



IMPLEMENTACIÓ DE SERVEIS DE TELECOMUNICACIONS A ARTESA DE SEGRE.

Jose Fco. Camúñez Ruiz

Projecte Final

Grau de Tecnologies de la Telecomunicació

Integració de xarxes telemàtiques

Consultor:

Jose López Vicario

Professor responsable de l'assignatura:

Pere Tuset Peiró

Data lliurament:

Gener del 2018

FITXA DEL TREBALL FINAL

Títol del treball:	<i>Implementació de serveis de telecomunicacions a Artesa de Segre.</i>
Nom de l'autor:	<i>Jose Fco. Camúñez Ruiz</i>
Nom del consultor/a:	<i>Jose López Vicario</i>
Nom del PRA:	<i>Pere Tuset Peiró</i>
Data de lliurament (dd/mm/aaaa):	<i>07/01/18</i>
Titulació o programa:	<i>Grau de Tecnologies de la Telecomunicació</i>
Àrea del Treball Final:	<i>Integració de xarxes telemàtiques</i>
Idioma del treball:	<i>Català.</i>
Paraules clau	<i>Radiocomunicacions, Disseny i Cobertura.</i>

Resum del Treball :

La finalitat d'aquest treball de final de grau és la implementació de serveis de telecomunicació en una zona rural, concretament la localitat d'Artesa de Segre a la comarca de la Noguera, a la província de Lleida. Amb una població d'una mica més de 3.500 habitants, es planteja oferir uns serveis de televisió digital terrestre, telefonia mòbil i de dades per Internet.

El desenvolupament s'ha estructurat en tres grans apartats: requisits tècnics necessaris, estudi de cobertura i presentació dels resultats que es proposen com a solució, i equipament i pressupost total de la implementació.

Durant el primer apartat s'han especificat les necessitats tècniques de cada servei, els seus paràmetres propis i característics, i la configuració necessària perquè ofereixin uns resultats òptims.

El segon apartat és purament pràctic. Mitjançant el simulador on-line *Xirio* s'ha desenvolupat una estació radioenllaç on s'ubiquen les diferents antenes per a cada servei.

S'han configurat segons els requisits tècnics establerts al primer capítol, i s'han realitzat estudis de cobertura sobre la localitat. Justificant, finalment, les raons de les opcions triades pel projecte.

En el tercer apartat es realitza una cerca de l'equipament necessari per traslladar la teoria dels capítols anteriors a la realitat. Es presenten els fabricants i models d'equips triats. Finalment, es mostra un pressupost amb tot el material indispensable.

El resultat final és satisfactori, la TDT, la telefonia mòbil i la transmissió de dades GSM, UMTS i LTE queden implementades de manera òptima i eficaç sobre la localitat noguerenca.

Abstract:

The purpose of this end-of-degree project is the implementation of telecommunication services in a rural area, specifically the town of Artesa de Segre in the region of La Noguera, in the province of Lleida. With a population of a little more than 3,500 people, it is proposed to offer terrestrial digital television, mobile telephony and data services over the Internet.

The development has been structured in three main sections: technical requirements, coverage study and presentation of the results proposed as a solution, and equipment and total budget implementation.

During the first section, the technical needs of each service, their own and characteristic parameters, and the necessary configuration so that they offer optimum results, have been specified.

The second section is purely practical. Using the Xirio simulator, a radio link station where the different antennas are located for each service has been developed. They have been configured according to the technical requirements established in the first chapter, and coverage studies have been carried out on the town. Finally, the reasons for the options chosen by the project are justified.

In the third section, a search is made of the necessary equipment to transfer the theory of chapters prior to reality. Manufacturers and models of chosen teams are presented.

Finally, a budget is shown with all the indispensable material. The final result is satisfactory, TDT, mobile telephony and the transmission of GSM, UMTS and LTE data are implemented optimally and efficiently on the noguerenca locality.

ÍNDIX

1. INTRODUCCIÓ.....	1
1.1. Context i justificació del Treball.....	1
1.2. Objectius del Treball.....	1
1.3. Enfocament i mètode seguit.....	2
1.4. Planificació del Treball.....	3
1.5. Breu descripció dels altres capítols de la memòria.....	3
2. PROBLEMA I JUSTIFICACIÓ DEL TREBALL.....	5
2.1. Problema.....	5
2.2. Justificació.....	6
3. ESPECIFICACIONS TÈCNiques.....	8
3.1. Introducció.....	8
3.2. Requisits tècnics Servei TDT.....	8
3.3. Requisits tècnics del servei de telefonia i Internet.....	11
3.3.1. Sistema GSM (2G).....	12
3.3.2. Sistema UMTS (3G).....	13
3.3.3. Sistema LTE (4G).....	15
4. DESENVOLUPAMENT DEL DISSENY.....	17
4.1. Introducció.....	17
4.2. Estudi de cobertura del servei de TDT.....	17
4.3. Resultat estudi de cobertura TDT.....	19
4.4. Estudi de cobertura del 2G.....	22
4.5. Resultat estudi de cobertura del 2G.....	23
4.6. Estudi de cobertura del 3G.....	25
4.7. Resultat estudi de cobertura del 3G.....	26
4.8. Estudi de cobertura del 4G.....	28
4.9. Resultat estudi de cobertura del 4G.....	29
5. EQUIPAMENT I PRESSUPOST.....	34
5.1. Introducció.....	34

5.2. Equipament.....	34
5.2.1. Bloc d'alimentació.....	35
5.2.2. Equip de refrigeració.....	37
5.2.3. Equips de transmissió/recepció.....	37
5.2.4. Sistema radiant (antenes).....	40
5.2.5. Resum equipament.....	44
5.3. Pressupost.....	45
6. CONCLUSIONS.....	48
6.1. Descripció de les conclusions del treball.....	48
6.2. Seguiment de la planificació i metodologia.....	49
6.3. Línies futures.....	50
7. GLOSSARI.....	52
8. BIBLIOGRAFIA.....	53

LLISTA DE FIGURES I TAULES.

Figura 1. Espectre freqüencial de l'UHF.....	9
Figura 2. Coordenades del radioenllaç TDT.....	18
Figura 3. Coordenades de l'àrea de càlcul del senyal TDT.....	19
Figura 4. Resultat estudi 1 cobertura TDT.....	20
Figura 5. Resultat estudi 2 cobertura TDT.....	20
Figura 6. Resultat estudi 3 cobertura TDT.....	21
Figura 7. Ampliació resultat 3 cobertura TDT.....	22
Figura 8. Coordenades del radioenllaç 2G.....	22
Figura 9. Coordenades de l'àrea de càlcul del senyal 2G.....	23
Figura 10. Resultat estudi cobertura 2G.....	24
Figura 11. Resultat estudi cobertura 3G.....	27
Figura 12. Coordenades de l'àrea de càlcul del senyal 4G.....	28
Figura 13. Coordenades del radioenllaç 4G.....	28
Figura 14. Resultat estudi 1 cobertura 4G.....	30
Figura 15. Resultat estudi 2 cobertura 4G.....	31
Figura 16. Resultat estudi 3 cobertura 4G.....	32
Figura 17. Infraestructura d'estació base.....	35
Figura 18. Característiques Rectificador Eaton.....	36
Figura 19. Banc de bateries BC50.....	36
Figura 20. Característiques Rectificador HRUC.....	37
Figura 21. Components estació base RBS6000.....	39
Figura 22. Antenes 2G, 3G i 4G.....	41
Figura 23. Característiques antena GSM.....	42
Figura 24. Característiques antena UMTS.....	42
Figura 25. Característiques antena LTE.....	43
Figura 26. Característiques antena TDT.....	43
Taula 1. Nivells de senyal TDT a capçalera.....	10
Taula 2. Requisits tècnics servei TDT.....	11
Taula 3. Espectre freqüencial del 2G.....	12
Taula 4. Requisits tècnics servei 2G.....	13

Taula 6. Requisits tècnics servei 3G.....	14
Taula 7. Espectre freqüencial del 4G.....	15
Taula 8. Requisits tècnics servei 4G.....	16
Taula 9. Paràmetres propis del senyal TDT.....	18
Taula 10. Paràmetres i configuració estudis cobertura TDT.....	19
Taula 11. Requisits tècnics servei TDT.....	20
Taula 12. Paràmetres i configuració estudis cobertura 2G.....	23
Taula 13. Requisits tècnics servei 2G.....	24
Taula 14. Paràmetres i configuració estudis cobertura 3G.....	26
Taula 15. Requisits tècnics servei 3G.....	26
Taula 16. Paràmetres i configuració estudis cobertura 4G.....	28
Taula 17. Requisits tècnics servei 4G.....	29
Taula 18. Equipament bàsic necessari.....	35
Taula 19. Característiques TX/RX TDT.....	40
Taula 20. Equipament necessari.....	45

1. INTRODUCCIÓ.

1.1. CONTEXT I JUSTIFICACIÓ DEL TREBALL.

El principal objectiu del projecte és cobrir a un municipi rural com és Artesa de Segre, dels serveis bàsics de telecomunicacions, com són la televisió digital, la telefonia mòbil i la transmissió de dades per Internet. Per portar-ho a terme es dissenya un radioenllaç que doni cobertura radioelèctrica sobre dita localitat.

Com es pretén implementar una estació que ofereixi totes les tecnologies actuals, es desenvolupa un sistema de radiodifusió audiovisual, la TDT, i les tecnologies de telefonia mòbil i transmissió de dades GSM, UMTS i LTE.

Inicialment es presenta la problemàtica que municipis rurals de pocs habitants i separats de les grans ciutats tenen per disposar d'aquests serveis tecnològics, posteriorment es presenten els requisits tècnics necessaris per implementar aquests serveis.

Es realitza un disseny per solucionar el problema inicial, basat en els requisits especificats amb anterioritat, que inclou un estudi de cobertura sobre la localitat amb diferents propostes, finalment, es justifica la proposta escollida per al projecte i es presenta l'equipament i un pressupost global.

1.2. OBJECTIUS DEL TREBALL.

- Implementar serveis de telecomunicacions actuals sobre un municipi rural.
- Conèixer les especificacions tècniques pròpies de cada senyal de telecomunicació que ofereixen serveis de 2G, 3G, 4G i TDT.
- Desenvolupar un disseny basat en els requisits tècnics necessaris que ofereixin uns resultats òptims tant per la radiodifusió audiovisual com per la comunicació mòbil.
- Aprendre a parametritzar un estudi de cobertura satisfactori per solucionar el problema inicial.

- Conèixer l'equipament necessari, fabricants i models, per dur a terme la finalitat del projecte.
- Aprendre a dissenyar un projecte de implementació de serveis de telecomunicacions en la seva totalitat.

1.3. ENFOCAMENT I MÈTODE SEGUIT.

Unes garanties satisfactòries de complir els objectius del projecte és la implementació d'un radioenllaç que cobreixi l'àrea d'Artesa de Segre. Els equips instal·lats, amb una configuració mesurada i precisa de cadascunes de les tecnologies, realitzant uns estudis previs i triant la parametrització més adient, brinden una solució òptima a la problemàtica inicial.

Primerament es presentaran els requisits tècnics necessaris per consolidar un projecte sòlid i robust.

Seguidament es realitzaran estudis de cobertura del senyal dels diferents serveis a implantar, i es trobarà la opció més òptima que respecti els requisits tècnics estipulats amb anterioritat.

Per acabar el projecte, es realitzarà un cerca d'equipament entre els millors fabricants del mercat, i es presentarà un pressupost global del projecte.

1.4. PLANIFICACIÓ DEL TREBALL.

Fase	Inici	Final	Treball Realitzat
Considerar una problemàtica, Plantejar possibles solucions, requeriments necessaris, organitzar un treball d'aquestes característiques.	05/10/17	13/10/17	PAC1
Esquematzar, desenvolupar i estructurar la part tècnica del projecte. Cercar informació tècnica sobre els diferents serveis a implementar, paràmetres propis de cadascun d'ells i adaptar-los als requisits tècnics per obtenir un resultat eficient.	14/10/17	20/11/17	PAC2
Realitzar estudis de cobertura segons requisits tècnics de cada servei. Oferir un resultat justificat al desenvolupament del projecte, per a cadascun dels serveis. Analitzar i cercar equipament necessari. Realitzar un pressupost.	21/11/17	31/12/17	PAC3
Estructurar els capítols de forma correcta i ordenada. Enmaquetar tot el contingut i revisar literatura i ortografia.	01/01/18	07/01/18	MEMÒRIA

1.5. BREU DESCRIPCIÓ DELS ALTRES CAPÍTOLS.

Capítol 2. Problema i justificació del treball.

Capítol inicial on es planteja la raó del treball, així com una possible manera per resoldre'l. Es justifica el disseny que es desenvoluparà.

Capítol 3. Especificacions tècniques.

Es presenten els requeriments tècnics que cada servei de telecomunicacions necessita per transmetre el senyal en condicions satisfactòries. Es mostren quins són els paràmetres propis de cadascun dels serveis.

Capítol 4. Desenvolupament del disseny.

En aquest apartat es desenvolupa tota la part tècnica de configuració i estudis del disseny. Es realitzen un estudis de cobertura de cada tecnologia a implantar, i es parametritzen segons els requeriments tècnics del capítol 3. Els resultats més adients als requisits seran els que es presentaran com a solució.

Capítol 5. Equipament i pressupost.

