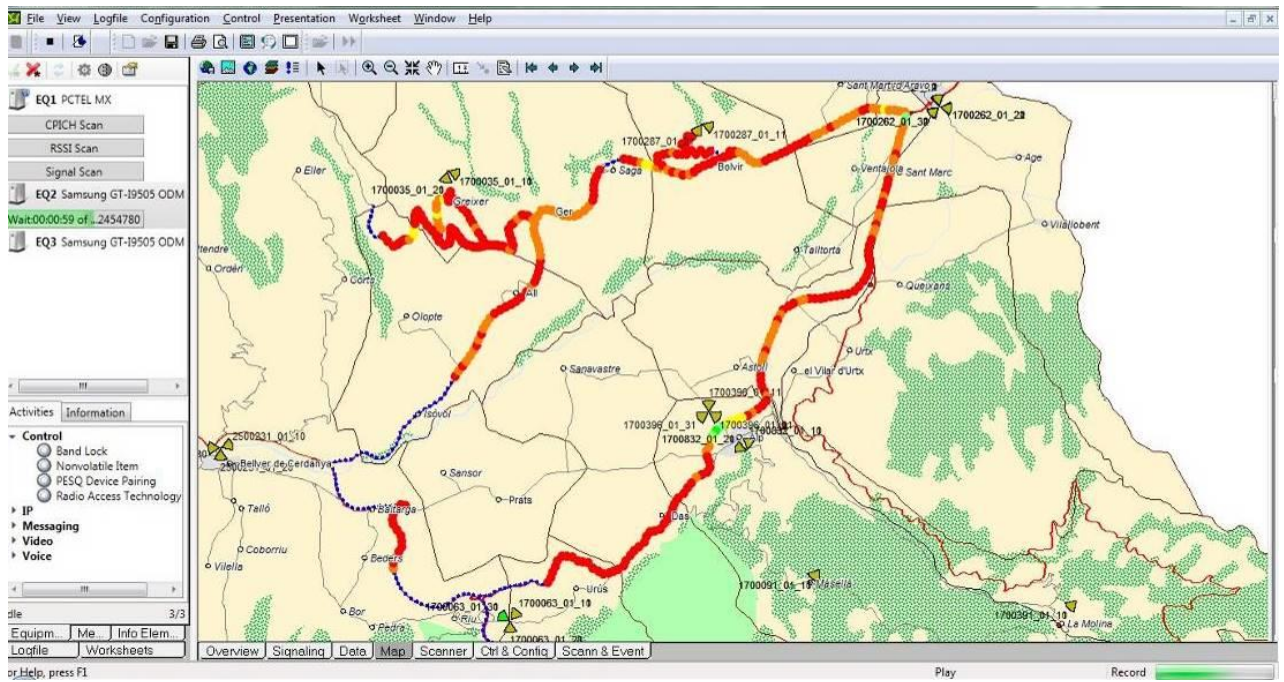
La següent figura mostra una població on el resultat és satisfactori:



II-lustració 13: Mostra resultats correctes sobre mapa. Tems Investigation

D'altra banda, a les zones interiors del PNAP la cobertura és molt deficitària per les dues tecnologies i les mostres que s'obtidrien serien nul·les.

La següent figura mostra un exemple d'una zona de mala cobertura:



Il·lustració 14: Mostra resultats incorrectes sobre mapa. Tems Investigation

Zones on falta cobertura 4G però si hi ha cobertura 3G: Alins i Àreu (Vall Ferrera), Ribera del Cardós (Vall del Cardós), Isil (Valls d'Àneu) i d'altres.

Zones on no hi ha cobertura: trams de carretera C-13 i les zones interiors del PNAP: Vall de Boaví, Pla de Boet, Pica d'Estats i d'altres.

3. Estudi del territori

3.1 Utilització de mapes del terreny

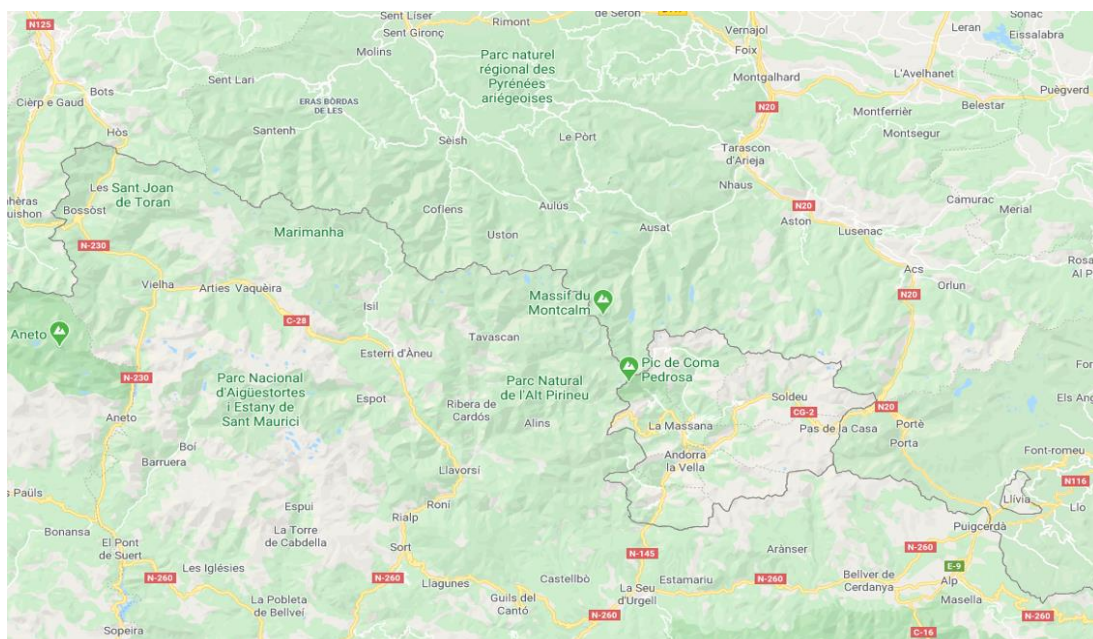
El terreny del PNAP és molt irregular: hi podem trobar zones muntanyoses, zones de llacs i estanys i zones sense desnivell. De fet, el PNAP envolta a moltes poblacions de tal forma que aquests nuclis urbans són limítrofs amb espais que pertanyen al Parc Natural. La cobertura TIC prevista en aquest TFG s'aplica per descomptat en aquests indrets.

Cal tenir en compte - vegeu el mapa annex - que el PNAP és limítrof geogràficament amb el Parc Nacional d'Aigües Tortes i Estany de Sant Maurici i també amb la comarca de la Vall d'Aran. Aquestes circumstàncies indiquen la necessitat de considerar que algunes viles com Viel-la, Salardú, Sort, Espot i la Seu d'Urgell estan afectades pel present projecte.

Hi ha també, zones afectades que no es limiten a l'Estat espanyol (veure il·lustració 15). En efecte, el PNAP és limítrof,

- amb Andorra, en concret:
 - existeix la carretera de Sant Julià de Lòria a Ós de Civis (poble ubicat dintre del PNAP).
 - s'hi arriba per la pista forestal de Tor (zona del PNAP) fet que indica que cal considerar afectada l'Estació d'Esquí de Pal.
- amb França (Departament de l'Ariège: Conflens, Saint Giron i el Parc Natural Regional dels Pirineus Ariejans).

El present TFG no aborda els requeriments derivats d'aquests límits per bé que es podrien plantejar en futurs projectes internacionals.



II-Il·lustració 15: Mapa zona PNAP, Andorra i França. Google Maps

El PNAP va ser creat l'any 2003. Té una superfície de 80.363 hectàrees. Presenta un gran desnivell en altitud, prop de 2.500m. de diferència entre la cota més baixa i la cota més alta i s'ubica en les comarques del Pallars Sobirà i de l'Alt Urgell.

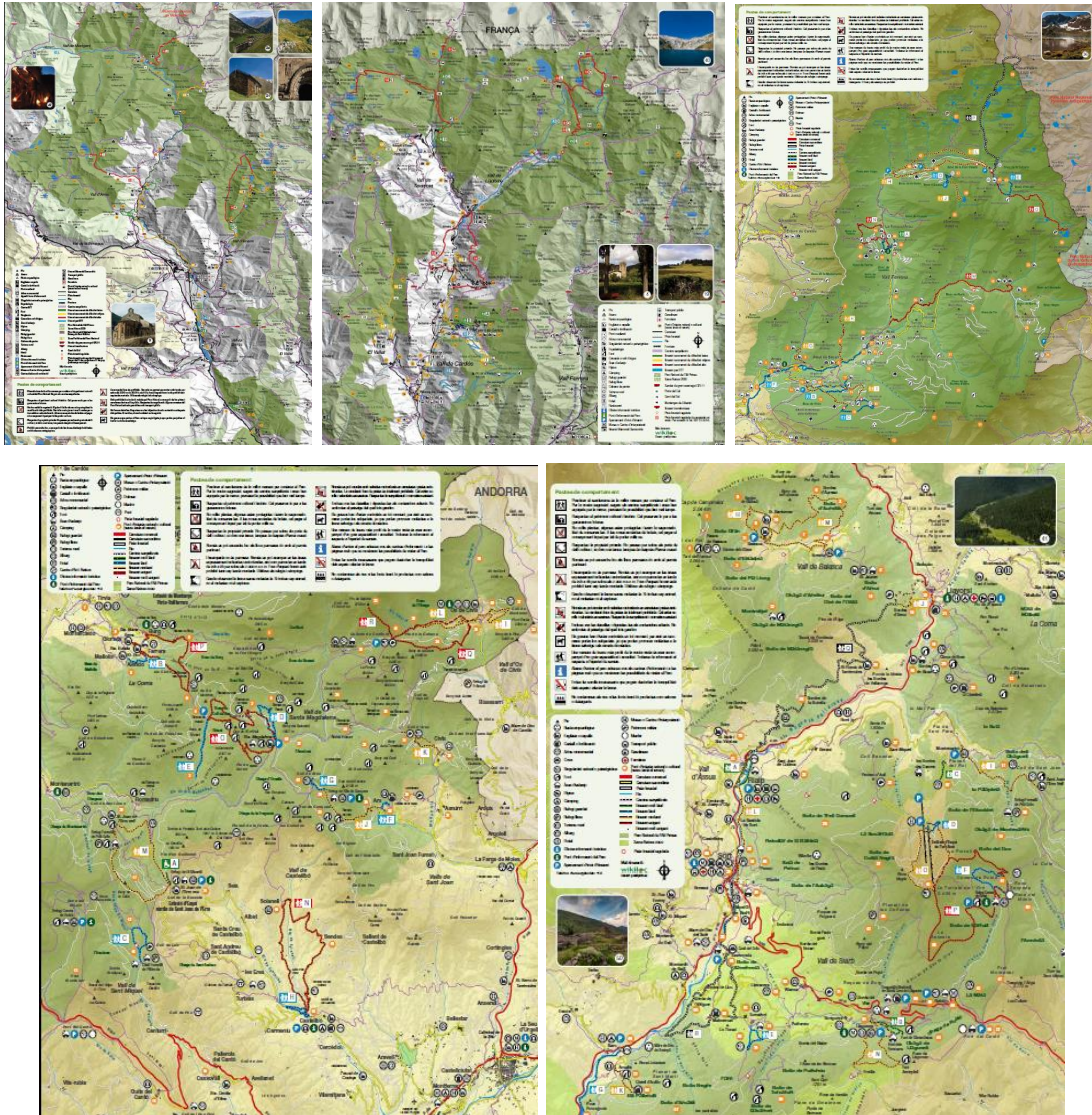
S'estén al llarg de la conca alta de la Noguera Pallaresa i de la conca del Valira (afluent del Segre).



El logotip del PNAP és una sexifòlia, flor de sis pètals.

El PNAP es pot dividir en cinc àrees. Aquestes són: les Valls d'Àneu, la Vall Ferrera, la Vall del Cardós, el Massís d'Orri i la Vall de Santa Magdalena

Tot seguit es mostren els mapes de les cinc àrees:



Il·lustració 16: Plànols del PNAP

<http://parcsnaturals.gencat.cat/ca/alt-pirineu/visiteu-nos/guia-visita/planol/>

A la part superior, Valls d'Àneu, Vall de Cardós i Vall Ferrera i a la part inferior Vall de Santa Magdalena i Massís d'Orri.

És important indicar que el PNAP disposa de 14 refugis que són equipaments tàctics de gran importància pel present TFG [6].

La taula 7 indica les seves característiques més importants:

NUM	NOM	COMARCA	Municipi	INDRET	LLITS	Altitud	Notes
1	El Gerdar	Pallars Sobirà	Alt Aneu	Bosc del Gerdar	26	1.550	
2	Del Fornet	Pallars Sobirà	Alt Aneu	Ctra. de Bonabé s/n		1.365	
3	Certasca	Pallars Sobirà	Lladorre	Certasca	40	2.240	
4	Pleta del Prat	Pallars Sobirà	Lladorre	Estacio Esqui	50	1.720	Tavesca
5	Estaon	Pallars Sobirà	Vall de Cardós		16	1.240	Alberg-refugi
6	Vallferrera	Pallars Sobirà	Alins	Àreu	60	1.940	Barranc d'Areste
7	Gall Fer	Pallars Sobirà	Alins		30	1.670	Bosc de Viròs
8	Arestui	Pallars Sobirà	Llavorsí		24	1.140	Alberg-refugi
9	L'Abadia de Montnartró	Pallars Sobirà	Llavorsí	Montnartró	20	1.300	Alberg
10	Comes de Rubió	Pallars Sobirà	Soriguera	Comes de Rubió	50	1.980	
11	La Basseta	Alt Urgell	Montferrer i Castellbò	St.Joan de l'Erm	93	1.690	
12	Ras de Conques	Alt Urgell	Valls de Valira	Ras de Conques	16	1.840	
13	El Gall Negre	Alt Urgell	Montferrer i Castellbò			1.160	Poble de Solanell
14	Vall de Siarb	Pallars Sobirà	Soriguera	Llagunes (poble)	23	1.300	

Taula 7: Relació Refugis del PNAP. Elaboració pròpia

Els refugis són ubicacions adients per a la instal·lació de EBs, ja que en general tenen comunicacions via televisió/ràdio. Aquest punt és important perquè les EBs planificades ubicades per la zona del PNAP necessiten de la transmissió. Aquesta pot ser via fibra òptica o bé, via radio-enllaç. En aquest cas, si els refugis tenen TV o internet, el problema de la transmissió quedarà resolt en cas d'implementar les EBs en llocs propers.

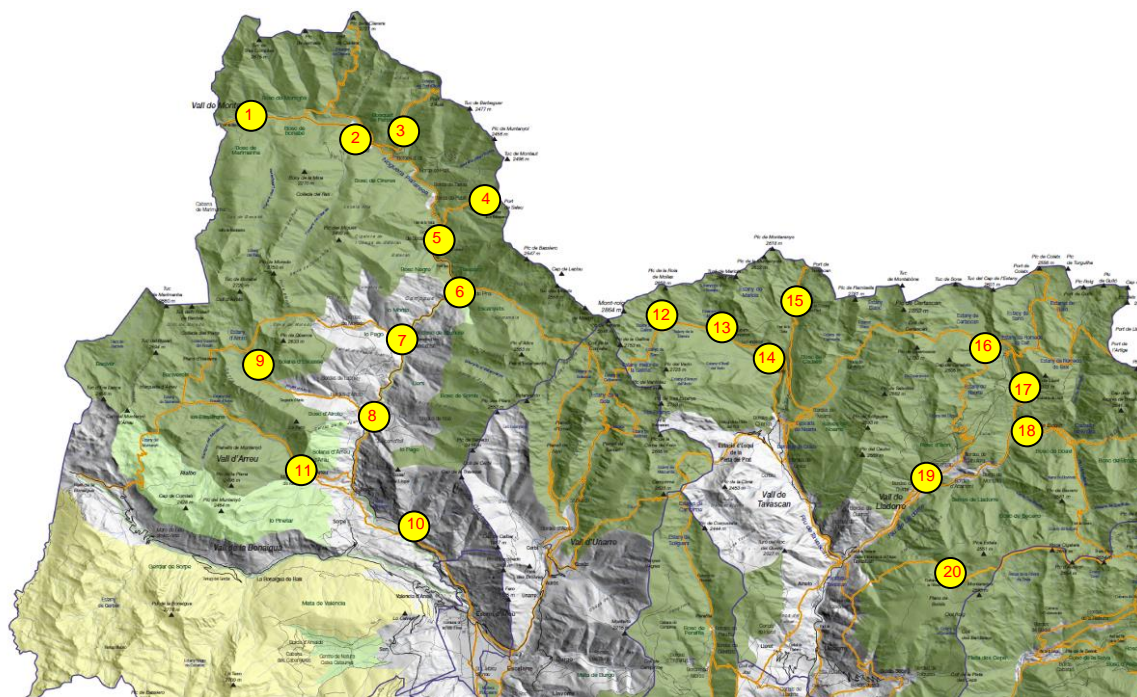
Es fa una referència de les estacions TIC ja instal·lades a les rodalies del PNAP: Mont Caubo, Pic d'Orri i d'altres.

3.2 Determinació dels llocs apropiats per a la instal·lació de les EBs

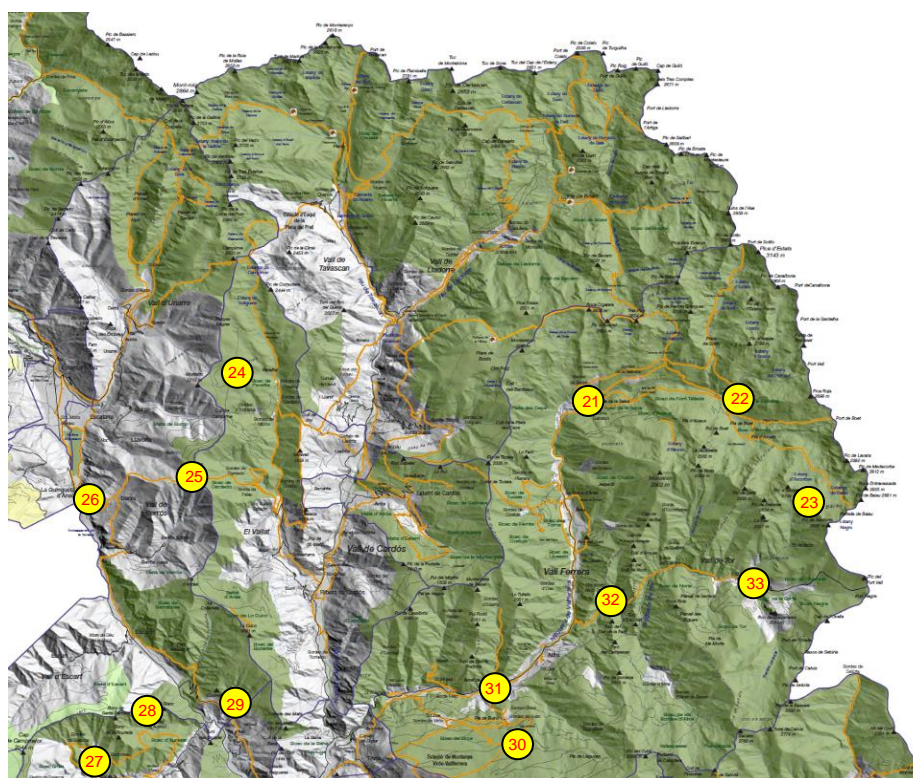
A partir dels resultats obtinguts en l'estudi de cobertura i de conèixer el terreny es podrà decidir el lloc més adequat per implementar les EBs. Caldrà també indicar que hi ha emplaçaments existents on caldrà ampliar la tecnologia. Normalment, aquests emplaçaments disposen de la tecnologia 2G i 3G tal i com s'ha comentat en els punts anteriors.

Segons l'estudi realitzat, a la zona interior del PNAP no es disposa de cobertura i és on es necessitarà fer instal·lacions noves. Aquestes instal·lacions necessitaran de permisos burocràtics i d'obra civil. Aquest TFG no plantejarà l'estudi de l'obra civil ni de la concertació dels permisos, però sí que es mencionarà que aquesta part és fonamental per a que el projecte es pugui executar. De fet, cada EB necessitarà el seu propi projecte, ja que caldrà delimitar un espai per instal·lar hi els equips i la torre de telefonia mòbil, caldrà fer la instal·lació de l'alimentació mitjançant equips no contaminants (com energia solar, energia hidràulica o energia eòlica), caldrà instal·lar els equips de transmissió que podran ser a través de fibra òptica o ràdio - enllaços, caldrà instal·lar equips de seguretat per poder treballar i caldrà instal·lar equips de vídeo vigilància. En el punt següent, l'estudi de viabilitat es documentaran els requisits mínims d'un projecte de telecomunicacions.

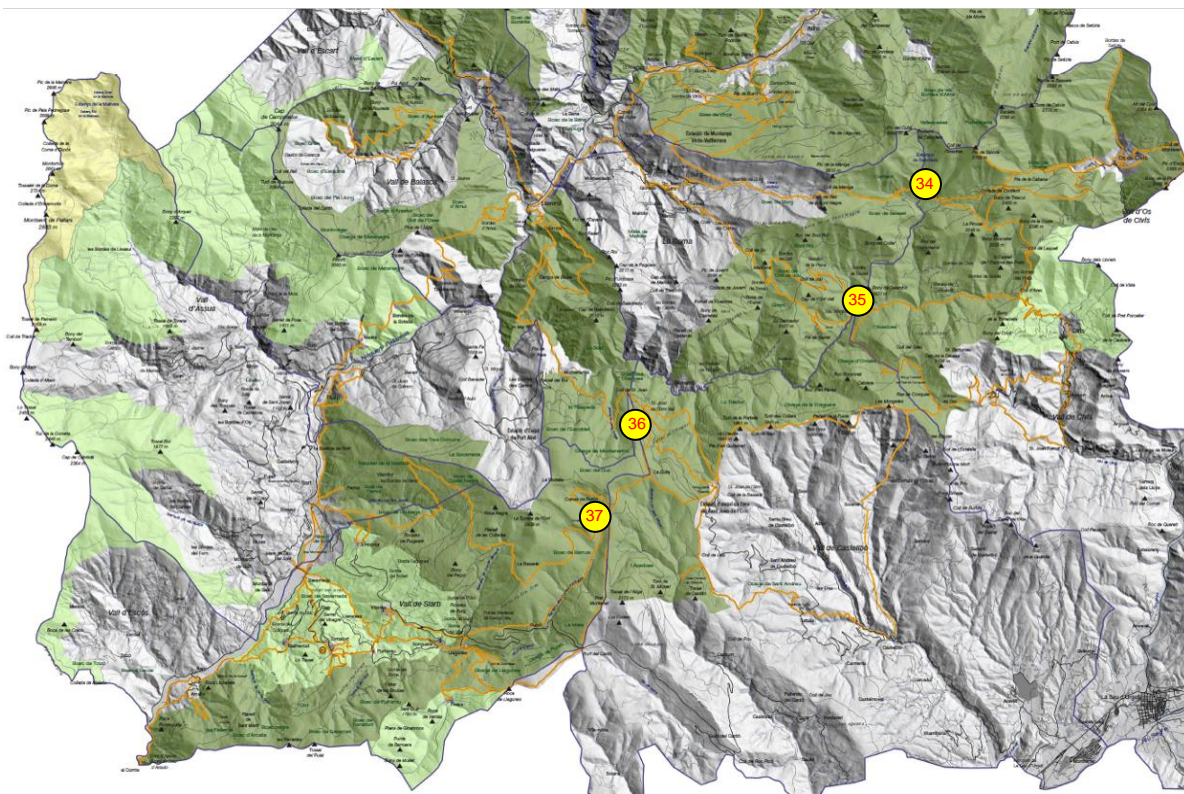
Les EBs noves s'instal·laran en refugis, enclavaments on hi hagi repetidors de radio i televisió, i en punts estratègics com zones concorregudes, aparcament de vehicles, miradors i/o zones de pícnic.



II-Il·lustració 17: Implantació sites nous. Valls Àneu i Cardos. Elaboració Pròpia



II-Il·lustració 18: Implantació sites nous. Valls Cardos i Ferrera. Elaboració Pròpia



**II-Il·lustració 19: Implamentació sites nous. Vall Santa Magdalena i Massís d'Orri.
Elaboració Pròpia**

La següent taula enumera els 37 emplaçaments nous:

NUM	NOM	NUM	NOM
1	Bosc de Bonabé (Camí a Montgarri)	20	Cabana de la Rivera
2	Bordes de Pedrosa (Camí a Montgarri)	21	Pla de la Selva
3	Bordes d'Isil (Camí a Montgarri)	22	Refugi de Vall Ferrera
4	Port de Salau (Telefèric de Montasseire)	23	Refugi de Baiau
5	Refugi del Foment	24	Cabana de Campirme
6	Bordes de Pina (Camí a Montgarri)	25	Mont Lo Callo (Repetidor TV)
7	Alós d'Isil (Poble)	26	Embassament de la Torrassa
8	Isil (Poble)	27	Baixasca (Poble)
9	Refugi d'Arioto	28	Bordes D'Auessi
10	Isavarre (Poble)	29	Estarón (Poble)
11	Arreu (Poble)	30	Refugi Gall Fer
12	Refugi de Montroug	31	Ainet de Basan (Poble)
13	Cabana Fangassal	32	Norris (Poble)
14	Pleta Palomera	33	Tor (Poble)
15	Cabana de l'Estany del Port	34	Bordes de Conflent

16	Refugi de Certescan	35	Sta. Magdalena
17	Cabana de Llum	36	Refugi Forestal del Port Gran
18	Pla de Boavi	37	Refugi Comes de Rubió
19	Bordes d'Isón		

Taula 8: Emplaçaments nous del Projecte. Elaboració Pròpia

A més dels poblats també hi ha les estacions d'esquí de Portainé, Espot, Tavascan i Sant Joan de l'Erm exteriors al PNAP. Totes elles disposen d'EBs que ajudaran a cobrir les zones que hi ha al voltant d'elles.

3.3 Estudi de viabilitat /Obra Civil

Tot seguit es descriuen les actuacions d'obra civil associades als Nodes de les EBs posant especialment l'èmfasi en la importància que tenen les edificacions i les instal·lacions [7].

Elements de les EBs

El primer punt, és l'establiment dels equips *indoor* (edificacions) i dels equips *outdoor* (o d'intempèrie) que tindrà la EB. En concret tenim:

Equips *indoor*

- la sala de comandament i de monitorització dels Nodes.
- la sala del Quadre Elèctric.
- la sala de l'equip de Bateries de Reserva.
- les torres de gelosia per a les antenes lligades a la EB.
- el mòdul de comptadors.

Equips *outdoor*

- els barrots individuals quan la EB tingui antenes amb aquest sistema de suport.
- el subministrament elèctric.
- el cablejat d'alimentació als diferents elements (podria anar fora del llindar estricte de la EB com per exemple, en el cas de les antenes llunyanes).
- la il·luminació.

Obres de condicionament de la EB

La construcció d'una EB requereix treballs de condicionament del terreny:

- fer l'excavació, l'anivellament i la compactació.
- fer la fonamentació per a la bancada dels equips *indoor*. Sobre el terreny compactat s'hi posarà una capa superficial de grava i s'hi farà una llosa de formigó amb doble malla electrosoldada.

