

INTEGRACIÓ D'UNA XARXA TELEMÀTICA AL MUNICIPI DE ROQUETES (TARRAGONA)

DAVID MESTRES VALLS

Enginyeria Tècnica de Telecomunicació especialitat Telemàtica

Antoni Morell Pérez

Juny 2014

DEDICATÒRIA

A la meva dona Antonia ,filla Lina, pares i germans

RESUM

Actualment el fet de tenir una connexió d'accés a internet en una llar familiar s'ha convertit en una obligació i alguna cosa imprescindible actualment per a qualsevol tipus de negoci.

Tradicionalment el servei d'accés a internet s'ha proveït a través de cable, però actualment amb l'avanç de les tecnologies sense fils és possible proveir d'accés a internet a una zona bastant àmplia amb un cost bastant reduït.

Més concretament amb l'evolució de la tecnologia Wlmax és possible aconseguir distàncies de fins a 80km proveint una connexió d'alta velocitat

Donades els grans avantatges que presenta aquesta tecnologia, la compatibilitat amb aquesta és un fet que els fabricants tenen molt en compte, fent els seus equips compatibles amb ella.

En aquest projecte tractarem de proveir d'accés a internet al municipi de Roquetes i al seu barri La Raval de Crist mitjançant la tecnologia Wlmax.

Per abastar la distància entre el barri de la Raval de Crist i el centre urbà de Roquetes, farem ús d'un enllaç, també utilitzant la tecnologia Wlmax entre tots dos punts.

Així doncs l'objectiu és proveir d'un servei d'accés a internet d'alta velocitat i baix cost a l'acabo municipal de Roquetes

INDEX

Dedicatòria.....	2
Resum.....	3
Index.....	4
Index de Figures.....	6
Index de Taules.....	7
Capítol 1. Introducció	
1.1 Justificació del TFC.....	8
1.2 Objectius	9
1.3 Planificació del projecte	10
Capítol 2. Anàlisi de necessitats	
2.1 Anàlisi Fase 1	11
2.2 Anàlisi Fase 2	15
2.3 QOS	18
2.4 Seguretat	19
Capítol 3. Aspectes legals	
3.1 Llei general de telecomunicacions.....	21
3.2 Llei orgànica de protecció de dades.....	26
Capítol 4. Infraestructura de la Xarxa	
4.1 IEEE 802.11 WiFi	30
4.2 IEEE 802.16 WiMax	32
4.3 Determinació d'atenuacions	35
4.4 Simulacions	42
4.5 Diagrames de Xarxa	44
4.6 Equipament requerit	45
4.7 Configuració d'equips	47

Capítol 5. Seguretat

5.1 Seguretat	50
---------------------	----

Capítol 6. Valoració econòmica

6.1 Valoració econòmica (Costos).....	55
6.2 Viabilitat econòmica.....	57

Capítol 7. Conclusions

7.1 Glossaris	59
7.2 Annexes	62

INDEX DE FIGURES

Figura 1.1	Plano de localització
Figura 1.2	Planificació del treball
Figura 1.3	Plano Centre urbà Roquetes
Figura 1.4	Distribució Fase 1
Figura 1.5	Plano localització Raval de Crist
Figura 1.6	Distribució Fase 2
Figura 4.1	Distribució Fase 1(2)
Figura 4.2	Distribució Fase 2(2)
Figura 4.3	Desnivell Fase 2
Figura 4.4	Fresnel Fase 2
Figura 4.5	Simulació zones de cobertura
Figura 4.6	Simulació Enllaç CC-BTS1
Figura 4.7	Simulació Enllaç CC-BTS2
Figura 4.8	Simulació Enllaç CC-BTS3
Figura 4.9	Esquema xarxa fase 1
Figura 4.10	Esquema xarxa fase 2
Figura 4.11	Pèrdues cables coaxial
Figura 4.12	Antena Direccional 2.4GHz
Figura 4.13	Antena Sectorial 2.4GHz
Figura 4.14	AP Fase 1
Figura 4.15	Enllaç WiMax

INDEX DE TAULES

Taula 1.1	Distàncies Fase 1
Taula 1.2	Distàncies Fase 2
Taula 4.1	Estàndards IEEE 802.11
Taula 4.2	Estàndards IEEE 802.11 (2)
Taula 4.3	Estàndards IEEE 802.16
Taula 6.1	Costos Fase 1
Taula 6.2	Costos Fase 2
Taula A1.1	Especificacions tècniques antenes sectorials
Taula A1.2	Diagrama de Radiació antenes sectorials
Taula A1.3	Especificacions tècniques equips WiMax
Taula A1.4	Especificacions tècniques antenes direccionals

Capítol 1. Introducció

1.1 Justificació del TFC

El present TFC descriu el desenvolupament d'una xarxa telemàtica per al nucli urba d'una població i a un barri mes aïnyat d'aquesta mateixa població. Concretament corresponen al terme municipal de Roquetes, situat a la comarca del Baix Ebre, província de Tarragona.

Amb una població de 8297 hab (dades de 2013) i una superfície de 136,64 km² Roquetes es el segon municipi per extensio de la comarca del Baix Ebre. Situat al Sud-Oest de la comarca, delimita pel Est amb el terme municipal de Tortosa i amb Jesus pel Nord.

Inclu també el barri de la Raval de Crist, situada al SudOest de Roquetes, amb una població de 1.070 habitants

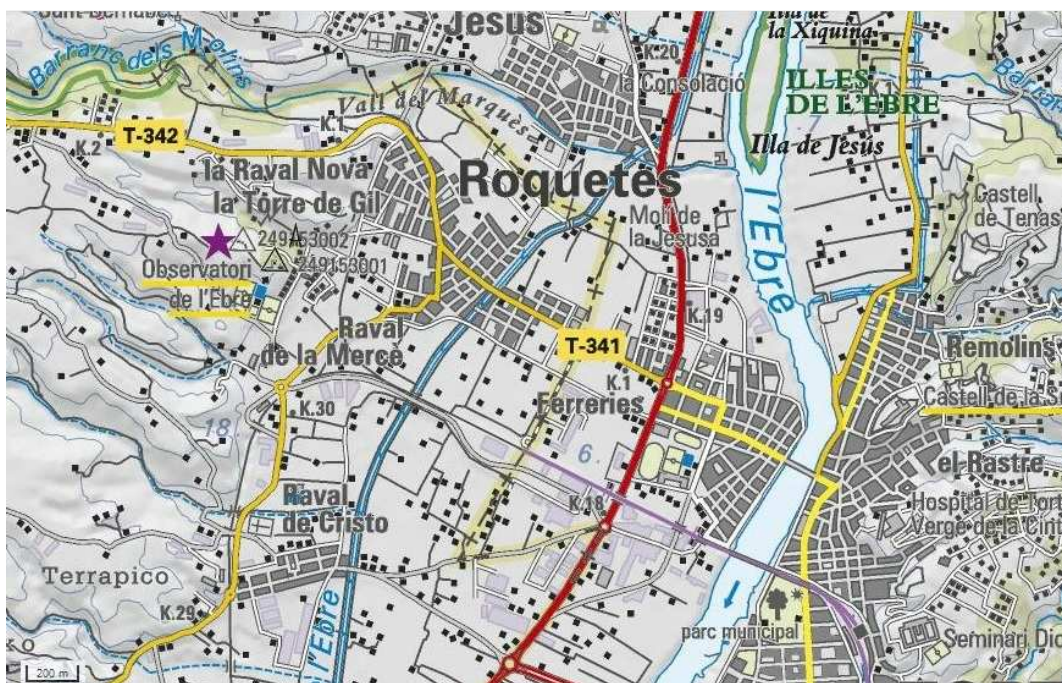


Figura 1.1 Planol de localització

1.2 Objectius

Implantació d'una xarxa telemàtica d'accés a internet que permeti oferir un servei de qualitat, sortejant els diferents inconvenients, que fan que s'hagi de valorar amb molta cura.

Els principals objectius del projecte son;

- Disseny d'una xarxa d'accés a internet al nucli urbà del terme municipal de Roquetes que permeti als usuaris gaudir d'una connexió d'alta velocitat.
- Disseny d'un enllaç Punt a Punt amb el barri de la Raval de Crist que permeti també implantar una xarxa d'accés a internet d'alta velocitat.

Per tant al llarg del projecte es realitzaran;

- Anàlisi de les necessitats del problemes
- Definició d'infraestructures
- Elecció de les sol·lucions adients.

1.3 Planificació del projecte

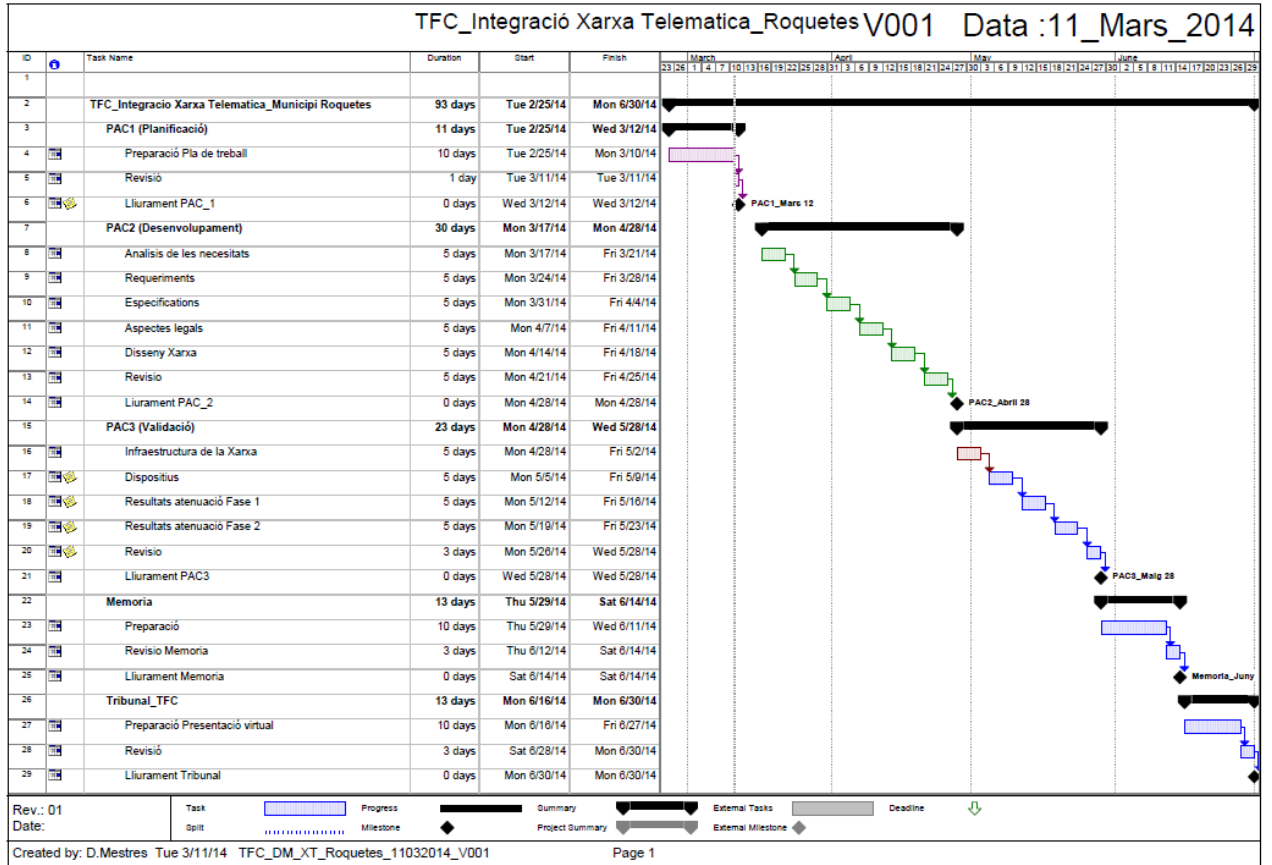


Figura 1.2 Planificació del treball

Domingo, a la Parròquia San Antoni de Pàdua i al Centre de visitants, parc natural dels ports.