Es presenta l'equipament necessari per implementar el disseny. Es mostra un pressupost global del projecte.

2. PROBLEMA I JUSTIFICACIÓ DEL TREBALL.

2.1. PROBLEMA.

La evolució que la humanitat ha experimentat al llarg de la seva història és considerable, i la tecnologia és cabdal en aquest desenvolupament. Arribats a principis del Segle XXI, és impensable que qualsevol territori habitat per persones, sobretot al món modern occidentalitzat i desenvolupat, hi hagi una mancança de infraestructures tecnològiques que puguin oferir a aquest habitants un serveis de telecomunicacions competents.

Es planteja doncs, la possibilitat que municipis rurals, separats de les grans metròpolis, de entre 3.000 o 4.000 habitants, tinguin opció a poder gaudir de serveis de telefonia mòbil, de televisió digital d'última generació i del consum de dades per Internet. En definitiva, de no quedar enrere d'altres poblacions amb més avantatges tecnològics, per l'única raó de tenir un nombre d'habitants menor, o per no ser una capital de província o de comarca.

El problema a resoldre és important, ja que són municipis amb pocs recursos econòmics, baixa renda per càpita i oblidats de vegades per l'administració, on l'avenç tecnològic queda tapat per altres mancances considerades de primera necessitat.

Habitualment, per optimitzar recursos, s'acaben implementant repetidors de senyal que únicament agafen el senyal per una banda i la transmeten per l'altre, oferint en ocasions, un senyal brut, amb poca cobertura, baixa qualitat i mínimes garanties d'èxit. És una solució, però el problema no s'acaba de resoldre del tot, i de vegades s'agreuja quan el manteniment o alguna reparació fan augmentar la inversió econòmica d'aquests repetidors.

Un exemple d'aquesta situació és la localitat d'Artesa de Segre. Situada a la comarca de la Noguera, a la província de Lleida, amb uns 3.556 habitants, segons el cens de l'Institut Nacional d'Estadística d'Espanya l'any 2006. No és capital de comarca, es troba situa en mig d'una plana envoltada de petits turons, a uns 53 Km de la capital de província, Lleida, i uns 30 Km de la capital de la comarca, Balaguer.

Es podria plantejar que radioenllaços de telecomunicacions que cobreixen Balaguer, també ofereixin cobertura a Artesa de Segre, però seria un disseny costos en termes tècnics i pràctics. Primer perquè la potència per arribar a més de 30 Km requereix un gran esforç d'amplificació, i segon, perquè el senyal a tanta distància és debilita, s'embruta amb interferències i acaba arribant malmès, seria necessari instal·lar a la vora d'Artesa petits repetidors que assegurassin la sensibilitat dels equips receptors, suposant llavors un cost addicional, per una solució poc eficaç.

2.2. JUSTIFICACIÓ.

La proposta que planteja aquests treball final de grau és una possible solució a la problemàtica exposada anteriorment. Degut a la situació geogràfica d'Artesa de Segre, es planteja instal·lar un radioenllaç sobre la muntanya de Sant Ermengol, a 5,4 Km del municipi i amb visibilitat directe amb aquest. Es desitja oferir els serveis de telecomunicacions més actuals que hi ha, per això es desenvolupa un projecte per implementar la televisió digital terrestre, la TDT, i les transmissions de dades per Internet i de telefonia mòbil 2G, 3G i 4G.

El projecte el sol·licita l'ajuntament d'Artesa de Segre, i és la operadora VODAFONE qui guanya el concurs i qui encarrega a la empresa EMPITEL TELECOMUNICACIONS la planificació i el desenvolupament del projecte.

Aquesta empresa s'encarrega de sol·licitar la autorització i la certificació radioelèctrica a la Direcció General de Mitjans de Comunicació de la Secretaria de Comunicació, que dóna suport als mitjans de comunicació de Catalunya i gestiona l'espectre radioelèctric.

Tanmateix, es crea un petició de projecte al Consell Audiovisual de Catalunya que és l'autoritat independent de regulació de la comunicació audiovisual de Catalunya, i que té com a finalitat vetllar pel compliment de la normativa aplicable als prestadors de serveis de comunicació audiovisual, tant públics com privats.

Amb les peticions autoritzades i els permisos reglamentaris aprovats, es comença el disseny del projecte. En primer lloc, es realitza una presentació dels requisits tècnics que cada servei de telecomunicacions necessita per la correcta transmissió del senyal radioelèctric. Amb les necessitats tècniques establertes, es parametriza una sèrie d'estudis de cobertura dels diferents senyals, de la banda del UHF per la TDT, i de la banda dels microones per la telefonia mòbil i les dades per Internet.

Segons els resultats obtinguts dels estudis de cobertura, es proposarà per al projecte, el que ofereixi unes òptimes condicions en termes de qualitat, nivell de sensibilitat i nivell de cobertura, d'aquesta manera s'assegura que el disseny final és una implementació eficient i que aconsegueix l'objectiu establert.

3. ESPECIFICACIONS TÈCNIQUES.

3.1. INTRODUCCIÓ.

La implementació d'una xarxa de serveis de telecomunicacions requereix d'una sèrie de paràmetres i condicions tècniques perquè el resultat final sigui òptim. Aquests paràmetres establerts són diferents segons el servei a implementar. En aquest capítol, es desglossen els diferents serveis que es volem establir a la localitat d'Artesa de Segre, acompanyats de la especificació tècnica necessària que requereixen perquè el seu funcionament sigui el més fidel possible.

Tanmateix, cal indicar que tots els senyals sobre els que s'estableixen aquests serveis, són transmesos per radiofreqüència des del radioenllaç que s'instal·larà al voltant del municipi fins als diferents sistemes de recepció a dintre d'aquests, com són les antenes al dalt dels habitatges o els dispositius que operen amb Internet i telefonia mòbil.

En els següents sub-apartats es fa una descripció de quins són els paràmetres tècnics de cadascun dels diferents serveis, s'indicarà quin són els requisits tècnics que s'han d'aconseguir per l'òptim funcionament i la justificació del perquè es fan servir unes tecnologies concretes i no altres, en el cas que la mateixa tecnologia permeti diferents versions.

3.2. REQUISITS TÈCNICS DEL SERVEI TDT.

El senyal de televisió digital terrestre (TDT) es basa en el sistema de radiodifusió de televisió DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial) definit sobre un conjunt de normatives basades en el estàndard de compressió MPEG, que permet

la difusió de la televisió digital sobre varis medis de transmissió com el satèl·lit, cable, microones i, en el cas que ens interessa, radiodifusió. Tanmateix, es recolza en el sistema de vídeo analògic PAL.

Els paràmetres tècnics fonamentals del sistema de radiodifusió que es vol implementar (TDT) són:

- 3 Esquemes de modulació: QPSK, 16-QAM i 64-QAM.
- 2 Modes de transmissió: 2k (1705 portadores) i 8k (6817 portadores).
- 5 Relacions de codificació de protecció d'errors: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 i 7/8.
- 3 possibles amplades de banda: 6, 7 o 8 MHz.
- Capacitat de transmissió:
 - 3.732 Mbps – 23.75 Mbps per 6MHz
 - 4.354 Mbps – 27.71 Mbps per 7 MHz.
 - 4.98 Mbps – 31.67 Mbps per 8 MHz.
- Modulació: COFDM (Multiplexatge per divisió ortogonal de freqüència).
- Banda Espectral de transmissió:
 - Banda IV: 470 - 582 MHz (canals 21-35)
 - Banda V: 582 - 790 MHz (canals 36-60)

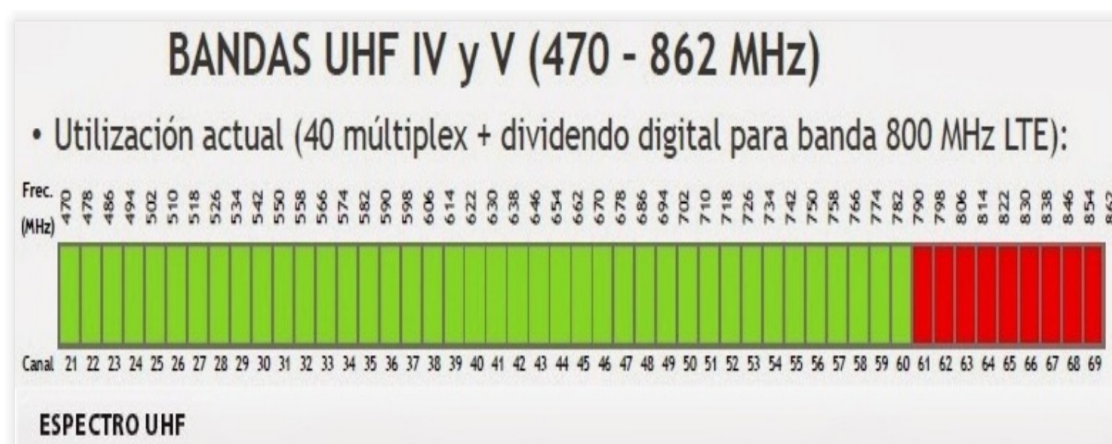


Figura 1. Espectre freqüencial de l'UHF. Font de la UPC al web upcommons.upc.edu.

Com s'indica en aquest paràmetre de banda espectral, la transmissió de la TDT es fa mitjançant la banda IV i la banda V de l'espectre radioelèctric, per a aquest projecte es farà servir una amplada de banda de 8 MHz i així obtenir una major capacitat de transmissió, això significa disposar de un total de 40 canals de TDT. La banda compresa entre els 790 MHz a la 862 MHz, s'anomena dividend digital, i està destinada a la transmissió de telefonia LTE (4G).

Segons la Normativa ICT (Infraestructura Comú de Telecomunicacions) que regula els nivells en recepció del senyal en habitatges, i en concret l'annex I del reglament RD 279/99, on s'expressen una sèrie de valors per la perfecta recepció a capçalera del senyal de TDT, tot seguit es mostra a la següent taula:

Característica	Valor
Nivell de senyal (64 QAM)	47–70 dB μ v
C/N	$\geq 33-56$ dB
BER	$< 9 \times 10^{-5}$
Diferència de nivell entre canals	≤ 12 dB
Impedància característica	75 Ω

Taula 1. Nivells de senyal TDT a capçalera.

Essent C/N, la relació entre el senyal d'entrada, la figura de soroll i el soroll tèrmic. I la BER, el paràmetre que determina la qualitat del senyal desmodulat.

Segons la UIT (Unió Internacional de Telecomunicacions), organisme que estudia i defineix recomanacions de qüestions tècniques per normalitzar les telecomunicacions a escala mundial, per decidir els criteris d'atenuació per pluja i in-disponibilitat per pluja s'utilitzen les recomanacions Rec UIT-R P.838, UIT-R P.526 i la Rec UIT-R F.1493. Tanmateix, la recomanació Rec UIT-R P.1546 presenta un model semi-empíric pel disseny tipus broadcast a la banda de 30

MHz a 3 GHz, recomanació que es podrà aplicar també als altres serveis de telefonia i Internet ja que es troben dintre d'aquest mateix rang radioelèctric.

Per tant, i segons el paràmetres exposats anteriorment, la configuració de l'antena i l'equipament del radioenllaç del senyal TDT hauran de complir uns requisits tècnics que es veuran implementats en el desenvolupament del disseny que és realitzarà en el capítol 2, i que es recullen en el següent quadre resum:

Requisits tècnics TDT	Valor
Banda freqüencial	470 MHz - 790 MHz
Nivell de potència a recepció	60 – 70 dBu
Directivitat	10 dBi – 16 dBi
Amplada de banda de canal	8 MHz
Taxa binària	4.98 Mbps – 31.67 Mbps
Modulació	64-QAM
Mode de transmissió	8k (6817 portadores).

Taula 2. Requisits tècnics servei de TDT.

3.3. REQUISITS TÈCNICS DEL SERVEI DE TELEFONIA I INTERNET.

Les especificacions i requisits tècnics per la implementació de serveis de telefonia i Internet sobre la localitat d'Artesa de Segre que es presenten en aquest apartat, han estat extrets, en la seva majoria, dels documents d'estudi de requeriments tècnics per la caracterització de la cobertura de les tecnologies GSM (Groupe Spéciale Mobile), UMTS (Universal Mobile Telecommunications System) i el LTE (Long Term Evolution), més conegudes com 2G, 3G i 4 G, que el Ministeri d'indústria, energia i turisme del govern espanyol ha publicat al web

www.minetad.gob.es/telecomunicaciones/banda-ancha/cobertura/, a banda de alguna font d'informació més que es detalla a la bibliografia d'aquest treball.

3.3.1. Sistema GSM (2G).

La transmissió del senyal s'efectua en dues bandes de freqüència, la dels 900 MHz i la dels 1800 MHz, aquesta denominada DCS (Sistema de Comunicació Digital), similar al GSM.

	GSM 900	DCS 1800
Comunicació ascendent (de mòbil a BTS)	entre 890 i els 915 MHz	entre 1.710 i els 1.785 MHz
Comunicació descendent (de BTS a mòbil)	entre 935 i els 960 MHz	entre 1.805 i els 1.880 MHz

Taula 3. Espectre freqüencial del 2G.

Pel que fa a la taxa de transmissió en veu (telefonía) està entre els 6,5 Kbps i els 13 Kbps, mentre que en dades (Internet) es troba entre els 3,6 Kbps i els 12 Kbps. La tècnica de transmissió és el duplexat en freqüència (FDD) i l'accés múltiple per divisió en temps (TDMA). La modulació emprada és la del desplaçament mínim gaussià (GMSK).