- construir una tanca (habitualment rectangular) amb filera de blocs de formigó i malla metàl·lica de 2,5m. d'altura, amb la porta-reixat d'entrada de dues fulles i amb el camí d'accés.
- fer la fonamentació de les torres.
- estudiar i realitzar el cablejat elèctric (sempre soterrani).

Quadre Elèctric i equip de bateries de reserva

A la EB s'instal·larà un Quadre Elèctric de control i de comandament. Estarà equipat amb un terminal de connexió a terra.

Des del quadre s'alimentaran els següents circuits:

- Equips *outdoor*.
- Luminària exterior.
- Reserves.

A fi d'assegurar una autonomia de funcionament en situació d'absència d'energia elèctrica de la companyia subministradora, la EB incorporarà una estança amb una cadena de bateries amb autonomia variable i de fins a un màxim d'una hora. Les bateries seran hermètiques.

Estructura de suport d'antenes.

Els suports dels elements radiants es faran amb torres de gelosia o bé amb barrots individuals (un per a cada antena).

Pel que fa a les torres de gelosia hauran de tenir una alçada d'uns 30m. i unes dimensions de fonamentació adequades:

- són útils en terrenys rurals o en polígons industrials quan cal assegurar una altura suficient per oferir un servei adequat d'una o varies antenes. El motiu per construir aquestes torres és la conveniència d'elevat els sistemes radiants fins a l'altura necessària per garantir la màxima cobertura amb la mínima emissió de potència.
- l'accés a la torre es fa pel seu interior. Per seguretat, cal dimensionar de forma adequada l'amplada dels graons de l'escala i cal un cable anti-caiguda.
- el càlcul de la torre no és objecte d'aquest projecte sinó del subministrador que haurà d'aportar la documentació pertinent en el seu projecte.
- convé harmonitzar-les amb l'entorn fins a on sigui possible (pintura, disseny i d'altres).

Pel que fa als barrots individuals s'utilitzen habitualment en indrets on els espais per a la ubicació dels suports són reduïts i obliguen a instal·lar les antenes amb una altitud mínima (sempre haurà d'esser superior als 2'5 m. per evitar col·lisions directes del feix de l'antena sobre qualsevol objecte).

Elements auxiliars de prevenció

S'instal·laran a les torres sistemes de seguretat homologats (com el *Game-System*). També s'instal·laran (segons normativa) plataformes de descans cada 10m i plataformes de treball sota dels sistemes radiants.

A l'entrada dels Nodes s'instal·laran cartells de senyalització dels riscos i de les mesures preventives a adoptar en l'activitat laboral en la EB.

Instal·lacions de cablejat i subministrament elèctric

Tot el cablejat serà soterrat en tubs de secció suficient en funció de la longitud de la derivació, establint-ne una de mínima i unes característiques ajustades a la normativa UNE.

El cablejat del subministrament elèctric serà de baixa tensió, monofàsica a 240/400 V.

El cable d'alimentació des del comptador fins al quadre elèctric de la EB es realitzarà sota tub PG50. L'estesa d'aquest cable es realitzarà de forma contínua sense passar per cap regleta de connexió fins a l'interruptor general.

Il·luminació

Els equips *indoor* tindran una il·luminació que es realitzarà des de la posició d'alimentació de la balisa, amb un focus alimentat des del quadre elèctric. El focus se situarà de manera que il·lumini els equips i faciliti la seva manipulació.

Posada a terra

Caldrà una xarxa de terra per a tots els equips amb la finalitat de derivar cap a terra els corrents de defecte perillosos per a la integritat física de les persones, així com per protegir els equips instal·lats en les EBs.

Tota la xarxa de terra ha de complir les normatives i especificacions tècniques vigents per aquest tipus d'instal·lacions. S'hi han d'unir tots els elements metàl·lics i tots els dispositius elèctrics de la EB.

Instal·lació d'evacuació d'aigua

El terreny on s'ubiqui la EB haurà de tenir un pendent del 2% per contemplar l'evacuació de l'aigua provocada per pluges o per altres circumstàncies.

4. Descripció dels equips

4.1 Material Electrònic

Els elements que es troben en el *site* són els equips de ràdio de cada operadora. Segons la banda de freqüència, capacitat desitjada o tecnologia s'escolliran uns o altres equips. Alguns *sites* permeten integrar equips de tecnologies diferents i fins i tot és possible compartir els equips si es fan servir les mateixes freqüències (per exemple; GSM900 + UMTS900 en *mixed-mode*).

La majoria dels components descrits són subministrats per l'empresa Ericsson. Actualment, Ericsson subministra els seus equips a les Operadores en la zona 2 que està formada per les comunitats de Catalunya, Aragó, País Basc, La Comunitat Valenciana, Murcia i la Rioja. Malgrat tot, es poden trobar altres empreses subministradores que també actuen en altres zones de l'estat espanyol. Aquestes empreses són Huawei, Nokia i Motorola.

Els *sites* normalment disposen dels següents equips hardware [8]:

- Cabinet.
- Equips ràdio DU (*Digital Unit*) i RU (*Radio Unit*).
- Sensor contra incendis.
- Bateries.
- Sistema de refrigeració.
- Panell elèctric i rectificador.
- Generador *backup*.
- Panell d'alarmes.
- Protecció a terra de descarregues elèctriques.

4.1.1 Cabinet

En aquest projecte també s'anomenaran RBS (*Ràdio Base Station*). El cabinet inclourà els elements necessaris per a la transmissió i recepció de senyals RF de les tecnologies 3GPP (GSM / WCDMA / LTE). En el cabinet s'instal·laran els equips necessaris per a la transmissió de ràdio que es descriuran a continuació (ràdio units, digital units, i d'altres). Depenent de com sigui la configuració de la RBS es podran instal·lar uns equips o uns altres.

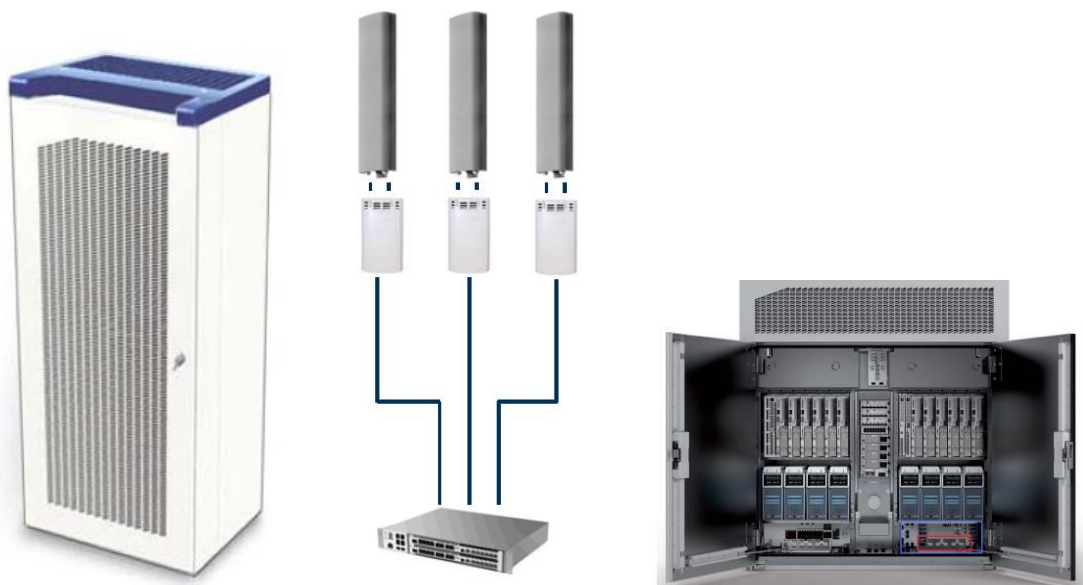
Les funcionalitats d'una RBS són:

- Assignació dels recursos de ràdio.
- Processament del senyal.
- Manteniment de la senyalització dels diferents canals.
- Sincronització mitjançant PCM (*Pulse Code Modulation*) o GPS.
- Realització d'un auto-manteniment a nivell local.

- Supervisió i prova dels equips continguts en la RBS.

La classificació de les RBS es pot fer per varis criteris. Aquests criteris poden ser des de la seva grandària física (gran, petit) a altres criteris com la possibilitat de treballar amb una o més bandes de freqüència específiques o la mida de la cel·la a la qual donarà servei (micro, macro).

A continuació, en la següent Il·lustració es mostren alguns dels gabinets més usats.



Il·lustració 20: RBS 6201, RBS 6601 i RBS 6102

4.1.2 Digital Unit (DU)

La DU s'encarregarà del *switching*, control de trànsit, assignació de temps i recursos, processament en banda base i control de la interfície de ràdio. Per a cada tecnologia que es vulgui implementar caldrà instal·lar almenys una unitat digital, podent connectar diverses en paral·lel per aconseguir major capacitat. Per WCDMA s'anomena DUW, per LTE s'anomena DUL i la versió de LTE + GSM s'anomena DUS. En altres apartats d'aquest projecte s'analitzaran diferents tipus de DUS i se seleccionaran els més adequats en funció de les seves característiques i les necessitats de l'entorn.



Il·lustració 21: Digital Unit (DU)

4.1.3 Ràdio Unit (RU)

La principal funció de la RU és enviar i rebre senyals RF. La RU rebrà dades en format digital i les convertirà en senyals RF analògics. D'altra banda, també rebrà senyals analògics captats per la antena i que transformarà en digitals. En general, s'instal·laran el més a prop possible de les antenes, i també podran anar integrades en la pròpia RBS. Les RUs només suporten FDD (*Frequency-Division Duplex*).

Quan les RUs estan instal·lades en la RBS es denominen RUS i quan estan a l'exterior s'anomenen RRUS (Remote Radio Unit).



Il·lustració 22:RRUS12

Les RUs a més, suportaran la instal·lació dels següents amplificadors i controladors remots:

- *Antenna System Controller (ASC)*.
- *Tower Mounted Amplifier (TMA)*.
- *Frequency Shifting Tower Mounted Amplifier (TMF)*.
- *Remote Electrical Tilt Unit (RET)*.

La seva connexió amb les DUs podrà ser en cascada o en estrella i es farà amb cables de fibra òptica. L'abast màxim del cable de fibra òptica entre la DUs i la RU haurà de ser de 40km.

La connexió entre les RUs i les antenes pot ser de diferents maneres en funció de si es vol utilitzar diversitat. Algunes RUs tenen dos branques dúplex de RX / TX que possibiliten la diversitat en les antenes sempre que aquestes tinguin més d'una boca.

4.2 Sistema radiant

Es denomina emplaçament el lloc on els operadors instal·laran la seva infraestructura. Quan més d'un operador comparteix el mateix emplaçament s'anomena *RAN SHARING*.

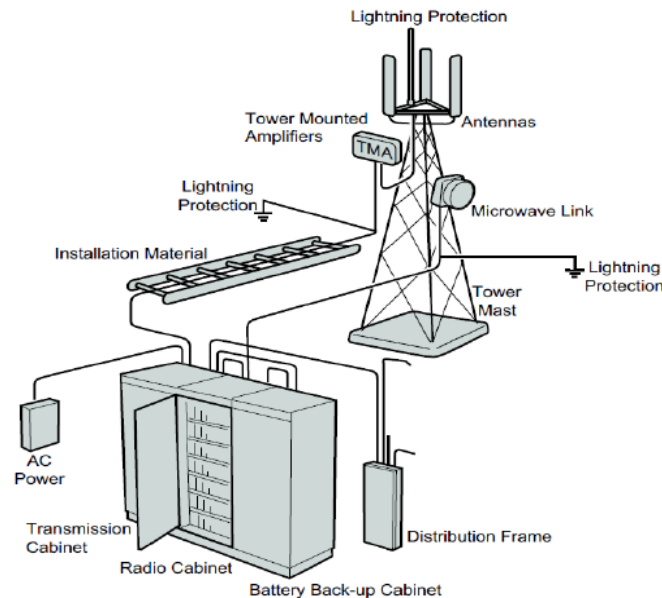
Tipus d'emplaçaments:

- Rural: s'utilitzarà una torre per col·locar les paràboles i les antenes. El subministrament arribarà directament de les línies de tensió a través de connexions elèctriques fins a la caseta o a l'emplaçament.

- Urbà: sobre edificis, per a la seva altura tindrà visibilitat directa amb l'extrem remot i no hi haurà problemes d'obstacles. En el terrat es col·locarà la caseta on es trobaran els equips de radioenllaç.

D'altra banda, el SSRR (Sistema Radiant) d'un emplaçament es compondrà de diferents elements existents entre els Nodes i l'antena, incloent-hi aquesta.

A la següent figura es mostren alguns ells:



Il·lustració 23: Elements SSRR

4.2.1 Antenes

A cada EB s'instal·larà un sistema d'antenes transmissores / receptores. La característica principal d'una antena és el seu guany. Els guanys de les antenes habituals a les EBs oscil·len entre 14dBi i 18dBi, i les dels terminals d'usuari entre 0 i 1dB [9].

Les antenes es poden classificar en base a diferents característiques:

Segons el tipus de radiació:

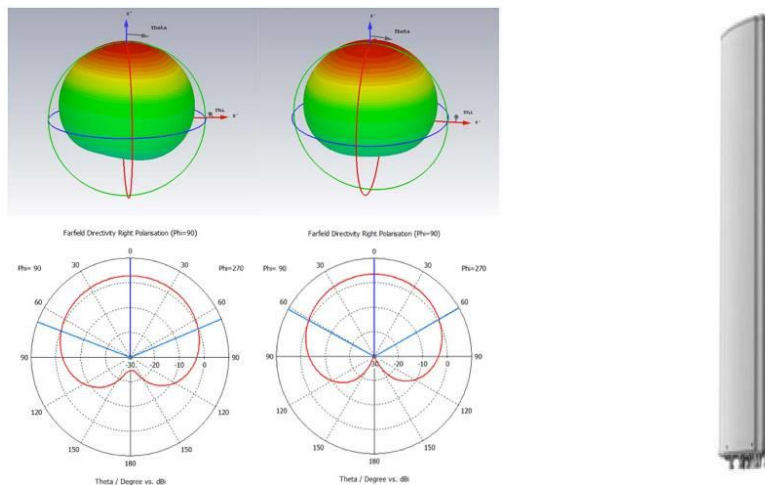
- Omnidireccionals: patró de radiació uniforme respecte al pla horitzontal (mateix guany en totes les direccions). En el pla vertical el patró està concentrat. Tenen guanys propers als 9dBi i una alçada típica de 3m. a 5m. Es poden classificar al seu torn, en *outdoor* i *indoor*. Les *indoor* se solen utilitzar per a la cobertura interior, com per exemple centres comercials, estacions de metro, pavellons esportius, garatges i d'altres.



Il·lustració 24: Diagrama radiació antena omni (esquerra) i antena omni indoor (dreta)

- Unidireccionals: no segueixen un patró uniforme per a cap dels plans. La major part de potència es concentra en una única direcció. Els guanys típics d'aquest tipus d'antenes solen ser del rang de 9 a 17 dBi.

En telefonia mòbil es fan servir les anomenades antenes de panell, i solen ser de forma rectangular. S'adapten bé a aquesta tecnologia a causa del seu ample de feix d'uns 65° i de la topologia de xarxa hexagonal.



Il·lustració 25: Diagrama de radiació antena panell (esquerra) i antena panell (dreta)

- Sistemes multi-antena: utilitzen més d'una antena per crear un patró de radiació en conjunt. El seu funcionament és el muntatge de dues antenes apuntant a una direcció cada una, unides per un *splitter* o divisor de potència. Cal indicar que aquest tipus d'aplicació constitueixen la mateixa cel·la lògica. L'ús més comú d'aquest tipus de sistemes és en les carreteres, on es situen antenes sectorials en direccions oposades, radiant la mateixa cel·la en ambdues.

Per bandes de freqüència:

En funció del nombre de bandes que suporten les antenes poden ser:

- Mono banda: només es poden utilitzar per transmetre i rebre en una única banda freqüencial.
- Duals: antenes que són capaces d'emetre i transmetre en dues bandes.
- Tribanda: antenes que suporten 3 bandes de freqüències.
- Quatribanda: antenes que permeten utilitzar quatre bandes de freqüències. El seu ús principal són els projectes de LTE2600.

Segons el nombre de bandes que accepti l'antena, aquesta portarà un nombre de boques per a les connexions:



II-lustració 26: Boques de connexió antena Panell

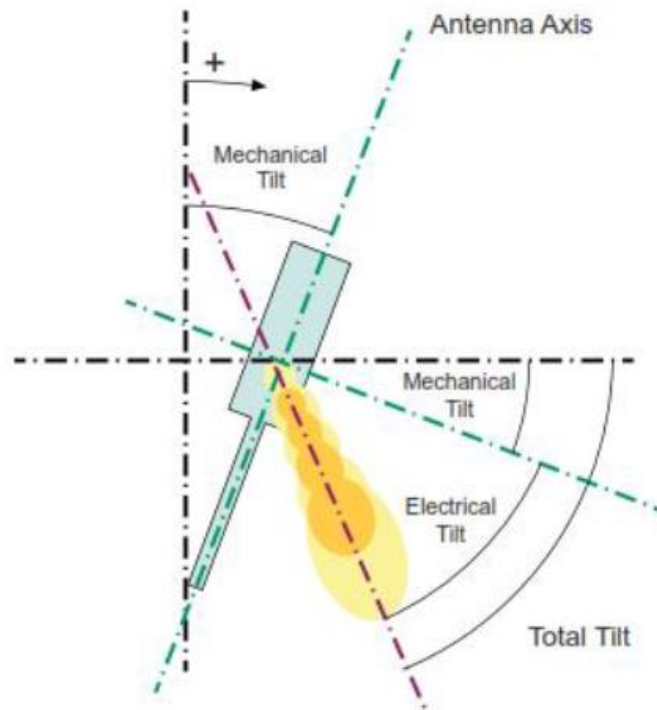
Per *Beamwidth*:

El *Beamwidth* o l'obertura del feix és una altra de les característiques que cal tenir en compte a l'hora de seleccionar un tipus d'antena o un altre. Es tracta de l'angle entre els dos punts del patró en els quals la potència radiada passa a ser 3dB inferior a la potència màxima que es radia a la direcció principal.

L'amplada del feix horitzontal de les antenes varia entre 65° i 90° normalment, i el vertical interessa que sigui el més estret possible perquè no es perdi la potència cap a zones en les quals no hi hagi d'haver usuaris connectats. Per adaptar l'orientació del feix se sol inclinar l'antena físicament (*downtilt* mecànic) o inclinar el feix elèctricament (*downtilt* elèctric).

El *tilt* mecànic (*fixed downtilt angle*) és la inclinació física de l'antena. En el cas de *tilt* elèctric (*adjustable electrical downtilt angle*) es modifica el patró de radiació per aconseguir la inclinació del feix. Aquest ajust pot ser manual o remot. Si és remot es necessari utilitzar un element passiu que es diu RET (*Remote Electrical Tilt*).

El *downtilt* total de l'antena serà el *downtilt* mecànic més el *downtilt* elèctric.



Il·lustració 27: Downtilt mecànic i elèctric d'una antena

4.2.2 Feeders i connectors

A les EBs de xarxes mòbils es faran servir múltiples elements de connexió: aquests podran ser *feeders* coaxials, connectors, *jumpers* ("latiguillos"), proteccions o fibra òptica.

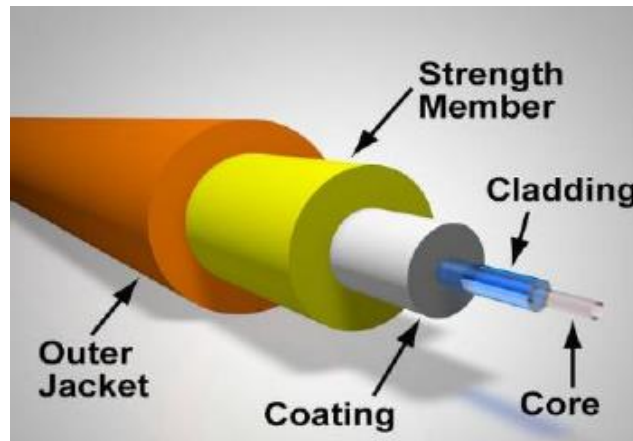
- *Feeder* de cable coaxial: es compon de dos conductors concèntrics, un central, anomenat nucli que és l'encarregat de portar la informació i un exterior, anomenat malla que serveix com a referència de terra i retorn dels corrents. El nucli és bàsicament un fil de coure que s'encarrega de portar la informació i que està embolicat (a més de la malla) amb un aïllant interior i una coberta externa feta de plàstic, tefló o goma, que no té capacitat de conducció. A les EBs se solen utilitzar cables coaxials de diferents gruixos per portar el senyal. Les dimensions més típiques són les següents (en polzades); 1/2", 7/8", 1 1/4" i 1 5/8".



Il·lustració 28: Dimensions cables coaxials

- *Feeder* de fibra òptica: està compost per tres parts principals: *el core*, *el cladding* (revestiment) i *el buffer* (protector extern). El revestiment guia la llum que es transporta en el *core* mitjançant la metodologia de reflexos internes. El *core* i el

revestiment tenen menor índex de refracció. El seu material pot ser silici, glass o plàstic.



Il·lustració 29: Composició fibra òptica

Hi ha dos tipus de fibra, la *single-mode* i la *multi-mode*. Pel que fa a la primera, té un nucli menor de 10 micròmetres i requereix components i mètodes d'interconnexió molt més cars, però per altra banda s'aconsegueixen enllaços més llargs i de capacitat més alta. En quant a la *multi-mode* té un nucli major de 50 micròmetres cosa que permetrà connectar transmissors i receptors menys precisos i també connectors més barats.

Els escenaris d'ús de la fibra òptica són EBs on es vol maximitzar la qualitat de senyal d'una tecnologia concreta que arriba a l'antena.

Connectors RF: els connectors de RF permetran la interconnexió entre diferents elements de radiofreqüència. Caldrà intentar que tinguin les menors pèrdues possibles i es podran utilitzar a l'exterior (amb protecció de cinta aïllant i vulcanitzant).

El comportament davant de la reflexió dels connectors coaxials es pot descriure mitjançant els valors del factor de reflexió, el coeficient de reflexió o VSWR (*Voltage Standing Wave Ratio*).

Els connectors més utilitzats en les instal·lacions de RF són:

- Connector tipus N: fins a 11 GHz a 50 ohms d'impedància.
- Connector 7/16: són els connectors més comuns per *feeders* de 1/2" i 7/8" en antenes d'EB de LTE i WCDMA.
- Connector sèries 4.3/10: s'ha desenvolupat per a aplicacions de ràdio mòbil.
- Connector BCN: és el connector més comú per a cables coaxials. Disponible per 50 i 75 ohms. Els de 50 ohms poden operar fins a 4 GHz.
- Connector FME: estàndard de 50 ohms. Una mica més petit. Té de 0 a 2GHz.
- Connector de fibra òptica.

4.2.3 Amplificadors

El principal ús dels amplificadors a les EBs serà compensar les pèrdues produïdes pel sistema radiant. Aquestes pèrdues seran les dels connectors, les dels *feeders* i les dels descarregadors elèctrics.

Estaran col·locats el més a prop possible de les antenes i com a resultat, hauran d'aconseguir amplificar el senyal rebut en el punt inicial, millorar la sensibilitat de l'*uplink* i minimitzar la figura de soroll (NF).

Si millora l'*uplink* millorarà la cobertura, els UE necessitaran menys potència per transmetre i en conseqüència hi haurà un estalvi de bateria.

L'amplificador més utilitzat a les EBs és el TMA. És un amplificador de baix soroll (LNA) que està situat en el mateix pal de l'antena i és únic per sector (s'instal·larà un per sector).

Les seves característiques són les següents:



Frequency Bands	PMR, TETRA, IDEN, CDMA GSM900/1800, WCDMA, LTE	Gain	5 - 20 dB step 1dB
	For other frequency band variations, contact your dealer of the manufacturer	Power Supply	12 VDC or Customized
		RF Connector	Din 7/16" or Customized
		Optical connectors	NA
Maximum Output Power	40 watt - 100 watt		

Il·lustració 30: TMA (esquerra) i característiques del TMA (dreta)

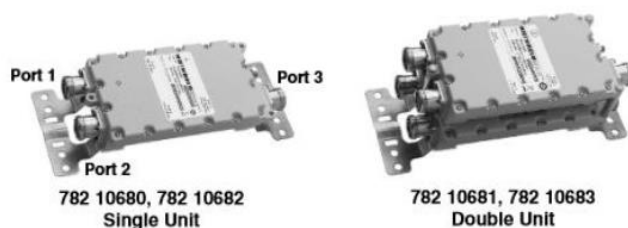
4.2.4 Combinadors i diplexors / triplexors

S'utilitzaran en les etapes de combinació, per combinar senyals de diferents tecnologies, diferents bandes de freqüències o diferents operadors.

Diplexors/triplexors: s'utilitzaran per sistemes multibanda.

El seu funcionament serà filtrar cada banda en cada boca de connexió (cada boca disposa d'un filtre passa banda) en la recepció, i en la transmissió unificarà les freqüències en una única boca.

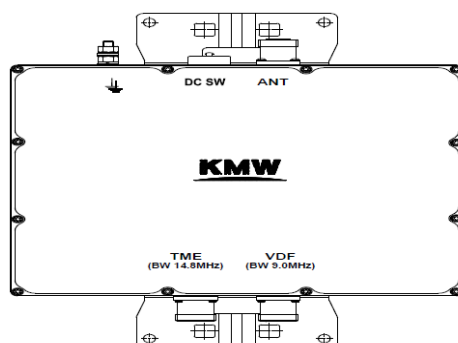
Seràn adequats per a instal·lacions amb problemes d'espai o sobrecàrrega i per facilitar la connexió a les antenes. Quan es treballa en dos freqüències es farà ús del diplexor i quan siguin tres freqüències s'utilitzarà el triplexor.



Il·lustració 31: Diplexor simple (esquerra) i diplexor doble (dreta)

Combinadors: les EB solen ser propietat d'un operador, però moltes vegades es comparteixen. La majoria de les vegades a més de compartir l'EB es comparteix el SSRR. Pel fet de que més d'un operador faci ús del mateix SSRR caldrà combinar els senyals de RF de la mateixa freqüència de cada un d'ells.

Hi ha dos tipus de combinadors: d'una banda, els combinadors de cavitat que es caracteritzen perquè tenen una major separació entre freqüències de TX i amb menors pèrdues (<0.5dB) i d'altra banda, els combinadors híbrids que tenen una separació menor entre freqüències, però amb majors pèrdues (> 3 dB).



Il·lustració 32: Combinador híbrid

Splitters: són divisors de senyal (de potència). Tenen una entrada entre dues o més sortides (màxim 4). El seu ús es farà en sistemes de multi-antena. Quan els ports de sortida del *splitter* tenen les mateixes pèrdues respecte al de l'entrada, s'anomena "divisor". Quan aquestes pèrdues són diferents per a cada port de sortida s'anomena "acoblador".

4.3 Transmissió

Aquest punt és clau per a que els equips funcionin correctament. La transmissió haurà d'arribar a l'emplaçament mitjançant fibra òptica o radio-enllaç. En tot cas, sempre haurà de tenir un ample de banda de 2Mbit/s [10].