Estació	Ubicació	Distancia CC	Coordenades
Centre de control (CC)	Ajuntament		40° 49' 06,44"N 0° 30' 11,06"E
BTS1	Parròquia San Antoni de Pàdua	382m	40° 49' 17,46"N 0° 30' 16,47"E
BTS2	Col·legi Mestre Marcel·li Domingo	505m	40° 49' 18,67"N 0° 29' 58,71"E
BTS3	Centre de visitants, parc natural dels ports	770m	40° 49' 29,72"N 0° 30' 01,19"E

Taula 1.1 Distàncies Fase 1

L'area urbana quedaria per tant, dividida en 4 zones, com es mostra a continuació:

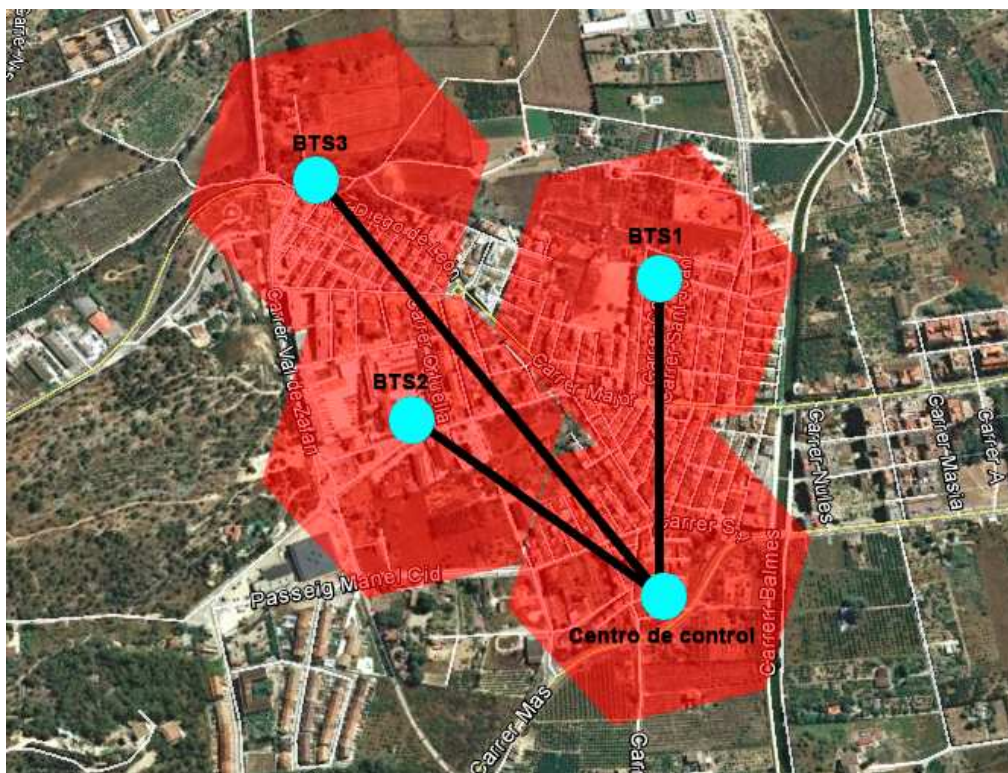


Figura 1.4 Distribució Fase 1

La descripció de les zones es detalla a continuació:

CC:

Ubicat a l'ajuntament estarà compost per:

Cobertura de la zona CC

- 1 punt d'accés per a donar cobertura a la zona del CC.
- 3 antenes sectorials de 120º per oferir una cobertura de 360º
- 1 controlador de punts d'accés que gestionarà l'ample de banda destinat a cada usuari, caducitat de les sessions, filtrat de continguts, etc...

Enllaços

- Enllaç entre el CC i BTS1
- Enllaç entre el CC i BTS2
- Enllaç entre el CC i BTS3

BTS1:

Ubicat a la parròquia de San Antoni de Pàdua, estarà compost per:

Cobertura de la zona BTS1

- 1 punt d'accés per a donar cobertura a la zona del BTS1.
- 3 antenes sectorials de 120º per oferir una cobertura de 360º

Enllaços

- Enllaç entre el BTS1 i CC

BTS2:

Ubicat al col·legi públic Mestre Marcel·li Domingo, estarà compost per:

Cobertura de la zona BTS2

- 1 punt d'accés per a donar cobertura a la zona del BTS2.
- 3 antenes sectorials de 120º per oferir una cobertura de 360º

Enllaços

- Enllaç entre el BTS2 i CC

BTS3:

Ubicat al Centre de visitants del parc natural dels ports, estarà compost per:

Cobertura de la zona BTS3

- 1 punt d'accés per a donar cobertura a la zona del BTS3.
- 3 antenes sectorials de 120º per oferir una cobertura de 360º

Enllaços

- Enllaç entre el BTS3 i CC

2.2 Anàlisi de necessitats Fase 2

La segona fase correspon a la implantació d'una xarxa sense fils d'accés a Internet al barri de la Raval de Crist, que també pertany al terme municipal de Roquetes.

S'ha de tenir en compte que la Raval es troba situada aproximadament a 1200 mts del centre urbà de Roquetes, per tant s'haurà de connectar també amb el centre de control situat a l'ajuntament, per a que les dues xarxes siguin controlades des del mateix centre de control.

Donat que haurem de realitzar un enllaç punt a punt amb la Raval, en aquesta fase es combinaran dues tecnologies, WiMax per a realitzar l'enllaç entre el Centre de control (l'ajuntament) i el Centre de control secundari, ubicat al centre de salut de la Raval de Crist.

En aquest cas es selecciona com a banda de transmissió la banda dels 5GHz, concretament a 5,4GHz, ja que com es comenta a la normativa general de telecomunicacions, correspon a una banda de lliure domini i llicència lliure, per a la que no cal dur a terme cap tràmit ni cap reserva de domini.

La següent taula mostra la ubicació exacta i la distància entre el Centre de control i el centre de salut de la Raval de Crist.

Taula 1.2 Distàncies Fase 2

Estació	Ubicació	Distància CC	Coordenades
Centre de control (CC)	Ajuntament		40° 49' 06,44"N 0° 30' 11,06"E
BTSC	Centre de Salut	1230m	40° 48' 33,63"N 0° 29' 41,61"E

A continuació es mostra un plànol de localització de la raval de crist respecte a Roquetes.

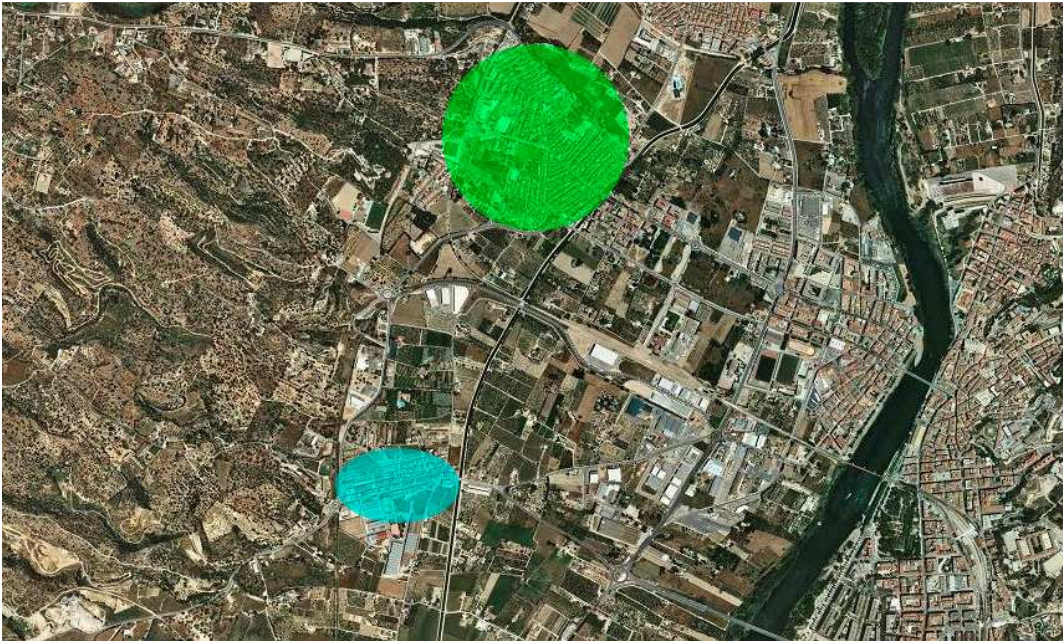


Figura 1.5 Plànol localització Raval de Crist

Per finalitzar es mostra un plànol d'ubicació dels dos punts.



Figura 1.6 Distribució Fase 2

CC:

Ubicat a l'ajuntament estarà compost per:

Enllaços WIMAX en banda 5,4GHz

- Enllaç entre el CC i BTSC

BTSC:

Ubicat al centre de salut, estarà compost per:

Enllaços WIMAX en banda 5,4GHz

- Enllaç entre el BTSC i CC

2.3 QOS

De l'anglès Quality of Service, fa referència al conjunt d'estendards i normes que s'encarreguen del control de reserva de recursos de la xarxa. Aquest control permet garantir una millor qualitat del servei ofert.

Encara així, el terme no es refereix a la qualitat en si, sinó, també a la possibilitat d'assignar diferents prioritats a aplicacions, usuaris, fluxos de dades, etc..

Les garanties que ofereix QoS són importants si la capacitat de la xarxa és insuficient, especialment per aplicacions en temps real, casos on es necessita un flux de bits constant i hi ha poca tolerància al retard

QoS compren requeriments de tots els aspectes de la connexió, com la resposta del servei en temps, les pèrdues, relació senyal a soroll, eco, interrupcions, resposta en freqüència, etc...

Quan ens referim a QoS en connexions sense fils, els resultats poden ser molt diversos, ja que el medi de transport que s'utilitza es l'espai i existeixen molts factors no controlables que poden afectar a les mesures de la nostra connexió.