La potència màxima de sortida dels equips és:

-Poutmax = 45,5 dBm per al GSM

-Poutmax = 44,5 dBm per al DSC

El nombre de portadores ve determinat per la planificació freqüencial de la operadora. En aquest cas el valor màxim de portadores es de 12 per tecnologia, un total de 24 portadores.

La sensibilitat dels receptors de 2G és de -100 dBm, s'ha d'assegurar valors supe-

riors a -90 dBm perquè les trucades es realitzen amb normalitat. Per garantir la cobertura d'ambdues tecnologies, es proposa un marge d'atenuació de 20 dB, per tant, els nivells no han de ser inferiors a -70 dBm.

Requisits tècnics GSM / DCS	Valor
Potència de sortida	44 – 45 dBm
Sensibilitat a recepció	- 70 dBm
Directivitat	10 dBi – 20 dBi
Taxa binària	3 Kbps – 12 Kbps
Modulació	GMSK
Mode de transmissió	24 portadores (12 GSM / 12 DCS)

Taula 4. Requisits tècnics servei del 2G.

3.3.2. Sistema UMTS (3G).

El sistema mòbil de tercera generació ha estat desenvolupat pel organisme ETSI (European Telecommunications Standards Institute) que integra la combinació de telefonia cel·lular, telefonia inalàmbrica, xarxa de dades i sistemes de radiolocalització (paging).

Es pot arribar a una velocitat de transmissió de fins els 2 Mbps per a serveis multimèdia en condicions òptimes i en cel·les pròximes (picocel·les), radi d'uns 30 m. A menys escala queden els 384 Kbps per a Internet amb microcel·les, radi de 1 Km. I finalment, velocitats de 144 Kbps per a veu d'alta qualitat amb macrocel·les, radi menor de 40 Km.

La banda de freqüència més estandarditzada per transmetre el senyal és la dels 2100 MHz, amb amplada de banda de 60 MHz. Segons el mode de multiplexació fa servir diferents bandes de transmissió i diferent nombre de portadores, pel mode FDD de bandes aparellades fa servir 12 portadores de 5 MHz d'amplada de

banda cadascuna , així com pel mode TDD de bandes no aparellades s'utilitzen 7 portadores ambdós sentits de transmissió.

S'utilitza la tecnologia d'accés múltiple per divisió en codi (CDMA), aquesta tecnologia té dos modes de funcionament, el Dúplex per Divisió de Freqüència (FDD) i el Dúplex per Divisió de Temps (TDD).

UMTS 2100	Mode FDD	Mode TDD
Comunicació ascendent (de mòbil a Node B)	entre 1.920 i els 1.980 MHz	entre 1.900 i els 1.920 MHz
Comunicació descendent (de Node B a mòbil)	entre 2.110 i els 2.170 MHz	entre 2.010 i els 2.025 MHz

Taula 5. Espectre freqüencial del 3G.

La potència de sortida màxima dels equips de transmissió UMTS és de 46 dBm. La sensibilitat és de -120 dBm, assegurant -110 dBm perquè les trucades es realitzin amb normalitat, així doncs, i per salvar el marge d'atenuació de 20 dB, els nivells de senyal han de ser superiors a -90 dBm.

Requisits tècnics UMTS	Valor
Potència de sortida	46 dBm
Sensibilitat a recepció	- 90 dBm
Directivitat	10 dBi – 20 dBi
Modulació	QPSK/BPSK
Mode de transmissió	12 portadores

Taula 6. Requisits tècnics servei del 3G.

3.3.3. Sistema LTE (4G).

El sistema de nova generació LTE (Long Term Evolution) es va dissenyar per assegurar la competitivitat del UMTS davant tecnologies emergents com el Wimax. Aquest nou sistema permet amplades de banda escalables fins a 20 MHz (1,25, 1,6, 2,5, 5, 10, 15 i 20) i ofereix 100 Mbps en enllaç descendent i 50 Mbps en l'ascendent.

Les bandes de freqüència de transmissió del LTE són tres, les compreses en el 800 MHz, 1800 MHz i 2600 Mhz. Tot seguit, com s'ha fet amb les altres dues tecnologies precedents, s'exposa una taula que especifica les bandes ascendent i descendent de cadascuna d'aquestes freqüències:

	LTE 800	LTE 1800	LTE 2600
Comunicació ascendent (de mòbil a eNB)	entre 832 i els 862 MHz	entre 1.710 i els 1.785 MHz	Entre 2.500 i els 2.570 MHz
Comunicació descendent (de eNB a mòbil)	entre 791 i els 821 MHz	entre 1.805 i els 1.880 MHz	entre 2.620 i els 2.690 Mhz

Taula 7. Espectre freqüencial del 4G.

La bona eficiència espectral de la tecnologia OFDMA es complementa amb tècniques de correcció d'errors FEC (Forward Error Correction), tècniques MIMO (Multiple Input Multiple Output) i modulacions d'alt ordre (com 64QAM), que aconsegueixen desenvolupar en l'enllaç descendent velocitats de fins a 300 Mbps sobre espectre de 20 MHz, i de fins a 75 Mbps sobre 20 MHz també en l'enllaç ascendent, poden suportar 200 usuaris actius en una mateixa cel·la.

La potència de sortida màxima dels equips de transmissió LTE és de 47,78 dBm. La potència mitjana a recepció és de -90 dBm, tot i que la sensibilitat mitjana

necessària és de -87 dBm per salvar el marge d'atenuació de 20 dB, els nivells de senyal han de ser superiors a -67 dBm.

Requisits tècnics LTE	Valor
Potència de sortida	47,78 dBm
Sensibilitat a recepció	- 67 dBm
Directivitat	10 dBi – 20 dBi
Modulació	64QAM
Amplada de banda de canal	20 MHz

Taula 8. Requisits tècnics servei del 4G.

4. DESENVOLUPAMENT DEL DISSENY

4.1. INTRODUCCIÓ.

Aquest tercer capítol es planteja el disseny en funció dels requisits tècnics mostrats al capítol anterior, es realitza un estudi de cobertura dels diferents serveis de telecomunicacions que inclou la implementació i que tot disseny formal ha de dur a terme. Tanmateix, es presenten els resultats obtinguts en els diferents estudis de cobertura, així com la justificació proposada per implementar finalment al projecte.

Per desenvolupar aquest estudi de la cobertura s'utilitzarà el programari lliure *Xirio-Online*. Aquest software permet la planificació, implementació, configuració i l'estudi, de radioenllaços, de xarxa de commutació i de la cobertura multi-transmissió, opció aquesta última triada per efectuar les pretensions d'aquest tercer capítol.

Tot i que es podria haver fet un estudi conjunt d'un emplaçament que inclogués tots els serveis alhora, s'ha considerat més aclaridor realitzar un estudi de cobertura per separat, on els paràmetres i la configuració de cadascun d'ells quedin indicats de forma individual, tanmateix al final, totes les antenes que es mostren per cadascun dels serveis conformaran un únic emplaçament de telecomunicacions.

4.2. ESTUDI DE COBERTURA DEL SERVEI DE TDT.

Per aquest primer disseny és necessari conèixer una sèrie de consideracions i metodologies que permetran dur a terme la parametrització i configuració òptima del senyal de TDT.

Les propietats de l'estudi de cobertura es basen en un sistema de radiofreqüència UHF, en les seves bandes IV i V, això inclou els canals 21 fins al 60. L'espectre de banda freqüencial destinat a la transmissió està comprès entre els 470 MHz i els 790 MHz, amb una amplada de banda de 8 MHz per canal, s'obtenen 40 canals.

Es realitzen diferents estudis de cobertura en que es modifiquen alguns paràmetres de la configuració per intentar obtenir el resultat més beneficiós per la transmissió del senyal. Tanmateix, n'hi ha d'altres paràmetres que són propis i que no podran variar ja que són únics i característics del mateix senyal de radiodifusió audiovisual, que queden recollits en la següent taula:

Paràmetres propis del senyal TDT	Valor
Banda freqüencial	470 MHz - 790 MHz
Nombre de canals	40
Primer/últim canal	21/60
Amplada de banda	8 MHz
Mode de transmissió	8k (6817 portadores).
Taxa binaria	4.98 Mbps – 31.67 Mbps
Modulació	64-QAM

Taula 9. Paràmetres propis del senyal TDT.

Les coordenades de l'emplaçament, l'antena transmissora, s'estableixen sobre el turó més pròxim i amb visibilitat directa amb el municipi:

The image shows a software interface titled "Emplazamiento". It contains a text input field for "Emplazamiento:" followed by a grey box. Below this is a section titled "Coordenadas" with several icons (a magnifying glass, a blue arrow, a red location pin, a calendar, a globe, and a bar chart). Under "Coordenadas", there are two input fields: "Latitud:" with the value "41°56'27.06"N" and "Longitud:" with the value "001°02'19.40"E".

Figura 2. Coordenades del radioenllaç TDT.

L'àrea de càlcul, la localitat d'Artesa de Segre, ve donat per la següent situació geogràfica:

	Latitud	Longitud
Esquina NorOeste	41°54'27.51"N	001°00'48.56"E
Esquina SurEste	41°52'25.60"N	001°06'05.58"E

Figura 3. Coordenades de l'àrea de càlcul del senyal TDT.

Els paràmetres configurables que s'han anat modificant en els diferents estudis realitzats per tal d'obtenir el millor resultat s'indiquen a la següent taula:

Paràmetres	Configuració Estudi 1	Configuració Estudi 2	Configuració Estudi 3
Altura	450 m	500 m	600 m
Orientació	170°	170°	170°
Inclinació	-90°	90°	-60°
Potència	200 W	300 W	250 W
Polarització	Creuada	Creuada	Creuada
Directivitat	14 dBi	14 dBi	14 dBi
Distància	5,4 Km	5,4 Km	5,4 Km
Azimut	176°	176°	176°

Taula 10. Paràmetres i configuració dels estudis de cobertura TDT.

4.3. RESULTAT ESTUDI DE COBERTURA TDT.

Segons els requisits tècnics del primer capítol, i els diferents estudis de cobertura desenvolupats a l'anterior apartat, es procedeix a valorar els resultats i a justificar la solució proposada.

Recordem els requisits tècnics per al servei de radiodifusió audiovisual:

Requisits tècnics TDT	Valor
Banda freqüencial	470 MHz - 790 MHz
Nivell de potència a recepció	60 – 70 dBu
Directivitat	10 dBi – 16 dBi
Amplada de banda de canal	8 MHz
Taxa binaria	4.98 Mbps – 31.67 Mbps
Modulació	64-QAM
Mode de transmissió	8k (6817 portadores).

Taula 11. Requisits tècnics servei de TDT.

Resultats estudi 1 cobertura TDT:

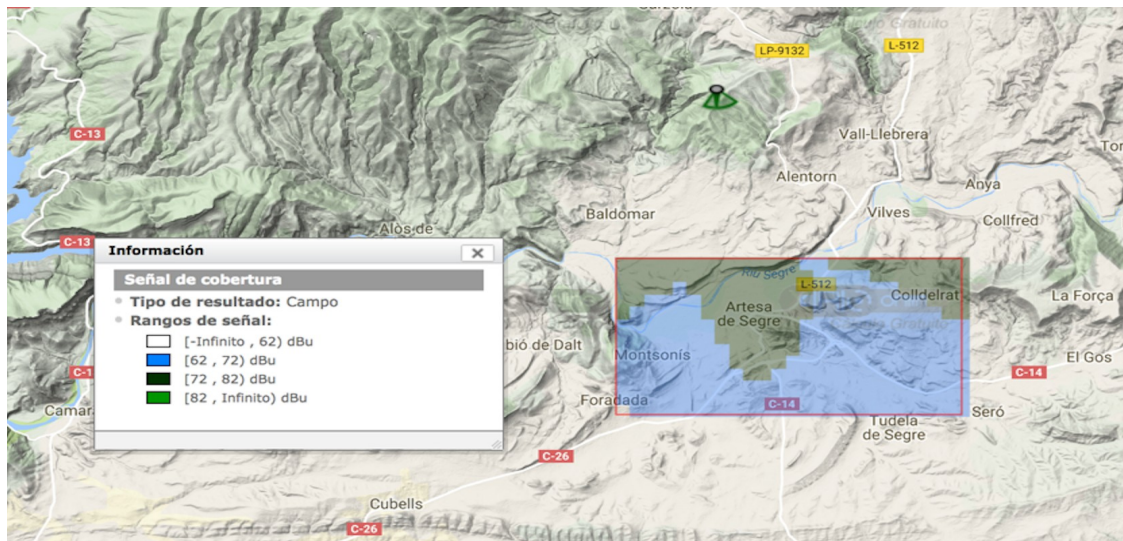


Figura 4. Resultat estudi 1 de cobertura TDT.