El punt de connexió de la transmissió en l'emplaçament podrà ser de dos formes:

- Per radio-enllaç: caldrà cablejar la sortida de la MMU del radio-enllaç fins el port d'entrada de transmissió de la RBS. Aquesta connexió es farà per cable Ethernet o fibra òptica.
- Per PTRO (Punto Terminal de Red Óptica): caldrà cablejar la sortida del PTRO fins el port d'entrada de transmissió en la RBS. Aquesta connexió només pot ser amb cable de fibra òptica (fibra del tipus "Single Mode").



Il·lustració 33: Instal·lació PTRO

També hi ha un altre tipus de connexió que és la connexió en cascada. Consisteix en connectar en paral·lel diferents unitats de DU a partir d'una RBS existent. No s'especifica com a tipus de connexió ja que no s'utilitza en l'actualitat per problemes de configuració de les diferents DU.

Les connexions que es fan mitjançant cable Ethernet s'anomenen transmissions elèctriques i les que es fan mitjançant fibra òptica s'anomenen transmissions òptiques.

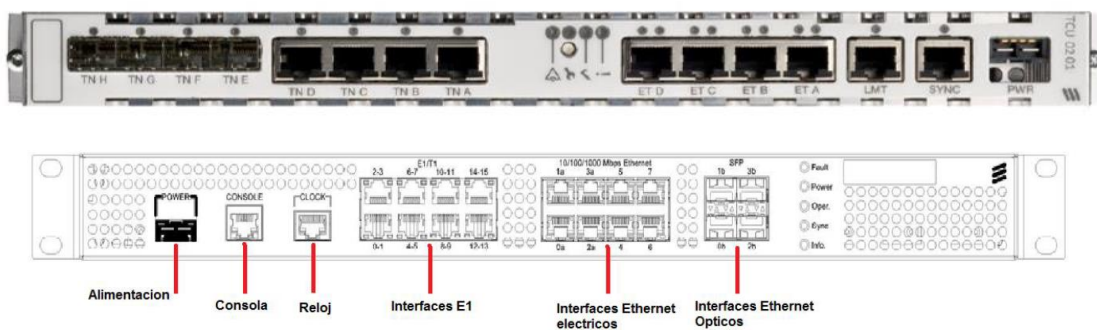
També podem trobar transmissió mitjançant trames de comunicació (E1). Aquestes transmissions s'utilitzen en el 2G (GSM i DCS).

La RBS disposa d'un mòdul per distribuir la transmissió a les diferents DU. Aquests mòduls segons l'operadora s'anomenen d'una o d'una altra forma.

Tenen la funció d'integrar tot el trànsit de GSM, WCDMA i LTE, encapsulant-lo sobre ip, i/o tràfic de LAN en un sola interfície WAN.

La interfície WAN agrupa tot el trànsit sobre un suport físic que pot ser de diferent tipus (E1, fibra òptica o *Ethernet*).

Els mòduls són la TCU (*Transport Connectivity Unit*) que és el mòdul que utilitza Movistar (TME) o la SIU (*Site Integration Unit*) que és utilitzat per Vodafone (VDF) i Orange (OR).



Il·lustració 34: TCU (part superior) i SIU (part inferior)

La seva configuració s'explicarà en l'apartat d'Integració dels Equips (punt 5.1)

4.4 Replanteig del projecte

El replanteig del projecte consisteix en indicar els equips que s'utilitzaran en aquest projecte [11]. L'objectiu principal que es vol assolir serà ampliar o implementar segons l'emplaçament, la cobertura del UMTS900 i de LTE800.

Com s'ha vist en apartats anteriors, els *sites* existents tenen GSM900, UMTS2100 i si tenen LTE aquest serà de la banda 800 (LTE800). Per tant, es podran tenir dos escenaris.

- Escenari 1: implantació de UMTS900 i LTE800.
- Escenari 2: implantació de LTE800.

A continuació s'expliquen les característiques de cadascun d'ells. Finalment, s'indica el material necessari segons el cas.

Escenari 1

En tots els emplaçaments nous d'aquest projecte es farà ús de la RBS6601. Aquest tipus de cabinet és molt manejable, de dimensions reduïdes i fàcil d'instal·lar.

Per poder fer la instal·lació d'aquesta RBS ens caldrà una cabina per subministrar als diferents equips (RBS i RRUS) l'alimentació elèctrica, les alarmes, la transmissió amb els seus equips i la radio entre les DUs i les RRUS (cable de FO).

La cabina a utilitzar serà la MICRO CF-PC.

Les seves dimensions són les següents:

- Altura total: 1100 mm.
- Amplada: 789 mm.
- Fons: 442.5 mm.
- Pes (al buit) : 60 Kg.

A l'interior de la cabina existeixen dos zones clarament diferenciades.

- Sub-bastidor superior de 19" vertical amb espai per instal·lar-hi 2 RBS6601.
- Sub-bastidor inferior de 19" on està instal·lada per defecte l'energia d'alimentació en contínua (DC), el quadre d'alimentació en alterna (AC) i la zona de bateries (pel cas de caiguda de tensió).

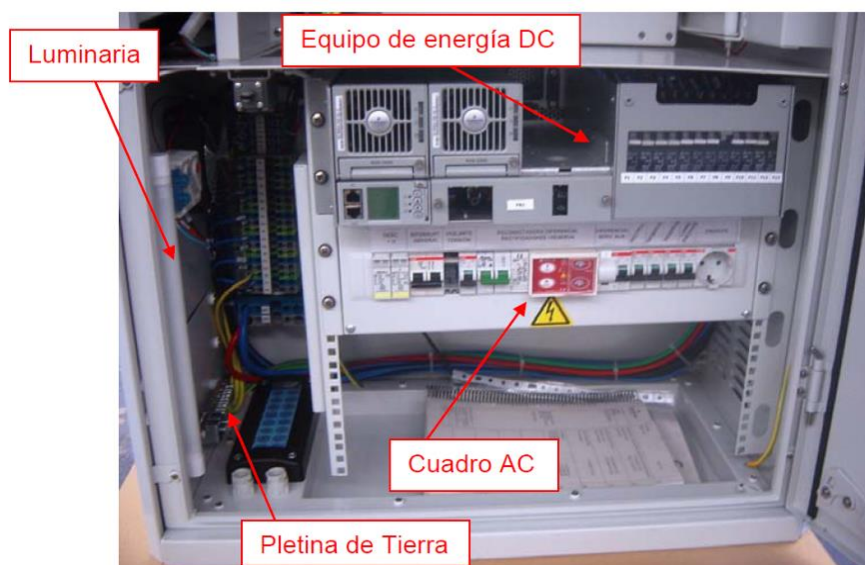


II·lustració 35: MICRO CF-PC

L'entrada d'alimentació de AC serà de 220V i el disjuntor disponible és bipolar de 32A. El quadre d'AC disposa d'una presa de corrent a 220V.

El sistema de energia DC és el següent:

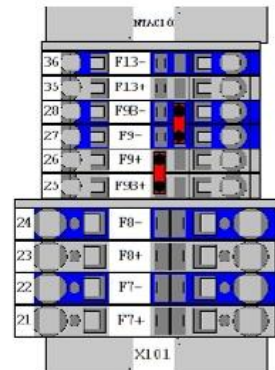
- Espai per a tres rectificadors de 2000W cada un (màxim 6000W).
- Equipat amb dos rectificadors de 4000W (total 8000).
- Interruptor magneto tèrmic de protecció de la bateria de 100A.
- Set disjuntors de 16A per a l'alimentació de les RRUs.
- Tres disjuntors de 25A per a l'alimentació de les RBS6601.
- Un disjuntor de 20A.
- Dos disjuntors de 10A.



II·lustració 36: MICRO CF-PC. Sub bastidor inferior

Bornes de connexió de les RBS:

BORNERO DC: RBS 6601 y SIU		
ELEMENTO	BORNA	CONEXIÓN
RBS 6601_1	F7+: 0V	Positivo
	F7-: -48V	Negativo
RBS 6601_2	F8+: 0V	Positivo
	F8-: -48V	Negativo
Ventilación	F9+: 0V	Positivo
	F9-: -48V	Negativo
ATE	F9B+: 0V	Positivo
	F9B-: -48V	Negativo
Router Modem	F13+: 0V	Positivo
	F13-: -48V	Negativo



Il·lustració 37: Bornes de connexió de les RBS

Bornes de connexió de les RRU i de les alarmes:

DISTRIBUCION DC: EQUIPOS		
ELEMENTO	BORNA	CONEXION
RBS 6601 #3	F12-	Negativo
	F12+	Positivo
RRU 7	F11-	Negativo
	F11+	Positivo
RRU 6	F10-	Negativo
	F10+	Positivo
RRU 5	PE	Tierra
	F6-	Negativo
RRU 4	F5-	Negativo
	F5+	Positivo
RRU 3	PE	Tierra
	F4-	Negativo
RRU 2	F3-	Negativo
	F3+	Positivo
RRU 1	PE	Tierra
	F2-	Negativo
BATERIAS	F2+	Positivo
	F1-	Negativo
X102	F1+	Positivo

BORNERO DE ALARMAS		
ALARMA	BORNA	ESTADO (No alarma)
Reserva/ Puerta Abierta Baterias	A16	Cerrado
Puerta Abierta Equipos	A14	Cerrado
	A13	
Alta Temperatura Equipos	A12	Cerrado
	A11	
Fallo Menor CC	A10	Cerrado
	A9	
Fallo Mayor CC	A8	Cerrado
	A7	
Fallo Diferencial Rectificadores	A6	Cerrado
	A5	
Alimentación Eléctrica	A4	Cerrado
	A3	
Protección Sobretensiones	A2	Cerrado
	A1	

Il·lustració 38: Bornes de connexió de les RRU i les alarmes

El material electrònic necessari serà el següent:

PROCESSOR UNIT/DUS 31 01; Digital Unit	KDU137624/3	DUS
PROCESSOR UNIT/DUW 31 01; Digital Unit	KDU127174/3	DUW
EQUIPPED MAGAZINE/SUP 6601; Equipped mag	1/BFL901009/4	RBS6601

RRUS 12 B8 RADIO UNIT	KRC161262/2	RRU12 B8
RRUS 11B20 RADIO UNIT 80 W	KRC11891/2	RRU11 B20
SFP MU-RRU (2 unitatdes por FO)	RDH10247/2	TRANCEIVERS
CABLE WITH CONNECTOR/DC POWER CABLE	RPM777193/01100	Cable alimentació RBS
CABLE WITH CONNECTOR/SIGNAL CABLE	RPM77701/01000	Cable EC Bus
CABLE WITH CONNECTOR/RJ45(8)-RJ45(8) 2m	RPM1136127/2000	Cable sync TCU-DUS
2F LC-LC SM RRUS12, RRUS11 30M	RPM 253 1633/30M	Fibra òptica de 30m
PROCESSOR UNIT/TCU 02 01;Transport Conne	KDU137739/1	TCU
DTMA DOBLES 800/900	EEM-KRYE112004/2	TMA 800-900

Taula 9: Material electrònic escenari 1. Elaboració Pròpia

L'antena a instal·lar a la torre per sector serà la següent: Kathrein 80010817.

Característiques més importants:

- Rang de freqüències: 790 a 960 MHz.
- N° de ports: quatre.
- Guany: 16 dBi.
- *Tilt* elèctric: de 0° a 8°.
- Pes: 23Kg.

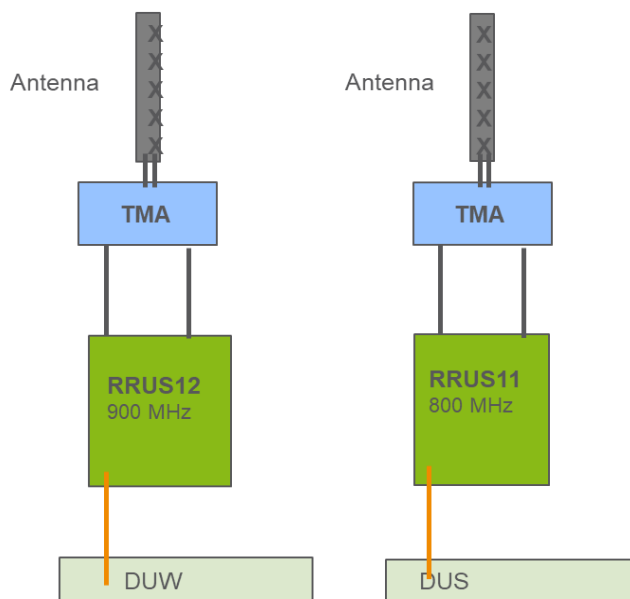
En aquest escenari no serà necessari l'ús de diplexors ja que tenim quatre ports per antena/sector i que són els necessaris per a les connexions que vindran del TMA.

Type No.	80010817		
	790-960		
Frequency range	790 – 862 MHz	824 – 894 MHz	880 – 960 MHz
Polarization	+45°, -45°	+45°, -45°	+45°, -45°
Average gain (dBi)	15.4 ... 15.4 ... 15.0	15.7 ... 15.7 ... 15.4	16.0 ... 16.1 ... 15.9
Tilt	0° ... 4° ... 8°	0° ... 4° ... 8°	0° ... 4° ... 8°
Horizontal Pattern:			
Half-power beam width	93°	90°	87°
Front-to-back ratio (180°±0°)	> 24 dB	> 24 dB	> 25 dB
Front-to-back ratio (180°±30°)	> 20 dB	> 21 dB	> 22 dB
Cross polar ratio Sector	0° Typically: 20 dB ±60° > 10 dB	Typically: 20 dB > 10 dB	Typically: 18 dB > 10 dB
Vertical Pattern:			
Half-power beam width	7.4°	7.2°	6.9°
Electrical tilt	0°-8°, continuously adjustable		
Sidelobe suppression for first sidelobe above main beam	0° ... 4° ... 8° T ≥ 17 ... 17 ... 15 dB	0° ... 4° ... 8° T ≥ 17 ... 17 ... 15 dB	0° ... 4° ... 8° T ≥ 17 ... 17 ... 15 dB
Impedance	50 Ω		
VSWR	< 1.5		
Isolation, between ports	Intrasystem: > 27 dB, Intersystem: > 27 dB		
Intermodulation IM3	< -150 dBc (2 x 43 dBm carrier)		
Max. power per input	400 W (at 50 °C ambient temperature)		

Il·lustració 39: Antena Kathrein 80010817. Característiques

Es necessitaran falques de cable coaxial *super flex* (SF) de 4m de longitud per connectar les boques de les RRUs a l'entrada dels TMA i des de la sortida dels TMA a l'antena.

La figura següent mostra l'esquema de connexions del U900 i el LTE800:



Il·lustració 40: Esquema connexions U900 i LTE800. Elaboració Pròpia

Escenari 2

Com s'ha dit anteriorment, l'actuació sobre aquests emplaçaments consistirà en ampliar les tecnologies existents.

Es podran trobar dos escenaris:

- Escenari 2.1: si el *site* disposa de LTE800, però en canvi no disposa de U900.
- Escenari 2.2: si el *site* disposa de U900, però en canvi no disposa de LTE800.

En els dos escenaris caldrà instal·lar la TCU i el TMA de 800/900.

En el escenari 2.1 caldrà conèixer el model de l'antena existent, ja que podria ser que no tingues el rang de 800 MHz. Si fos així, caldria fer canvi d'antenes.

D'altra banda, el material serà pràcticament el mateix però adaptant-lo a la nova tecnologia i en el cabinet existent. Es podrà tenir una RBS6201 o RBS6102 i en aquests bastidors caldrà equipar-los amb RUS enlloc de RRUS.

Material Escenari 2.1:

PROCESSOR UNIT/DUW 31 01; Digital Unit	KDU127174/3	DUW U900
EQUIPPED MAGAZINE/SUP 6601; Equipped mag	1/BFL901009/4	RBS6601 (segons cas)
RRUS 12 B8 RADIO UNIT	KRC161262/2	RRU12 B8 (segons cas)
RUS 01 B8; Radio Unit 80W	KRC11862/2	RUS B8 (segons cas)
SFP MU-RRU (2 unidades por FO)	RDH10247/2	TRANCEIVERS (segons cas)
CABLE WITH CONNECTOR/DC POWER CABLE	RPM777193/01100	Cable alimentació
CABLE WITH CONNECTOR/SIGNAL CABLE	RPM77701/01000	Cable EC Bus

CABLE WITH CONNECTOR/RJ45(8)-RJ45(8) 2m	RPM1136127/2000	Cable sync TCU-DUS
2F LC-LC SM RRUS12, RRUS11 30M	RPM 253 1633/30M	Fibra òptica de 30m
CABLE WITH CONNECTOR/SIGNAL CABLE	RPM777263/01800	Cable DUW a RUS
PROCESSOR UNIT/TCU 02 01;Transport Conne	KDU137739/1	TCU
DTMA DOBLES 800/900	EEM-KRYE112004/2	TMA 800-900

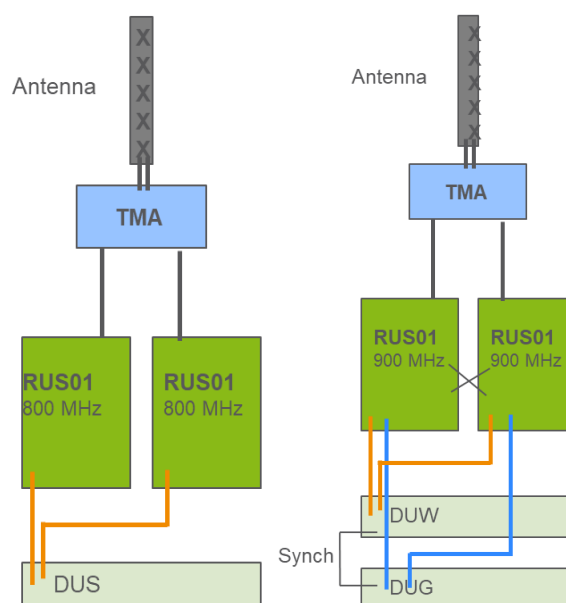
Taula 10: Material electrònic escenari 2.1. Elaboració Pròpia

Material Escenari 2.2:

PROCESSOR UNIT/DUS 31 01;Digital Unit	KDU137624/3	DUS
EQUIPPED MAGAZINE/SUP 6601; Equipped mag	1/BFL901009/4	RBS6601 (segons cas)
RRUS 11B20 RADIO UNIT 80 W	KRC11891/2	RRU11 B20 (segons cas)
RUS 01 B20;Radio Unit 80W	KRC11890/2	RUS B20 (segons cas)
SFP MU-RRU (2 unidades por FO)	RDH10247/2	TRANCEIVERS (segons cas)
CABLE WITH CONNECTOR/DC POWER CABLE	RPM777193/01100	Cable alimentació
CABLE WITH CONNECTOR/SIGNAL CABLE	RPM77701/01000	Cable EC Bus
CABLE WITH CONNECTOR/RJ45(8)-RJ45(8) 2m	RPM1136127/2000	Cable sync TCU-DUS
2F LC-LC SM RRUS12, RRUS11 30M	RPM 253 1633/30M	Fibra òptica de 30m
PROCESSOR UNIT/TCU 02 01;Transport Conne	KDU137739/1	TCU
CABLE WITH CONNECTOR/SIGNAL CABLE	RPM777263/01800	Cable DUW a RUS
DTMA DOBLES 800/900	EEM-KRYE112004/2	TMA 800-900

Taula 11:Material electrònic escenari 2.2. Elaboració Pròpia

La figura següent mostra l'esquema de connexions del U900 (amb el GSM) i el LTE800:



Il·lustració 41: Esquema connexions LTE800 i U900 (mixed-mode). Elaboració Pròpia

El GSM900 i l'U900 es configuraran en *mixed-mode*.

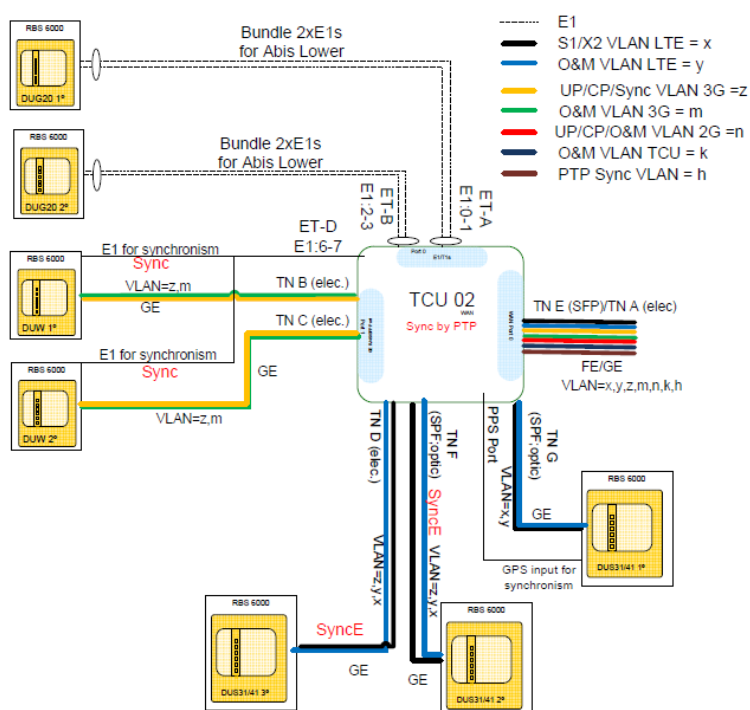
Si el *site* disposa d'antena amb el rang fins a 800MHz caldria saber el model per identificar el número de boques disponibles. Si les boques de connexió no fossin les adequades caldrà posar diplexors de banda 800-900.

El model del diplexor a utilitzar serà:

DIPLEX. 790-862+880-960 DU DC-PASS LOW/HIGH BAND E11F01P02	EEM-KRFE113042
--	----------------

La TCU

El següent esquema indica la connexió de les diferents DU que poden existir en un emplaçament i com es connectaran a la TCU.



II-lustració 42: Esquema de connexions TCU

Es podrà donar el cas de que hi hagin varies tecnologies.

Tecnologies *site* vs connexions DU-TCU:

- GSM → hi haurà una o dos DUG20 (segons les portadores de cada sector). Cada DUG permet sis portadores en total.
- DCS → hi haurà una o dos DUG20 (segons les portadores de cada sector).
- UMTS 2100 → hi haurà una o dos DUW 31 (segons les portadores de cada sector). Cada DUW permet sis portadores en total.
- UMTS 900 → hi haurà una o dos DUW 31 (segons les portadores de cada sector).
- LTE 800 → hi haurà una DUS 31. El LTE (per a qualsevol de les bandes) està configurat sempre amb una portadora per sector.

- LTE 800 + LTE1800 → hi haurà una DUS 41
- LTE 1800 + LTE 2600 → hi haurà una DUS 41
- LTE1800 → hi haurà una DUS 31
- LTE2600 → hi haurà una DUS 31
- LTE80 + LTE 1800 + LTE 2600 → hi haurà una DUS 31 + una DUS 41.

La tercera DUS (Port TN D) s'utilitza per *sites* amb més de tres sectors: en zones de molt trànsit es poden tenir *sites* de quatre i de cinc sectors.

Es podrà trobar que hi hagi GSM i DCS en un mateix *site* amb més de sis portadores cada una. En aquest cas, farien falta quatre DUG (dos pel GSM i dos pel DCS). La solució davant d'aquesta opció excepcional seria instal·lar dos TCU.

Els E1 utilitzats en les DUW serviran per sincronitzar els equips amb la TCU.

El port de GPS de la TCU anirà connectat al port GPS de la primera DUS.

5. Integració dels Nodes

En aquest capítol es detallarà com es realitza la integració dels diferents equips que hi ha en una EB.

Per poder realitzar la integració serà necessari que la instal·lació del sistema radiant estigui finalitzada perquè els equips tenen un control d'alarmes que es defineix durant la configuració i en cas de possibles errors d'instal·lació o finalització aquests serien reportats; la definició de les alarmes s'explicarà en el punt 5.2 "Integració en Local".

En el primer apartat, s'identificaran les parts més importants dels *scripts* que seran utilitzats en la integració. Els *scripts* són únics per a cada EB i s'explicaran els seus paràmetres més importants.

En els apartats següents, es detallarà la integració en local per part del tècnic de l'obra i la integració remota realitzada pel departament extern d'Ericsson.

Per acabar, es comentaran les proves que caldrà fer un cop la EB estigui configurada.

5.1 Creació dels Scripts

Per a la integració de la RBS (en el nostre cas una RBS6601) serà necessària la utilització de cinc *scripts*. Hi haurà un *script* de configuració per la TCU, tres *scripts* de configuració per a l'UMTS i un *script* per a la configuració del LTE. Els *scripts* estan creats en format *xml* i per tant, es poden obrir amb aplicacions com el *Worpad*, qualsevol navegador o el bloc de notes.

Les especificacions són els següents:

Script de la TCU: detallarà les dades de transmissió i sincronització del *site* i els ports que haurà d'utilitzar cada DU. Aquest *script* serà el primer que caldrà configurar i el resultat haurà de ser la comunicació de la TCU amb l'exterior (amb la BSC o la RNC) i la configuració de cada port de la TCU.

La informació que s'hi trobarà serà la següent:

- Dades de la EB.
- Dades de l'OAM (*operations, administration and maintenance*).
- Dades dels ports òptics i d'*Ethernet* (elèctrics) necessaris per l' UMTS i el LTE.
- Dades de sincronització dels E1 necessaris pel GSM i / o DCS.
- Dades de les VLAN.
- Dades de la política de qualitat i serveis (QoS).

Scripts d'integració del UMTS: hi haurà tres *scripts*, el cabinet, l'OAM i el *site*. La informació de cada *script* serà la següent:

Cabinet:

- Dades de la RBS (podrà ser RBS 6601, RBS 6201, RBS 6102, i d'altres).

- Dades de definició de la climatització (FAN). Defineix el tipus de FAN. Podrà ser Standard o Advanced. Per la RBS 6601 és Standard per les RBS 6201, 6102 és Advanced.
- Dades del número de sèrie de la RBS (a introduir manualment), el port EC Bus a utilitzar i el número d'unitats DU (en UMTS les DU són DUW). El port EC depèn de la RBS. Per a la RBS 6601 és el port X. Les unitats de DU per la RBS 6601 sempre és 1.

OAM:

- Les VLANs de sincronització i de l'OAM de la DUW (Movistar utilitza la VLAN 220 per a l'OAM i 249 o 222 per les VLAN de sincronització).
- La ip de connexió amb la TCU.
- El port de connexió amb la TCU: si la connexió és elèctrica port TNA i si és òptica port TNB.
- Els ports de sincronisme dels E1 necessaris per a la configuració del *mixed-mode* amb el GSM. Aquest port habilita la sincronització de la DUW amb la DU utilitzada pel GSM (DUG).

Site:

- Dades del número de sectors de la EB.
- Tipus de RRU. Per una RBS 6601 seran RRUS.
- Dades del TMA.
- Paràmetres d'atenuació i retards del sistema radiant.
- Potència de sortida de las RRU. Aquest valor dependrà de la RRU instal·lada i el número de portadores (*carriers*) que es configuren. En el nostre cas, serà una portadora i una potència de sortida de 60W.
- Configuració de les portadores amb el número de cel·la (*cell_id*) i la indicació d'habilitació de la diversitat de les RRUs.
- Alarmes de la EB.