El que implica que resulta impossible satisfer la QoS en el 100% dels casos quan parlem de connexions sense fils

Els paràmetres a tenir en compte per tot flux de dades son:

- Fiabilitat
- Retard (Delay)
- Ample de banda
- Variació en el retard del flux de dades (jitter)
- Latència
- Errors en els paquets

2.4 SEGURETAT

Qualsevol xarxa sense fils ha de considerar-se com un mitjà insegur per a la transmissió de dades. La raó d'això rau en el fet que la informació es propaga mitjançant radiofreqüència, usant un canal no guiat, com és l'espai aeri, que és un mitjà "compartit o públic", al qual poden accedir, amb molta facilitat, terceres persones no autoritzades i "sniffar" la xarxa per a extreure les dades que viatgen per aquest canal. Per tant, l'ús d'aquest tipus de canal en la transmissió de dades, fa inevitable que la informació pugui ser interceptada per tercers.

Així, doncs, cal disposar d'una sèrie de mecanismes en matèria de seguretat per tal de mantenir la integritat i privacitat de la informació, sobretot, si la informació transmesa correspon a dades personals.

Tots aquests mecanismes han de ser capaços de mantenir, no només, la integritat de la informació, sinó, també la seva confidencialitat.

Així, tot i que la informació sigui interceptada per terceres persones, la mateixa no pugui ser interpretada ni manipulada.

Això s'aconsegueix fent ús de sistemes de xifratge que encapsulen la informació en un algorisme concret i per tant, no poden ser desxifrades per terceres persones (en teoria).

Un altre aspecte, vinculat a la seguretat de les xarxes sense fils, és el relacionat amb els usuaris i el control d'accés al medi de transmissió. Cal saber que els recursos que proporcionen aquestes xarxes són limitats, i per tant, el seu ús ha d'estar exclusivament dedicat al usuari autoritzat. Això implica, per tant, la necessitat d'algun tipus de mecanisme d'identificació i/o autenticació dels usuaris, que permeti gestionar de forma eficient tots els recursos compartits oferts per la xarxa sense fils i que n'impedeixi la utilització dels recursos disponibles als usuaris no autoritzats.

Aquest aspecte és molt important controlar-lo, ja que en cas contrari, si un usuari no autoritzat consumeix un gran ample de banda pot afectar sèriament

al bon funcionament de la xarxa, per tant, existeixen mètodes de gestió de recursos i usuaris com per exemple, servidors HotSpot o Radius, que permeten redirigir a l'usuari a una finestra de login, en la que l'usuari ha d'identificar-se per a poder fer us de la xarxa, en cas contrari, el servidor bloqueja l'accés de l'usuari. Aquest també s'encarrega de gestionar els recursos i l'ample de banda màxim consumit per cada usuari.

Capítol 3. Aspectes legals. Lleis i reglaments

3.1 LLEI GENERAL DE TELECOMUNICACIONS

La Llei General de les Telecomunicacions imposa diverses obligacions, sobre tot, als operadors que exploten xarxes públiques de comunicacions electròniques o que donen serveis de comunicacions electròniques disponibles per al públic. Hauran de garantir, en l'exercici de la seva activitat, el secret de les comunicacions (amb adequades mesures tècniques), la protecció de les dades de caràcter personal i adoptar les mesures tècniques i de gestió necessàries per a preservar la seguretat en l'explotació de la seva xarxa o en la prestació dels seus serveis. Així mateix, l'LGT regula la responsabilitat dels operadors pels danys, per la informació als usuaris, pels seus drets de connexió i desconexió, per l'anonimat en les comunicacions, per l'ús de les seves dades, etc.

En el títol III, l'LGT delimita les obligacions de servei públic i els drets i obligacions de les parts involucrades en el sector de les telecomunicacions, inclosos els usuaris.

Obligacions de servei públic

S'estableix una obligació de servei universal (serveis, la prestació dels quals, es garanteix per a tots els usuaris finals amb independència de la seva localització geogràfica, amb una qualitat determinada i a un preu raonable). Associada amb aquest servei, es preveu una llarga sèrie de garanties per als usuaris, respecte de la transparència dels serveis i ús de la informació, la no-identificació en línia, etc.

Ocupació del domini públic i privat per a l'explotació de xarxes

Aquesta part de l'LGT regula l'ús (ocupació) de la propietat pública i privada per a la instal·lació de xarxes, i pretén establir uns criteris generals que hauran de ser respectats per les administracions públiques titulars del domini públic.

D'aquesta manera, es reconeixen drets d'ocupació de la propietat pública o privada (expropiació forçosa) a tots els operadors que practiquin la notificació a la CMT, en la mesura que sigui necessari per a la instal·lació de les seves xarxes (instal·lació d'antenes als edificis, excavacions per a passar cables, etc.). Així mateix, es detallen els principis bàsics que garanteixin l'exercici d'aquest dret en condicions d'igualtat i transparència, amb independència de l'Administració o el titular del domini públic o la propietat privada.

Secret de les comunicacions, protecció de les dades personals i drets i obligacions de caràcter públic

Després d'enumerar els drets i obligacions dels operadors, l'LGT estableix una sèrie de drets per als usuaris dels serveis de telecomunicacions (i les corresponents obligacions per als operadors). En aquesta llista, trobem:

- El dret a la intimitat i la protecció de dades de caràcter personal.

- La regulació de la intercepció de les comunicacions electròniques pels serveis tècnics.

- El dret de xifrar les comunicacions, subjecte a l'obligació potencial que proveeixin a l'Administració les claus de desxifratge.

- El sistema de regulació de les xarxes de comunicacions electròniques a l'interior dels edificis.

- Els drets dels consumidors i usuaris finals davant dels operadors.

Gestió del domini públic radioelèctric

El domini públic radioelèctric cobreix les freqüències compreses entre 9 KHz i 3.000 GHz, i inclou la utilització del domini públic radioelèctric mitjançant xarxes de satèl·lits. L'LGT estableix un règim que intenta garantir l'ús eficient de l'espectre radioelèctric, com a principi superior que ha de guiar la planificació i l'assignació de freqüències per l'Administració i l'ús d'aquestes pels operadors.

El dret d'ús del domini públic radioelèctric l'atorgarà l'Agència Estatal de Radiocomunicacions, a través de l'afectació *demanial* (assignació a una entitat

pública) o de la concessió o autorització administrativa. En els supòsits en els quals les bandes de freqüències assignades a determinats serveis siguin insuficients per a atendre la demanda dels operadors, es preveu la celebració de procediments de licitació.

Amb caràcter previ a la utilització del domini públic radioelèctric, s'exigirà, preceptivament, la inspecció o el reconeixement de les instal·lacions, a fi de comprovar que s'ajusten a les condicions prèviament autoritzades. Com a requisit essencial en la prestació de serveis mitjançant tecnologies que usin el domini públic radioelèctric, s'estableix el respecte als límits de les emissions radioelèctriques establertes en la normativa vigent.

Ús de les tecnologies sense fils

Per a la prestació de serveis de telecomunicacions a Espanya mitjançant dispositius sense fils (per exemple els sistemes Wi-Fi), es requeriran els títols habilitants corresponents en cada cas (concessions, autoritzacions, notificacions), tenint en compte el servei que es prestarà o xarxa que s'establirà.

No obstant això, d'acord amb l'LGT (en línia amb la posició de la Comunitat Europea) i els acords de la Conferència Mundial de Radiocomunicacions 2003 (CMR-03), no es podrà exigir una llicència individual per al servei WiFi a Espanya, sinó només una autorització general.

L'Ordre CTE/2082/2003, de 16 de juliol, estableix el quadre nacional d'atribució de freqüències (CNAF), harmonitzant les xarxes LAN i Wi-Fi amb l'espectre radioelèctric europeu, i per tant, permetent l'ús de les bandes 2,4 Ghz i 5 Ghz per a LAN, LAN sense fils o hiper-LAN. Així mateix, com s'ha esmentat abans, d'acord amb aquesta normativa, la prestació de serveis de telecomunicacions sobre dispositius sense fils (Wi-Fi) requereix d'una notificació davant de la CMT en la qual es descriu els serveis que es prestaran i la xarxa Wi-Fi que s'establirà.

Bluetooth utilitza bandes de l'espectre radioelèctric que entren dins de les bandes destinades a ús comú (les que van de 2,4 a 2,48 GHz) i, per tant, podrà

ser utilitzada de forma lliure en xarxes d'àrea local per a la interconnexió sense fils en aplicacions a l'interior d'edificis, sempre i quan, la potència total sigui inferior a 100 mW. No serà necessària cap autorització o concessió perquè la utilitzi la SETSI.

La tecnologia WiMAX està inicialment especificada per a ser utilitzada a les bandes de l'espectre radioelèctric que van de 3,3 a 3,8 GHz i de 5,7 a 5,8 GHz. Tanmateix, WiMAX es veu obstaculitzat a Espanya a causa de la falta d'harmonització de les bandes de freqüències –així, per exemple, les bandes de freqüència WiMAX no han estat encara incorporades al CNAF. S'espera que, en un futur pròxim, s'estableixi un nivell raonable d'harmonització global per a la tecnologia WiMAX a la banda de 5 Ghz (d'ús comú i per tant exempta de llicència), el qual s'espera que també sigui aplicable a Espanya.

Taxes en matèria de telecomunicacions

Els operadors i els titulars de drets d'ús del domini públic radioelèctric o de recursos de numeració estaran subjectes al pagament de diverses taxes establertes per l'LGT i la reglamentació que la desenvolupa. Corresponen a la necessitat de compensar actuacions administratives (on la quantia es fixarà en funció del seu cost), o sobre l'ús de recursos associats (com el domini públic, les freqüències o la numeració).

A continuació, fem la llista de les principals categories de taxes:

- Taxa general d'operadors (1,5 per mil de la xifra dels ingressos bruts d'explotació)
- Taxes per numeració telefònica
- Taxa per reserva del domini públic radioelèctric
- Taxes de telecomunicacions

Inspeccions

L'LGT preveu un sistema d'inspeccions, que ha de realitzar el Ministeri de Ciència i Tecnologia, dels serveis i de les xarxes de telecomunicacions, de les condicions de prestació, dels equips, dels aparells, de les instal·lacions i dels sistemes civils.

L'Agència Estatal de Radiocomunicacions té competència de control i inspecció del domini públic radioelèctric.

Cal remarcar que l'incompliment d'algun d'aquest aspectes legals per part de l'Ajuntament, l'empresa encarregada de l'explotació o els usuaris de la xarxa, podrà ser sancionada per l'autoritat competent.

Un cop l'ajuntament hagi decidit a qui cedir l'explotació de la xarxa, l'empresa encarregada de la mateixa haurà de seguir una sèrie de pautes d'acord amb el títol II de la Llei General de Telecomunicacions (LGT), la qual estableix un marc legal per a la liberalització de la prestació de serveis i la instal·lació i explotació de xarxes de comunicacions electròniques pels operadors del sector.