Resultats estudi 2 cobertura TDT:

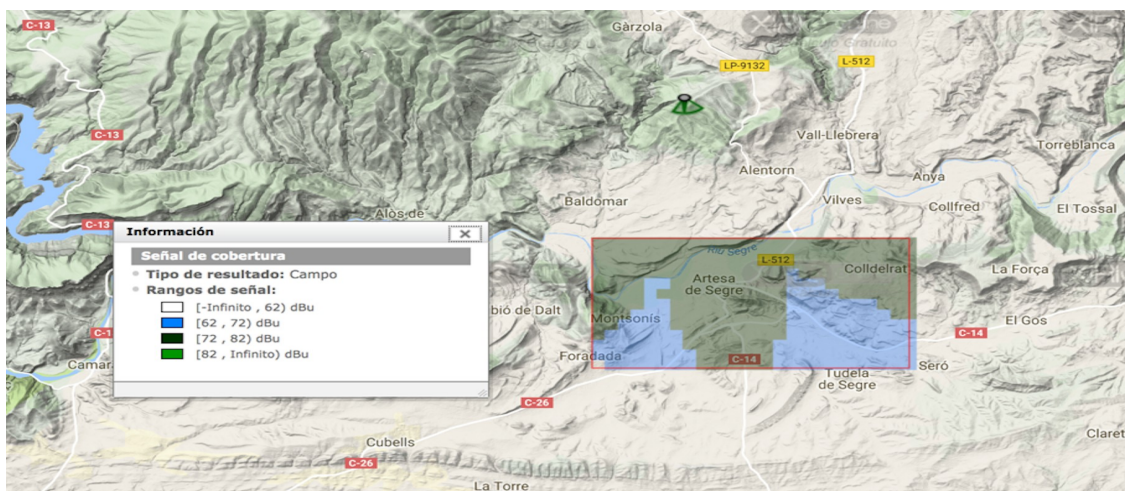


Figura 5. Resultat estudi 2 de cobertura TDT.

Resultats estudi 3 cobertura TDT:

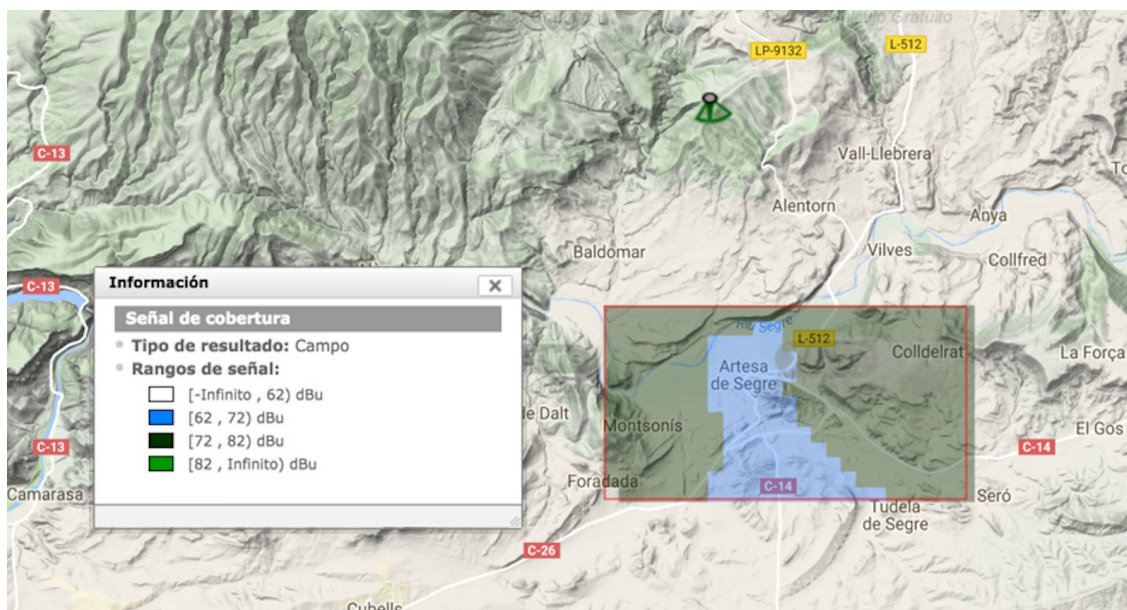


Figura 6. Resultat estudi 3 de cobertura TDT.

Cal indicar que la directivitat s'aconsegueix amb la tria de la mateixa antena, en les seves especificacions tècniques. La banda freqüencial, amplada de banda i modulació, són paràmetres configurables dels mateixos equips radiants, en aquest cas, el mateix programari Xirio ens permet simular aquests valors.

Queda doncs el nivell de senyal de cobertura com a paràmetre fonamental a tenir en compte en les simulacions efectuades. A l'estudi 1 i a l'estudi 2 aquest senyal està per sobre dels 82 dBu (zona verda a la figura) en aquest cas, el senyal està saturat, essent complicat de desmodular en recepció, i per tant, si es configurés el radioenllaç amb les característiques d'aquests dos estudis, el senyal seria erroni i de mala qualitat.

Per altre banda, a l'estudi 3 es pot apreciar que just al damunt d'Artesa de Segre la cobertura presenta uns nivells òptims de entre 62 – 72 dBu (zona blava a la figura). Això fa que en recepció, el senyal sigui tractat correctament, es pugui desmodular i, amplificar si es cau, abans de ser entregat a la línia de transmissió de coaxial que normalment hi ha als habitatges. És per tant, la configuració que

es proposa pel disseny del senyal de TDT. A la següent figura s'amplia perquè es vegi amb claredat que la zona blava plana de ple sobre tot el municipi:

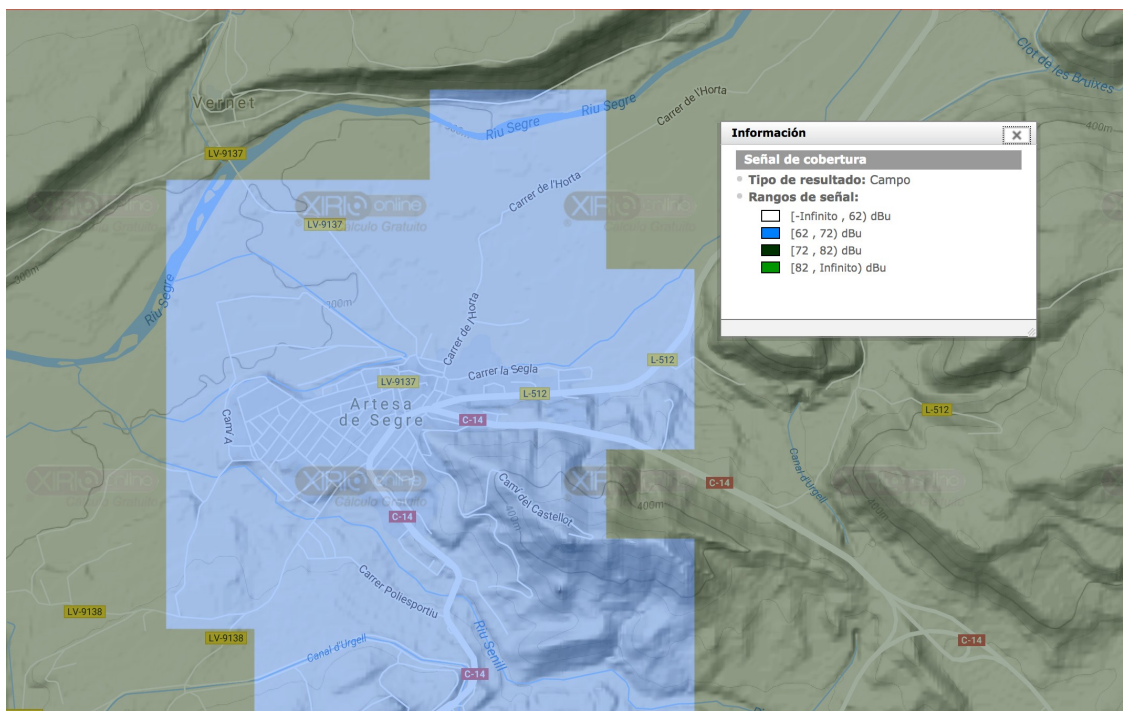


Figura 7. Ampliació del resultat estudi 3 de cobertura TDT.

4.4. ESTUDI DE COBERTURA DEL 2G.

Es realitza un primer estudi de la cobertura 2G sobre la localitat d'Artesa de Segre. La localització de l'equip transmissor (sistema radiant, antena, equips de modulació i amplificació) es situa en el mateix lloc que l'equip de transmissió del senyal TDT per proximitat i visibilitat directa amb el municipi.

Emplazamiento	
Emplazamiento:	<input type="text"/>
Coordenadas	<input type="text"/>
Latitud:	<input n"="" type="text" value="41°56'21.82"/>
Longitud:	<input e"="" type="text" value="001°02'12.69"/>

Figura 8. Coordenades del radioenllaç 2G.

També cal recordar les coordenades de l'àrea de càlcul en que es troba situat la localitat a proveir d'aquest servei:

The screenshot shows a window titled "Área del cálculo" with a close button in the top right. It contains two rows of input fields. The first row is for "Esquina NorOeste" with a "Latitud" field containing "41°54'25.28"N" and a "Longitud" field containing "001°01'29.19"E". The second row is for "Esquina SurEste" with a "Latitud" field containing "41°52'47.34"N" and a "Longitud" field containing "001°05'14.32"E". At the bottom right of the window, there are several small icons: a square with an arrow, a globe, a square with a diagonal line, and a question mark.

Figura 9. Coordenades de l'àrea de càlcul del senyal 2G.

La configuració de l'antena serà de 17,5 dBi de directivitat i de polaritat creuada, horitzontal i vertical, amb una alçada de 25 metres, inclinació 0° i una orientació de 170°. Les freqüències establertes són les característiques del senyal 2G, la banda dels 900 MHz per la tecnologia GSM i la dels 1800 MHz per la DCS. Així doncs, la configuració dels paràmetres queda de la següent manera:

Paràmetres GSM/DCS	Configuració
Altura	30m
Orientació	170°
Inclinació	0°
Potència	45 dBm
Polarització	Creuada
Directivitat	17,5 dBi
Distancia	5,4 Km
Azimut	164°

Taula 12. Paràmetres i configuració estudi cobertura 2G.

4.5. RESULTAT ESTUDI DE COBERTURA 2G.

La intenció és aconseguir, amb els valors dels paràmetres de la taula xxx, uns resultats favorables que justifiquin els requisits tècnics del senyal 2G expressats al capítol 1. Recordem aquests requisits tècnics indispensables que s'han de

complir perquè el senyal 2G es pugui transmetre en unes condicions òptimes i de gran fiabilitat i que permeti la implementació d'aquesta tecnologia a la localitat:

Requisits tècnics GSM / DCS	Valor
Potència de sortida	44 – 45 dBm
Sensibilitat a recepció	- 70 dBm
Directivitat	10 dBi – 20 dBi
Taxa binaria	3 Kbps – 12 Kbps
Modulació	GMSK
Mode de transmissió	24 portadores (12 GSM / 12 DCS)

Taula 13. Requisits tècnics servei del 2G.

Resultat estudi de cobertura 2G:

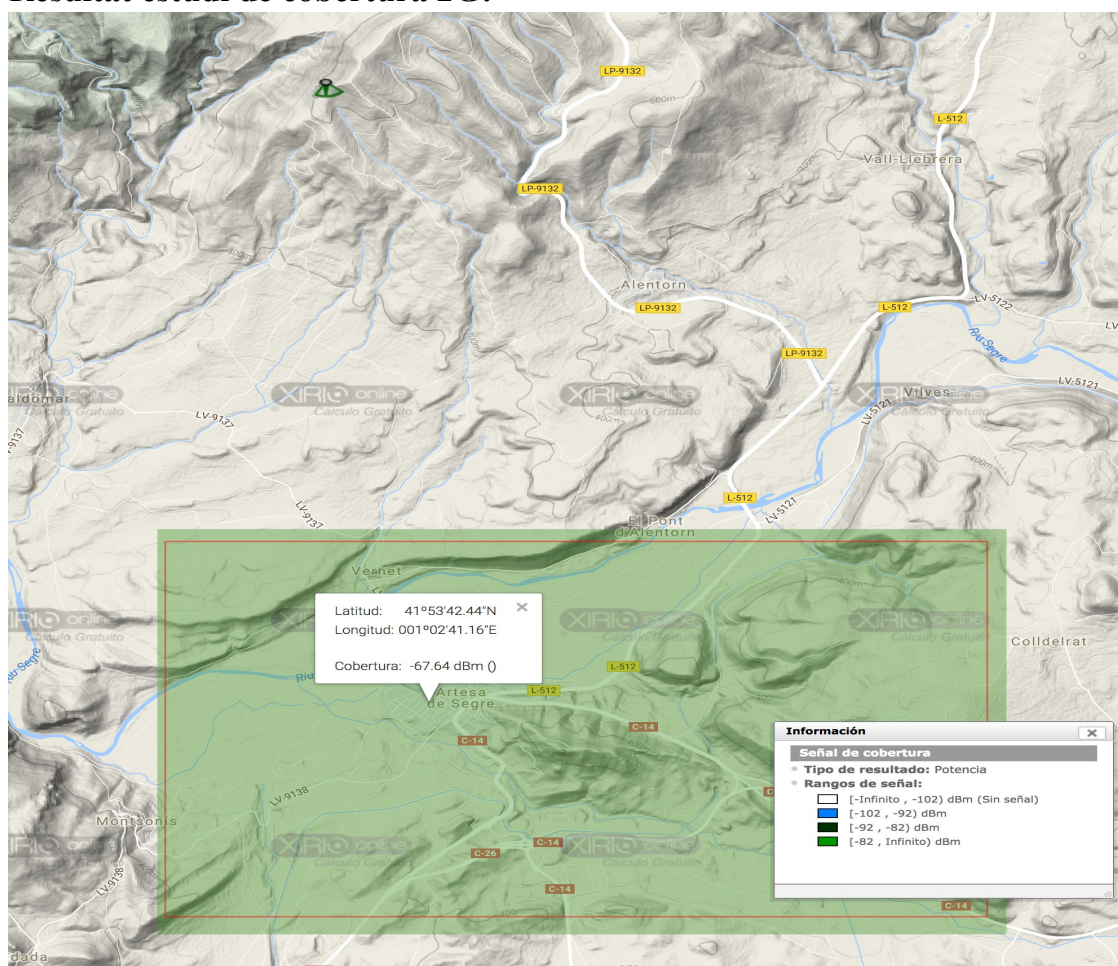


Figura 10. Resultat estudi cobertura 2G.