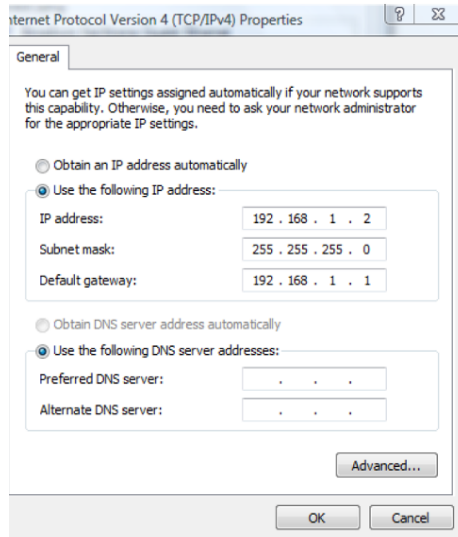
Script d'integració del LTE: la integració es farà de manera automàtica des de l'OSS-RC (*Operations Support System - Radio and Core*) a la DU (en LTE serà una DUS). El *script* utilitzat és el *site* (pel LTE) i caldrà introduir manualment el número de sèrie de la DUS i el port de connexió de la transmissió (normalment la transmissió és òptica). En el fitxer creat també es mostra la IP de connexió amb l'OSS per fer la descàrrega automàtica de tots els fitxers i *scripts* a instal·lar.

5.2 Integració en Local

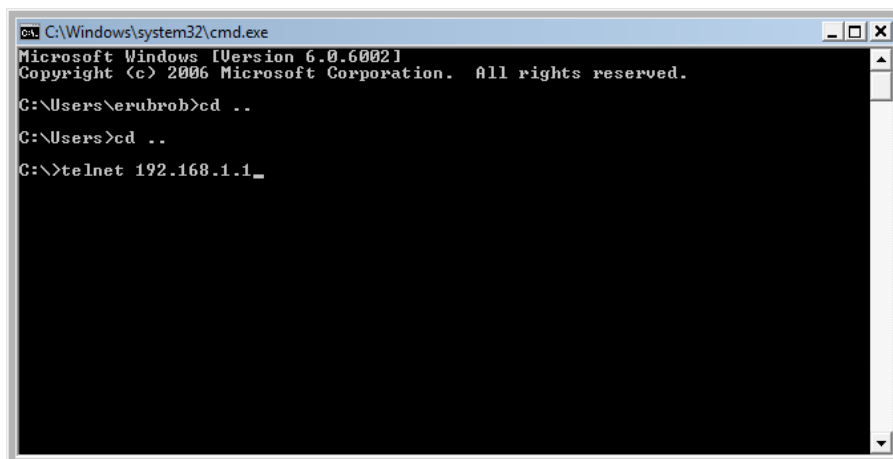
Es començarà per fer la integració de la TCU. A continuació s'explicarà la integració de l' UMTS i del GSM i s'acabarà amb la configuració del LTE.

Integració de la TCU:

La comunicació local de la TCU es realitzarà a través del port LMT. Aquest port és del tipus RJ45 (cable *Ethernet* recte o creuat). La ip de connexió entre el portàtil i la TCU serà la 192.168.1.1/24.



Per realitzar la connexió amb la TCU s'utilitzarà la cònsola de Windows (executar.cmd) i s'introduirà l'ordre de comunicació de *telnet* amb la IP de gestió definida anteriorment (192.168.1.1).



El següent pas serà introduir l' *user* i la contrasenya:

User: admin

Password: hidden

Segons el tipus d'operació que es vulgui realitzar caldrà obrir un tipus de sessions determinat. Caldrà tancar-les cada cop que es finalitzi la tasca. Hi ha tres tipus de sessions:

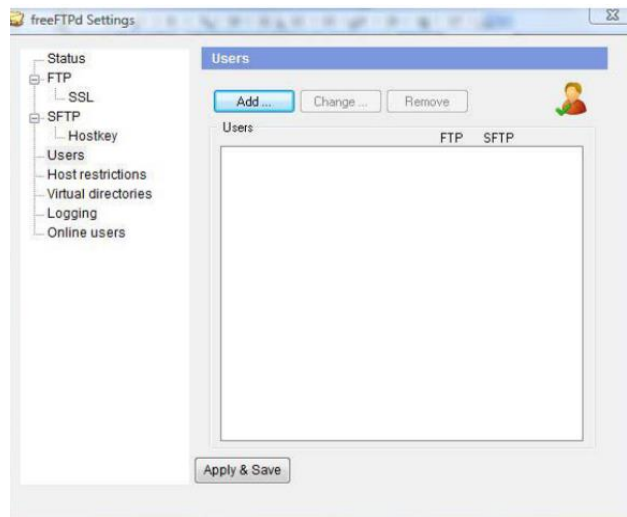
- Sessió de software (*swsession*): aquesta sessió permetrà carregar el SW intern de la TCU.
- Sessió (*session*): s'utilitzarà per carregar un arxiu de configuració *xml* a la TCU.
- Transacció (*transaction*): aquesta sessió servirà per poder crear, modificar o esborrar qualsevol MO de la TCU.

Per a la configuració de la TCU serà necessari instal·lar el seu *software* i el fitxer *xml*.

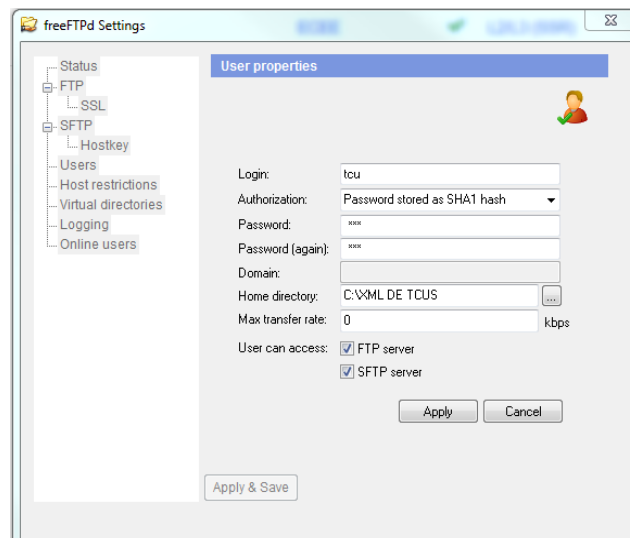
Per fer-ho s'utilitzarà una connexió FTP segura (SFTP) i el programa FreeSFTPd per crear una connexió SFTP Server. La seva configuració ha de ser la següent:

Per a la configuració del SFTP (freeSFTPd Setting) caldrà crear l'usuari.

Opció Users→Add



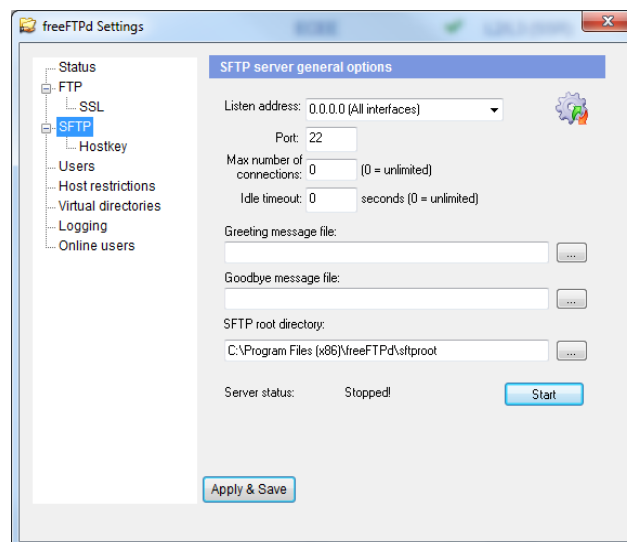
Caldrà omplir els següents camps de configuració de la següent manera:



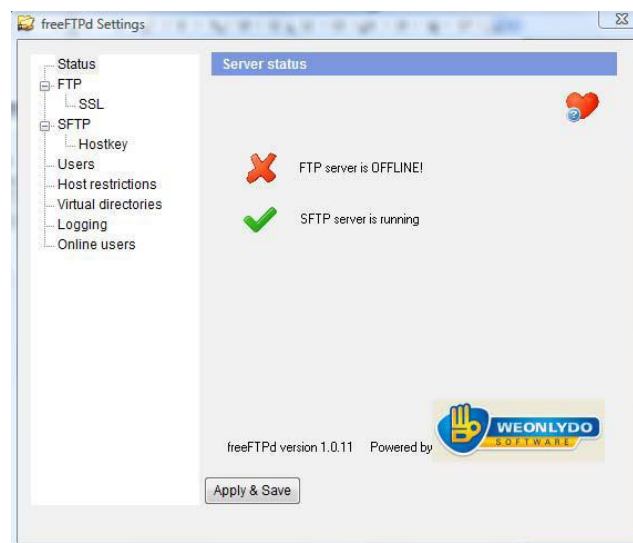
- *Login*: tcu.
- *Authorithation*: caldrà triar del desplegable l'opció *Password stored as SHA1 hash*.
- *Password*: tcu.
- *Home directory*: s'indicarà la ubicació (*path*) del fitxer *xml* que es voldrà carregar o el del software intern.
- *Max transfer rate*: per defecte 0 kbps (indicarà velocitat de transferència il·limitada).
- Les opcions *FTP server* i *SFTP server* han d'estar seleccionades.

Al finalitzar la introducció de les dades caldrà aplicar els canvis amb el botó *Apply*.

Per arrancar el Server SFTP, caldrà seleccionar SFTP del menú de l'esquerra i prémer *Start*.



Si se selecciona l'opció *Status* del menú esquerra es podrà comprovar que el Server SFPT està actiu.



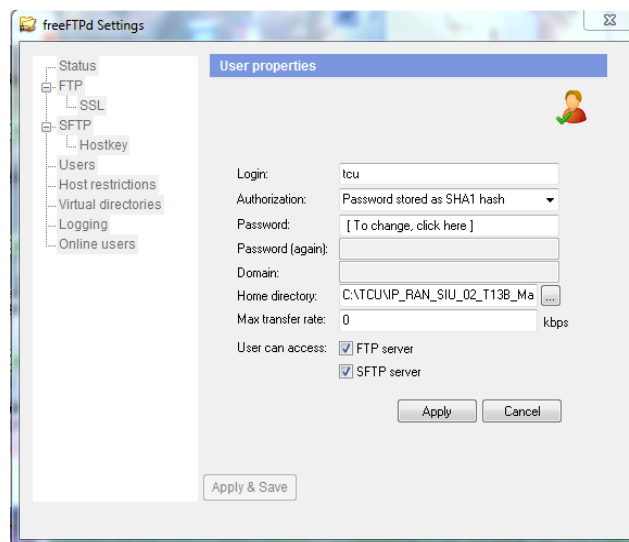
La TCU té un oscil·lador intern per a l'entrega de sincronisme que es necessita calibrar en la fàbrica. Aquesta calibració té una validació d'un any i caldrà comprovar que no estigui caducada o molt propera a caducar. Per fer-ho s'introduirà la comanda *calexpdate*.

```
L_ESCOBED000331-OSmon> calexpdate
20200624
OperationSucceeded
L_ESCOBED000331-OSmon>
```

El següent pas serà carregar el SW intern. Caldrà carregar la versió més actualitzada.

La versió es descarrega des d' ANTARES (xarxa interna d'Ericsson on hi figuren els programes utilitzats per realitzar la integració, els manuals tècnics, les normatives d'instal·lació, els paquets d'integració de les operadores, i d'altres).

Per realitzar la càrrega caldrà direccionar la ruta del SFTP (camp *Home directory*) a la carpeta d'ubicació del fitxer *siu02.sw.tar* que s'haurà descarregat d'ANTARES (el fitxer està dins de la versió descarregada).



A continuació caldrà fer els següents passos:

- Obrir el port SFTP de la TCU amb la següent comanda:

```
OSmon> use local sftp on
```

- Obrir una sessió de SW per fer la càrrega del paquet. El nom de la sessió pot ser qualsevol.

```
OSmon> startswsession <nombre de sesion>
```

```
OperationSucceeded
```

- Introduir la comanda de càrrega de SW i esperar a que finalitzi la descàrrega. Amb la comanda *getswsessionstatus* es podrà veure el percentatge del progrés de la descàrrega.

```
OSmon> downloadsw <nombre de session> sftp://tcu:tcu@192.168.1.2/siu02_sw.tar
```

```
OperationSucceeded
```

```
OSmon> getswsessionstatus <nombre de session>
```

```
DownloadInProgress
```

```
OperationSucceeded
OSmon> getswsessionstatus <nombre de session>
DownloadCompleted
```

- Introduir la comanda per activar el SW. Un cop realitzada l'activació la TCU es reiniciarà.

```
OperationSucceeded
OSmon> activatesw <nombre de sesion>
OperationSucceeded
```

- Tancar la sessió oberta.

```
OSmon> endswsession <nombre de session>
OperationSucceeded
```

Amb la comanda *rev* podrem comprovar que l'activació del SW és correcte.

```
OSmon> rev
----- Software archives -----
Primary:
OSE CXP102165_2 R1AA02 -> Actualizado
Linux - R1AA02
Backup:
OSE CXP102138_2 R2Z11
----- Active software -----
OSmon>
```

A les línies anteriors s'observa que hi ha el paquet del disc *Primary* a la versió correcta, però en canvi la del *Backup* està en una altra versió. Caldrà tenir tant el *Primary* com el *Backup* amb la versió actualitzada.

Per fer la càrrega del *backup* caldrà seguir els següents passos:

- Obrir sessió de SW

```
OSmon> startswsession <nombre de session>
OperationSucceeded
```

- Introduir la comanda *approvesw*. A l'executar la comanda es va observant el progrés amb la substitució dels caràcters "*" per "=".

```
OSmon> approvesw <nombre de session>
[=====]
OperationSucceeded
Tancar la sessió oberta.
OSmon> endswsession <nombre de session>
OperationSucceeded
```

El resultat esperat caldrà que sigui el següent:

```
OSmon> rev
----- Software archives -----
Primary:
OSE CXP102165_2 R1AA02
Linux - R1AA02
Backup:
OSE CXP102165_2 R1AA02
```

OSmon>

Finalment, faltará fer la càrrega del fitxer *xml* de configuració de l'OAM. Se seguirà el següent procediment:

- Direccionar la ruta del SFTP a la carpeta local on estigui guardat el fitxer a carregar.
- Obrir el port SFTP de la TCU:

OSmon> uselocalsftp on

- Obrir una sessió de SW per fer la càrrega del paquet.

OSmon> startswsession <nombre de sesion>

OperationSucceeded

- Introduir la comanda per activar el fitxer. Un cop realitzada l'activació, la TCU es reiniciarà.

OperationSucceeded

OSmon> activate <nombre de sesion>

OperationSucceeded

- Tancar la sessió oberta.

OSmon> endswsession <nombre de session>

OperationSucceeded

Un cop finalitzada la càrrega del fitxer *xml* la TCU quedarà configurada.

Comandes útils de la TCU:

- *getalarmlist*: obtenció de les alarmes actives de la TCU.
- *rev*: indica la versió de SW intern de la TCU.
- *getcontainmnet STN = 0*: mostra la configuració carregada amb l'arxiu *xml*.
- *getmoattribute STN = 0, E1T1Interface = all operationalstate*: mostra l'estat dels E1 tant els que estan connectats a les RBSs com els que estan connectats en els radioenllaços.
- *getmoattribute STN = 0, ML-PPP = 0 operationalstate*: obté l'estat del protocol de comunicació TCU-PTN. Si està *disabled* mai hi haurà comunicació TCU-PTN encara que tots els ports E1 estiguin *enabled*.
- *resettofactorysetting*: esborra la configuració de la TCU. S'utilitzarà per configurar una TCU prèviament configurada. Si no s'esborra una configuració prèvia no es podrà carregar un nou fitxer *xml* de configuració a la TCU.
- *ping*: realitza un *ping* des de la TCU a la IP que li indiquem.

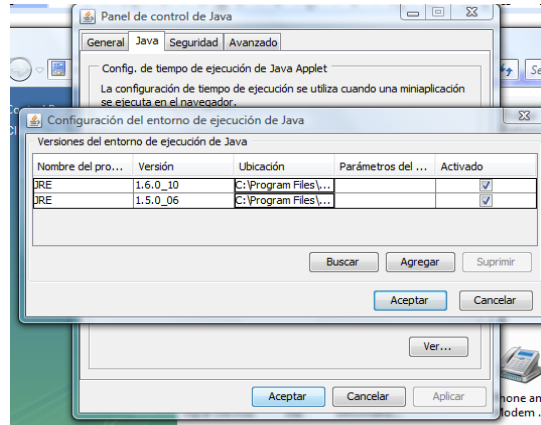
Integració UMTS i GSM

Per realitzar la integració del U900 (NodeB) caldrà instal·lar el programa *Element Manager (EMAS)* en el portàtil. A més, si el U900 està en *mixed-mode* amb el GSM

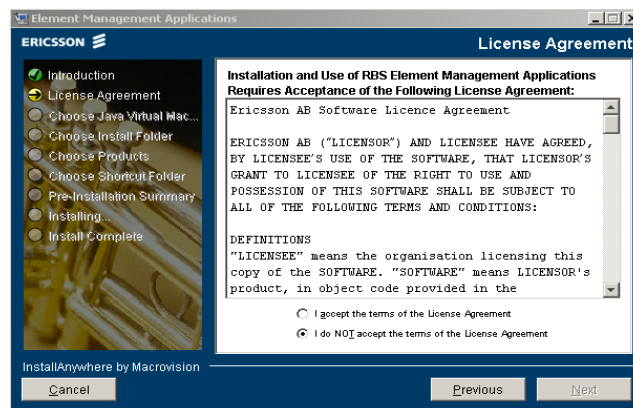
caldrà també instal·lar el programa OMT. Els dos programes es podran descarregar d'ANTARES [12].

La instal·lació de l' EMAS és la següent:

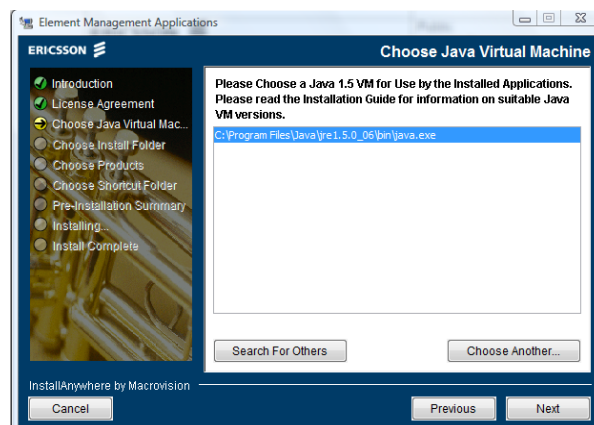
- Comprovar que està instal·lada la versió de Java 1.5.0.6 en el Panell de control-Consola Java.



- Executar el fitxer *rbsem_install_windows.exe* de la descàrrega efectuada i seguir l'assistent d'instal·lació.



- Acceptar l'acord de llicència i prémer *next*.
- Triar en la següent finestra la versió de *java* adequada. La versió és la *jre.1.5.0_06*. Continuar amb *next*.



- Continuar amb la instal·lació fins que el programa quedi instal·lat.

Tot seguit s'explica la integració: Inicialment caldrà carregar el paquet bàsic BP (*Basic Packet*), després caldrà carregar el UP (*Upgrade Packet*) i finalment, es carregaran els *scripts cabinet*, *OAM* i *site* (per aquest ordre).

Càrrega del BP:

- Connectar el cable cònsola en el port LMTA de la DUW.
- Obrir la sessió amb el *hyperterminal* amb la següent configuració:

Bits per second: 9600

Flow Control: Xon/Xoff.

- Respondre a la demanda d'autenticació, que és la següent:

username:rbs

password:rbs

- Introduir la comanda *reload-* per entrar en mode *backup*.

\$reload –

- Introduir la comanda *mount_c2* pel muntatge del disc dur intern de la DUW.

\$mount_c2

- Introduir la comanda *formathd* per formatejar els dos discos.

\$formathd /c2 (confirmar amb la lletra "Y")

\$formathd /d (confirmar amb la lletra "Y")

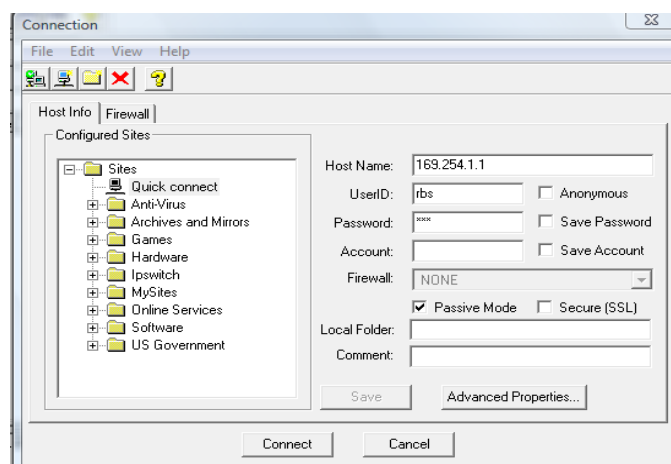
- Introduir la comanda *reload* i a continuació definirem la ip amb la següent comanda.

\$reload

\$ifconfig le0 169.254.1.1 netmask 255.255.0.0

\$reload--

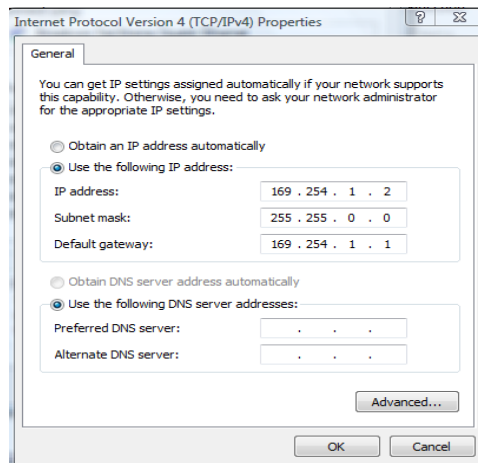
- Connectar el cable *Ethernet* en el port LMT de la DUW i amb un programa client FTP (WS_FTP Pro). Es farà la descàrrega del BP a la DUW.



username:rbs

password:rbs

La IP de connectivitat del portàtil amb la DUW és la 169.254.1.1

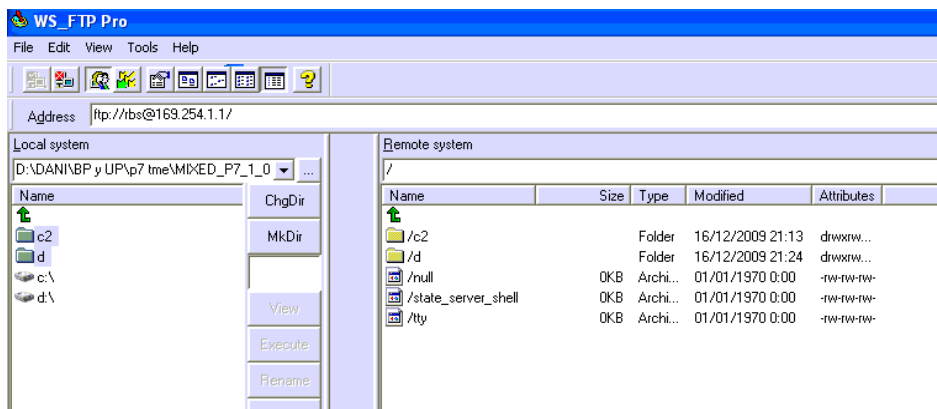


- Caldrà disposar de la versió del BP a instal·lar. En aquest exemple es descarregarà la versió CXP9014349_2-R2D.zip (per descarregar el BP cal anar a ANTARES).

Seleccionar en la part *local system* el dos directoris (c2 i d) del BP ubicat al nostre disc dur i en la part del NodeB (*remote system*).

Direccionar la descàrrega a l'arrel del NodeB (han d'aparèixer les carpetes c2 i d).

Per defecte, en connectar-se al NodeB direcciona al nivell de disc /d i caldrà pujar un nivell per veure les dues carpetes c2 i d.



Iniciar la transferència de fitxers.

- Un cop acabada la transferència caldrà tornar a la sessió del *hiperterminal* i introduir la comanda *Reload*. Es visualitzarà que el NodeB es reinicia amb el CV anomenat *Basic_CV*.

```

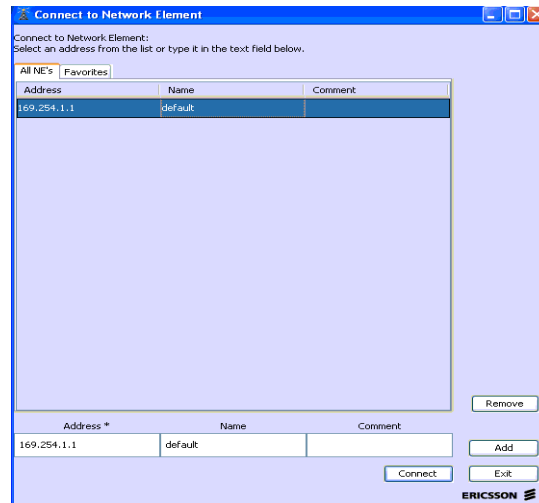
Loading '/gzip//d/configuration/cv/Fi_CXP9012959%1_R9CT01_091216_1449/db.da
Ready

All programs loaded and started
All configured PTUs started on node

Login Server Ready

```

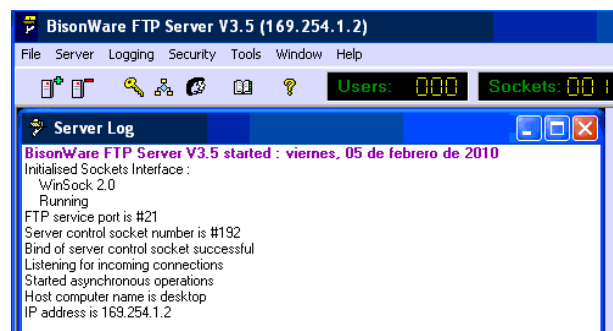
Quan apareix el missatge "*Login Server Ready*" caldrà connectar l' EMAS pel port *Ethernet*.



Càrrega de l'UP:

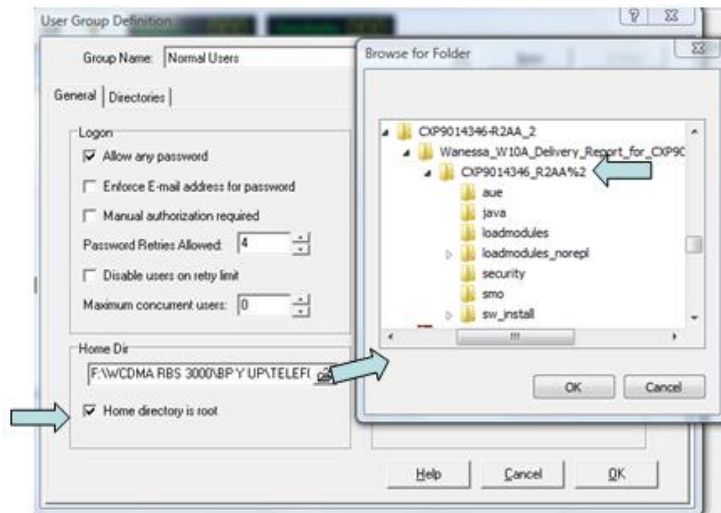
Per fer la transferència de fitxers de l'UP caldrà disposar d'un Server FTP. S'utilitzarà el FTP Bison (BisonWare FTP Server).