L'habilitació per a aquesta prestació i explotació a tercers és concedida amb caràcter general i immediat per la llei. Únicament serà requisit previ la notificació a la Comissió del Mercat de les Telecomunicacions per a iniciar la prestació del servei.

Els requisits per a això són:

- Notificar els serveis prestats (documentació, etc.).
- Inscriure's en el Registre d'Operadors.
- Garantir els drets i complir amb les obligacions per a l'explotació de xarxes i prestació de serveis.

Altres aspectes importants de la regulació general del sector de les telecomunicacions (però que no es consideren essencials per al projecte) inclouen:

- Les regles per a mantenir la lliure competència en el sector i el control dels operadors amb poder significatiu en el mercat (Telefónica, Vodafone, etc.) aplicades per la Comissió del Mercat de les Telecomunicacions (CMT).
- Les obligacions i drets d'accés a les xarxes i recursos associats i interconnexió entre operadors.
- El sistema de numeració, direccionament i denominació dels diferents serveis i aparells, i la identificació d'usuaris.

3.2 LLEI ORGANICA DE PROTECCIO DE DADES DE CARACTER PERSONAL

La Llei Orgànica de Protecció de dades de caràcter personal (LOPD) i el Reglament de Mesures de Seguretat (RMS) estableixen els criteris mínims per al tractament de dades de caràcter personal i la protecció de la intimitat de les persones, i aplicades, sobretot, al tractament automatitzat en els sistemes d'informació i les cessions de dades entre organitzacions.

A fi i efecte d'assegurar-ne el compliment, la LOPD posa de relleu els possibles incompliments, tipificant les infraccions relatives a la protecció de dades personals com a lleus, greus i molt greus, amb multes que poden ser, en alguns casos, de fins a 600.000 euros per infracció.

Capítol 4. Infraestructura de la Xarxa

Per tal de donar solució als problemes plantejats existeixen moltes possibilitats que aporten les característiques necessàries per a implementar les xarxes sense fils plantejades, però, aquestes han d'oferir la mobilitat i la cobertura suficient per a donar el servei amb la qualitat que volem.

Per tant, haurem de descartar directament algunes tecnologies, ve per preu o per complexitat, com per exemple, la comunicació via satèl·lit que només pel cost que suposaria ja ho faria totalment inviable.

Podem per tant, dividir les tecnologies restants en dos grans grups:

Xarxes de serveis generals, que són aquelles que ofereixen un servei de transmissió de dades i/o veu de manera genèrica.

Per exemple;

- GSM (Global System for Mobile communications): és un estàndard mundial de segona generació 2G. GSM disposa de quatre versions principals en funció de les bandes utilitzades: GSM-850, GSM-900, GSM-1800 i GSM-1900. GSM-900 (900 MHz) i GSM-1800 (1,8 GHz) i totes elles fan de GSM l'estàndard majoritari al món. Millores posteriors a l'estàndard van rebre diferents noms, com GPRS i EDGE; aquests formen part de l'anomenada generació 2.5, fent de GSM un sistema apte per a la transmissió de dades a velocitats de l'ordre de centenars de kbps i en continua evolució i millora.

- GPRS (General Packet Radio Service): és una extensió del GSM que permet l'intercanvi de dades mitjançant paquets. Corresponen a una generació 2.5G i permet velocitats de transferència d'entre 56 i 144 kbps.

- UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) estàndard europeu de tercera generació, 3G, per a xarxes sense fil de llarg abast. És el successor de GSM. Les seves tres característiques principals són les funcions multimèdia, velocitat d'accés a Internet elevada i una qualitat de veu comparable a la de les xarxes físiques. Poden arribar a una velocitat de transmissió de dades de fins a 2Mb/s, però, s'ha de tenir en compte, també, la velocitat del dispositiu mòbil,

si el dispositiu està en moviment la velocitat de transmissió disminuirà a mesura que augmenti la velocitat.

- HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) és l'optimització de la tecnologia espectral UMTS i es pot considerar el primer estàndard 3,5G, inclòs en les Especificacions de 3GPP release 5 i consisteix en un nou canal compartit en l'enllaç descendent (downlink) i que millora, significativament, la capacitat màxima de transferència d'informació, podent assolir taxes de fins a 14 Mbps, tot i que a la pràctica es redueix, aproximadament, a 1Mbps. És l'evolució de la tercera generació 3G de tecnologia mòbil, anomenada 3.5G, i és considera el pas previ abans de la quarta generació (4G), la futura Integració de Xarxa.

Xarxes privades, son aquelles que proporcionen comunicacions de curt o llarg abast en les que la infraestructura i recursos son totalment privats.

Per exemple;

- Estàndard IEEE 802.11: aquest estàndard és el de WiFi (Wireless Fidelity). Dintre d'aquest estàndard es troben diferents variants, les més comuns són: IEEE 802.11a, IEEE 802.11b, IEEE 802.11g i IEEE 802.11n. A continuació es mostra una taula amb les característiques de les diferents variants d'aquest estàndard:

Estàndard	Banda	Velocitat transmissió
IEEE 802.11a	5 Ghz	54 Mbps
IEEE 802.11b	2.4 Ghz	11 Mbps
IEEE 802.11g	2.4 Ghz	54 Mbps
IEEE 802.11n	2.4 Ghz i 5 Ghz	300 Mbps

Taula 4.1 Estàndards IEEE 802.11

- Estàndard IEEE 802.16: aquest estàndard pertany a la tecnologia WiMAX, que és la que permet oferir serveis de banda ampla en zones rurals o en zones on les tecnologies habituals no es poden implementar, ja sigui per impediments naturals com per impediments econòmics.

4.1 IEEE 802.11b/g/n Wireless Fidelity

Wi-Fi és una marca per a un conjunt d'estàndards de compatibilitat per a comunicacions per a xarxes locals sense fils (WLAN). Es basa en els estàndards oberts 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n establerts per IEEE

La següent taula mostra les especificacions de cada estandard.

802.11	Data	Freq (GHz)	Tasa Max	Modulació
-	06/1997	2.4	2	DSSS
a	09/1999	5	54	OFDM
b	09/1999	2.4	11	DSSS
g	06/2003	2.4	54	OFDM
n	11/2009	2.4 - 5	600	OFDM
y	11/2008	3.7	54	OFDM

Taula 4.2 Estàndards IEEE 802.11 (2)

Limitacions tecnològiques de la família 802.11

Independentment de la banda de freqüència en què treballen, tots els estàndards de la subfamília 802.11 comparteixen algunes limitacions que és convenient conèixer abans de prendre una decisió sobre cobertures, abast o velocitats que es poden assolir.

- **Abast:** Comercialment es parla típicament d'un abast de fins a 100 metres, aquesta dada depèn, en primer lloc, de la ubicació i de la presència d'obstacles en el camí entre el punt d'accés i el terminal, i en segon lloc, de les condicions meteorològiques i de les interferències. així, en espai obert, amb bones condicions meteorològiques i antenes exteriors dels terminals, aquest abast pot ser bastant superior. Però, a l'interior d'un edifici, on les parets representen un obstacle molt important, la distància serà notablement inferior. Així mateix, si hi ha altres xarxes Wi-Fi properes, o senzillament altres fonts d'interferències, és també molt probable que les distàncies disminueixin.

- **Ample de banda:** Nominalment, els diferents estàndards poden assolir, físicament les velocitats esmentades als estàndards. Ara bé, a causa de l'efecte dels protocols necessaris per transportar la informació d'usuari sobre el canal aeri, la velocitat útil és molt menor. A més, en funció de les condicions de l'entorn i, per tant, de la qualitat de cada comunicació entre un terminal i el punt d'accés, l'amplada de banda d'aquesta comunicació s'adapta, per tal d'utilitzar codificacions més robustes davant interferències i / o errors. És per això que de vegades ens trobem amb una connexió amb el punt d'accés d'11 Mbps, altres a 5 Mbps, en 2 Mbps o, fins i tot, en 1 Mbps

- **Qualitat de servei:** No tot el trànsit té la mateixa importància des del punt de vista de cada usuari. Així, es pot considerar que una trucada de VoIP hauria de tenir prioritat sobre una transferència de fitxers. Els protocols més estesos de Wi-Fi, no inclouen cap mecanisme per prioritzar un tipus de trànsit sobre l'altre, la qual cosa resulta molt perjudicial quan es barregen fluxos de trànsit amb requeriments molt diferents, com veu i dades. La conseqüència és que Wi-Fi és poc adequat per transportar trànsit exigent en termes de qualitat, com VoIP, no tant per que no funcioni adequadament, com perquè no es pot garantir quan i en quines condicions funcionarà.

- **Seguretat:** Al principi, les xarxes Wi-Fi no presentaven mecanismes de seguretat molt sofisticats, ja que l'èmfasi es va posar en com transmetre dades sobre l'aire, que era un desafiament tecnològic més urgent. Amb l'èxit d'aquesta tecnologia, però, i la publicació de les debilitats dels mecanismes de seguretat originals, es va fer necessari introduir millores en aquest aspecte. De fet, la falta de seguretat d'aquestes xarxes, tot i que molt exagerada en la ment de l'opinió pública, és un dels seus grans detractors. 802.11i resol la majoria de les debilitats originals, fins al punt de fer-les comparables en seguretat a les xarxes fixes.

- **Mobilitat:** Popularment, es considera que les xarxes Wi-Fi són mòbils, ja que no cal connectar-se des d'una ubicació fixa per accedir als serveis que ens ofereix, i a més es pot anar caminant i navegant per Internet o llegint el correu electrònic a la vegada. Estrictament parlant, això es considera itinerància, i no mobilitat. De fet, no és possible utilitzar una xarxa Wi-Fi des d'un vehicle en moviment a velocitat normal, per raons físiques associades a la velocitat. A més, fins i tot quan ens movem a baixa velocitat (caminant), a causa de l'escàs abast de cobertura d'un punt

d'accés, ràpidament hem d'establir connexió amb un altre punt de accés, la qual cosa implica "saltar" de l'un a l'altre. També en aquest aspecte el estàndard presenta deficiències que poden fer que perdem breument la connexió i fins i tot hàgim de tornar a connectar manualment. per compensar ambdues restriccions.

4.2 IEEE 802.16 WiMax

WiMAX és un estàndard de transmissió de dades que utilitza les ones de ràdio en les freqüències de 2,3 a 3,5 GHz. És una tecnologia dins de les conegudes com a tecnologies d'última milla, o també conegudes com bucle local, que permet la recepció de dades per microones i retransmissió per ones de ràdio. El protocol que caracteritza aquesta tecnologia és el IEEE 802.16. Un dels avantatges és donar serveis de banda ampla en zones on el desplegament de cable o fibra, per la baixa densitat de població, presenta uns costos per usuari molt elevats.