Amb els paràmetres configurats a l'apartat anterior obtenim un nivell de senyal a recepció correcte perquè el senyal es pugui tractar favorablement. Recordem que la sensibilitat necessària és per sobre dels -70 dBm, i a la simulació, la figura mostra per sobre dels -82 dBm (zona verda), en concret a 67,64 dBm, un valor correcte. La directivitat de 17,5 dBi és perfecte ja que es troba dintre del marge requerit que de entre 10-20 dBi.

En aquest cas no ha calgut ajustar l'alçada ni la inclinació de l'antena, que està a 30 metres i 0°, respectivament. La potència configurada de sortida de 45 dBm, és del tot fidel, ja que ofereix un marge ampli en termes de cobertura radiada.

Per tant, podem afirmar que l'estudi realitzat de tecnologia 2G és idoni i eficient per cobrir el municipi d'Artesa de Segre amb una qualitat òptima, i no caldrà realitzar cap altre parametrització.

4.6. ESTUDI DE COBERTURA DEL 3G.

Configurem els paràmetres dels equips 3G per intentar obtenir els valors necessaris que requereix aquesta tecnologia. S'ajusta una alçada de l'antena de 30 metres, orientació de 180° i 0° d'inclinació. Les bandes de freqüència a les que treballa el 3G, la banda dels 2100 MHz, és la parametritzada.

La potència de sortida de l'antena s'estableix a 46 dBm, com indiquen els requisits tècnics necessaris per la òptima transmissió del senyal, la polarització es manté creuada com al 2G, per tenir un camp més ampli de radiació. Així doncs, els valors queden configurats de la següent manera:

Paràmetres UMTS	Configuració
Altura	30m
Orientació	180°
Inclinació	-30°
Potència	46 dBm
Polarització	Creuada
Directivitat	17,5 dBi
Distància	5,4 Km
Azimut	164°

Taula 14. Paràmetres i configuració estudi cobertura 3G.

4.7. RESULTAT ESTUDI DE COBERTURA 3G.

Segons la parametrització del transmissor de senyal 3G s'obtenen uns resultats idonis, que tot seguit procedint a exposar i a justificar, recordem primer, els requisits tècnics del 3G:

Requisits tècnics UMTS	Valor
Potència de sortida	46 dBm
Sensibilitat a recepció	- 90 dBm
Directivitat	10 dBi – 20 dBi
Modulació	QPSK/BPSK
Mode de transmissió	12 portadores

Taula 15. Requisits tècnics servei del 3G.

A l'àrea desitjada del municipi en concret s'obté una cobertura de potència per sobre dels -90 dBm (zona verda de la figura xxxx) en concret més de -99 dBm, això significa que la sensibilitat a recepció està coberta amb garanties. Si més no, l'àrea blava de la figura xx indica un valor de radiació de entre -119 i -109 dBm,

valors que signifiquen una degradació del senyal i que ofereixen un complicat tractament en termes de desmodulació. Com es pot apreciar, això succeeix darrere el turó que cobreix Artesa de Segre, i per tant, no influeix al nucli de la vila en qüestió. Es per això, que es pot donar per satisfactòria la cobertura en termes de potència amb la configuració realitzada a l'apartat anterior. La directivitat, la orientació i la inclinació, són correctes, per tant queden establerts de manera estable ja que afavoreixen la òptima radiació del senyal 3G sobre el municipi. Tot seguit s'exposa el resultat obtingut a la simulació realitzada:

Resultat estudi cobertura 3G:

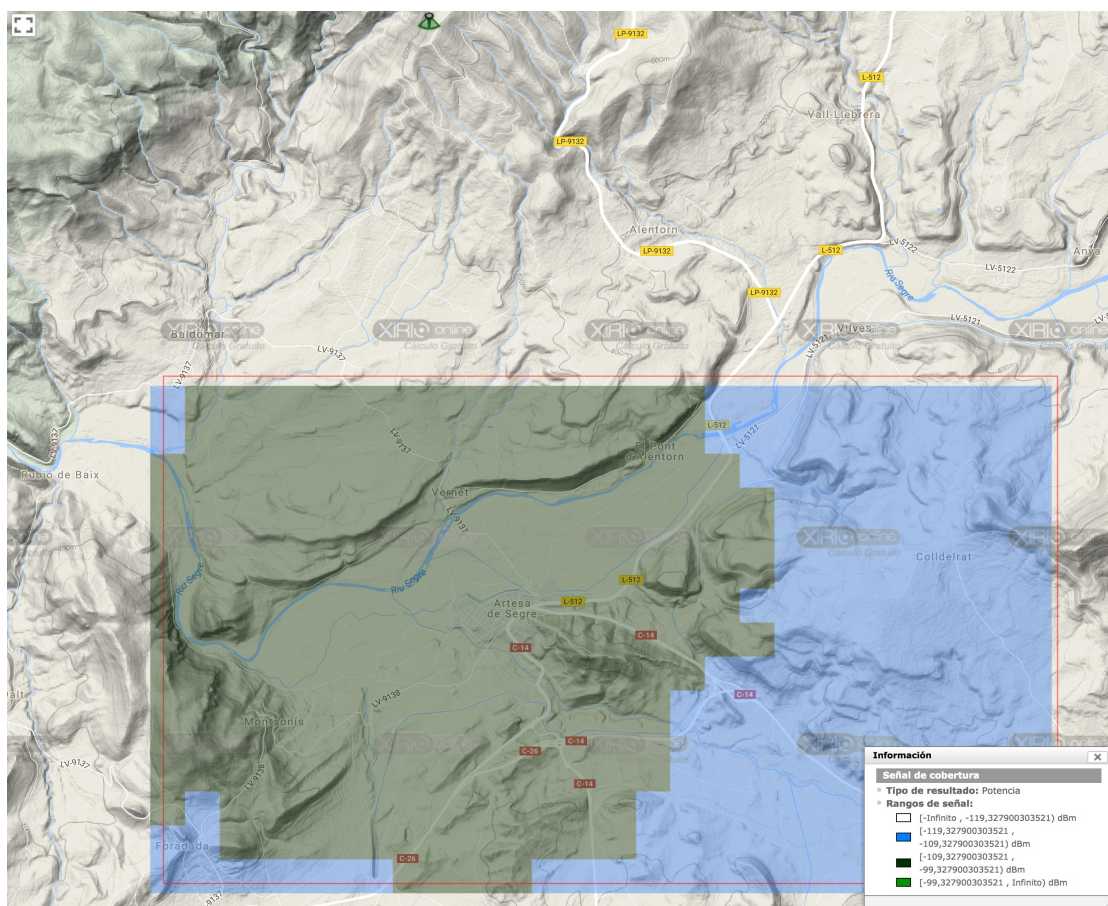


Figura 11. Resultat estudi cobertura 3G.

4.8. ESTUDI DE COBERTURA DEL 4G.

Es planteja de forma similar que les anteriors tecnologies amb els diferents paràmetres que acompanyen i caracteritzen al LTE. Situem l'antena al mateix radioenllaç on es troben situats els equips de transmissió de la TDT, 2G i 3G, recordem àrea de càlcul i localització de sistema radiant.

	Latitud	Longitud
Esquina NorOeste	41°54'29.81"N	001°01'22.80"E
Esquina SurEste	41°52'47.00"N	001°04'46.73"E

Figura 12. Coordenades de l'àrea de càlcul del senyal 4G.

Emplazamiento:	
Coordenadas	
Latitud:	41°56'39.93"N
Longitud:	001°02'33.86"E

Figura 13. Coordenades del radioenllaç 4G.

S'implementa també la polarització creuada. L'antena 4G és de 17,5 dBi, perquè estigui dintre del rang de la directivitat (10-20 dBi) establert als requisits tècnics. Les bandes freqüencials a les que es configuren els equips de la simulació són les característiques d'aquesta tecnologia, 800 MHz, 1800 MHz i 2600 MHz.

Un cop els paràmetres menys rellevants queden establerts, es realitza una sèrie d'estudis amb l'ajust dels diferents paràmetres que sí influeixen d'una forma més directa a la radiació de cobertura LTE.

Paràmetres	Configuració Estudi 1	Configuració Estudi 2	Configuració Estudi 3
Altura	40 m	30 m	40m
Orientació	170°	170°	170°

Inclinació	-20°	-30°	-20°
Potència	48 dBm	60 dBm	80 dBm
Polarització	Creuada	Creuada	Creuada
Directivitat	17,5 dBi	17,5 dBi	17,5 dBi
Distància	5,4 Km	5,4 Km	5,4 Km
Azimut	176°	176°	176°

Taula 16. Paràmetres i configuració dels estudis de cobertura 4G.

4.9. RESULTAT ESTUDI DE COBERTURA 4G.

Segons els requisits tècnics necessaris per implementar una radiació eficient de senyal LTE, indicats al capítol 1:

Requisits tècnics LTE	Valor
Potència de sortida	47,78 dBm
Sensibilitat a recepció	- 67 dBm
Directivitat	10 dBi – 20 dBi
Modulació	64QAM
Amplada de banda de canal	20 MHz

Taula 17. Requisits tècnics servei del 4G.

Resultat estudi 1 cobertura 4G:

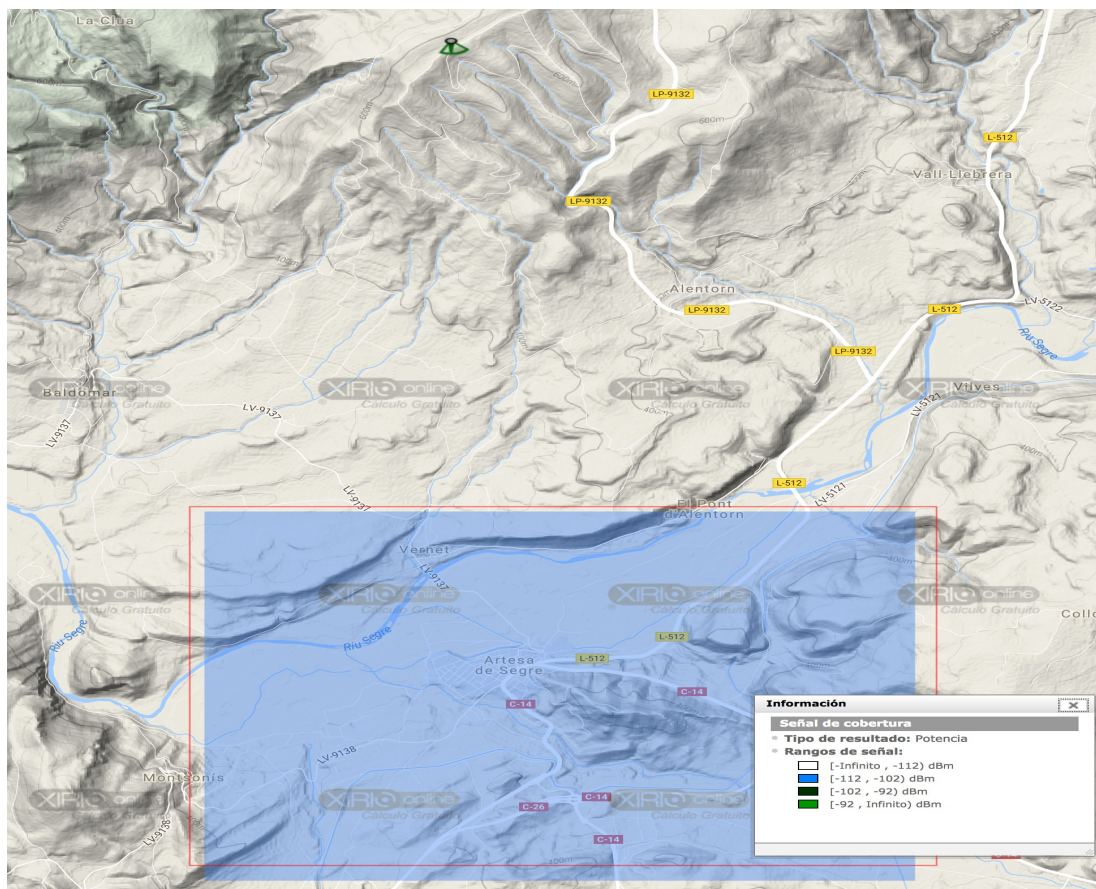


Figura 14. Resultat estudi 1 de cobertura 4G.

La zona blava ens indica que la potència rebuda en aquesta zona està entre -112 i -102 dBm, insuficient pels mínims requerits que són -67 dBm. Per tant l'estudi 1 no ens serveix com a model de projecte a implementar.