D'altra banda, caldrà tenir en el nostre portàtil la versió de l'UP correcta. Si no es disposa d'aquest paquet caldrà descarregar-lo d'ANTARES. La versió que s'utilitzarà és la CXP9014346-R6Y_10.zip.

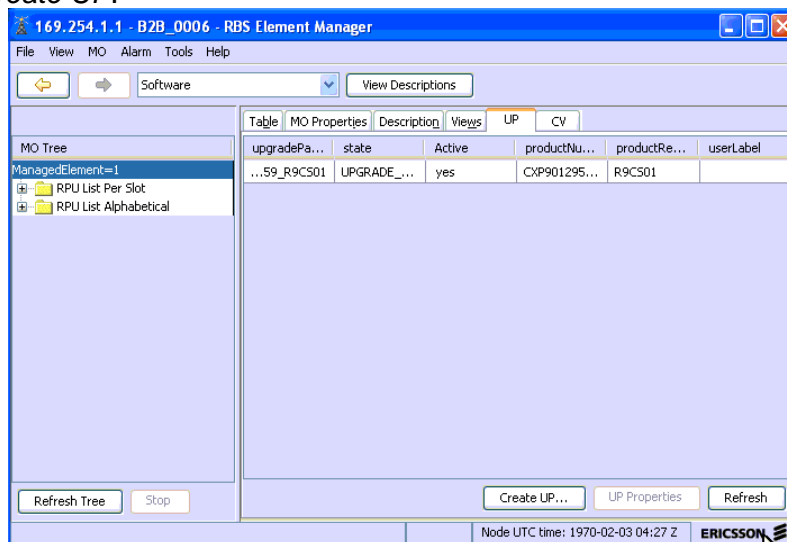


El programa caldrà iniciar-lo amb la ip 169.254.1.2 en el portàtil.

Posteriorment, caldrà assegurar que l'FTP Server, està direccionat a l'UP anomenat R3AF13. Per a això, caldrà buscar la carpeta clicant en el camp *Home Dir* i s'indicarà la ruta (*path*) correcte. Caldrà tenir la casella "*Home directory is root*" habilitada.

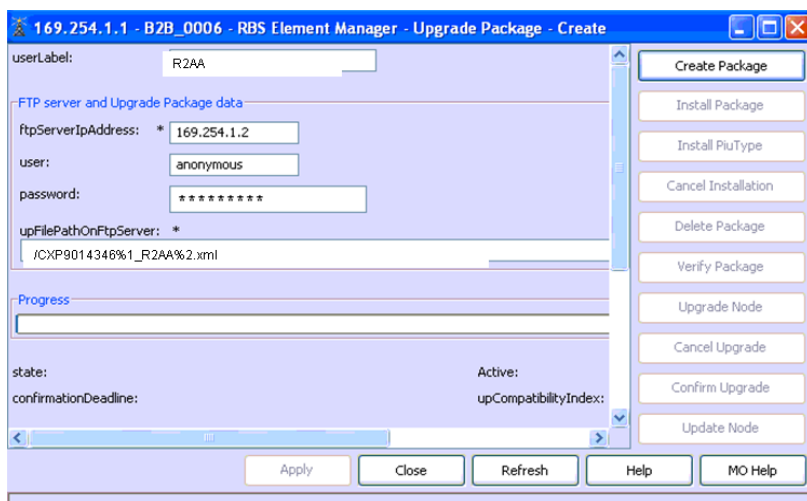


A continuació, des de l'EMAS seleccionar el software del menú desplegable i anar a UP. Indicar *Create UP*.



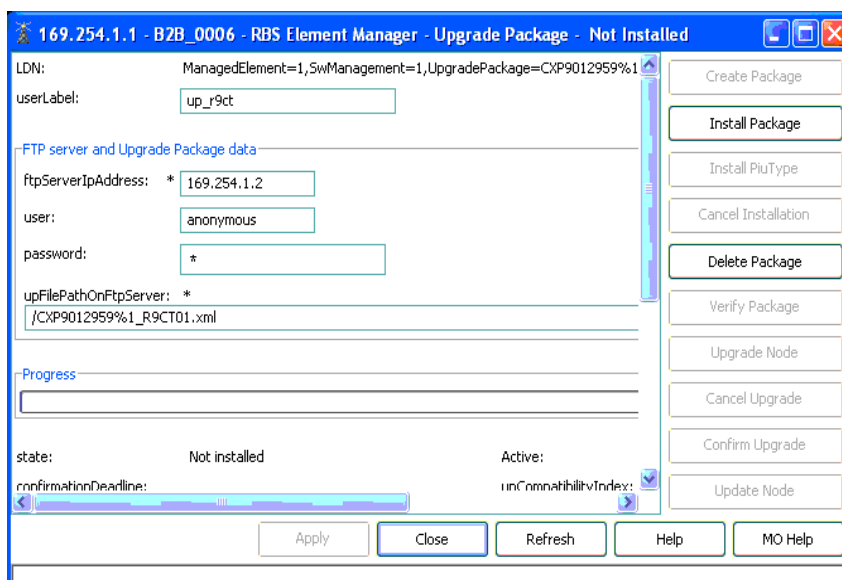
En la següent finestra,

- *User Label*: indicar un nom pel UP.
- *FtpServerIpAddress*: 169.254.1.2 (sempre).
- *User / password*: anonymous.
- *UpFilePathOnFtpServer*: /CXP9016868%1_R3AF%13.xml.

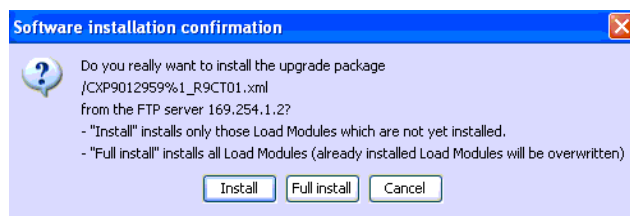


Clicar sobre *Create Package*. Començarà el procés d'instal·lació.

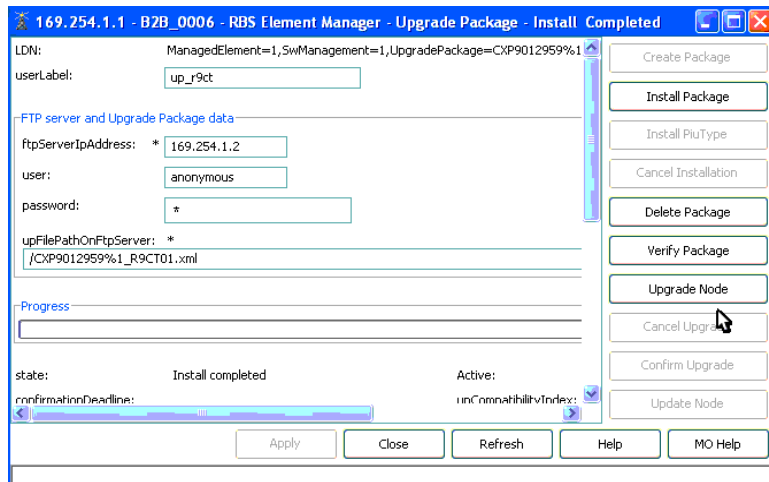
A continuació clicar sobre *Install Package*.



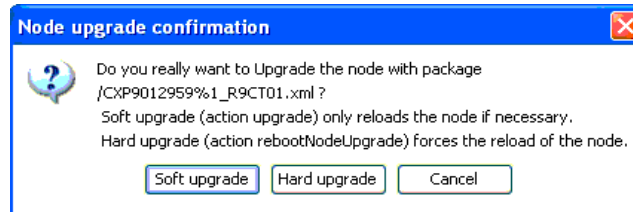
Apareixerà el següent missatge. Prémer *Install*.



Quan finalitzi la instal·lació caldrà clicar sobre *Upgrade Node*.



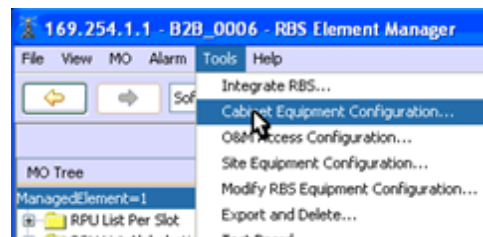
Apareixerà el següent missatge, prèmer *Hard upgrade*.



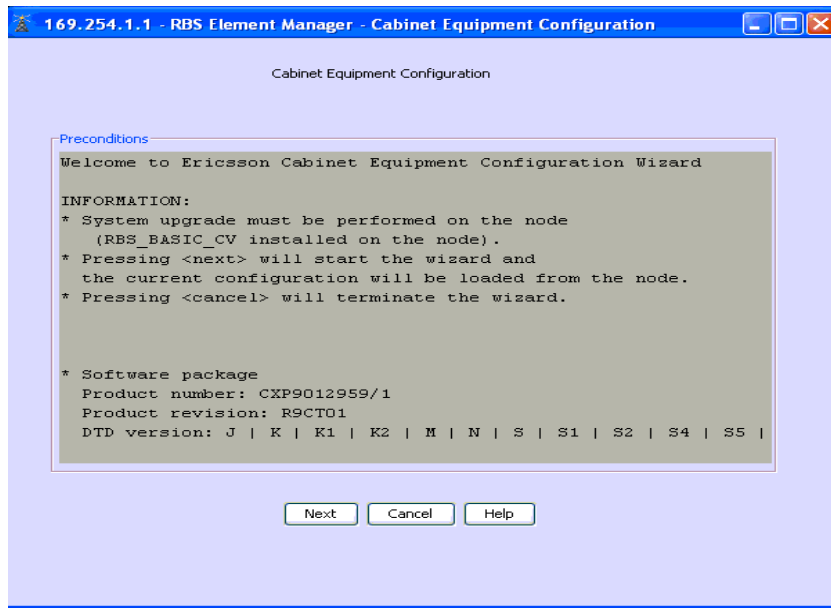
El NodeB es reiniciarà varies vegades fins que finalitzi la instal·lació de l'UP.

Càrrega dels *scripts*:

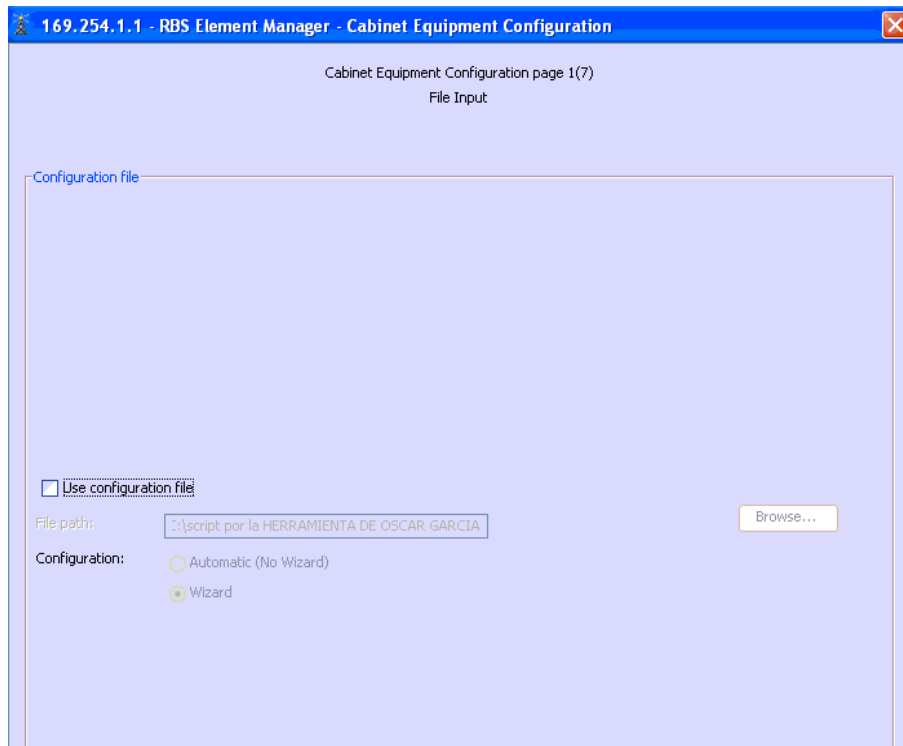
Cabinet: per fer la càrrega del cabinet caldrà obrir l'assistent *cabinet equipment* del menú *Tools*.



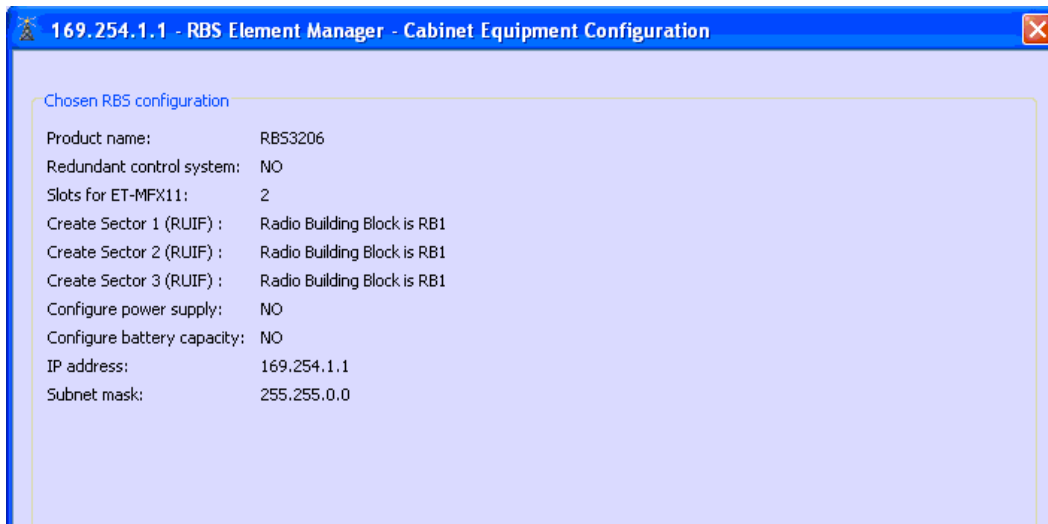
Apareixerà la següent finestra amb la informació dels formats acceptats. Al prémer *next* el NodeB es reiniciarà.



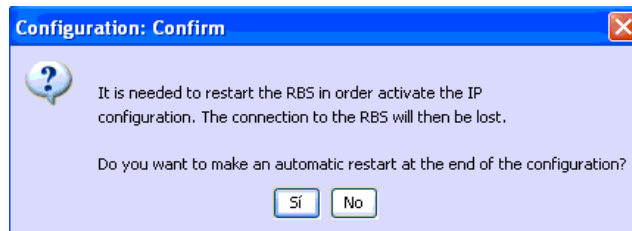
Seleccionar la casella *Use Configuration File* i redireccionar la ubicació del fitxer *cabinet* del *site* que s'està integrant. Cal triar la configuració automàtica si s'està segur de que el fitxer *xml* és correcte. En cas contrari, serà recomanable modificar el *script* i no activar la configuració del Wizard (no s'especificarà la configuració manual del Wizard)



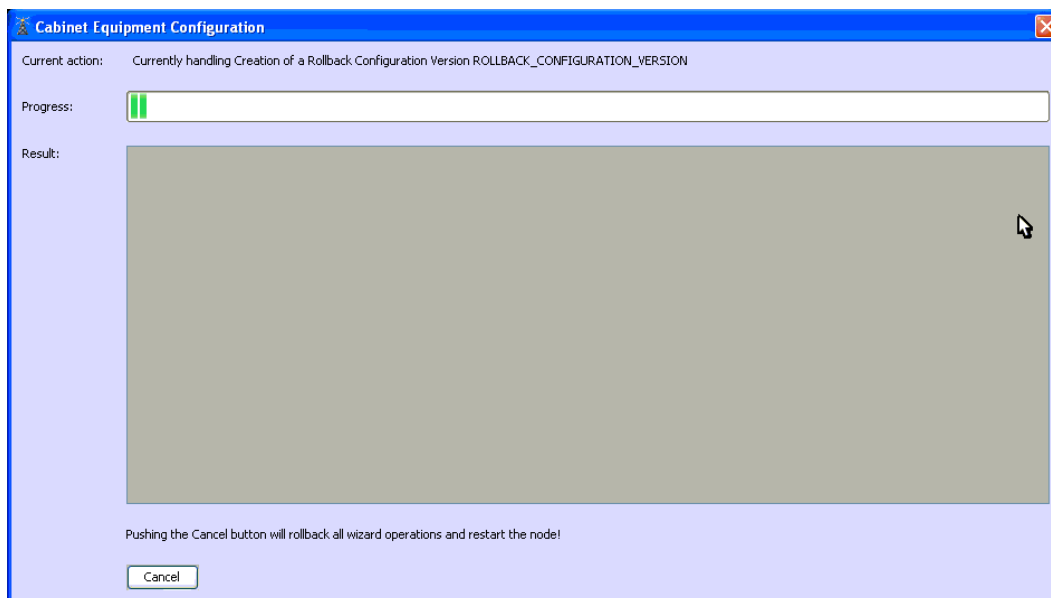
Verificar el resum del *hardware* extret del fitxer *cabinet*. Prémer *Finish*.



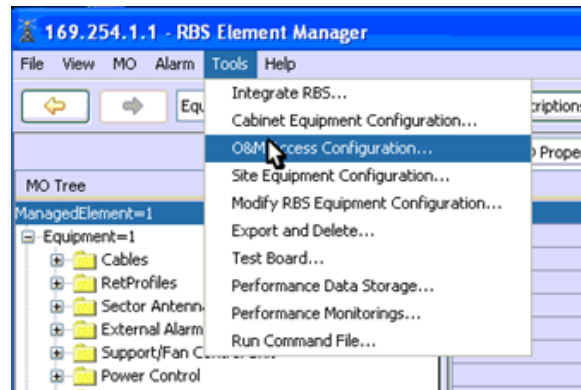
En el següent missatge caldrà indicar l'opció *No*.



Un cop finalitzi el procés, el *cabinet* quedarà instal·lat.

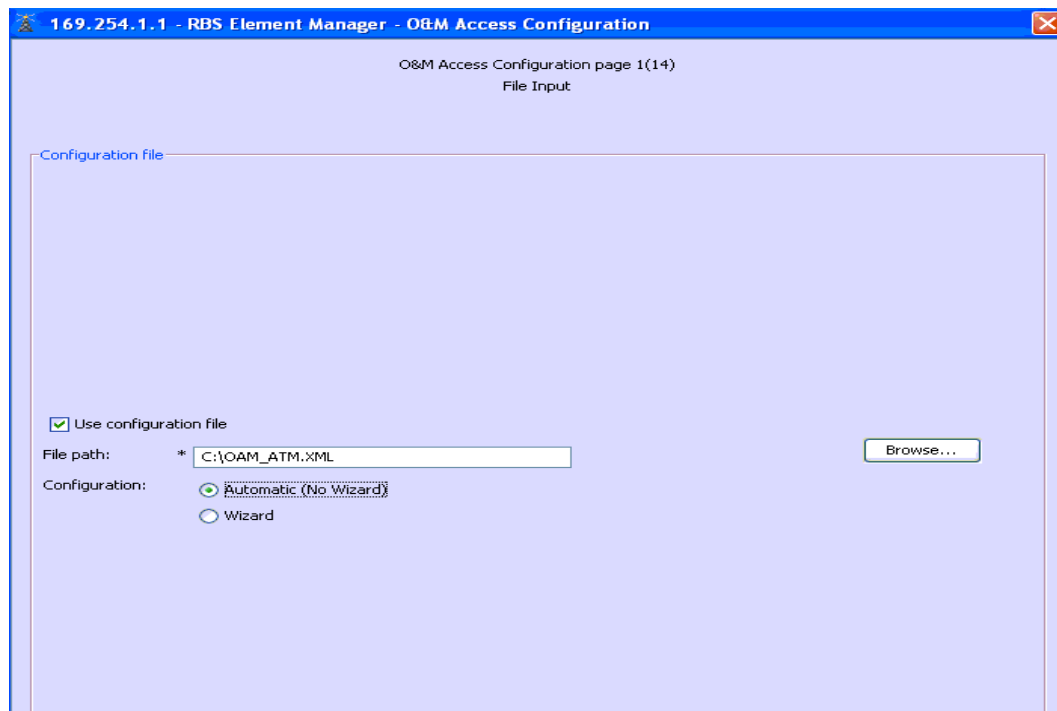


OAM: per fer la càrrega del *script* OAM s'obrirà l'assistent *Oam Acces Configuration* del menú *Tools*.

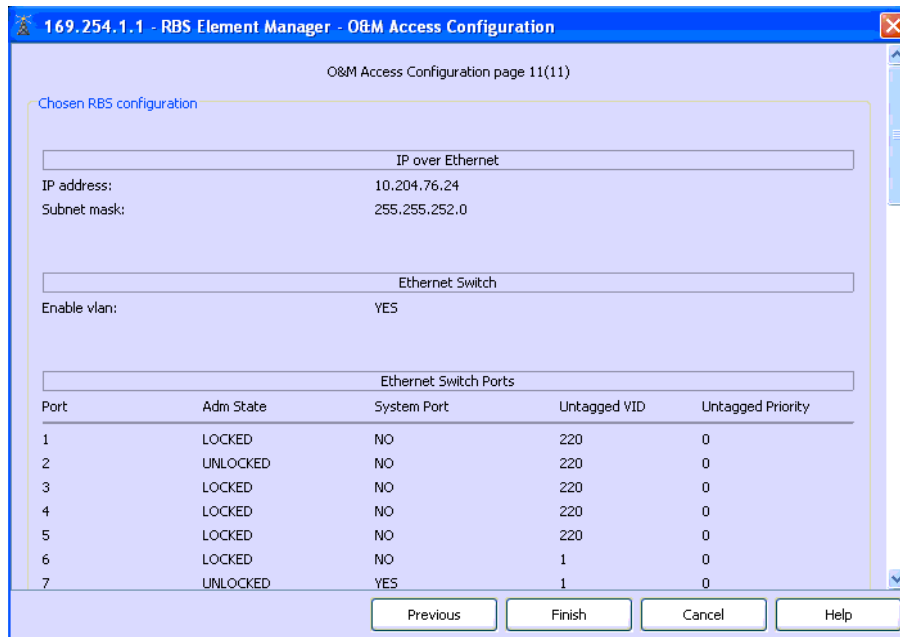


Se seleccionarà la casella *Use Configuration File* i es redireccionarà la ubicació del fitxer *OAM* del *site* que s'està integrant.

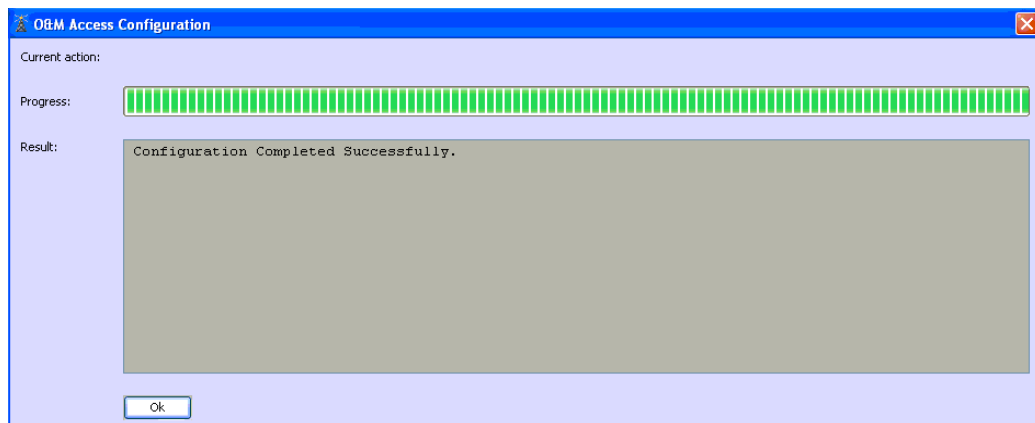
Igual que en el *cabinet* s'explicarà la configuració automàtica i no la manual (*Wizard*). Si el fitxer *OAM* no és correcte caldrà reportar el problema a Ericsson (els errors poden ser diversos i no és intenció d'aquest TFG anomenar-los).



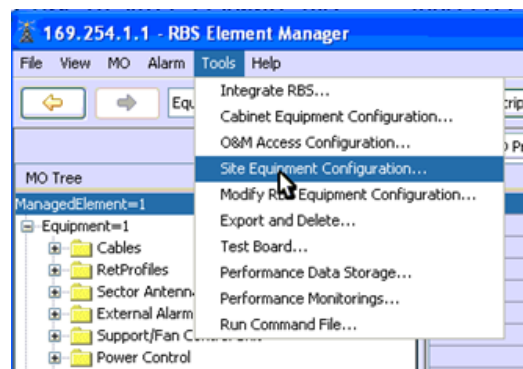
La següent finestra mostra el resum de configuració de l'*OAM* extreta del *script* carregat. Prèmer *Finish*.



Un cop finalitzat el procés l' OAM quedarà instal·lat.



Site: per fer la càrrega del site s'obrirà l'assistent *Site Equipment Configuration* del menú *Tools*.

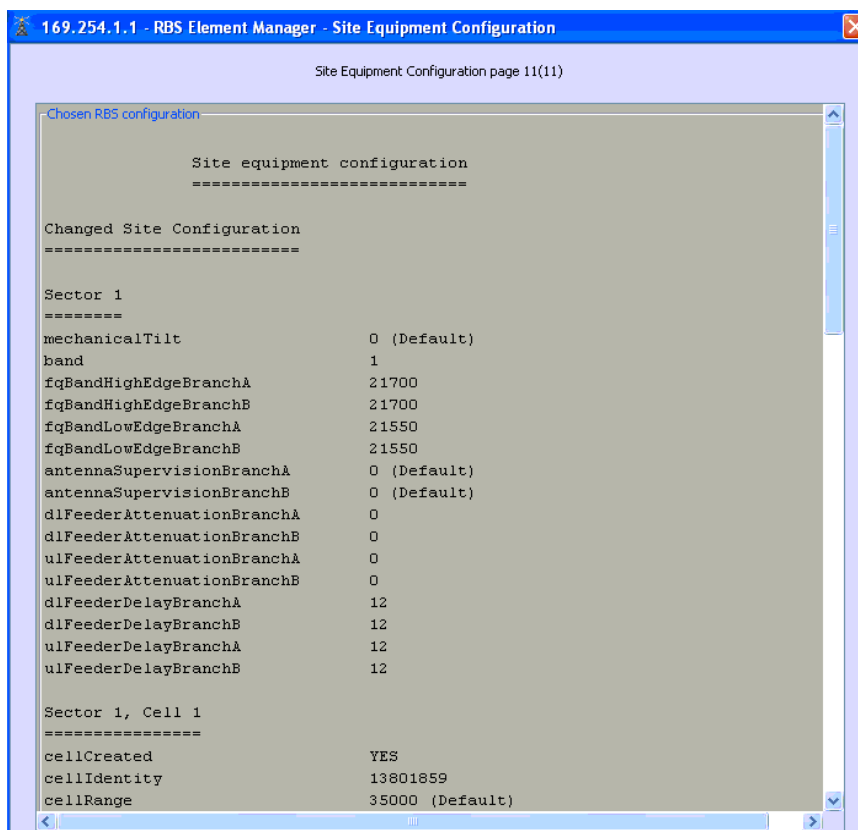


Se seleccionarà la casella *Use Configuration File* i es redireccionarà la ubicació del fitxer *site* de la EB que s'està integrant. Igual que en els altres dos *scripts* s'aplicarà la

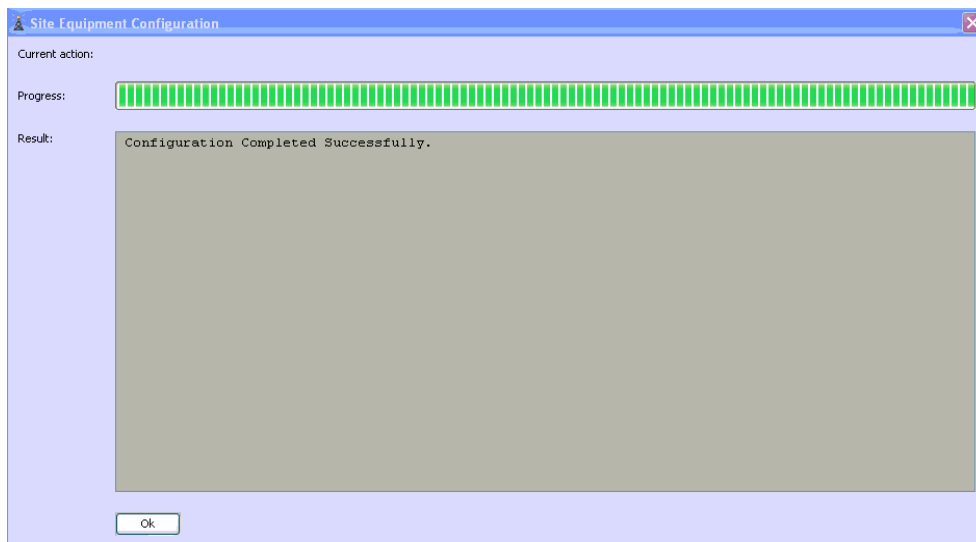
configuració automàtica i no la manual (*Wizard*). Si el fitxer *site* no és correcte caldrà modificar el *script* o reportar el problema a Ericsson.