L'únic organisme habilitat per a certificar el compliment de l'estàndard es el Wimax Forum; tot maquinari que no compti amb aquesta certificació, no pot garantir la seva interoperabilitat amb d'altres productes.

Hi ha un altre tipus d'equipament (no estàndard) que utilitza freqüència lliure de llicència de 5,4 GHz, tots, per a accés fix. Si bé, en aquest cas, es tracta de maquinari que no són interoperatius entre diferents fabricants (Pre Wimax, fins i tot 802.11a)

Existeixen plans per desenvolupar perfils de certificació i d'interoperabilitat per a equips que compleixin l'estàndard IEEE 802.16e (el que possibilitarà mobilitat), així com una solució completa, per a l'estructura de xarxa, que integri tant l'accés fix com el mòbil. Es preveu el desenvolupament de perfils per a entorn mòbil a les freqüències amb llicència en 2,3 i 2,5 GHz.

Actualment, hi ha dues variant que es recullen dins de l'estàndard 802.16. Aquestes són:

- 802.16d , d'accés fix, en la qual s'estableix un enllaç ràdio entre l'estació base i un equip d'usuari situat al domicili de l'usuari. Per l'entorn fix, les velocitats teòriques màximes que es poden obtenir són de 70 Mbps, amb un ample de banda de 20 MHz, però, en entorns reals s'han

aconseguit velocitats de 20 Mbps amb un radi de cèl·lula de fins a 6 km, on l'ample de banda és compartit per tots els usuaris de la cèl·lula.

- 802.16e , de mobilitat completa, que permet el desplaçament de l'usuari d'una manera similar al que es pot donar en GSM / UMTS, encara no es troba desenvolupat i actualment competeix amb les tecnologies LTE (Long Term Evolution), (basades en femtocèl·lules, connectades mitjançant cable), per a ser l'alternativa de les operadores de telecomunicacions que aposten pels serveis en mobilitat. Aquest estàndard, en la seva variant "no llicenciat", competeix amb el WiFi IEEE 802.11n, ja que la majoria dels portàtils i dispositius mòbils, comencen a estar dotats d'aquest tipus de connectivitat (principalment els de la signatura Intel).

Característiques de WIMAX

- Distàncies de fins a 80 quilòmetres, amb antenes molt direccionals i d'alt guany.
- Velocitats de fins a 75 Mbps, 35 + 35 Mbps, sempre que l'espectre estigui completament net.
- Facilitats per afegir més canals, depenent de la regulació de cada país.
- Amples de banda configurables i no tancats, subjectes a la relació d'espectre.
- Permet dividir el canal de comunicació en petites suportadores

Estàndard	Descripció
802.16	Utilitza espectre llicenciat en el rang de 10 a 66 GHz, necessita línia de visió directa, amb una capacitat de fins a 134 Mbps en cel de 2 a 5 milles. Suporta qualitat de servei.
802.16a	Ampliació de l'estàndard 802.16 cap bandes de 2 a 11 GHz, amb sistemes NLOS i ELS, i protocol PTP i PTMP.
802.16c	Ampliació de l'estàndard 802.16

	per definir les característiques i especificacions a la banda de 10-66 GHz.
802.16d	Revisió del 802.16 i 802.16a per afegir els perfils aprovats pel WiMAX Forum.
802.16e	Extensió del 802.16 que inclou la connexió de banda ampla nòmada per a elements portàtils de l'estil dels notebooks.
802.16m	Extensió del 802.16 que promet lliurament de dades a velocitat teòrica d'1 GB.

Taula 4.3 Estandards IEEE 802.16

4.3 Determinació d'atenuacions

Càlculs Fase 1:

Atenuacions:

Per a determinar les atenuacions dels enllaços entre BT aplicarem la fórmula d'espai lliure, ja que no es presenten edificis de gran altura, per tant, la fórmula a aplicar es la següent:

$$20\log\frac{4\pi \cdot d}{\lambda}$$

CC <-> BTS1

$$d = 382m$$

$$v = c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

$$f = 2,4GHz = 2,4 \cdot 10^9 Hz$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 10^9}$$

$$20\log\frac{4\pi \cdot 382}{\frac{3 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 10^9}} = 91,6872$$

Estimarem que la potència de sortida de l'aparell emissor son 100mW, que corresponen a 20dB.

Per tant, al resultat anterior haurem de sumar aquest valor.

$$-91,6872 + 20 = -71,6872 \text{ dBm}$$

Per últim, faltaria per afegir el guany que proporcionen les antenes (emissora i receptora)

Com ja em indicat abans, les antenes que utilitzarem proporcionen un guany de 19dB, per tant

$$-71,6872 + 19 + 19 = -33,6872 \text{ dBm} \approx -34 \text{ dBm}$$

CC <-> BTS2

$$d = 505m$$

$$v = c = 3 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$$

$$f = 2,4\text{GHz} = 2,4 \cdot 10^9\text{Hz}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 10^9}$$

$$20\log \frac{4\pi \cdot 505}{\frac{3 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 10^9}} = 94,1111$$

Estimarem que la potencia de sortida de l'aparell emissor son 100mW, que corresponen a 20dB.

Per tant, al resultat anterior haurem de sumar aquest valor.

$$-94,1111 + 20 = -74,1111 \text{ dBm}$$

Per últim, faltaria per afegir el guany que proporcionen les antenes (emissora i receptora)

Com ja em indicat abans, les antenes que utilitzarem proporcionen un guany de 19dB, per tant

$$-74,1111 + 19 + 19 = -36,1111\text{dBm} \approx -36\text{dBm}$$

CC <-> BTS3

$$d = 770\text{m}$$

$$v = c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$f = 2,4\text{GHz} = 2,4 \cdot 10^9\text{Hz}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 10^9}$$

$$20\log \frac{4\pi \cdot 770}{\frac{3 \cdot 10^8}{2,4 \cdot 10^9}} = -97,7758 \text{ dBm}$$

Estimarem que la potencia de sortida de l'aparell emissor son 100mW, que corresponen a 20dB.

Per tant, al resultat anterior haurem de sumar aquest valor.

$$-97,7758 + 20 = -77,7758 \text{ dBm}$$

Per últim, faltaria per afegir el guany que proporcionen les antenes (emissora i receptora)

Com ja em indicat abans, les antenes que utilitzarem proporcionen un guany de 19dB, per tant:

$$-77,7758 + 19 + 19 = -39,7758\text{dBm} \approx -40\text{dBm}$$

Càlculs de la zona de cobertura dels BT

Primer calcularem les perdudes per propagació a 250m d'un BT segons la formula de Friss, per a una freqüència equivalent al canal central de la banda de 2,4GHz

$$L_p = 92,45 + 20 \log_{10}(F) + 20 \log_{10}(d)$$

L_p = Perduda per propagacio a l'espai lliure

F = Frecuencia (GHz)

d = Distancia (km)

k = Variable que depen de les unitats emprades

$$L_p = 92,45 + 20 \log_{10}(2,45) + 20 \log_{10}(0,250)$$

$$L_p = -88,19$$

Càlcul de la potencia de recepció amb la màxima potencia de transmissió i mínim guany de recepció

$$PR_x = PT_x + GT_x + GR_x - LB - LF - LP$$

PR_x = Potència de recepció

PT_x = Potència de transmissió

GT_x = Guany de la antena transmisora

GR_x = Guany de la antena receptora

L_b = Perduda del circuit d'acoplament

L_f = Perduda de l'alimentador de l'antena

L_p = Perduda per propagacio a l'espai lliure

$$PR_x = 20 + 16 + 0 - 0,5 - 0,5 - 88,19$$

$$PR_x = -52,69 \text{ dBm}$$

Càlcul de la potència de recepció amb la mínima potència de transmissió i mínim guany de recepció

PRx = Potència de recepció

PTx = Potència de transmissió

GTx = Guany de la antena transmissora

GRx = Guany de la antena receptora

Lb = Perduda del circuit d'acoplament

Lf = Perduda de l'alimentador de l'antena

Lp = Perduda per propagació a l'espai lliure

$$PRx = PTx + GTx + GRx - LB - LF - LP$$

$$PRx = 1 + 16 + 0 - 0,5 - 0,5 - 88,19$$

$$PRx = -72,19 \text{ dBm}$$

A continuació es calcularà el "magen umbral" per a màxima potència tenint en compte que la sensibilitat de recepció típica d'un usuària esta en -80dBm

$$MUmbral = PRx - S$$

PRx = Potència de recepció

S = Sensibilitat

$$MUmbral = -52,69 - (-80) = 27,31$$

A continuació es calcularà el "magen umbral" per a mínima potència tenint en compte que la sensibilitat de recepció típica d'un usuària esta en -80dBm

$$MUmbral = PRx - S$$

PRx = Potència de recepció

S = Sensibilitat

$$MUmbral = -72,19 - (-80) = 7,81$$

Després d'analitzar els càlculs anteriors podem concloure que el plantejament teòric dels enllaços entre BTS i CC i entre BTS i client son totalment viables per a la Fase 1.

Càlculs Fase 2:

Aquesta fase consta de dotar d'una connexió sense fils al barri de la Raval de Crist que també pertany al terme municipal de Roquetes.

Per a dur a terme aquesta fase la hem dividit en dues parts.

- Enllaç punt a punt entre l'ajuntament i el centre de salut de la Raval de Crist.
- Dotació de la connexió

Enllaç punt a punt;

S'usarà tecnologia WiMax, en la banda lliure dels 5,4GHz, amb dues antenes direccionals, una situada a L'ajuntament de Roquetes i l'altra al centre de salut de la Raval de Crist, entre els quals es disposa de visió directa, com es mostra a la següent figura.



Taula 4.1 Distribució Fase 2 (2)

Estació	Ubicació	Distància CC	Coordenades
Centre de control (CC)	Ajuntament		40° 49' 06,44"N 0° 30' 11,06"E
BTSC	Centre de Salut	1230m	40° 48' 33,63"N 0° 29' 41,61"E

Figura 4.2 Distàncies Fase 2 (2)

El mapa de pendent de l'espai contigut entre els dos punts es el següent:



Figura 4.3 Desnivell Fase 2

$$r = 17,32 \cdot \sqrt{\frac{(d1 \cdot d2)}{(d \cdot f)}}$$

- r = Radi de la primera zona Fresnel (m)
- $d1$ = Distancia desde la primera antena a l'obstacle (km)
- $d2$ = Distancia desde la segona antena a l'obstacle (km)
- d = Distancia total de l'enllaç (km)
- f = Frecuencia (GHz)

$$r = 17,32 \cdot \sqrt{\frac{(0,380 \cdot 0,850)}{(1,230 \cdot 5,4)}}$$

$$r = 3,81m$$

Segons el radi obtingut, l'altura mínima entre l'obstacle i la primera zona Fresnel ha de ser de 3,81m.

La següent figura mostra gràficament la primera zona Fresnel.