Resultat estudi 2 cobertura 4G:

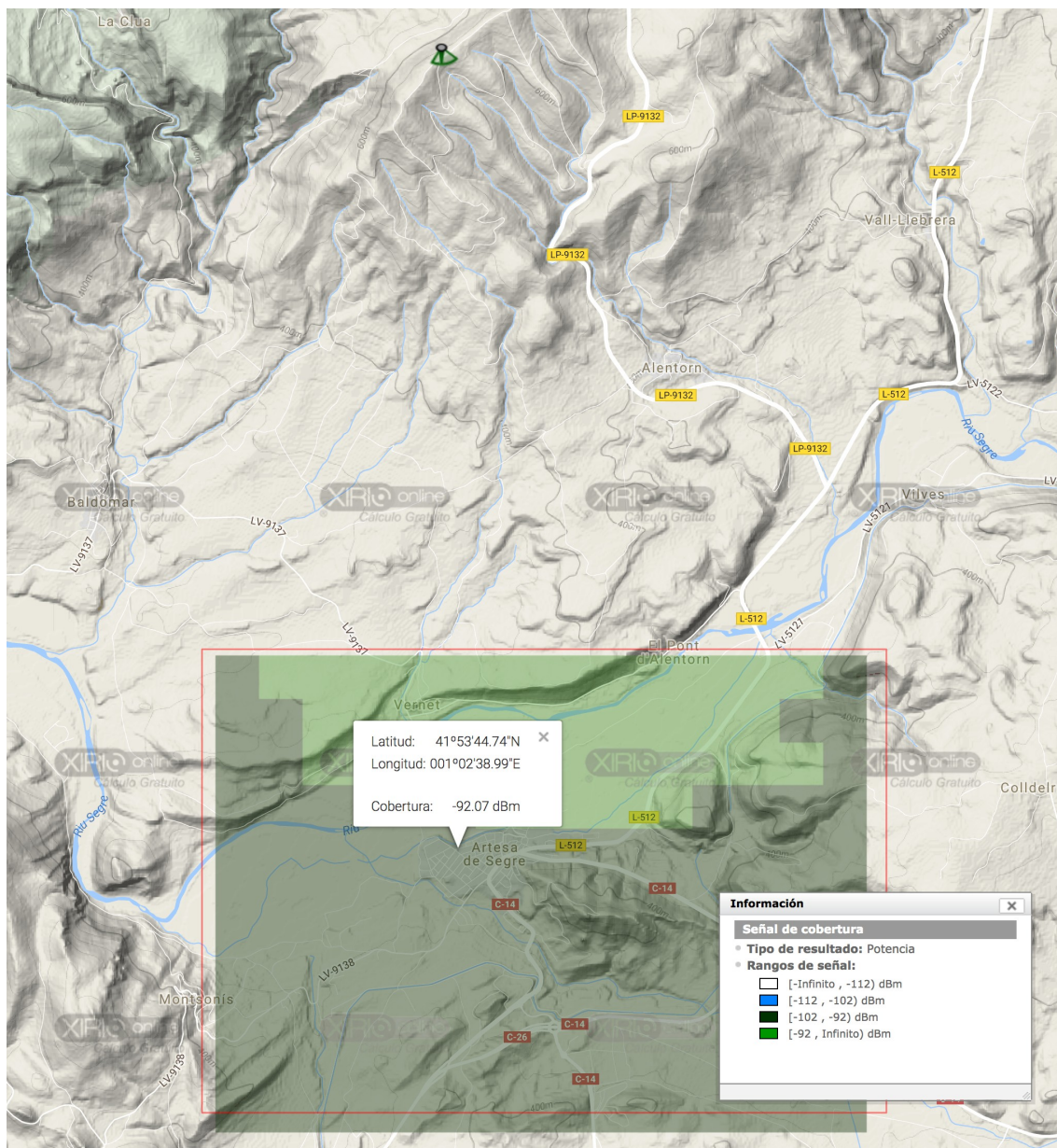


Figura 15. Resultat estudi 2 de cobertura 4G.

Podem apreciar com el color fosc ens indica que la potència es troba en el llindar entre els -102 dBm i els -92 dBm, en el punter capturat en concret, tenim el mínim del rang (-92,07 dBm) nivell insuficient també per mantenir una òptima transmissió del senyal 4G. Per tant, no donem com a correcte aquest segon estudi i continuem parametritzant els paràmetres per obtenir un resultat eficient.

Resultat estudi 3 cobertura 4G:

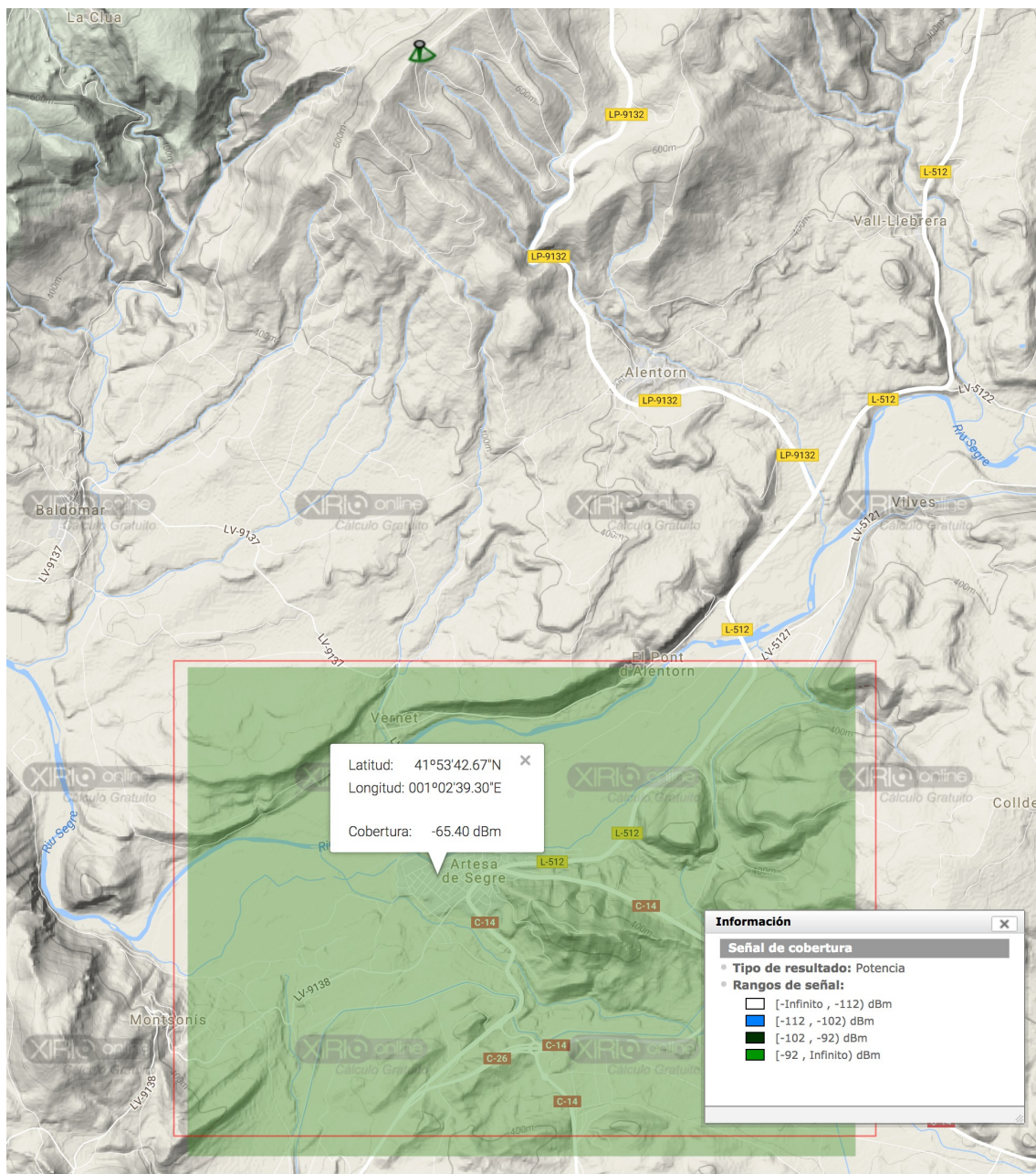


Figura 16. Resultat estudi 3 de cobertura 4G.

Podem apreciar que en aquest tercer estudi els nivells de potència radiada a l'àrea de cobertura està per sobre dels -92 dBm, en concret al nucli d'Artesa de Segre obtenim uns 65,40 dBm, que és un nivell completament eficient. Veiem que la

directivitat triada per l'antena (17,5 dBi) està en el marge requerit, tanmateix, però s'hagut d'augmentar la potència de sortida, tipificada en 47,78 dBm , a uns 80 dBm reals, no hauria d'haver cap problema, només que el consum d'energia es veurà incrementat. Aquest estudi 3 es pot donar com un disseny vàlid per implementar el senyal 4G, serà doncs, la parametrització utilitzada en el projecte.

5. EQUIPAMENT I PRESSUPOST.

5.1. INTRODUCCIÓ.

Un cop indicats els requisits tècnics necessaris de cadascuna de les tecnologies a implementar, així com, d'haver fet els diferents estudis de cobertura de cada servei per trobar els més eficients, cal desenvolupar un quart capítol destinat a presentar l'equipament necessari per du a terme el projecte.

En aquest quart apartat es presentarà el material que caldrà instal·lar, per després configurar segons la parametrització sortida dels capítols anteriors. Val a dir que el disseny es pot desenvolupar amb una diversa varietat de combinacions d'antenes, d'amplificadors, moduladors, etc... en el cas particular d'aquest projecte s'ha triat la solució més eficient i pràctica possible.

5.2. EQUIPAMENT.

Es presenta un petit esquema extret de la revista digital *subsecretaria de telecomunicacions*, que serveixi per il·lustrar la infraestructura que es pretén desenvolupar sobre el turó de Sant Ermengol, al voltant d'Artesa de Segre.

Bàsicament, l'equipament necessari serà bloc d'alimentació, per alimentar tota l'estació base, un potent equip de refrigeració per mantenir la temperatura òptima de fredor davant l'escalfament dels diferents components electrònics, equips de transmissió i commutació amb la resta de estacions, torre, alarma d'incendis, cablejat de radiofreqüència i antenes, una per cada servei a implementar ja que cadascuna té unes característiques específiques.

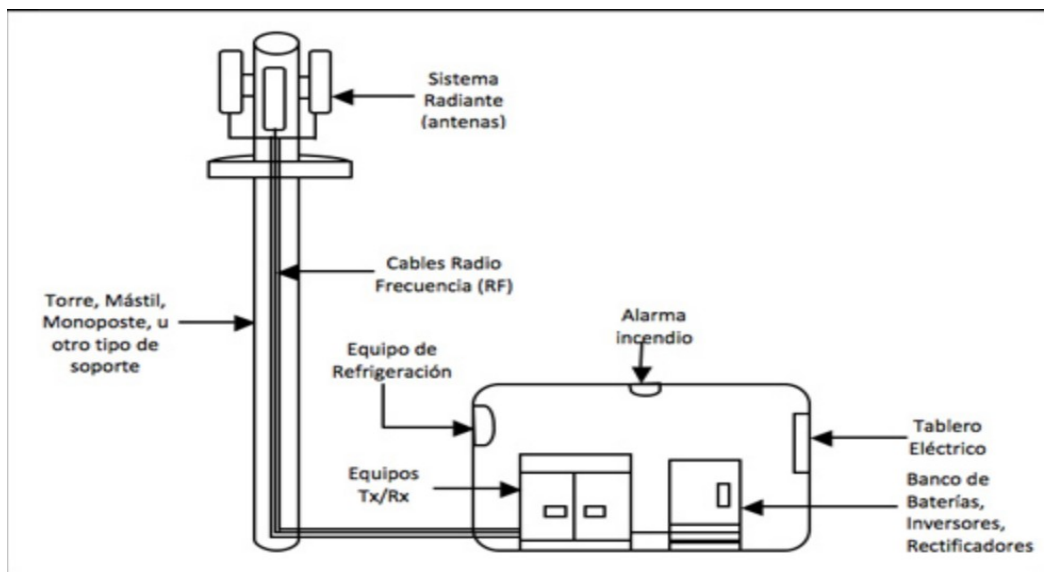


Figura 17. Infraestructura d'estació base. Font *subsecretaría de telecomunicaciones*, al web *subtel.gob.cl*

Equipament Bàsic Necessari
Bloc d'alimentació
Equip de refrigeració
Equip Tx/Rx
Antenes (2G, 3G, 4G i TDT)
Cablejat
Alarma d'incendis
Torre

Taula 18. Equipament bàsic necessari.

5.2.1. Bloc d'alimentació.

El bloc d'alimentació es pot dividir en dos mòduls, un rectificador AC/DC com alimentador principal i un banc de bateries per a emergències.

El primer mòdul principal ha de poder subministrar tensió als equips de transmissió i recepció de cada senyal que s'implementa. Dels equips rectificadors que ofereix el mercat, trobem un que per les prestacions, ergonomia i preu, sembla el més apropiat a instal·lar. Es tracta del *Eaton APR48-3G*, segons les

seves característiques, que tot seguit es mostren, és un equipament més que vàlid per cometre la funció de subministrar la tensió necessària. Es col·locaran dos per armari, un d'alimentador principal i l'altre de primer back-up, com que hi hauran 2 Racks pels TX/RX de telefonia, i un pel de TDT, faran falta 6 equips.