Quan acabi de llegir el *script* mostrarà el resum del *site*. Prémer *Finish*.



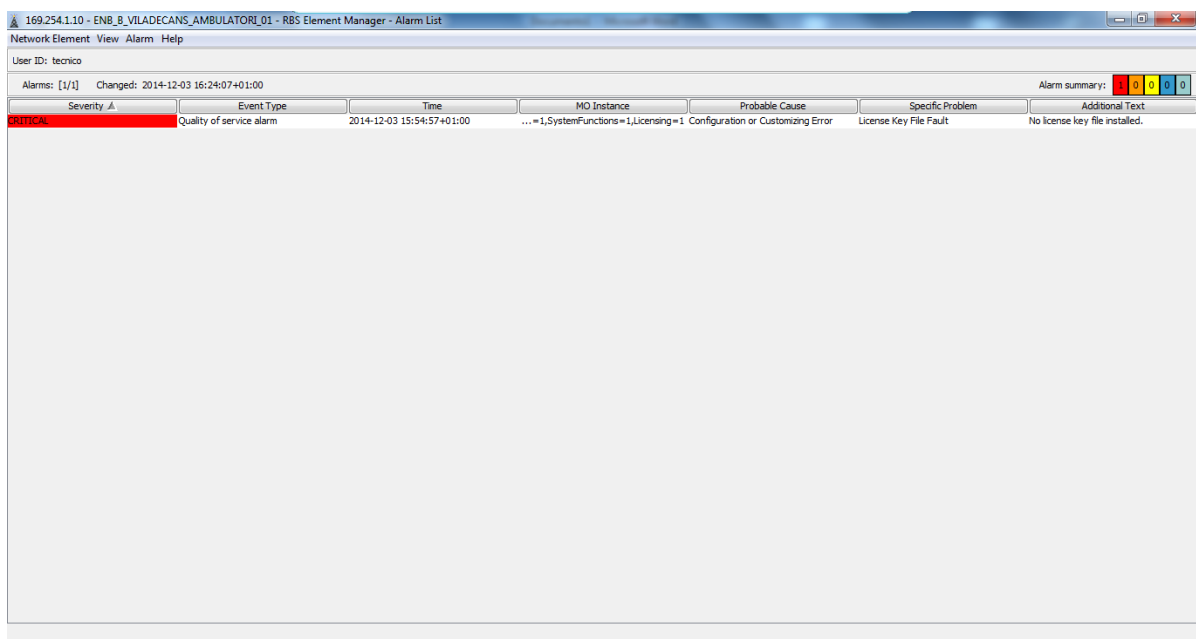
Un cop finalitzi el procés, el *site* quedarà instal·lat.



Realitzats aquests passos el NodeB de UMTS900 haurà quedat configurat.

A continuació, es comprovaran les alarmes del NodeB i en el cas que l'EB disposi de GSM900 es configurarà el GSM.

Per reportar les alarmes del NodeB cal anar a *list alarms* del menú *Alarm*.



S'observa que l'alarma del NodeB és de llicència i que la haurà de carregar el gestor d'Ericsson remotament quan el *site* quedi completament configurat.

Amb aquesta alarma el *site* pot funcionar però a una potència molt inferior.

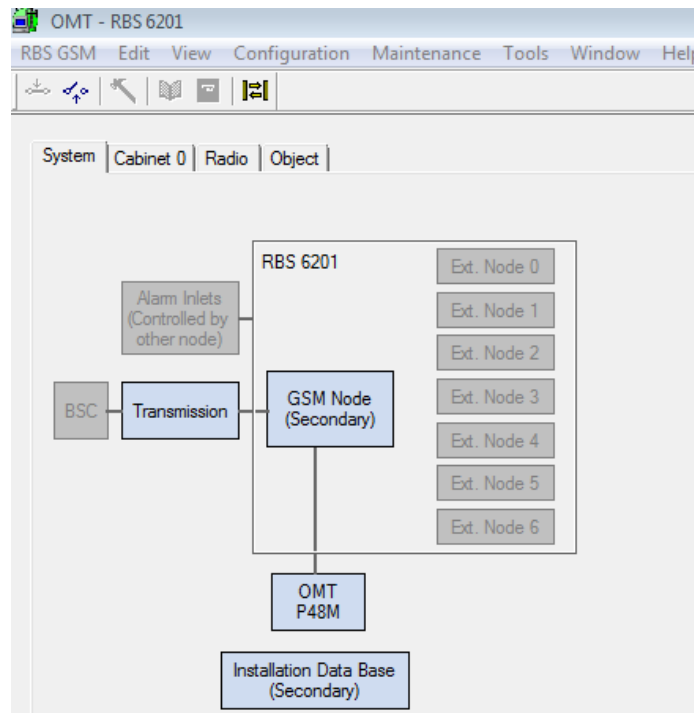
Configuració del GSM amb *mixed-mode* amb l'UMTS900:

Per poder configurar el GSM caldrà instal·lar el programa OMT (el programa es descarrega des d' ANTARES) [13].

Només s'explicarà com canviar la configuració del GSM perquè funcioni amb *mixed-mode* amb el U900 (l'objectiu no és explicar la integració del GSM ni l'extens funcionament del programa OMT).

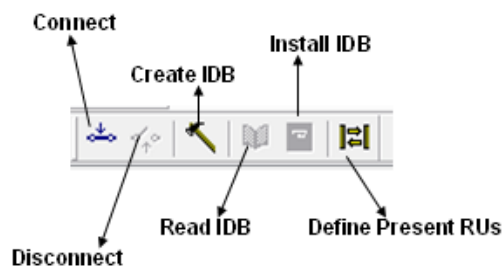
La instal·lació del programa es farà executant el fitxer *setup.exe* de l'aplicació descarregada. Al finalitzar, es crearà una icona en el escriptori per poder entrar en el programa.

A l'obrir el programa apareixerà la següent pantalla:



Per connectar la DUG en el portàtil serà necessari utilitzar un cable de cònsola (cable DB9). Es farà pel port LMTA de la DUG.

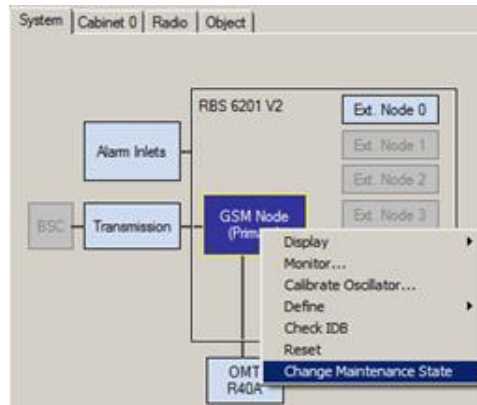
A la barra superior hi ha les icones següents:



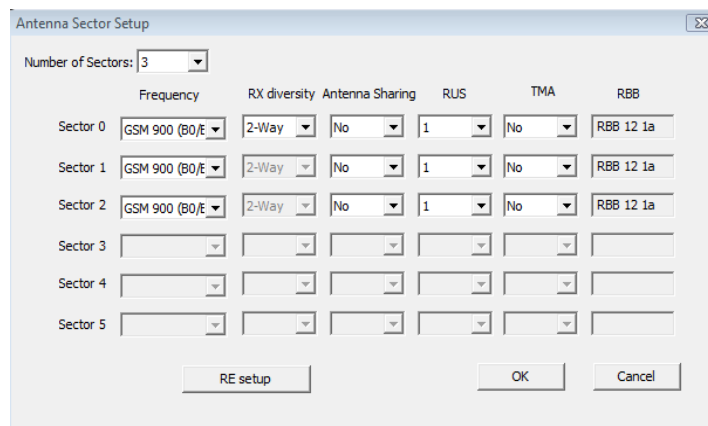
Passos a seguir:

- Prémer a *Connect* per a la connexió amb l'equip.
- Llegir la *idb* (*Read idb*). La *idb* tindrà tots els paràmetres i la configuració del GSM. La intenció d'aquest pas és que la *idb* quedi carregada en el *buffer* del sistema per així només modificar el paràmetre que interessarà per configurar el *mixed-mode*.

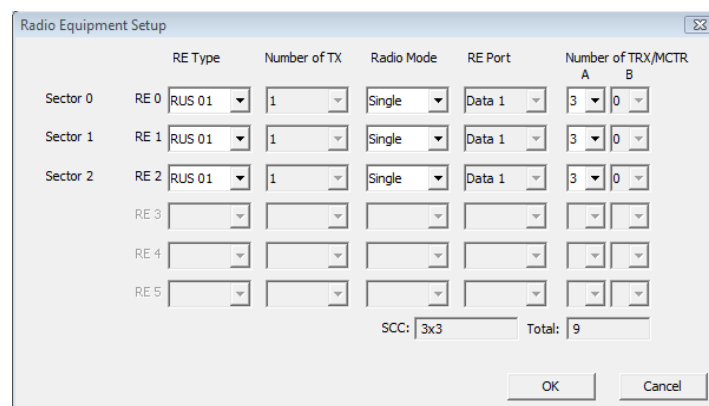
- Per poder instal·lar la *idb* que es modificarà caldrà que l'equip estigui en mode manteniment. Per activar el mode manteniment cal fer el següent:



- Prémer desconnectar (Disconnect).
- Prémer crear idb (Create idb).
- Avançar totes les finestres que van apareixent fins a la finestra Antenna Sector Setup.



Canviar el paràmetre Antenna Sharing i el de TMA. Per defecte, estan a “No”. Caldrà canviar-los a “Si”. Seguidament, prémer a RE setup per definir les RUSs.



Canviar el Radio Mobile de Single a Mixed i clicar a Ok. Al fer el canvi es veurà que el RBB (Radio Bulding Block) canviarà.

	RE Type	Number of TX	Radio Mode	RE Port	Number of TRX/MCTR	
					A	B
Sector 0	RE 0 RUS 01	1	Single	Data 1	3	0
Sector 1	RE 1 RUS 01	1	Single	Data 1	3	0
Sector 2	RE 2 RUS 01	1	Single	Data 1	3	0
	RE 3					
	RE 4					
	RE 5					
				SCC:	3x3	Total: 9

- Avançar fins arribar al final, a la finestra de resum i prémer Ok.

Re-use Site Specific Data

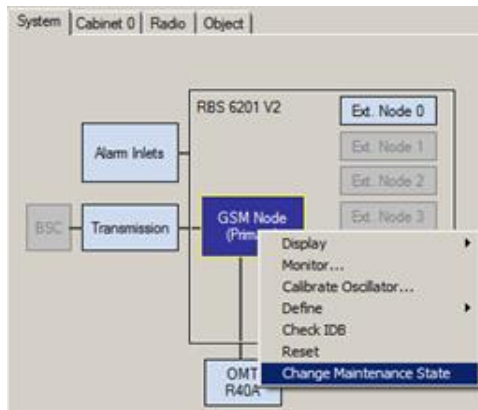
Site Specific Data

- Transmission Parameters
TEI, Transmission Interface Type, Spare Bits, CRC-4, LBO, Sync Source, Network Topology, FDL Use, Receiver Sensitivity, Abis over IP
- Activation/Deactivation of
BFU, DC/DC Converter, PDU, PSU, S&AU
- VSWR Limits and VSWR Supervision Parameters
- Passive RU HW Information
- TNDM Information
- TF Compensation and ESB Delay values
- Climate Control
- GPS Parameters
- RBS Identity
- Power & Battery Parameters
- MCTR parameters
- Node parameters
- Climate control mode
- Battery Parameters & Battery Backup Time Test Parameters
- ARAE Faults
- ALNA/TMA Parameters
- Delay Values
- Loss Values
- External Alarms
- System Voltage
- TF holdover mode
- Antenna Supervision values
- ESB Delay List
- CPRI parameters
- RU Position
- Battery Test Parameters

All Parameters

OK Cancel Display ...

- Prémer *Connect* per fer la connexió de l'equip i desactivar el mode manteniment.



El GSM quedarà configurat per ser utilitzat en *mixed-mode* amb l'U900.

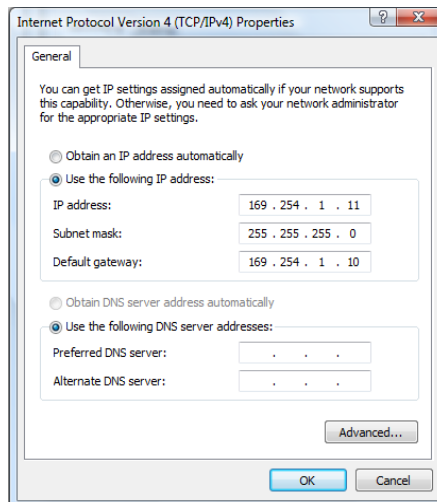
Integració del LTE:

Per a la integració del LTE (eNodeB) serà necessari disposar de l'EMAS [14].

La integració és automàtica i només caldrà carregar el fitxer del *site* on s'haurà d'introduir el *Serial Number* del cabinet.

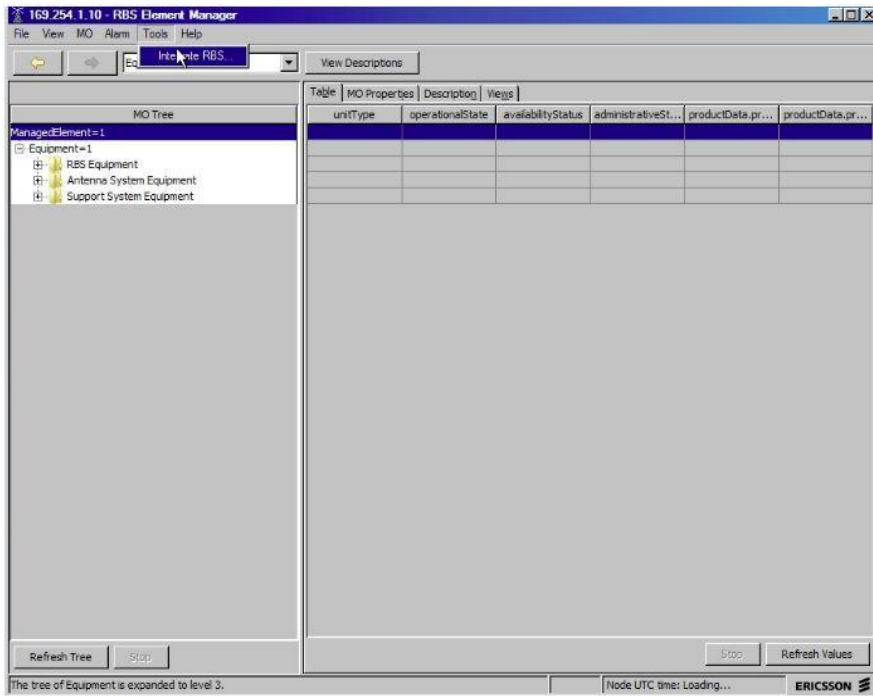
El procés a seguir és el següent:

- Connectar localment amb l'EMAS. En aquest cas, cal utilitzar la IP 169.254.1.10.



El procediment d'autointegració només podrà començar si hi ha connexió física entre el OSS i el *eNodeB*.

- Obrir *Integrate RBS* del menú *Tools*



- Caldrà indicar en la finestra la següent informació:

El *File Path* del *xml (script)* emmagatzemat prèviament al PC.

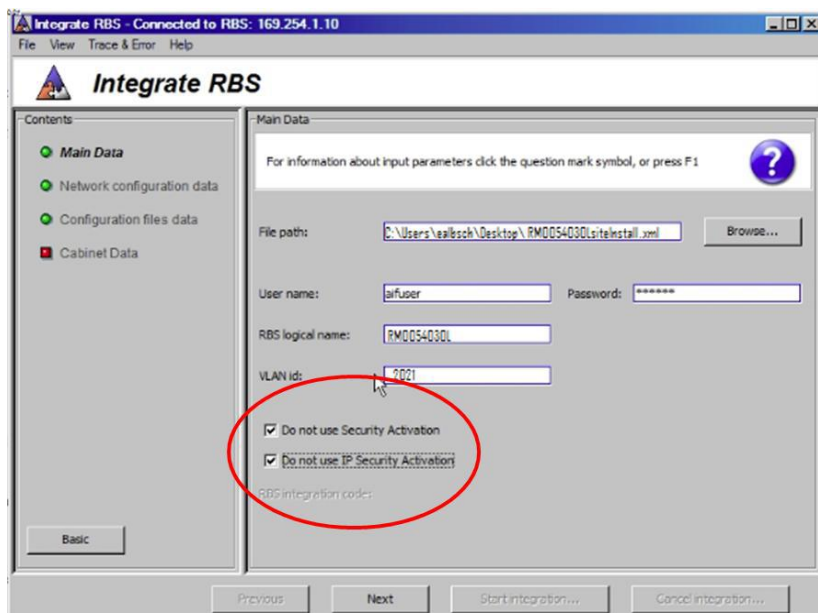
La *RBS logical name* i *VLAN id* es configuraran automàticament amb el fitxer *xml*.

El *user* i *password* de l'*SMRS* seràn:

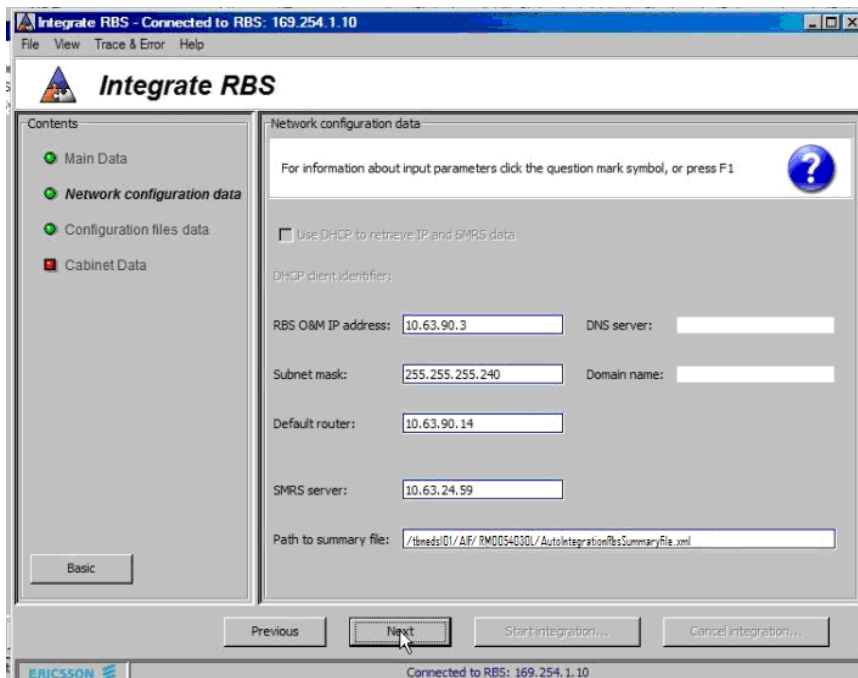
- *User name*: aiflran
- *Password*: oss123

Seleccionar: *Do not use security activation* i *Do not use IP security activation*.

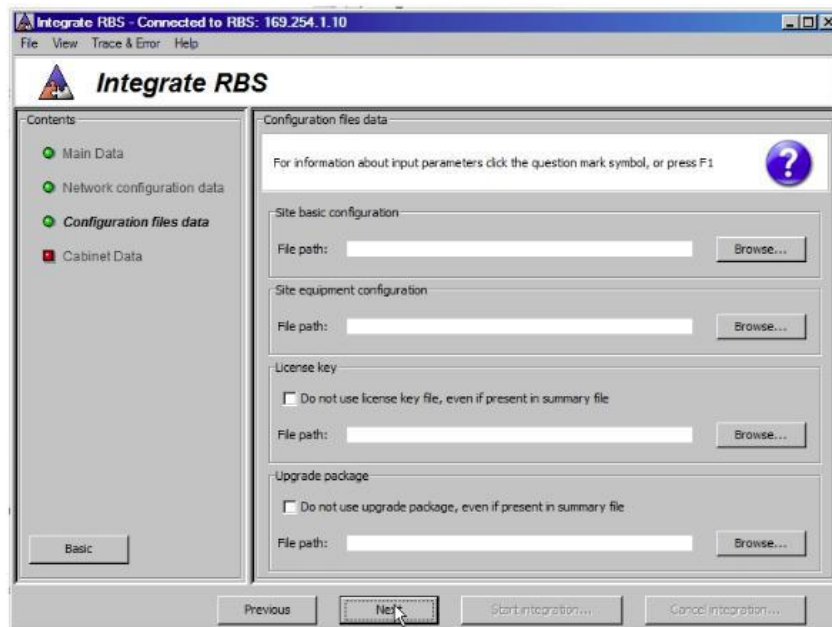
Prémer *Next*



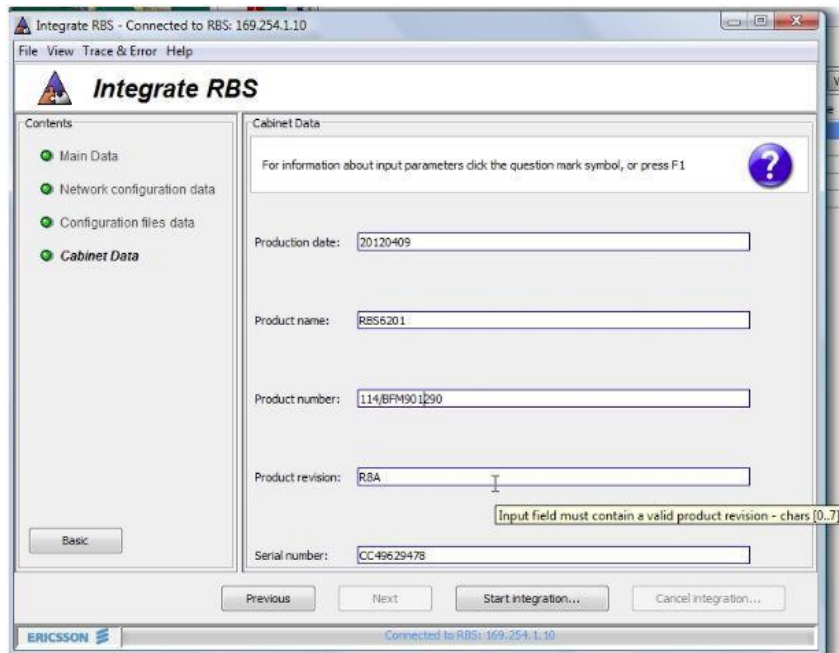
A *Network configuration data* els camps seran automàticament emmagatzemats usant la informació de l'arxiu *Site_Install*. Prémer *Next*.



En *Configuration files data* deixar els camps buits.



En *Cabinet Data* verificar que els camps estan omplerts.

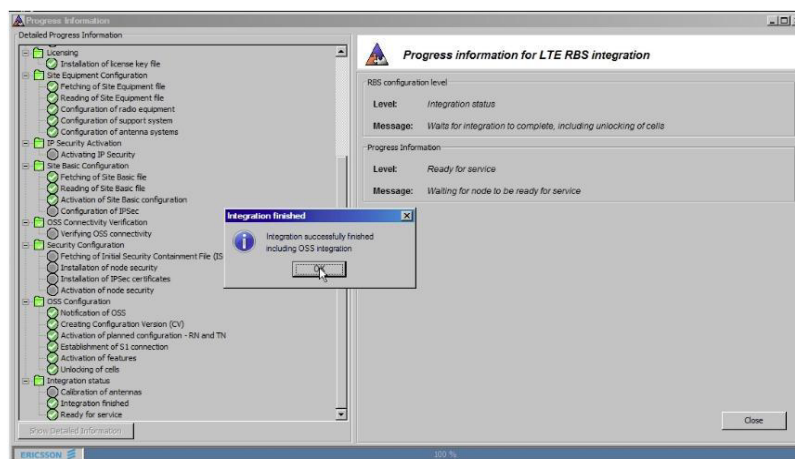


NOTA: si els camps del *cabinet* estan buits, afegir d'acord amb l'etiqueta enganxada en el cabinet:



Prémer *Start Integration*.

- Quan la integració acabi apareixerà el següent missatge.



Caldrà comprovar les alarmes realitzant el mateix procediment que per el eNodeB de UMTS.

Hi haurà l'alarma de llicència.

La integració de les dos tecnologies haurà finalitzat. Caldrà indicar al gestor d'Ericsson que realitzi la integració remota.

5.3 Integració Remota

La integració remota de l'UMTS serà realitzada per un gestor de l'Operadora remotament a partir de la connectivitat de la EB creada a la configuració de la TCU. Per poder efectuar-la necessitarà dades que el tècnic en local li haurà de facilitar i haurà d'obtenir *scripts* en format *xml* creats a partir de les dades subministrades per l'Operadora [15].

Les dades són les següents:

Nom de l'emplaçament: Per exemple: ERB-RIALP-01.

Tipus d'RBS: tipus de la RBS: RBS 6601, RBS 6201 ...

RNC_Cont_Tarj: indica el *subrack* dins de la *RNC*.

RNC_Slot_Tarj: indica l'*slot* dins del *subrack*.

ATMPortMub: port *ATM* per *O&M*.

VP_RNC: virtual Path cap a la *RNC*.

VP_Mub: virtual Path per *O&M*.

VC_Mub: virtual Circuit per *O&M*.

RBSID: *RBSID* (per exemple 290.001.801).

RNC: nom de la *RNC*.

AESA: punt de senyalització del *AAL2*.

RNC_Module: mòdul dins de la *RNC*.