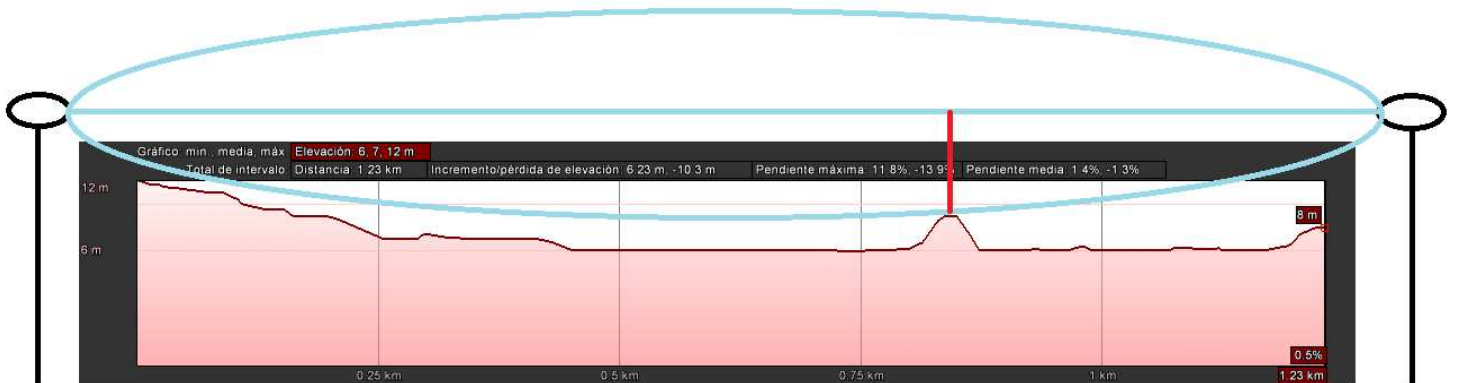


Figura 4.4 Fresnel Fase 2

Càlcul d'atenuacions en l'espai lliure segons formula de Friss

$$L_p = 92,45 + 20 \log_{10}(F) + 20 \log_{10}(d)$$

L_p = Perduda per propagacio a l'espai lliure

F = Frecuencia (GHz)

d = Distancia (km)

k = Variable que depen de les unitats emprades

$$L_p = 92,45 + 20 \log_{10}(5,4) + 20 \log_{10}(1,230)$$

$$L_p = -108,8459 \text{ dBm}$$

Que sumant els guanys de les antenes emissora i receptora i el guany de sortida quedaria el següent:

$$-108,8459 + 19 + 19 + 20 = 50,8489$$

Calculem la potencia de recepció per a l'enllaç

PR_x = Potència de recepció

PT_x = Potència de transmissió

GT_x = Guany de la antena transmissora

GR_x = Guany de la antena receptora

L_b = Perduda del circuit d'acoplament

L_f = Perduda de l'alimentador de l'antena

L_p = Perduda per propagacio a l'espai lliure

$$PR_x = PT_x + GT_x + GR_x - L_b - L_f - L_p$$

$$PR_x = 20 + 19 + 19 - 0,5 - 0,5 - 108,8459$$

$$PR_x = -51,84 \text{ dBm}$$

Conclusió: l'enllaç es totalment viable.

4.4 Simulacions

Per tal de poder contrastar els càlculs realitzats, hem seleccionat el software de simulació de radio enllaços Radio Mobile.

Aquest software ens permet introduir la estructura de la xarxa y realitzar els càlculs dels radio enllaços requerits, així com els càlculs de les zones de cobertura de les estacions base tenint en compte l'orografia del terreny, la climatologia i altres factors associats a la zona geogràfica en la que treballem.

Per a simular les zones de cobertura del Centre de Control, BTS1, BTS2 y BTS3 hem introduït les dades corresponents als càlculs realitzats en l'apartat anterior i hem seleccionat un rang de senyal dels -107 als -67 dBm.

La següent figura correspon al resultat de la simulació:

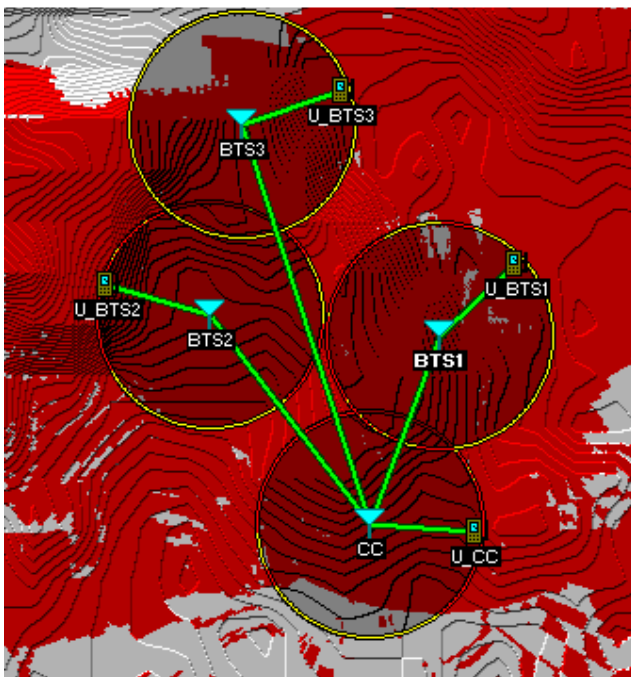


Figura 4.5 Simulació zones de cobertura

Els dispositius marcats com U_XXX, corresponen a un usuari a 250 mts del AP de la cel·la a la que correspon, seguint les mateixes distàncies que havíem assolit en l'anterior apartat.

Aquesta simulació ratifica els resultats obtinguts en els càlculs d'atenuacions, ja que determina que un usuari a 250mts d'un AP rebria dels -107 als -67 dBm de senyal.

Per a contrastar els càlculs dels radio enllaços entre el CC i els BTS s'han simulat amb Radio Mobile, tenint en compte les mateixes dades introduïdes per a realitzar els càlculs d'atenuacions i obtenim els següents resultats.

Enllaç entre CC i BTS1

Azimut=20,39°	Ang. de elevación=-0,022°	Despeje a 0,18km	Peor Fresnel=9,4F1	Distancia=0,36km
Espacio Libre=91,3 dB	Obstrucción=-4,6 dB TR	Urbano=1,0 dB	Bosque=0,0 dB	Estadísticas=6,4 dB
Pérdidas=94,2dB (4)	Campo E=101,4dBμV/m	Nivel Rx=-22,9dBm	Nivel Rx=1,60E+4μV	Rx relativo=84,1dB

Figura 4.6 Simulació Enllaç CC-BTS1

Enllaç entre CC i BTS2

Azimut=322,67°	Ang. de elevación=0,568°	Despeje a 0,21km	Peor Fresnel=9,7F1	Distancia=0,48km
Espacio Libre=93,7 dB	Obstrucción=-5,8 dB TR	Urbano=0,0 dB	Bosque=0,0 dB	Estadísticas=6,4 dB
Pérdidas=94,3dB (4)	Campo E=101,2dBμV/m	Nivel Rx=-23,1dBm	Nivel Rx=1,57E+4μV	Rx relativo=83,9dB

Figura 4.7 Simulació Enllaç CC-BTS2

Enllaç entre CC i BTS3

Azimut=342,21°	Ang. de elevación=1,105°	Despeje a 0,35km	Peor Fresnel=9,6F1	Distancia=0,75km
Espacio Libre=97,7 dB	Obstrucción=-4,4 dB TR	Urbano=0,0 dB	Bosque=0,0 dB	Estadísticas=6,4 dB
Pérdidas=99,7dB (4)	Campo E=95,9dBμV/m	Nivel Rx=-28,4dBm	Nivel Rx=8496,15μV	Rx relativo=78,6dB

Figura 4.8 Simulació Enllaç CC-BTS3

En les simulacions amb Radio Mobile han estat possibles amb èxit tots els enllaços, el que contrasta amb els càlculs d'atenuacions realitzats en l'anterior apartat.

També podem observar que aquest software ens facilita l'azimut i l'angle d'elevació que son prou importants a tenir en compte de cara a la implementació del sistema.

4.5 Diagrames de Xarxa

De cara a la implantació de les xarxes es necessari tenir clara la topologia de la xarxa i tenir un esquema d'aquesta per a poder seguir-lo a l'hora d'implantar.

L'estructura de la xarxa de la fase 1 seria la següent:

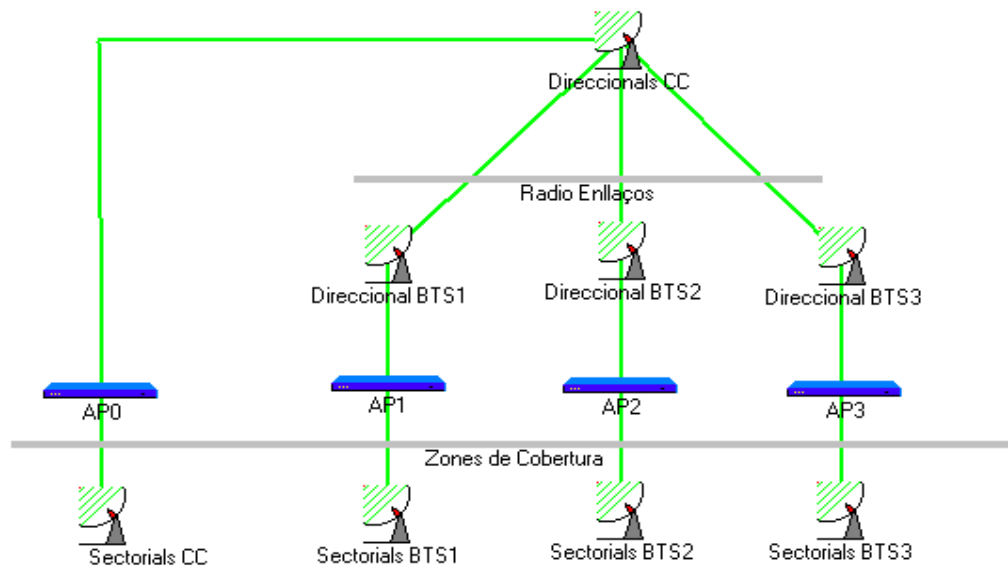


Figura 4.9 Esquema xarxa fase 1

A la fase 2, en quant a l'enllaç WiMax, l'estructura de la xarxa seria la següent:

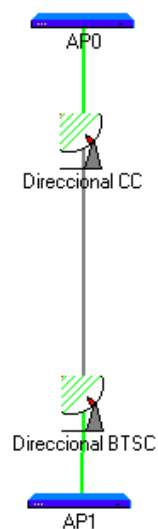


Figura 4.10 Esquema xarxa fase 2

4.6 Configuració d'equips

En els radio enllaços punt a punt d'ambdues fases s'hauran de configurar dos AP amb dues antenes direccionals en cada extrem.

Els AP hauran de configurar-se un en mode Punt d'Accés, que serà en tots els casos l'AP que es troba ubicat al CC, i l'altre en mode client.