Rectificador Eaton APR48-3G	
Característiques	Valor
Potència de sortida	500-1800W
Voltatge de sortida DC	48V (43-57.7V)
Freqüència	45-65 Hz
Voltatge d'entrada AC	175-275 Vac
Temperatura funcionament	-40 C° a 70 C°
Pes	1,7 Kg
Mida	133x42x266 mm

Figura 18. Imatge i característiques del rectificador *Eaton APR 48-3G*. Font del catàleg on-line de la empresa *Amperonline*, al web *amperonline.com*.

L'altre mòdul del que consta el bloc d'alimentació, és un banc de bateries que serveix de recolzament o segon back-up, en cas que els dos rectificadors principals fallin. Es tracta d'un gran Rack que conté un conjunt de bateries que ofereixen diferents intensitats de treball, el model *BC50* de la marca *ATP*.



- Suporta:
- 240 bateries 7/9Ah
 - 144 bateries 17Ah
 - 48 bateries 34Ah
 - 64 bateries 75Ah
 - 45 bateries 100Ah

Figura 19. Banc de bateries *BC50 de ATP* i característiques. Font del catàleg on-line de la empresa *Amperonline*, al web *amperonline.com*.

5.2.2. Equip de refrigeració.

Per al sistema de refrigeració s'opta per un model incorporat al mateix Rack, tant el del banc de bateries com el dels equips de transmissió. Es tria la marca *Hua Rui Air Cooling Solution*, per la seva bona crítica en els diferents fòrums i revistes especialitzades on-line. De la gran varietat de models que ofereix Hua Rui, s'escull un que estigui preparat per refrigerar rectificadors com el *Eaton APR48-3G*, que poden treballar a una màxima potència de 1800 W. El model *HRUC A 020* podria servir ja que té una capacitat de refrigeració de fins 2000 W. La resta de característiques es presenten tot seguit:



Refrigerador HRUC A 020	
Característiques	Valor
Capacitat de refrigeració	2000 W
Potència consumida	870 W
Freqüència	50/60 Hz
Voltatge d'alimentació	230 Vac
Temperatura funcionament	-40 C° a 55 C°
Soroll	65 dB
Pes	40 Kg
Mida	790x490x175 mm

Figura 20. Imatge i característiques del refrigerador *HRUC A 020*. Font del catàleg on-line de la empresa *Hua Rui Air Cooling Solution*, al web itenclosuresystems.com.

5.2.3. Equips de transmissió/recepció.

Existeix una àmplia varietat de fabricants i models d'equips de transmissió/recepció de telefonia per a radioenllaços d'estacions base. Per aquest disseny seria convenient un equip que suportés totes tres tecnologies alhora, així

tindrien la monitorització i sincronització dels diferents senyals més centralitzada que no pas governar tres equips de diferents fabricants, aconseguint de retruc, una optimització de l'espai al site on també s'ubiquen rectificador, refrigerador, i de més equipament.

Entre els fabricants més punters i amb millor crítica és troba *Ericsson*, i entre els diversos models que ofereix d'uni-transmissors existeix la *RBS6000 teardown*. que treballa amb pràcticament qualsevol combinació de GSM, UMTS i LTE, i proporciona fins a 3×8 GSM o 3 MIMO WCDMA de 3×4 o Mimo LTE de 3×20 MHz o una combinació d'estàndards anteriors. Les unitats de ràdio (RU) admeten potència de sortida de 60 watts per a qualsevol estàndard amb un ample de banda de fins a 20 MHz. Cada unitat és capaç de manejar quatre operadors de cel·les tant en enllaç descendent com en enllaç ascendent. Es poden combinar diverses RU per crear diverses configuracions de banda única o banda amb 1-6 sectors i 1-4 operadors. El programari d'aplicació *RBS6000 teardown* es distribueix en diversos processadors mitjançant la comunicació inter-processora que ofereix la plataforma.

Per tant, obtenim tres estacions base amb només un Rack físic, i com a gran avantatge, és la seva funció configurable que permet múltiples combinacions entre les tres tecnologies a implantar. Es col·locaran dos, en Racks separats, fent servir un com a principal i un segon de backup i proves experimentals.

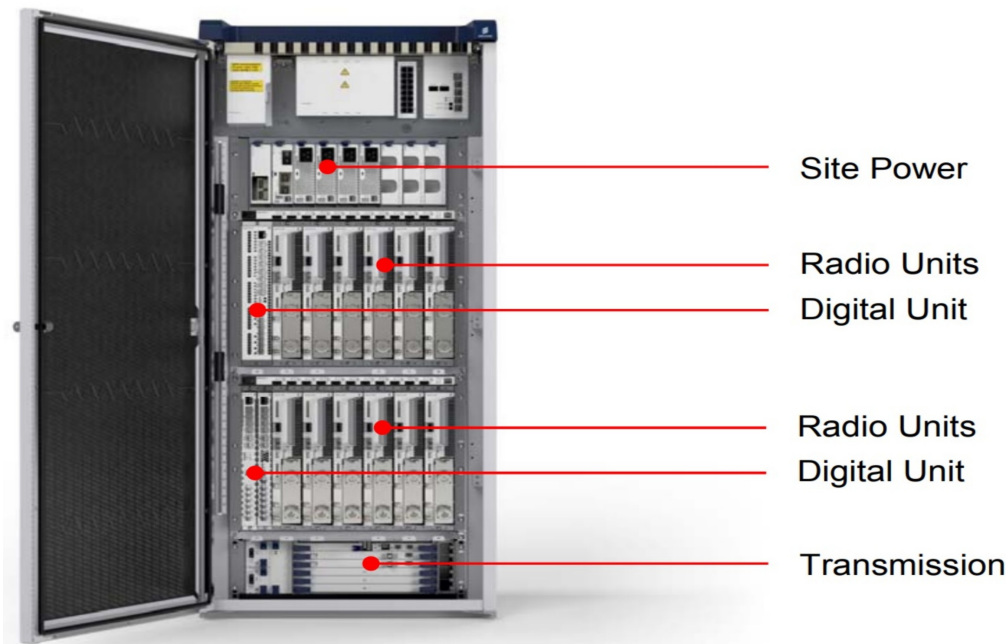


Figura 21. Imatge i components de l'estació base *RBS6000 teardown* d'Ericsson. Font del catàleg on-line *Technology products, services & solutions*, al web worldwidesupply.net.

Pel que fa a la transmissió de senyal TDT s'opta per un fabricant especialitzat en el sector, com és *BTESA Broad Telecom*. El model *DVB-T/T2* ofereix unes excel·lents prestacions per el tractament dels senyals VHF i UHF, entre aquestes, un rang generós d'amplada de banda, la possibilitat de treballar amb diversos sistemes de vídeo i àudio, una bona relació senyal/soroll, capacitat de gestió i control via IP. Així com, la refrigeració per aire, que assegura una temperatura idònia per el correcte funcionament de la electrònica interior. Les principals característiques que fan en aquest equip de transmissió sòlid, robust i eficaç són les següents:

TX/RX TDT DVB-T/T2	
Característiques	Valor
Sistemes Àudio/vídeo	Analògic: PAL, NTSC Digital: DVB-T, ATSC Àudio: DAB
Freqüències de treball	VHZ (174-230 Mhz) UHZ (470-862 Mhz)

Amplada banda	1.7, 5, 6, 7 i 8 MHz
Intermodulació	< -60 dB
Potència nominal de sortida	<-41 dB max. MER <-35 dB max. eficiència
MER a potència nominal	>38dB max. MER >32dB max eficiència
Temperatura de treball	0° a 45° C
Refrigeració	Ventilació forçada, velocitat controlada per temperatura
Mida	19 " estàndard
Connectors entrada	Analògic: Video CVBS (BNC). 2XAudio Digital: 2xASI (seamless switching) (BNC)
Control	Interface: RS232, RJ45, RS-485 Pantalla tàctil gràfica a color Consola usuari Agent SNMP Web Server
Alimentació	Trifàsica 220/380 Vac +- 20%, 50/60 Hz

Taula 19. Característiques del transmissor *TDT DVB-T/T2 de BTESA Broad Telecom*. Font del web btesa.com

5.2.4. Sistema radiant (antenes).

Un dels punts més importants en tot el circuit de transmissió i recepció del senyal és el sistema radiant, les antenes, que són l'enllaç o el transductor entre el medi físic i el medi elèctric. Durant els capítols anteriors s'han fet menció de les característiques pròpies de cada servei per poder oferir una radiació òptima i eficient, com ara la directivitat, la freqüència de treball o la potència que poden arribar a suportar. Bé, ara s'ha de trobar unes antenes que puguin treballar amb la configuració establerta anteriorment en els capítols 2 i 3.

Al web *WiMo Antennen & Elektronik GmbH* s'ofereix un ampli catàleg a un bon preu. Com que són tres les tecnologies de telefonia que es volen implementar, tot

i que es podria instal·lar només un parell d'antenes i forçar-les a treballar a múltiples freqüències compartint tecnologia, es decideix, per motius de qualitat, simplificació en la configuració i millor rendiment, instal·lar una per servei, alineades una sota l'altre totes tres orientades cap a Artesa de Segre. Com que el propòsit és radiar només sobre el municipi, només caldrà un sector (el que direccioni cap a Artesa de Segre) amb tres cel·les, una per cada tecnologia.

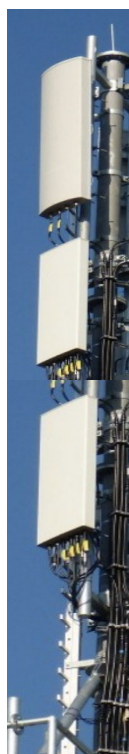


Figura 22. Antenes 2G, 3G i 4G alineades constituint un sector de radiodifusió.

Antena GSM model PAD-3000:



Antena GSM PAD-3000	
Característiques	Valor
Rang de Freqüències	890-960 MHz 1710-2170 MHz
Potència consumida	10 W
VSWR	<= 2.0
Voltatge d'alimentació	230 Vac
Impedància	50 +- 5 Ohm
Polarització	Vertical / horitzontal
Temperatura funcionament	-30 C° a 60 C°
Guany	15-20 dBi
Pes	2058 g
Mida	342x372x195 mm

Figura 23. Imatge i característiques de l'antena *GSM PAD-3000*. Font del catàleg de Wimo al web wimo.de.

Antena UMTS model PANL-A0038:



Antena PANL-A0038	
Característiques	Valor
Rang de Freqüències	1700-2200 MHz
Potència consumida	6 W
VSWR	<= 2.0
Voltatge d'alimentació	230 Vac
Impedància	50 +- 5 Ohm
Temperatura funcionament	-40 C° a 70 C°
Polarització	Vertical / horitzontal
Azimuth	Màx 54°
Vent suportable	< 120 Km/h
Guany	15-20 dBi
Pes	0.90 Kg
Mida	350x200x80 mm

Figura 24. Característiques de l'antena *UMTS PANL-A0038*. Font del catàleg al web wimo.de.

Antena LTE model XPOL-2:



Antena XPOL-2	
Característiques	Valor
Rang de Freqüències	698-960 MHz 1710-2170 MHz 2500-2700 MHz
Potència consumida	10 W
VSWR	<= 2.5
Voltatge d'alimentació	230 Vac
Impedància	50 +- 5 Ohm
Temperatura funcionament	-40 C° a 70 C°
Polarització	Vertical / horitzontal
Vent suportable	< 120 Km/h
Guany	15-20 dBi
Pes	1.55 Kg
Mida	355x250x80 mm

Figura 25. Imatge i característiques de l'antena *LTE XPOL-2*. Font del catàleg de Wimo al web wimo.de

Antena TDT model ZUVP-UHF TV Digital:



Antena ZUVP-UHF TV Digital	
Característiques	Valor
Rang de Freqüències	520 - 820 Mhz Ch. 27-69
Potència màxima	250 W
VSWR	<= 1.2
Impedància	50 +- 5 Ohm
Polarització	Un per la vertical / un per la horitzontal
Guany	10-15 dBi
Pes	11.25 Kg
Mida	1100x500x250 mm

Figura 26. Imatge i característiques dels panells *TDT ZUVP-UHF TV Digital*. Font al web zcg.com.au.

La transmissió de TDT haurà de cobrir el previst en els requisits tècnics, que és la transmissió en banda IV i V del UHF, això inclou les freqüències 520-820 MHz que cobreixen els canals 27 fins al 69. S'hauran de col·locar una parell de panells ja que cadascun només ofereix una mena de polarització, per tant, s'instal·laran un per la polarització vertical i un altre per la horitzontal. La antena triada per prestacions, simplificació i eficiència és la *ZUVP-UHF TV Digital* del fabricant ZCG.