Freqüència UL: freqüència en el UL (*ULUARFCN*).

Freqüència DL: freqüència en el DL (*DLUARFCN*).

LocalCellId: identificació de la cel·la. Per exemple: 2500018.

CELLID: *CID*. Per exemple: 20291, 20292, 20293 (*UTRAN Cell ID*).

Location Area: *LAC* (Codi d'àrea de Localització).

Routing Area: *RAC* (Codi d'àrea d'enrutament).

RBS Group: Group al que pertany la RBS. Ex: LLEIDA.

Localitat: localitat del *site*.

Cell name: nom de la cel·la. Per exemple: RIALP_EB_250002501.

Utrancell 1: nom de *UtranCell1*: RIALP_EB_250002501_01.

Codi *Scrambling* sector 1: codi de *Scrambling* per al sector 1.

Utrancell 2: nom de *UtranCell2*: RIALP_EB_250002501_02.

Codi *Scrambling* sector 2: Codi de *Scrambling* per al sector 2.

Utrancell 3: nom de *UtranCell3*: RIALP_EB_250002501_02_03.

Codi *Scrambling* sector 3: codi de *Scrambling* per al sector 3.

En la següent finestra s'indica on introduir aquestes dades.

The screenshot shows a web-based configuration interface for a Node B. The browser window title is "Nodo B Pruebas - Microsoft Internet Explorer". The address bar shows "http://10.235.112.131:8055/nodoB/Bd/Mtroer". The page has a dark blue header with the "Telefónica Móviles" logo. On the left, there is a "Menú Principal" with a tree view containing: "Nodo B en RNC" (expanded), "Omnisectorial", "Bisectorial", "Trisectorial", "Nodo B en Nodo B", and "Borrado RNC". The main content area is a form with the following fields and values: "RNC_Cant_Tarj" (dropdown), "RNC_Slot_Tarj" (dropdown), "AtmPort" (text), "ETM_RBS" (text), "AtmPortHub" (text, value: "0524B_Mar"), "VP_RNC" (text), "VC_Hub" (text), "RBSID" (text), "Seleccionar RNC" (dropdown), "AESA" (text), "RNC_Módulo" (dropdown), "Frecuencia UL" (text, value: "9000"), "Frecuencia DL" (text, value: "10030"), "localCellId (A partir del campo RBSID)" (text), "CELLID (parte común del CELLID)" (text), "Location Area" (text), "Routing Area" (text, value: "1"), "Service Area (Parte común del SAC)" (text), "Cell name (Nombrè de la cèlula, ej: HERMOSILLA_CT_200002501)" (text), "UtranCell1" (text), and "Código Scrambling célula 1" (text). An "Aceptar" button is located at the bottom right of the form.

La integració remota d'un *NodeB* a la *RNC* es divideix en tres passos:

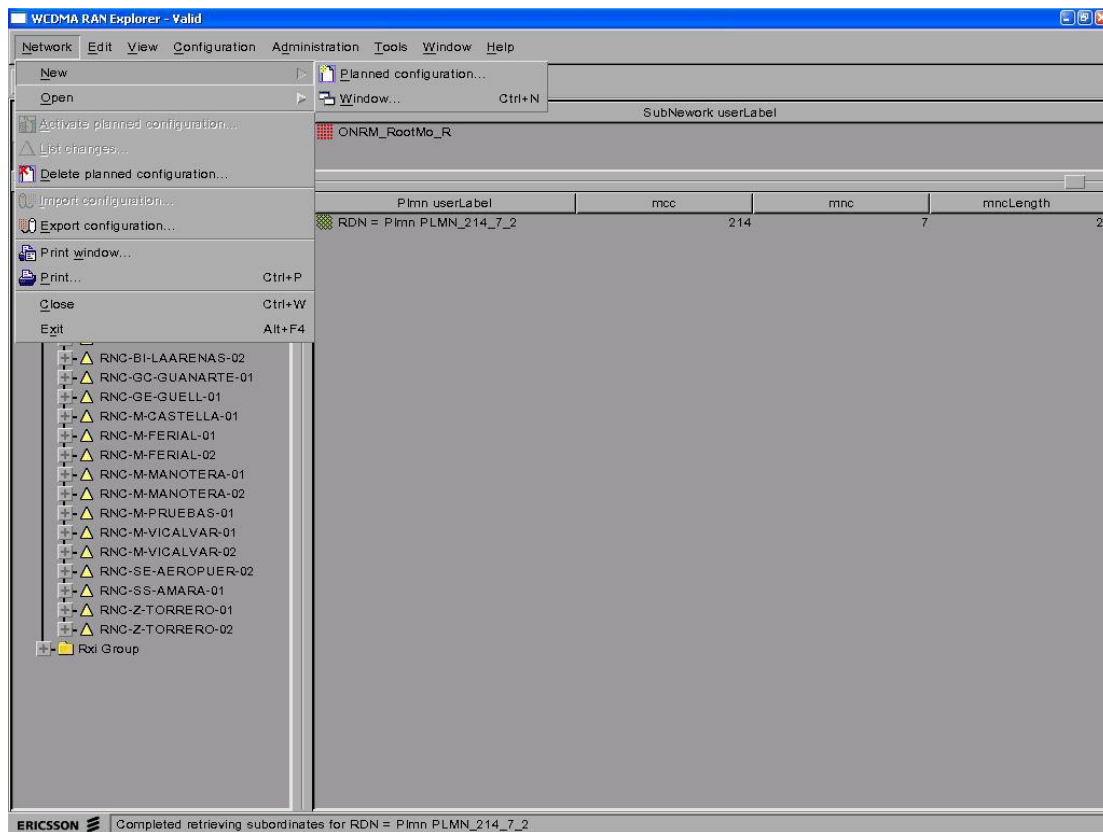
- Integrar la *RBS* amb l'*Add RBS Wizard (ARW)*.
- Afegir la configuració ràdio mitjançant *RAN Explorer (RANOS)*.
- Afegir la definició de les "colindàncies" *UTRAN* mitjançant *RANOS*.

Integració de la *RBS* amb el programa *ARW*

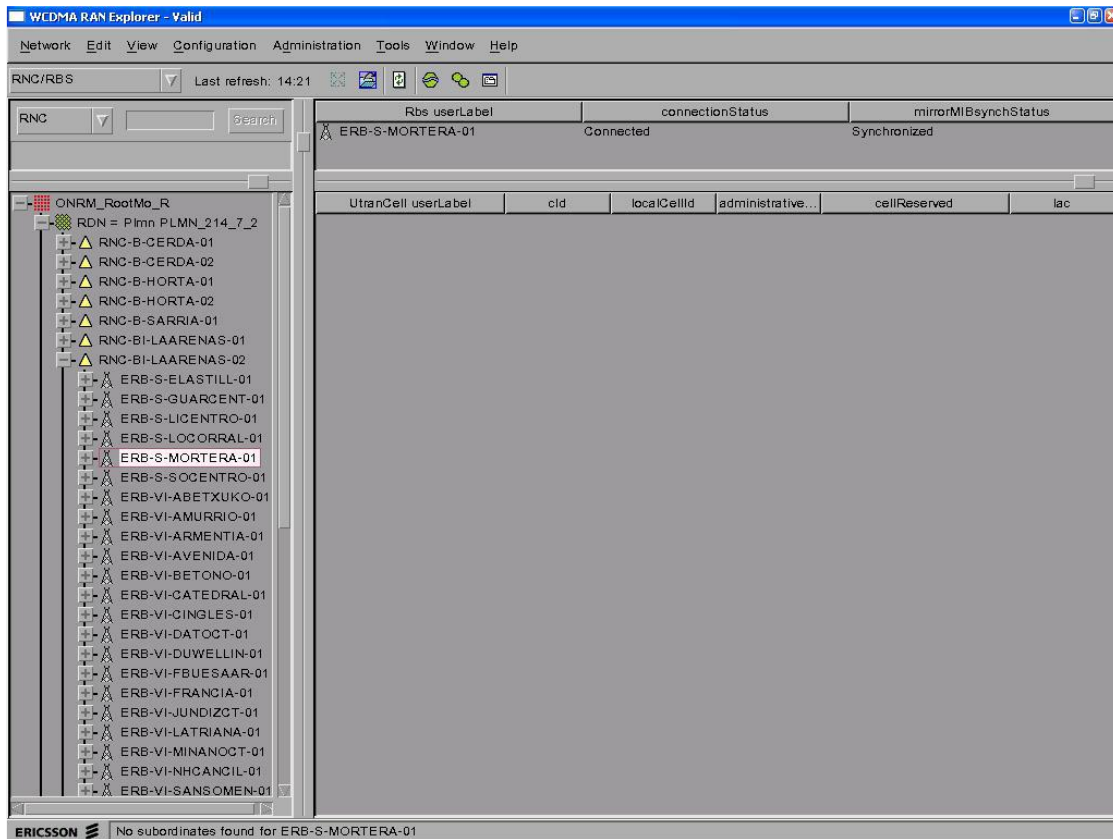
Abans de començar la integració amb l'*ARW* cal verificar la càrrega del *script "ARW_Import_ERB-XX-XXXX-01.xml"* al següent directori de *RANOS* (el *script* creat anteriorment amb les dades sol·licitades).

Els passos a seguir per a la configuració del *NodeB* són els següents:

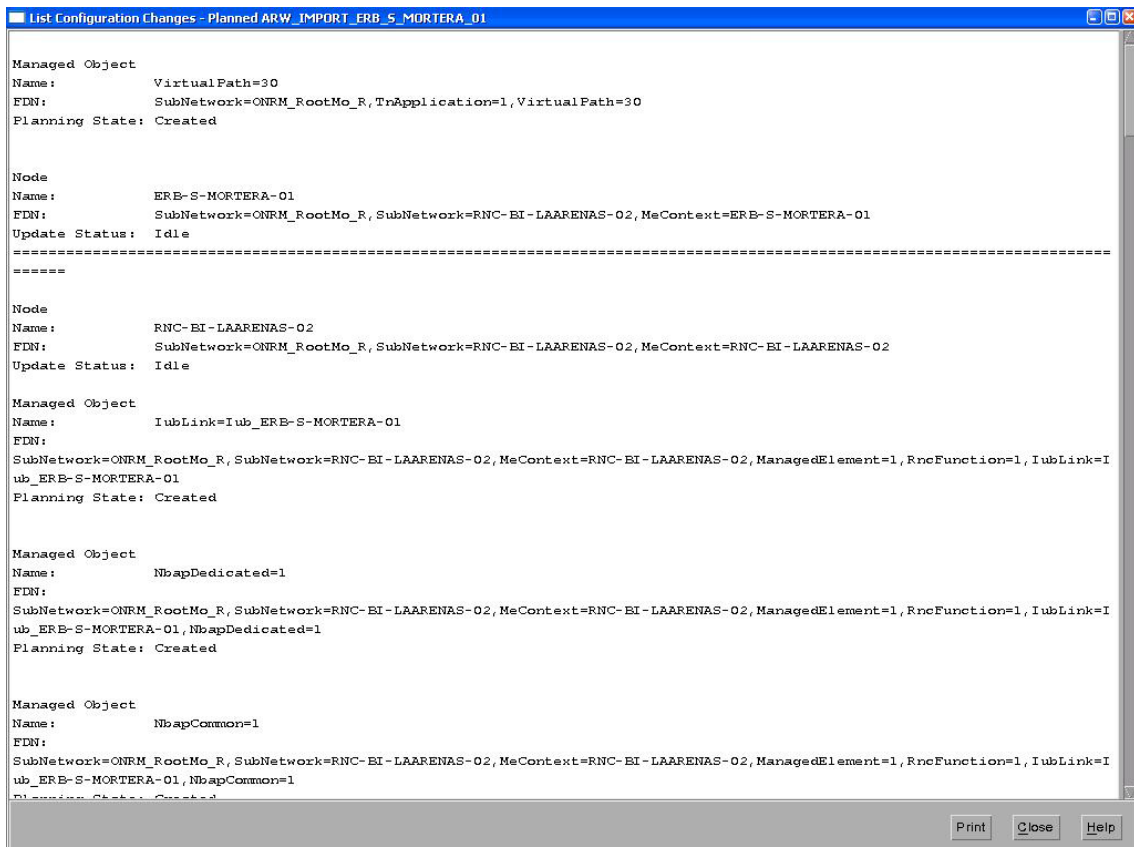
- *New Planned Configuration*: caldrà crear una àrea planificada pel *ARW* amb el programa (*RANOS*).



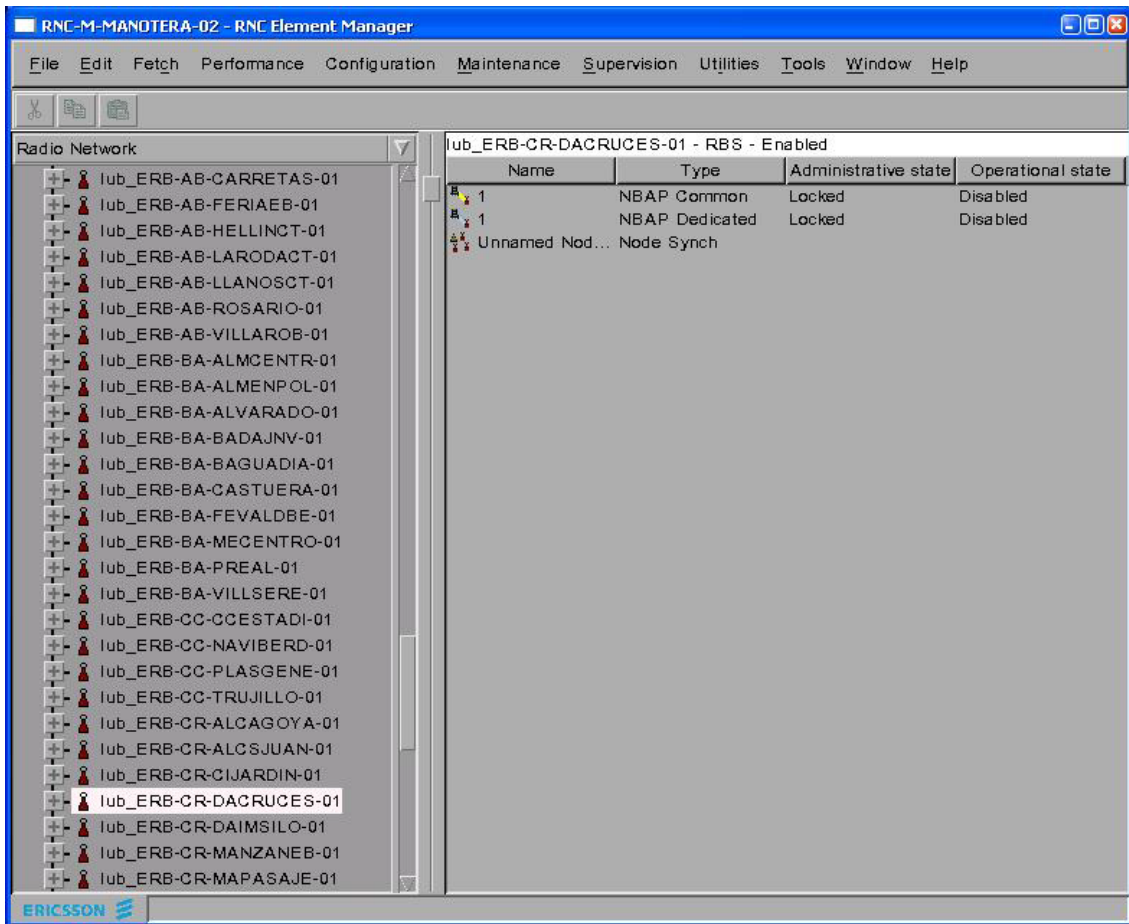
- ARW: mitjançant l'ARW es crearà la configuració IP sobre ATM entre la RNC i el NodeB, la IUB entre la RBS i RNC, i entre el NodeB i RANOS. Per poder realitzar aquest pas caldrà importar el fitxer *xm/* creat anteriorment i confirmar les dades que apareixeran en cada pantalla.



- Verificar la *Planned Configuration*: es durà a terme abans d'activar-la. Apareixerà la següent finestra amb els canvis a realitzar.



- Activar la *Planned Configuration*: finalment es crearà la sincronització de la lub entre el NodeB i la RNC. La comprovació es farà per l' EMAS.



- Fer un *Backup* del NodeB per no perdre les modificacions realitzades.

Afegir la configuració ràdio mitjançant RANOS

Caldrà carregar a RANOS mitjançant *ftp* els següents *scripts*:

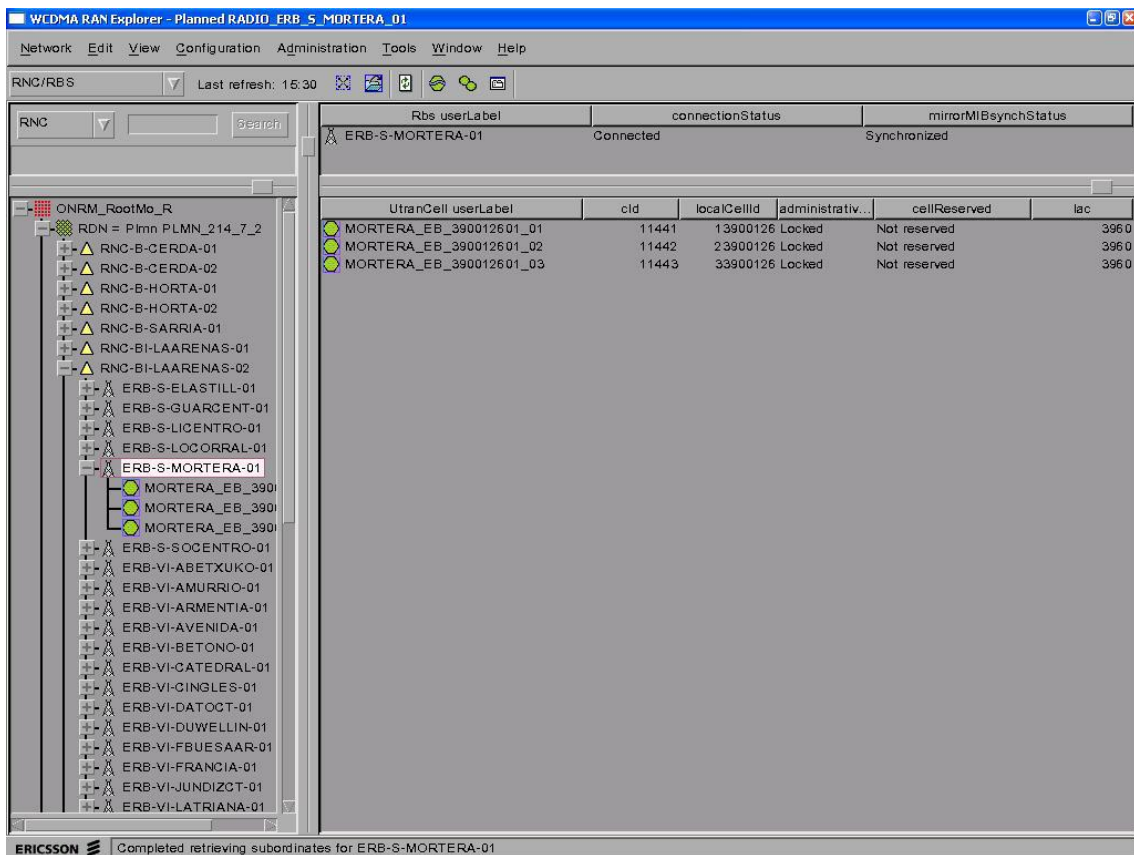
- "Datos_Radio_import_ERB-XX-XXXX-01.xml".
- "3G-3G_.xml", "3G-2G_.xml".
- "Celdas_GSM_.xml".

Els passos a seguir per a la configuració de la ràdio són els següents:

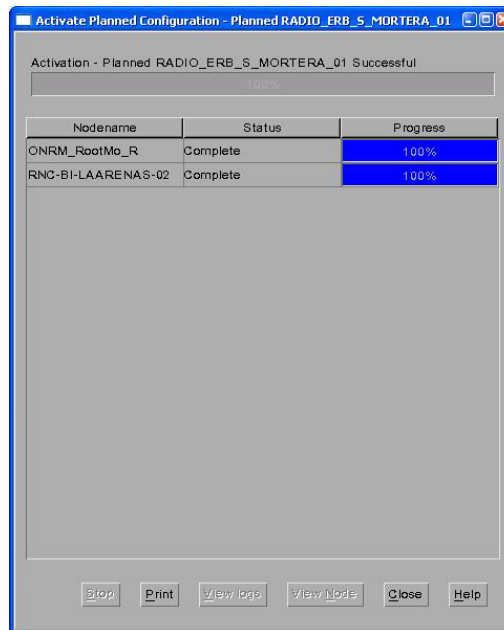
- Crear una *Planned Configuration*: una àrea planificada per realitzar la configuració ràdio i la definició de les cel·les veïnes.



- Importar els fitxers per a la configuració ràdio i la definició de veïnes: caldrà obrir la *Planned Configuration* creada en el punt anterior i afegir-hi els fitxers descarregats del *ftp*. En el resultat final es podrà observar la creació de les dades de radio (definició dels diferents sectors del *site*):



- Activar la *Planned Configuration* després de verificar-la.



Afegir la definició de les “colindàncies” UTRAN mitjançant RANOS

Les “colindàncies” i els seus corresponents paràmetres a definir en la BSC, les proporcionarà la Gerència de Ràdio corresponent.

Les “colindàncies” a definir en UTRAN, es definiran mitjançant *scripts.xml*, que es poden obtenir de la pàgina de generació dels *scripts*.

El procés d'integració del LTE es farà automàticament durant l'autointegració en local. Per a aquesta tecnologia només faltará la realització de les proves de veu i de dades que s'explicaran en l'aparat 5.4.

El *site* quedarà integrat completament. Només faltará instal·lar la llicència (un cop es validin les proves d'acceptació del *site* i es defineixin a les estacions veïnes les cel·les creades del nou emplaçament).

5.4 Proves de configuració

En aquest punt, s'explicaran les proves necessàries que haurà de realitzar el tècnic en local per a la posada en marxa de l'emplaçament i per a l'elaboració d'un llistat de les característiques dels equips instal·lats.

Per comprovar la qualitat de la instal·lació dels sistemes radiants es realitzaran una sèrie de mesures. S'explicaran les mesures a realitzar i en quins casos cal aplicar-les.

Tota la instal·lació dels sistemes radiants es farà amb cable *RF*, tant si és fa des de l'antena fins a la *RUS* en configuracions compactes com si es fa des de l'antena fins a les *RRUS* en configuracions distribuïdes. Això inclou tots els cables coaxials: la tirada principal, els descarregadors, els elements passius, els *TMA*s i les antenes.

Aquestes mesures seran del *ROE*, de l'atenuació i de la potència de sortida.

ROE

És la Relació d'Ona Estacionària (*SWR* en anglès). És una mesura de l'energia enviada pel transmissor que és reflectida pel sistema de transmissió i retornada al transmissor. La seva fórmula és la següent:

$$ROE = \frac{1 + R}{1 - R} \rightarrow R = \frac{\sqrt{\text{Potència reflejada}}}{\sqrt{\text{Potència incident}}}$$

Per mesurar la *ROE* s'utilitzaran els equips adients, com els equips Anritsu, fent un escanejat de freqüències i mostrant a les seves gràfiques el valor de pitjor *ROE*. Hi ha equips que localitzen el punt on el *ROE* és més elevat amb el qual es facilita la tasca de detecció i de reparació d'incidències.

El valor de la *ROE* no ha de ser superior a 1,5 que equival a un 4% de reflexió. Una *ROE* més alta pot fer malmetre el transmissor, ja que el senyal que torna és alt. A més, amb la *ROE* es podran detectar errors en la qualitat de la instal·lació com:

- Material defectuós o de mala qualitat.
- Connectors mal fets i mal segellats.
- Bonys en el cable.
- Curvatures en el cable menors de el radi mínim permès.

La mesura de la *ROE* es realitzarà per a qualsevol instal·lació o modificació en el Sistema Radiant.

El rang de freqüències de les bandes assignades a la telefonia mòbil és el següent:

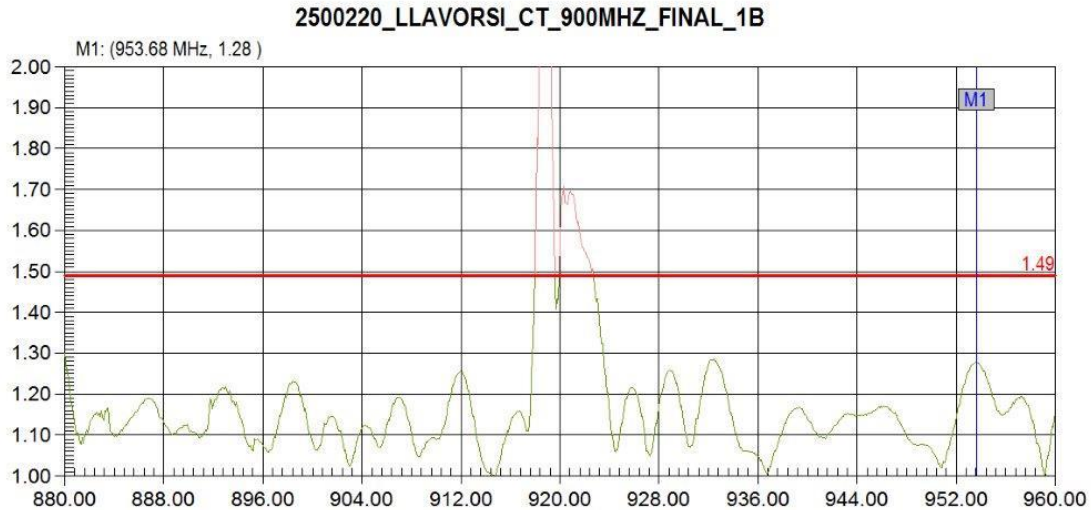
BANDA	RECEPCIÓ (UL)	TRANSMISSIÓ (DL)
800 MHz	832 a 862 MHz	791 a 821 MHz
900 MHz	880 a 915 MHz	925 a 960 MHz
1.800 MHz	1.710 a 1.785 MHz	1.805 a 1.880 MHz
2.100 MHz	1.920 a 1.980 MHz	2.110 a 2.170 MHz
2.600 MHz	2.500 a 2.570 MHz	2.620 a 2.690 MHz

Taula 12: Rang de freqüències telefonia mòbil. Elaboració Pròpia

S'indiquen totes les bandes perquè les tirades de cable poden ser compartides amb altres sistemes i/o Operadors mitjançant diplexors o combinadors.

Si es realitza una modificació en un sistema radiant ja existent, abans de començar amb la instal·lació i un cop apagat l'equip, es farà una mesura prèvia de la *ROE*. Això permet detectar la *ROE* abans de la instal·lació amb la finalitat de facilitar la seva modificació abans de l'entrada en servei.

El resultat de la mesura serà el següent:



II-lustració 43: Gràfica de mesura de ROE. Elaboració Pròpia

Aquest exemple es correspon a una mesura de banda 900 MHz amb *TMA* (el *TMA* filtra la banda intermèdia). La seva *ROE* màxima a la banda receptora i a la transmissora és de 1,28 a la freqüència de 953,68 MHz.

Atenuació

Les mesures d'atenuació en cable es realitzaran a les instal·lacions d'*UMTS* i *LTE*, tant per la banda de 900 MHz i 800 MHz.