Amb les dades de les simulacions es donen els paràmetres de direcció, angle d'inclinació i azimuth òptims per a la configuració de les antenes de ambdós extrems en cada enllaç.

Per a la connexió de les antenes amb els AP es necessària la utilització de cable coaxial de baixa pèrdua, la següent taula mostra diferents tipus de cable comercial amb les seues pèrdues

Tipo de cable	Perdida 802.11b/g (2.4GHz) dB/1m
LMR-100	1.3 dB por metro
LMR-195	0.62 dB por metro
LMR-200	0.542 dB por metro
LMR-240	0.415 dB por metro
LMR-300	0.34 dB por metro
LMR-400	0.217 dB por metro
LMR-500	0.18 dB por metro
LMR-600	0.142 dB por metro
LMR-900	0.096 dB por metro
LMR-1200	0.073 dB por metro
LMR-1700	0.055 dB por metro
RG-58	1.056 dB por metro
RG-8X	0.758 dB por metro
RG-213/214	0.499dB por metro
9913	0.253 dB por metro
3/8" LDF	0.194 dB por metro
1/2" LDF	0.128 dB por metro
7/8" LDF	0.075 dB por metro
1 1/4" LDF	0.056 dB por metro
1 5/8" LDF	0.046 dB por metro
1 5/8" LDF	0.046 dB por metro

Figura 4.11 Pèrdues cable coaxial

A les zones de cobertura, haurem de configurar els AP en mode punt d'accés, aquest seran els que controlin l'accés dels usuaris a la xarxa, aquests també hauran d'anar connectats a les antenes sectorials dels BTS. Aquests hauran de configurar-se amb les dades establertes en les seccions anteriors, referents als càlculs d'atenuacions on son determinades també les potencies de sortida, etc...

4.7 Dispositius Requerits

Per dur a terme la implantació de les xarxes dissenyades en aquest projecte s'han analitzat diversos dispositius funcionals que complirien els requisits necessaris per a dur a terme aquestes implantacions, es detallen a continuació.

Fase 1:

Per als radio enllaços entre el centre de control y les estacions base hem seleccionat els següents dispositius:

Panell direccional ELBOXRF



Figura 4.12 Antena Direccional 2,4GHz

Aquest panell funciona en banda de 2,4GHz i ens ofereix 19dB de guany
Les característiques tècniques s'especifiquen a l'annex.

Per a les zones de cobertura s'han escollit els següents dispositius.

AirMax AM-2A15-120



Figura 4.13 Antena Sectorial 2,4GHz

Aquesta antena sectorial funciona en banda de 2,4GHz, ens ofereix 18dB de guany i un camp de radiació de 120°. Combinant 3 d'aquestes antenes obtenim un camp de radiació de 360°

Les característiques tècniques, així com els mapes de radiació es poden consultar a l'Annex 1.

Finalment, tant a les estacions base com al centre de control hem de comptar amb un dispositiu que realitzi la funció de punt d'accés, per a aquest fi hem seleccionat el següent dispositiu OAP-310agn del fabricant LANCOM.



Figura 4.14 AP Fase 1

Les característiques tècniques d'aquest dispositiu poden consultarse a l'Annex 1.

Fase 2:

A la segona fase fem us d'un radio enllaç mitjançant tecnologia WiMax entre el centre de control i la estació base de la Raval de Crist.

Per a aquest enllaç hem seleccionat els següents components.

Tsunami QB 8150

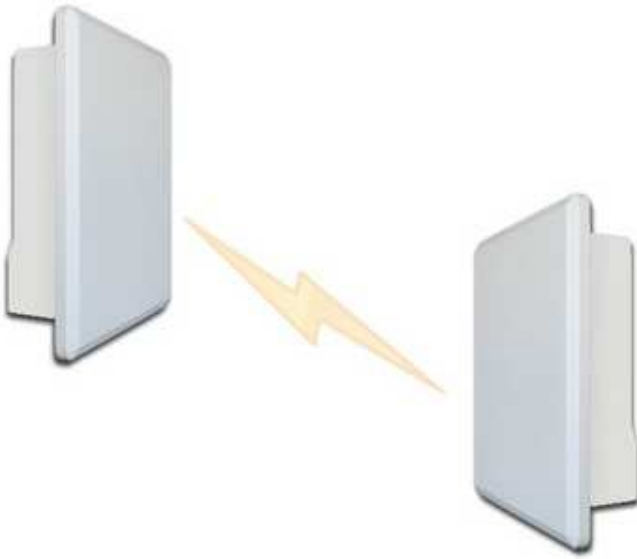


Figura 4.15 Enllaç WiMax

Aquest dispositiu funciona en la banda dels 5GHz i esta especialment dissenyat per a funcionar sota tecnologia WiMax.

El propi component integra una antena planar direccional i un punt d'accés configurable en diversos modes per a realitzar l'enllaç punt a punt entre els dos dispositius.

Capítol 5. Seguretat

Al configurar els equips caldrà tenir en compte certs aspectes de seguretat que son imprescindibles per a garantir la integritat de les dades que viatgin per les xarxes sense fils.

En la tecnologia **Wi-Fi** s'utilitzen 3 habitualment mètodes d'encryptació predominants, WEP, WPA i WPA2

Protocol WEP (Wired Equivalent Privacy) va ser el primer protocol d'encryptació introduït en el primer estàndard IEEE 802.11 allà per 1999. Està basat en l'algoritme d'encryptació RC4, amb una clau secreta de 40 o 104 bits, combinada amb un Vector d'Inicialització (IV) de 24 bits per xifrar el missatge de text M i la seva checksum - l'ICV (Integrity Check Value). El missatge encriptat C es determinava utilitzant la fórmula:

$$C = [M \parallel ICV(M)] + [RC4(K \parallel IV)]$$

El protocol WEP no va ser creat per experts en seguretat o criptografia, així que aviat es va demostrar que era vulnerable davant els problemes RC4 descrits per David Wagner. El 2001, Scott Fluhrer, Itsik Mantin i Adi Shamir van publicar el seu famós article sobre WEP, mostrant dos vulnerabilitats en l'algoritme de encryptació: debilitats de no-variació i atacs IV coneguts. Tots dos atacs es basen en el fet que per a certs valors de clau és possible que els bits en els bytes inicials del flux de clau depenguin tan sols d'uns pocs bits de la clau d'encryptació (encara que normalment cada bit d'un flux de clau té una possibilitat del 50% de ser diferent de l'anterior).

Protocol WPA/WPA2, Basat en servidors d'autenticació (normalment servidors Radius (Remote Authentication Dial-In User Server)), en la qual és el servidor d'autenticació l'encarregat de distribuir claus diferents entre els usuaris. Al principi la encryptació WPA es va crear per ser utilitzada en aquest sistema.

Aquest tipus d'enciptació no només és utilitzat per les connexions Wifi, sinó també per un altre tipus de connexions que requereixen una autenticació. Es pot utilitzar també sense necessitat d'un servidor d'autenticació, fent conjuntament us del protocol PSK (Pre-Shared-Key) que fa possible l' utilització de WPA amb una clau compartida.

Ara be, aquest protocol nomes s'encarrega de l'autenticació dels usuaris, per tant s'utilitza conjuntament amb protocols d'enciptació, generalment TKIP o AES

TKIP

Denominat Protocol dominant temporal d'integritat (Temporal Key Integrity Protocol) també és conegut com hashing de clau WEP WPA, el seu objectiu és millorar la protecció, que ha deixat molt a desitjar el protocol WEP, per la seva fàcil intrusió.

TKIP funciona de la següent manera:

Genera una clau temporal (hashing), aquesta clau és compartida entre l'AP i el client, llavors TKIP utilitza el hashing i la MAC del client per combinar-los, també inclou la clau del vector d'inicialització de 16 octets generat, amb tot això xifra els dades.

Cal tenir en compte que la clau WPA-TKIP va ser reemplaçada després de 10000 paquets.

TKIP es basa en l'algoritme de RC4:

- Amb vector d'inicialització (IV) de 48 bits
- Claus diferents i dinàmiques per a cada usuari
- Una clau diferent per a cada paquet d'enviament

L' AES (Advanced Encryption Standard), també conegut com Rijndael, és un esquema de xifrat per blocs adoptat com un estàndard de xifrat pel govern dels Estats Units. S'espera que sigui utilitzat en el món sencer i analitzat exhaustivament, com va ser el cas del seu predecessor, el Data Encryption Standard (DES).

Estrictament parlant, AES no és precisament Rijndael (encara que en la pràctica se'ls diu de manera indistinta) ja que Rijndael permet un major rang de mida de blocs i longitud de claus; AES té una mida de bloc fix de 128 bits i mides de

clau de 128, 192 o 256 bits, mentre que Rijndael pot ser especificat per una clau que sigui múltiple de 32 bits, amb un mínim de 128 bits i un màxim de 256 bits.

La majoria dels càlculs de l'algorisme AES es fan en un camp finit determinat. AES opera en una matriu de 4×4 bytes, anomenada *state*.

La estructura que té AES és:

- Expansió de la clau usant l'esquema de claus de Rijndael.
- Etapa inicial:
 1. AddRoundKey
- Rondes:
 1. SubBytes - en aquest pas es realitza una substitució no lineal on cada byte és reemplaçat amb un altre d'acord amb una taula de cerca.
 2. ShiftRows - en aquest pas es realitza una transposició on cada fila de l'«state» és rotat de manera cíclica un nombre determinat de vegades.
 3. MixColumns - operació de barreja que opera a les columnes de l'«state», combinant els quatre bytes en cada columna utilitzant una transformació lineal.
 4. AddRoundKey - cada byte de l'«state» és combinat amb la clau «round»; cada clau «round» es deriva de la clau de xifrat utilitzant una iteració de la clau.
- Etapa final:
 1. SubBytes
 2. ShiftRows
 3. AddRoundKey

WiMAX utilitza els algorismes d'enciptació 3DES basat amb DES (data encryption standard) i AES (Advanced Encryption Standard).

El DES (Data Encryption Standard) és un mètode de xifratge de dades. El 1976, la Federal Information Processing Standard (FIPS) el va seleccionar com a mètode oficial als Estats Units, i més tard el seu ús s'ha estès arreu del món. L'algorisme va ser motiu de controvèrsia per tres motius: perquè en el seu disseny hi havia elements classificats com a informació confidencial, perquè tenia una clau relativament curta, i perquè es sospitava que la National

Security Agency (NSA) dels Estats Units tenia una porta falsa per desxifrar-lo. En conseqüència, el DES va ser sotmès a un estudi i una anàlisi acadèmica molt intensos que van impulsar el coneixement modern del xifratge per blocs i la seva criptoanàlisi.

Avui es considera que el DES no és segur per moltes aplicacions, principalment perquè la mida de la clau de 56 bits és massa petita. Es creu que en la forma de Triple DES l'algorisme és pràcticament segur, tot i que, en teoria, els atacs continuen sent possibles. En els últims anys, aquest xifratge ha estat superat per l' AES (Advanced Encryption Standard).