5.2.5. Resum Equipament.

Tenim el equipament necessari imprescindible per realitzar la instal·lació i configuració dels quatre serveis que es desitgen implantar. Tot seguit es mostra un resum d'aquest equipament, fabricant i model estimats, així com de les unitats que s'han previst indispensable:

Equipament Necessari		
Equipament	Fabricant / model	Unitats
ALIMENTADOR RACK	EATON / APR48-3G	6 (2 per Rack)
BANC DE BATERIES	ATP / BC50	1
EQUIPS DE REFRIGERACIÓ	HUA RUI AIR / HRUC A 020	3 (2 pels 2 Racks de TX/RX de telefonia, i 1 pel Rack TX/RX de TDT)
TX / RX 2G, 3G i 4G	ERICSSON / RBS6000 teardown	2 (el segon de Backup i experimental)
TX / RX TDT	BETESA / TDT DVB-T/T2	1
ANTENA 2G	WIMO / GSM PAD-3000	1
ANTENA 3G	WIMO / UMTS PANL-A0038	1
ANTENA 4G	WIMO / LTE XPOL-2.	1
ANTENA TDT	ZCG / TDT ZUVP-UHF TV Digital.	2 (una per la polarització vertical /

		un per la horitzontal)
COMBINADOR HIBRIDO	KATHREIN 793554 TRIBANDA	4
TRIPLEXOR	KATHREIN 793425 TRIBANDA	4
DIVISOR	KATHREIN 86010017 TRIBANDA	3
DIPLEXOR	KATHREIN 793423 GSM/DCS- UMTS/LTE	6
CONECTOR Nm PARA CABLE 1/2" SF		8
CONECTOR Nm PARA CABLE 7/8"		14
CONECTOR 7/16m PARA CABLE 1/2" SF		12
CABLE RG58		500 metres
CABLE RG213		200 metres
CABLE 1/2" SF		800 metres
CABLE 7/8"		1.200 metres

Taula 20. Equipament, fabricant, model i unitats necessàries de l'equipament.

5.3. PRESSUPOST.

Les fonts d'informació on s'han extret els preus de la següent taula per formalitzar el pressupost, són les webs que hi ha al peu de les figures i les característiques de cadascun dels equips mostrats en el capítol anterior.

Equipament	Preu / unitat	Unitats	Preu total
Sistema radiant, equipament tècnic, material			
ALIMENTADOR EATON APR48-3G	550,00 €	6	3.300,00 €
BANC DE BATERIES ATP BC50	650,55 €	1	650,55 €
REFRIGERADOR HRUC A 020	1.150,00 €	3	3.450,00 €
TX / RX ERICSSON / RBS6000	38.000,00 €	2	76.000,00 €
TX / RX TDT DVB-T/T2	24.800,00 €	1	24.800,00 €
ANTENA GSM PAD-3000	119,00 €	1	119,00 €
ANTENA UMTS PANL-A0038	120,00 €	1	120,00 €
ANTENA LTE XPOL-2.	149,00 €	1	149,00 €
ANTENA TDT ZUVP-UHF TV Digital.	150,00 €	2	300,00 €
COMBINADOR HIBRIDO	300,00 €	4	1.200,00 €
TRIPLEXOR	700,00 €	4	2.800,00 €
DIVISOR	80,00 €	3	240,00 €
DIPLEXOR	500,00 €	6	3.000,00 €
CONECTOR Nm PARA CABLE 1/2" SF	200,00 €	8	1.600,00 €
CONECTOR Nm PARA CABLE 7/8"	500,00 €	14	7.000,00 €
CONECTOR 7/16m PARA CABLE 1/2" SF	200,00 €	12	2.400,00 €
CABLE RG58	200,00 €	5	1.000,00 €
CABLE RG213	150,00 €	2	300,00 €

CABLE 1/2" SF	200,00 €	8	1.600,00 €
CABLE 7/8"	500,00 €	12	6.000,00 €
Sub-total sistema radiant, material:			136.028,00 €
Enginyeria i serveis			
Coordinació i seguretat			600,00 €
Projecte tècnic			1.200,00 €
Certificació radioelèctrica			750,00 €
Gestió de projectes			800,00 €
Documentació as-built			850,00 €
Direcció facultativa			900,00 €
Sub-total Enginyeria i serveis:			5.100,00 €
Total Implementació serveis de telecomunicacions:			141.128,00 €
IVA 16%:			22.580,48 €
Total Implementació serveis de telecomunicacions (IVA inclòs) :			163.708,48 €

6. CONCLUSIONS.

6.1. DESCRIPCIÓ DE LES CONCLUSIONS DEL TREBALL.

En el àmbit de les comunicacions mòbils i serveis de radiodifusió la cobertura és un factor clau. Referint-se a cobertura com a el senyal que arriba al punt de recepció amb nivells de sensibilitat òptims.

En aquest treball es plantejava la possibilitat de cobrir una zona rural amb diferents senyals de radiofreqüència per oferir als habitants d'Artesa de Segre, els serveis de televisió digital terrestre, Internet i telefonia mòbil. Deprés de recollir tots els requisits tècnics en que es basen cada una de les diferents tecnologies, s'ha vist que en alguns casos el senyal no radiava de forma satisfactòria, ja que no arribava a la localitat a cobrir amb els nivells de sensibilitat desitjats.

S'han hagut de canviar alguns paràmetres, configurar de manera diferent, i ajustar, en alguns casos, mides, alçada o directivitat dels sistemes radiants, per poder aconseguir els objectius establerts.

S'ha après que tot i situar un radioenllaç pròxim i amb visibilitat directa amb el punt de recepció, i respectar els requeriments tècnics propis de cada senyal, no és suficient per obtenir uns resultats òptims, sinó que cal parametritzar de manera adequada les característiques d'aquests senyals radioelèctrics a transmetre.

Pel que fa als objectius, la implementació dels serveis de telecomunicacions sobre una municipi rural ha quedat realitzada amb èxit, les tecnologies GSM, UMTS i LTE i la TDT, queden demostrades mitjançant les simulacions al *Xirio*, que cobreixen la zona desitjada d'una manera eficaç.

S'ha assolit també l'objectiu de aprendre a parametritzar un estudi de cobertura i saber triar una solució que compleixi amb els requeriments necessaris. Així com, s'han conegut els diferents fabricants i els diferents models d'equipaments del

sector de les telecomunicacions, i s'ha escollit el més adient i compromès amb les característiques establertes.

En general, s'ha après a dissenyar un projecte des de zero, complicat i exigent, en el que la cerca d'informació i la tècnica de la parametrització han estat cabdals per assolir els objectius plantejats inicialment, adquirint uns coneixements tècnics valuosos per un enginyer de telecomunicacions.

6.2. SEGUIMENT DE LA PLANIFICACIÓ I METODOLOGIA.

La planificació s'ha enfocat en les entregues parcials estructurades en el pla docent del treball de final de grau. Així doncs, en una primera PAC es considerava el problema i es presentava una solució possible que pogués donar la oportunitat a desenvolupar un treball extens, rigorós i didàctic, com és aquest projecte de implementació de serveis de telecomunicacions sobre una zona rural.

Durant la segona entrega parcial, estava planificat recollir tota la informació tècnica necessària sobre els serveis de telecomunicacions que es volien implementar i realitzar una sèrie de proves pilot mitjançant un programari simulador, d'aquesta manera neixen els capítols 3 i 4.

En el primer, es mostren els requisits tècnics dels senyals de comunicació mòbil GSM, UMTS, LTE i de radiodifusió audiovisual de televisió digital terrestre, TDT. En el segon, s'adquireix la tècnica de la configuració de senyals de radiofreqüència i s'aprèn a respectar uns paràmetres propis que caracteritzen als diferents senyals.

Seguint amb la metodologia establerta, a la següent entrega, la PAC3, es finalitza la part tècnica amb el recull de tots els resultats dels estudis de cobertura i es

mostren de manera clara quina és la solució triada per a implantar en el projecte final. Tanmateix, es realitza una cerca de l'equipament necessari que caldrà per dur a terme la instal·lació física del disseny. Es busquen els fabricants més experimentats del mercat, i finalment, es presenta un pressupost global.

6.3. LÍNIES FUTURES.

Segurament el benefici que se li traurà a una instal·lació d'una estació base de telecomunicacions enmig d'una zona rural serà important, però des de la direcció d'aquest projecte s'han vist dues línies futures que es podrien destacar. La primera, està relacionada amb la telefonia mòbil i les dades per Internet. La segona amb una possible ampliació de sectors per cobrir més territori.

A la justificació inicial del projecte es plantejava la possible solució al problema inicial i es remetia a l'empresa VODAFONE com la guanyadora del concurs per realitzar la implementació de l'estació base de radiocomunicacions, que a la seva vegada delegava sobre la empresa EMPITEL per desenvolupar el disseny.

La possibilitat de que altres operadors de telefonia mòbil puguin fer servir aquest radioenllaç és molt beneficiós i realment necessari, ja que a Artesa de Segre no només hi ha receptors de la companyia Vodafone. Per tant, interessa i de fet és habitual, en estacions aïllades que cobreixen zones úniques on només hi ha un radioenllaç, que existeixi un acord entre operadors per cedir i llogar el sistema radiant.

Pel que fa a la segona línia futura destacable, es tracta d'una ampliació de dos sectors per a les tecnologies de radiocomunicació de telefonia mòbil, D'aquesta manera es podria augmentar la cobertura de GSM, UMTS i LTE a gairebé 360°. Així doncs, camins, boscos i muntanyes dels voltants a Artesa de Segre es

veurien beneficiats amb serveis multimèdia tant útils i importants avui dia com pot ser el de la geo-localització. Amb la implementació de 6 antenes, dos per sector, i l'equipament necessari, que s'hauria de valorar i configurar novament, es tendria coberta a una zona rural, que tant agents rurals com excursionistes agrairien.

7. GLOSSARI.

TDT. Televisió Digital Terrestre. Última versió de la radiodifusió audiovisual, substitueix a la televisió analògica.

GSM. Global System for Mobile communications. Sistema de comunicacions per a telefonia mòbil de segona generació, també conegut com 2G.

UMTS. Universal Mobile Telecommunications. Sistema de comunicacions per a telefonia mòbil de tercera generació, també conegut com 3G, inclou la transmissió de dades per Internet.

LTE. Long Term Evolution. Sistema de comunicacions per a telefonia mòbil de quarta generació, també conegut com 4G. Augmenta la velocitat de transmissió i l'amplada de banda del canal mitjançant la tècnica de modulació del espectre eixamplat OFDMA.

UHF. Ultra High Frequency. Banda de freqüència que engloba la banda IV i V, des dels 470 Mhz – 960 MHz, gran part d'ella destinat íntegrament a la transmissió de la televisió digital terrestre.

DVB-T. Digital Video Broadcasting-Terrestrial. Estandard de comunicació per a la difusió de vídeo.

COFDM. Multiplexatge per divisió ortogonal de freqüència, utilitzat en la transmissió de TDT.

ICT. Infraestructura Comú de Telecomunicacions. Reial Decret que regula les instal·lacions en llocs públics i habitats, col·lectius i individuals.

UIT. Unió Internacional de Telecomunicacions, organisme que estudia i defineix recomanacions de qüestions tècniques per normalitzar les telecomunicacions escala mundial.

FDD. Duplex Division Frequency. Tècnica d'accés múltiple al medi per divisió de freqüència. Emprada en les transmissions UMTS.

TDD. Duplex Division Times. Tècnica d'accés múltiple al medi per divisió de temps. Emprada en les transmissions UMTS.

MIMO. Multiple Input Multiple Output. Tècnica de multiplexació d'alt rendiment que s'utilitza en la tecnologia LTE.

8. BIBLIOGRAFIA.

LLIBRES:

- ◆ **José Antonio Guerra Expósito.** *Comunicaciones Móviles Terrenales.* Universidad Carlos II de Madrid.
- ◆ **Anguera, J.; Pérez, A.** *Teoría d'antenas* (2008). Ingeniería La Salle.
- ◆ **Sallent Roig, Oriol; Valenzuela, J.L.; Agustí Comes, Ramón.** *Principios de Comunicaciones Móviles.* Ediciones UPC.
- ◆ **Manual de programari Xirio,** simulació professional de cobertura radioelèctrica Online.
- ◆ **T.Wayne.** *Sistema de Comunicaciones Electrónicas* (4ª Edició). Prentice Hall, México.
- ◆ **Antonio Satué Villar,** *Comunicacions Mòbils* assignatura del temari docent del Grau de Tecnologies de la Telecomunicació de la UOC (2012).
- ◆ **Eusebi Gómez Ballesteros,** *Xarxes de Distribució* assignatura del temari docent del Grau de Tecnologies de la Telecomunicació de la UOC (2012).

PÀGINES WEBS:

- ◆ Informació TDT:

<http://tdtdvb-t.blogspot.com.es/2013/02/medir-la-senal-dvb-t.html>.

https://elpais.com/economia/2016/02/15/actualidad/1455562820_091618.html

<https://es.slideshare.net/jruizprofe/recepcion-tv-terrestre>

◆ Informació ITU:

<https://www.itu.int/en/ITU-R/study-groups/rsg6/Pages/default.aspx>

<http://www.itu.int/rec/R-REC-P/es>

◆ Informació ICT:

<http://www.dfists.ua.es/es/asignaturas/proyectos/legict/ict1.htm>

◆ Informació telefonia mòbil:

<https://www.slideshare.net/laurabayort/evolucion-del-celular-64397487>

<https://es.slideshare.net/julianrodripert/telefonamovil-42110664>

<http://www.3gpp.org/technologies/keywords-acronyms/98-lte>

◆ Equipament:

<http://www.subtel.gob.cl/antenas1/>

<http://itenclosuresystems.com>

<http://www.amperonline.com>

<http://dcpower.eaton.com>

<https://zcg.com.au/>

<http://www.btesa.com/>

<http://www.wimo.de/>

<http://worldwidesupply.net>