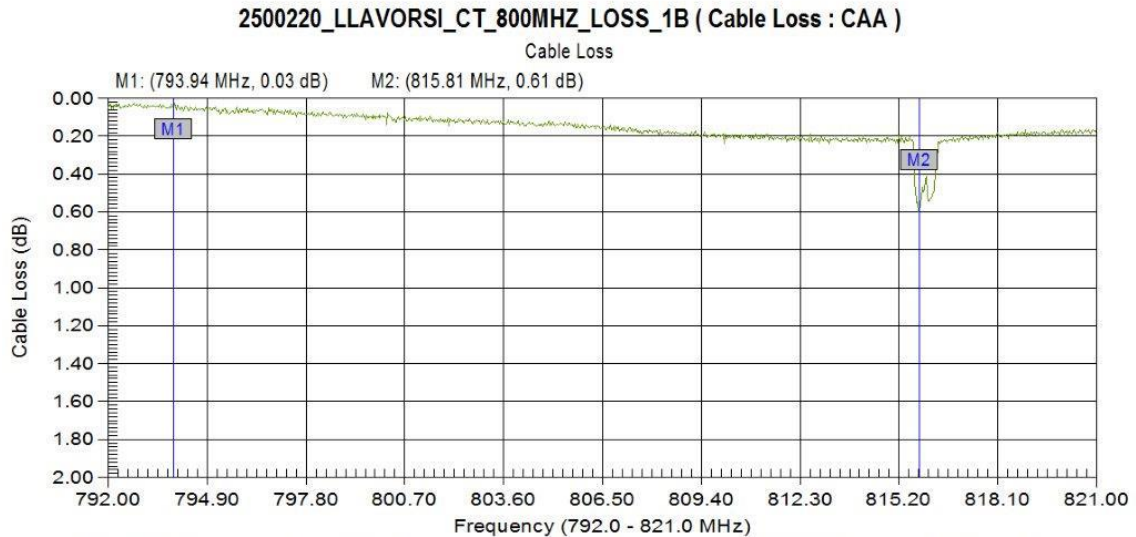
Les mesures d'atenuació en cable es realitzen per tal de corroborar que els càlculs teòrics que es van realitzar a l'hora d'escollir entre una configuració compacta o una configuració distribuïda, són similars. A més, són dades imprescindibles per a les modificacions del sistema radiant com a paràmetres per referenciar la potència a boca d'antena o la d'entrada del *TMA* si aquest està instal·lat.

La forma de realitzar aquesta mesura és amb un analitzador d'espectre o amb un altre dispositiu que permeti la mesura i que estigui calibrat dins de la data que indiqui la norma de qualitat de l'empresa propietària de l'equip. La mesura es realitzarà a la banda de *downlink* d'*UMTS* o *LTE*.

Per mesurar l'atenuació s'haurà de fer un curtcircuit en l'últim connector abans de l'antena i en cap cas es mesurarà l'atenuació amb l'antena posada.

El valor màxim d'atenuació que pot tenir un cablejat és de 4 *dB*.

Un exemple seria el següent:



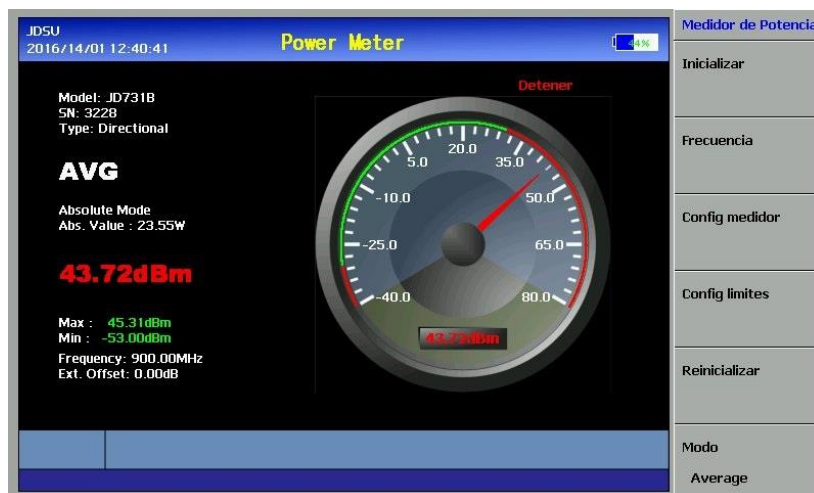
II-lustració 44: Gràfica de mesura d'atenuació. Elaboració Pròpia

Les marques indiquen el valor mínim i el valor màxim de les atenuacions. En aquest exemple, els dos valors són correctes.

Mesura de potència

Per acabar amb les proves caldrà efectuar una mesura de potència a la sortida de cada boca de la *RUS* o de la *RRUS*. És una mesura fonamental per a no causar degradació a la xarxa (sobretot per la xarxa de *GSM* ja que està molt optimitzada).

Un exemple seria el següent (banda 900):



II-lustració 45: Gràfica de mesura de potència. Elaboració Pròpia

Finalment, per obtenir els números de sèrie de tot el hardware instal·lat caldrà exportar el *mib* del NodeB i eNodeB. Per fer-ho caldrà connectar-se a l'equip amb l'*EMAS* i seleccionar la opció *Export and delete* del menú *Tools*.

6. Comprovació final

6.1 Parametrització final

Un cop efectuada la integració caldrà configurar els paràmetres de les *EBs* veïnes. Aquest procés consistirà en indicar als *sites* veïns de les noves cel·les d'identificació per a que es permeti el canvi de cel·la satisfactòriament (el procés de canvi de cel·la s'anomena *handover*).

Aquest punt és important per a què funcioni la xarxa correctament. En cas contrari, no es produiria el canvi de cel·la i es podria haver-hi una caiguda de trucada (*call drop*) al realitzar moviments físics.

Aquestes dades s'obtidran dels *scripts* creats en el subapartat d'integració remota.

A més, caldrà tenir en compte la potència d'emissió dels equips. La següent taula mostra la potència màxima de cada portadora segons la tecnologia utilitzada:

Tecnologia	Número portadores	Potència màxima per portadora (W)
GSM	2 - 4	20W → 2 portadores
		10W → 4 portadores
UMTS 900	2	60W
LTE 800	1	60W

Taula 13: Relació potències segons tecnologia. Elaboració Pròpia

El GSM sempre anirà en *mixed-mode* amb el U900.

6.2 Realització proves cobertura

Per realitzar les proves de cobertura final caldrà que:

- el *site* estigui completament integrat.
- les proves d'acceptació (punt 5.4) estiguin validades per l'Operadora.
- les *EBs* veïnes estiguin parametritzades amb els valors de les *EBs* noves.

Aquesta tasca consistirà en repetir el punt 2.3. La diferència ha de ser la millora de cobertura en les zones més transitades del PNAP. A més, el senyal serà molt net perquè estarà lliure de les interferències produïdes per altres *EBs*.

Els resultats caldrà comparar-los amb els de l'inici del projecte. A continuació cal estudiar si s'ha d'afegir alguna *EB* per falta de cobertura o bé si s'ha de canviar algun *downtilt* o azimut d'algun dels sectors existents.

6.3 Activació llicència dels nodes

La llicència (*LKF*) s'instal·larà un cop comprovat que el *site* funciona correctament. Malgrat això, si aquest no disposa de *LKF* el node funcionarà amb una capacitat mínima que serà insuficient per els serveis que ha de donar.

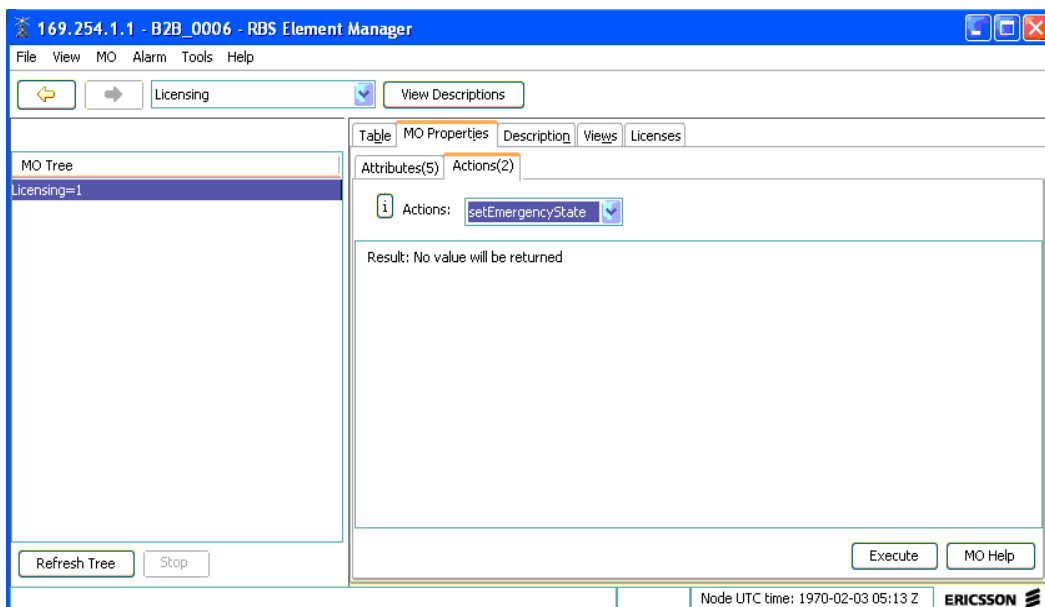
En el cas de no instal·lar la *LKF* s'activarà la llicència d'emergència per poder realitzar les proves en un entorn el més real possible.

S'habilita la llicència d'emergència per a no deixar el node inservible després de la integració. Aquesta llicència caduca al cap de catorze dies. Durant aquest període i abans de la data de caducitat ha de generar-se la *LKF* permanent.

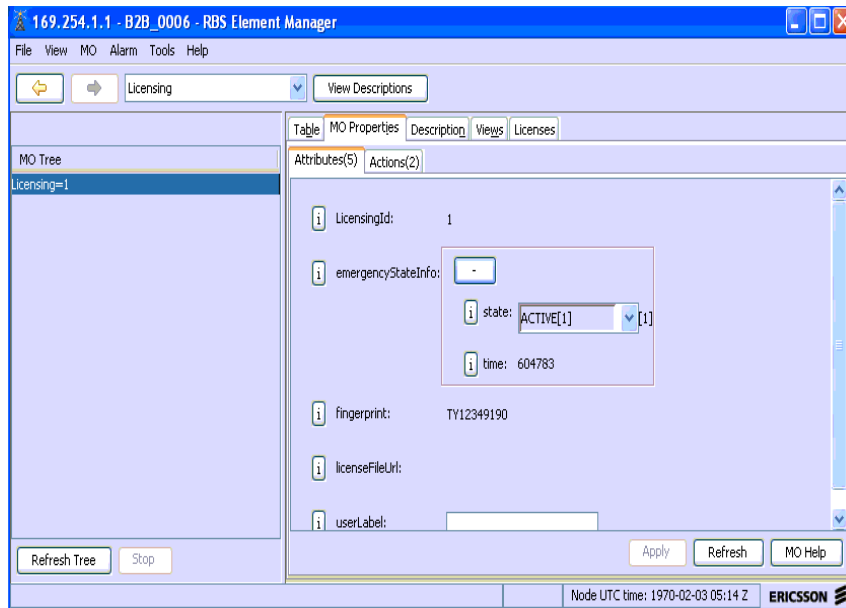
S'utilitzarà l'EMAS per desbloquejar la llicència d'emergència.

Caldrà realitzar el següent procés (aquesta operació es pot realitzar també en remot des de la *RNC*):

- A la pestanya *Actions*, seleccionar *SetEmergencyState* i prémer *Execute*.



Un cop executada, es podrà comprovar el temps (en segons) que queda per a la seva caducitat i l'estat d'execució de la *Emergency* en *ACTIVE* (si no està activada posaria *NEVER_USED*).

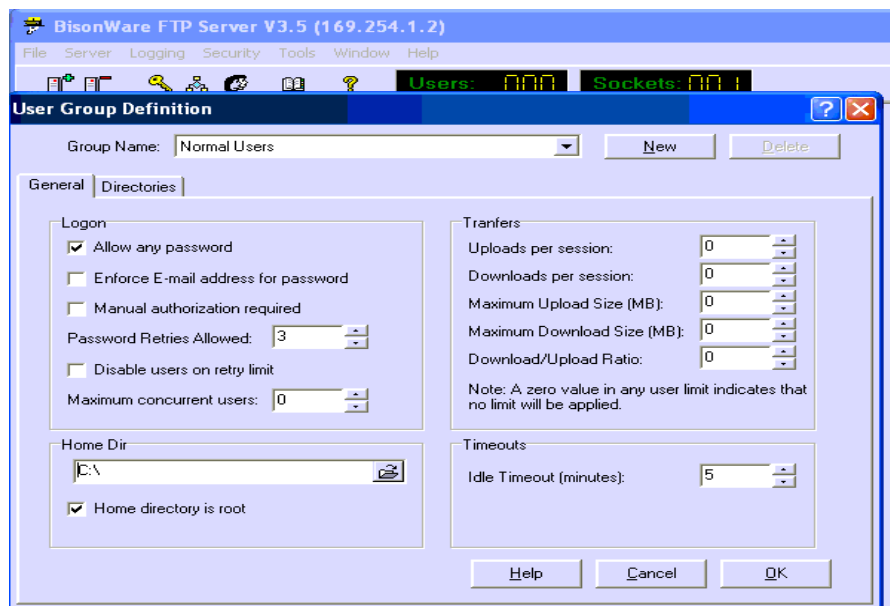


A partir d'aquest moment, començarà a reduir-se la disponibilitat de la llicència d'emergència i es generarà una altra alarma anomenada "*EmergencyStateUnlocked*" degut a aquest desbloqueig.

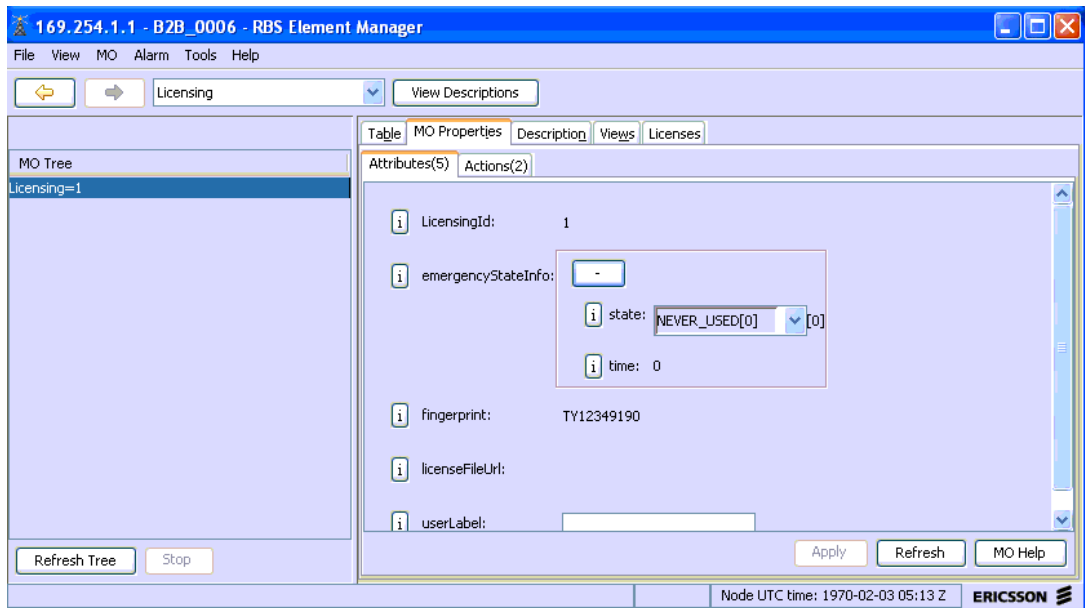
Càrrega de la llicència LFK:

Un cop es disposi de la LKF, podrà instal·lar-se quedant de forma permanent. Aquesta operació es podrà realitzar en local per part del tècnic que integra el node o en remot des de la RNC (ambdós casos el procediment és el mateix).

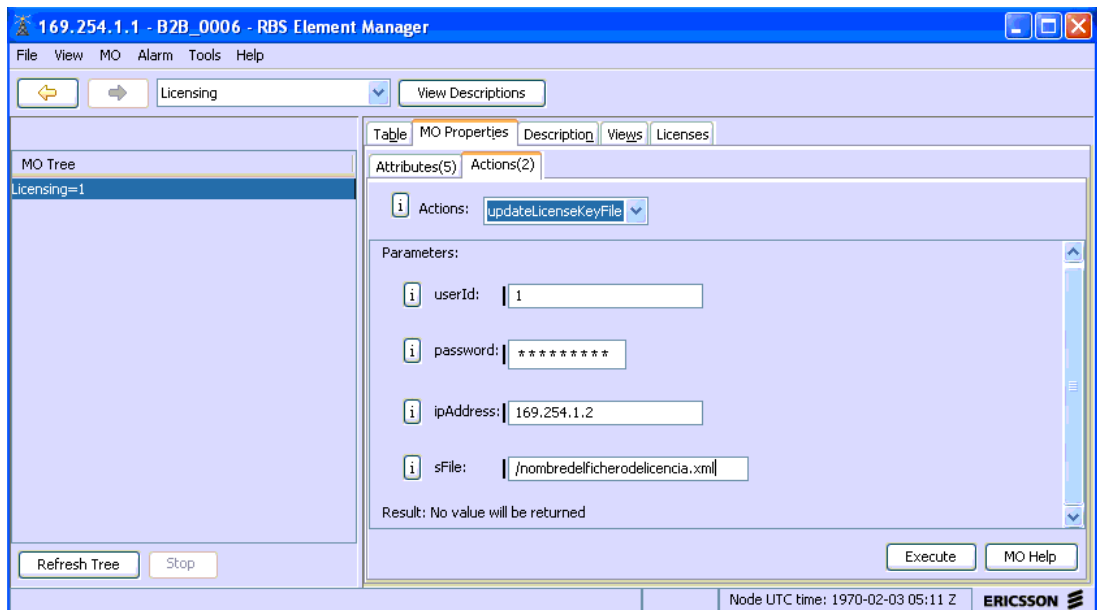
- Obrir el *FTPServer* (exemple *FTPBison*) i direccionar la seva *ROOT* cap al fitxer LKF.



- El fitxer LKF ha de coincidir amb el *fingerprint* del node. Aquest es podrà trobar en els atributs del MO Licensing = 1.



- A la pestanya *Actions* seleccionar l'acció *UpdateLicenseKeyFile*.



- Indicar en el camp *IpAddress* la *ip* de l'*FTP*Server.
- Deshabilitar el Tallafocs.
- Prémer *Execute*. Començarà la descàrrega del *LKF* del *FTP*server.

Un cop instal·lada desapareixeran les alarmes de llicència.

Quan es finalitzi el procés de càrrega de la llicència, es podrà posar en marxa la EB (*On Hair*). Tot seguit, el *site* començarà a oferir els serveis de veu i els serveis de dades de les diferents tecnologies implementades.

7. Conclusions

7.1. Descripció

Es pot concloure que amb aquest TFG s'han millorat substancialment les prestacions del sistema de cobertura de telefonia mòbil a l'entorn del PNAP. S'han instal·lat 37 *sites*, nous amb tecnologies UMTS i LTE i s'han millorat 39 de les ja existents.

7.2. Objectius assolits

Amb aquestes actuacions s'ha aconseguit una millora en la qualitat del funcionament de la xarxa de telefonia mòbil del PNAP. Entre elles, es poden citar:

- millores en les relacions interpersonals entre els propis residents a la zona del parc i també, entre aquests i els de les seves zones limítrofes, en especial pel que fa a les activitats esportives, de lleure i de cultura.
- millores en l'atenció als visitants del PNAP en la cobertura de les telecomunicacions dintre i fora el PNAP.
- millores en situacions d'incidències i en la prevenció de riscos. Es poden citar: els allaus, els incendis forestals, els accidents de muntanya i les persones extraviades. Cal tenir present que en les tasques de socorrisme i en la localització de persones les telecomunicacions són una eina primordial.
- millores en la comunicació entre el PNAP i els altres parcs Nacionals o Naturals situats al Pirineu (en especial el Parc Nacional d'Aigües Tortes i de l'Estany de St. Maurici i el Parc Natural del Cadí Moixeró).
- millores en les activitats d'excursionisme i esports de muntanya. Una bona xarxa de comunicació dona major seguretat i més facilitats d'orientació.

La xarxa de telefonia mòbil dona un fort impuls a l'activitat científica que de forma natural es realitza al Parc per exemple geologia, biologia (estudi de la fauna i de la flora) i d'altres.

La important inversió econòmica que requereix dur a terme aquest projecte és un punt que influirà en la seva implementació que s'haurà de realitzar en varies fases.

Caldrà també minimitzar els efectes negatius que aquestes instal·lacions poden ocasionar en aquest paratge privilegiat de natura. S'assenyalen en especial, els deguts a l'impacte visual de les antenes.

7.3. Línies de treball futures

Tal i com s'ha indicat, el PNAP és fronterer amb el Principat d'Andorra i amb França (Departament de l'Ariège) i per aquest motiu en un futur podrien plantejar-se espais de cobertura entre països que estaran justificats tenint present que moltes de les activitats que en ells es duen a terme són comunes.

D'altra banda, el sector de les comunicacions de telefonia mòbil ja està sòlidament implantat en la tecnologia 4G però és ben coneguda la promoció dels sistemes 5G que evidentment, podrien utilitzar-se també en el sector de l'Alt Pirineu.

8. Glossari

A

ASC: *Antenna System Controller.*

B

BP: *Basic Packet.*

BSC: *Base Station Controller.*

BTS: *Base Transceiver Station.*

C

CN: *Core Network.*

D

DU: *Digital Unit.*

E

EB: *Estacions Base.*

eNodeB: *evolved NodeB.*

EPC: *Evolved Packet Core.*

EPS: *Evolved Packet System.*

ERAB: *E-UTRAN Ràdio Access Bearer.*

E-UTRAN: *Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network.*

EMAS: *Element Manager.*

EARFCN_DL: *E-UTRA Absolute Radio Frequency Channel Number.*

F

FDD: *Frequency-Division Duplex.*

G

GPS: *The Global Positioning System.*

GSM: *Global System for Mobile Communications.*

L

LAN: *Local Area Network.*

LTE: *Long Term Evolution.*

O

OAM: *Operations, Administration and Maintenance.*

OFDMA: *Orthogonal Frequency-Division Multiple Access.*

OSS-RC: *Operations Support System - Radio and Core.*

P

PCI: *Physical Cell Identity of the serving cell.*

PCM: *Pulse Code Modulation.*

PNAP: *Parc Natural de l'Alt Pirineu.*

PSS: *Primary Synchronization Signal.*

PTRO: *Punto Terminal de Red Óptica.*

R

RBS: *Ràdio Base Station.*

RET: *Remote Electrical Tilt Unit.*

RF: *Radio Frequency.*
RNC: *Radio Network Controller.*
ROE: *Return on Equity.*
RRU: *Remote Radio Unit.*
RU: *Radio Unit.*

S

SIU: *Site Integration Unit.*
SSS: *Secondary Synchronization Signal.*
SSRR: *Sistema Radiant.*

T

TCU: *Transport Connectivity Unit.*
TMA: *Tower Mounted Amplifier.*
TMF: *Frequency Shifting Tower Mounted Amplifier.*

U

UARFCN: *Absolute Radio Frequency Channel Number.*
UE: *User Equipment.*
UMTS: *Universal Mobile Telecommunications System.*
UP: *Upgrade Packet.*
UTRAN: *UMTS Terrestrial Radio Access Network.*

V

VLAN: *Virtual Local Area Network.*
VoLTE: *Voice over LTE.*
VSWR: *Voltage Standing Wave Ratio.*

W

WAN: *Wide Area Network.*
WCDMA: *Code Division Multiple Access.*

9. Bibliografía

- [1] PARC NATURAL DE L'ALT PIRINEU. 31 / 12 / 2004.
http://territori.scot.cat/cat/notices/parc_natural_de_l_alt_pirineu_2004_629.php
(últim accés: 26 / 03 / 2020).
- [2] Arquitectura y cifrado de seguridad en redes 3G. 13 / 01 / 2014.
<https://empresas.blogthinkbig.com/arquitectura-y-cifrado-de-seguridad-en/>
(últim accés: 18 / 04 / 2020).
- [3] Tecnología de Red Celular 4G LTE. 12 / 04 / 2012.
<http://tecnologiaelectronicadeep.blogspot.com/2012/04/tecnologia-de-red-celular-4g-lte-parte-3.html>
(últim accés: 18 / 04 / 2020).
- [4] TEMS™ INVESTIGATION 15.3 . 2013.
http://www.adinstruments.es/WebRoot/StoreLES/Shops/62688782/564D/C3C8/07E2/6C1F/D348/C0A8/2BB9/E755/TEMS_Investigation_15.3_user_manual.pdf
(últim accés: 08 / 04 / 2020).
- [5] Scanning Receivers. sense data. <https://www.pctel.com/scanning-receivers/>
(últim accés: 09 / 04 / 2020).
- [6] Refugis. 23 / 07 / 2015.
<http://parcsnaturals.gencat.cat/ca/alt-pirineu/visiteu-nos/equipaments-itineraris/equipaments/refugis/>
(últim accés: 11 / 04 / 2020).
- [7] Moya, Silvia León. Infraestructura para una BTS de telefonía móvil. 2015.
<http://www.bibing.us.es/proyectos/abreproy/12306/fichero/Infraestructura+para+una+BTS+urbana.pdf>
(últim accés: 26 / 04 / 2020).
- [8] Salmerón, Víctor M. Fernández. Ejemplo de diseño e implementación. 2010.
<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/8972/memoria.pdf>
(últim accés: 28 / 04 / 2020).
- [9] Jimenez, Gilardo Alejandro Espinoza. PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE UNA RADIOBASE PARA LA TECNOLOGÍA DE LTE. 2016.
<https://docplayer.es/44790463-Proceso-de-implementacion-de-una-radiobase-para-la-tecnologia-de-lte.html>
(últim accés: 02 / 05 / 2020).
- [10] Cabezón, Luz Blanco / Manuel Jesús. CONFIGURACIÓN TCU TELEFÓNICA. 21 / 07 / 2014 (Informació confidencial).
(últim accés: 12 / 05 / 2020).
- [11] Ericsson. CABINA CF-PC //E. Madrid. 08 / 01 / 2015 (Informació confidencial).
(últim accés: 01 / 05 / 2020).

- [12] Daniel Carrasco Fraile. PROCESO DE INTEGRACIÓN DE NODOS B DEL OPERADOR TME. 17 / 10 / 2011 (Informació confidencial).
(últim accés: 12 / 05 / 2020).
- [13] Jose Luis Fernandez Pino. RBS 6000 – OMT R48M. 13 / 04 / 2012 (Informació confidencial).
(últim accés: 12 / 05 / 2020).
- [14] Miguel Angel Rivero. eNodeB autointegration on site. 09 / 09 / 2013 (Informació confidencial).
(últim accés: 13 / 05 / 2020).
- [15] Erricson. INTEGRACIÓN REMOTA NODO B ERICSSON. 18 / 04 / 2013 (Informació confidencial).
(últim accés: 22 / 05 / 2020).