El DES és el xifratge per bloc arquetípic: un algorisme que agafa una cadena de bits de text clar amb una longitud fixa i que, a través d'una sèrie d'operacions complicades, la transforma en un altre text xifrat de la mateixa longitud. En el cas del DES, la mida del bloc és de 64 bits. El DES també fa servir una clau per personalitzar la transformació, de manera que, en teoria, només poden desxifrar l'algorisme les persones que coneixen la clau concreta que s'ha fet servir per al xifratge. La clau aparentment és de 64 bits, però de fet l'algorisme en fa servir només 56. Els altres vuit bits només s'utilitzen per verificar la paritat i després es descarten. Per tant, la longitud efectiva de la clau és de 56 bits, i aquesta és la manera més habitual de referir-s'hi.

Com passa amb els altres xifratges per bloc, el DES en si mateix no és un sistema de xifratge segur, perquè cal que l'emissor i el receptor comparteixin una mateixa clau i el sistema no garanteix un mètode segur per enviar-la; per això s'ha de fer servir en un mode d'operació.

El 3DES és un algorisme de xifratge simètric que encadena 3 aplicacions successives de l'algorisme DES sobre el mateix bloc de dades de 64 bits, amb 2 o 3 claus DES diferents. Aquesta forma de fer servir tres xifratges DES ha estat desenvolupada per Walter Tuchman (cap del projecte DES a IBM). Aquesta fa servir un xifratge, seguit d'un desxiframent, per concloure de nou amb un xifratge.

El Triple DES, generalment, es fa servir només amb dues claus diferents. El mode estàndard és fer-lo servir en mode EDE (Encryption, Decryption, Encryption , és a dir Xifratge, Desxiframent, Xifratge) el que el fa compatible amb DES quan s'utilitzen tres vegades la mateixa clau. En el cas d'una

implementació per maquinari això permet fer servir el mateix component respecte l'estàndard DES i l'estàndard Triple DES.

Fase 1

Per a la primera fase, el més adient seria utilitzar WPA amb xifratge AES, per tal que l'ajuntament pugui controlar i acotar la connexió a la xarxa mitjançant el cens de la població.

Així, doncs, mitjançant un servidor d'autenticació es pot delimitar l'accés als ciutadans de Roquetes.

Fase 2

A la segona fase hem de tenir en compte l'enllaç punt a punt via WiMax, en aquest enllaç utilitzarem encriptació AES.

Essent un enllaç punt a punt, amb antenes direccionals, la senyal no es irradiada a una gran zona, per tant, no hi ha gran possibilitat de que terceres persones intenten connectar-se.

Capítol 6. Valoració i viabilitat econòmica

6.1 Valoració econòmica (Costos)

Fase 1

A continuació es valoraran els costos aproximats corresponents als elements necessaris per a la implantació de la xarxa.

Concepte	Cost
Materials de xarxa	
Enllaços WiFi	2.500
Punts d'accés + Antenes Sectorials	14.750
Total Materials	17.250
Ma d'obra	
Ma d'obra	3.500
Total Ma d'obra	3.500
Altres Materials	
Cables, connectors, mastils, adaptadors PoE, etc...	5000
Total altres materials	5000
TOTAL	25.750

Taula 6.1 Costos Fase 1

Fase 2

Concepte	Cost
Materials de xarxa	
Enllaç WiMax	3.050
Punts d'accés + Antenes Sectorials	3.550
Total Materials	6.600
Ma d'obra	
Ma d'obra	1.500
Total Ma d'obra	1.500
Altres Materials	
Cables, connectors, mastils, adaptadors PoE, etc...	2.000
Total altres materials	2.000
TOTAL	10.100

Taula 6.2 Costos Fase 2

6.2 Viabilitat econòmica

Com en qualsevol altre tipus de projecte, es de vital importància saber si la implantació d'aquest produirà beneficis o no.

En el nostre cas, tant la implantació de la fase 1 com la de la fase 2 tot depèn de l'enfocament que l'ajuntament vulgui donar-li.

Podria donar-se el cas de que l'ajuntament vulgues oferir un servei gratuït, per tant, en aquest cas no existiria benefici per a l'organisme. Aquest tipus de serveis avui en dia s'ofereixen a moltes poblacions, no sols de Catalunya si no també de la resta de l'estat Espanyol.

Si l'ajuntament decideix cobrar per aquest servei, primer s'hauria de buscar l'ISP que mes convingui, ja que en aquest cas l'ISP jugarà un paper principal.

Per a la realització d'aquest TFC no s'han trobat dades reals contrastables de preus d'un ISP per a aquest tipus d'instal·lacions, però, si que podem fer una estimació. Podem estimar per tant que l'ISP s'endura aproximadament el 50% dels beneficis resultats de les quotes dels usuaris.

Ja que es tracta d'una instal·lació autònoma, que no necessita d'equips específics a la part del client, podem no cobrar una cuota en concepte d'alta, ja que no hi ha despesa derivada de les altes d'usuaris.

Per estimar el numero d'usuaris que podrien estar interessats en el servei, ja que no disposem d'enquestes o dades relacionades amb el tema, ens basarem en el numero de famílies que poden haver a Roquetes. Hi ha per tant 8270 habitants aproximadament, si prenem que una família mitja es compona de 4 integrants, obtenim aproximadament unes 2060 famílies, de les quals, agafarem com a referència el 10% per als càlculs del primer any, el 12% per als càlculs del segon any, el 14% per als càlculs del tercer any y el 16% per als càlculs del quart any y el 18% per als càlculs del cinquè any.

Per a estimar la cuota mensual de la connexió a Internet s'han tingut en compte ofertes de companyies que ofereixen serveis similars i depenent de l'ample de banda ofert, els preus oscil·len entre els 10 i els 25€ per a connexions estàndards, per tant, agafarem com a referència una mitja de 15€

Any 1 (15 € x 206 usuaris) x 12 mesos – 50% = **18.540,00 €**
Any 1 (15 € x 247 usuaris) x 12 mesos – 50% = **22.230,00 €**
Any 3 (15 € x 288 usuaris) x 12 mesos – 50% = **25.920,00 €**
Any 4 (15 € x 329 usuaris) x 12 mesos – 50% = **29.610,00 €**
Any 5 (15 € x 370 usuaris) x 12 mesos – 50% = **33.300,00 €**

Tindrem en compte una cuota de 4.000€ anuals en concepte de manteniment per les instal·lacions.

Any	Ingressos	Despeses	Flux caixa	Flux acumulat
1	18.540,00	- 35.850	-17.310	-17.310
2	22.230,00	- 4.000	920	920
3	25.920,00	- 4.000	21.920	22.840
4	29.610,00	- 4.000	25.610	48.450
5	33.300,00	- 4.000	29.300	77.750
Total		129.600		77.750€

Capítol 7. Conclusions

7. 1 Glossari

- **3DES:** algorisme de xifratge simètric que encadena 3 aplicacions successives de l'algorisme DES.
- **ADSL:** (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) és un protocol de la família DSL que permet la transmissió de dades a alta velocitat a través de línies telefòniques de courre tradicionals.
- **AES:** esquema de xifrat per blocs.
- **Bluetooth:** és una especificació industrial per les Xarxes d'Àmbit Personal (PAN, Personal Area Network) sense fil, bàsicament és refereix a què serveix per connectar els dispositius que es poden portar a sobre o a una distancia molt pròxima.
- **BTS:** (*base transceiver station*) estació base de transmissió.
- **Canal:** medi pel qual es transmet informació entre emissor i receptor.
- **CMT:** Comissió del Mercat de les Telecomunicacions.
- **CNAF:** Quadre Nacional d'Atribució de Freqüències
- **Delay** (retard): efecte de so que consisteix en la multiplicació i retard modulats d'un senyal sonor.
- **DES:** mètode de xifratge de dades.
- **DMZ:** (*Demilitarized Zone*) zona desmilitaritzada
- **Firewall:** veure **tallafocs**
- **Full de ruta:** és una planificació del desenvolupament d'una tasca amb els objectius a curt i llarg termini, i incloent-hi uns terminis aproximats de consecució de cadascun dels objectius. Se sol organitzar en fites, que són dates en què suposadament estarà finalitzat una part de la tasca.
- **Gain:** guany
- **GPRS:** (*General Packet Radio Service*) és el sistema que, afegit al GSM permet l'ús de la commutació de paquets. D'aquesta manera es millora la capacitat de la tecnologia mòbil 2G a l'hora de transmetre paquets de dades no vocals.
- **GSM:** El sistema global per a les comunicacions mòbils (**GSM**, prové del francès Groupe Spécial Mobile) és un sistema estàndard de telefonia mòbil digital.

- **GHz:** multiple del Hz que equival a mil milions d'Hz
- **Hz:** hertz, unitat de freqüència al sistema internacional.
- **Internet:** xarxa pública i global de computadors interconnectats mitjançant el protocol d'Internet
- **IP:** protocol no orientat a connexió usat tant per l'origen com per la destinació de la comunicació de dades a través d'una xarxa de paquets commutats.
- **Jitter:** canvi indesitjat i abrupte de la propietat d'un senyal.
- **Kbps:** kilobits per segon, unitat de mesura per calcular la velocitat de transferència d'informació a través d'una xarxa.
- **LAN:**(*Local Area Network*) xarxa informàtica caracteritzada pel seu caràcter 'local' o de curta distància.
- **LGT:** Llei General de les Telecomunicacions
- **LOPD:** Llei Orgànica de Protecció de Dades de caràcter personal
- **Mbps:** megabits per segon, unitat de mesura per calcular la velocitat de transferència d'informació a través d'una xarxa.
- **MHz:** multiple del Hz que equival a un milió d'Hz
- **Microones:** amb aquest terme, microones, s'identifiquen les ones electromagnètiques, la freqüència de les quals es troba compresa entre 300 MHz i 300 GHz, i la corresponent longitud d'ona és des d'1 m a 1 mm.
- **PAN:** (*Personal Area Network*) Xarxes d'Àmbit Personal
- **PDA:**(*Personal Digital Assistant*: assistent digital personal. Dispositiu portàtil amb diverses capacitats computacionals.
- **QoS:** (*Quality of Service*) qualitat de serveis. Conjunt de requisits que ha de complir un flux de dades pel que fa referència a la seva fiabilitat.
- **Radiofreqüència:** ones electromagnètiques amb una freqüència determinada, que són emprades en la radiocomunicació.
- **Sensibilitat:** potència mínima que ha de rebre un dispositiu mòbil per a què es pugui comunicar correctament.
- **RMS:** Reglament de Mesures de Seguretat
- **Tallafocs:** és un element de maquinari o programari utilitzat en una xarxa d'equips informàtics per controlar les comunicacions, permetent-les o prohibint-les, segons les polítiques de xarxa que ha definit l'organització responsable de la mateixa.

- **TFC:** Treball Fi de Carrera
- **UMTS:** és l'acrònim de *Universal Mobile Telecommunication System* o en català, Sistema Universal de Telecomunicacions Mòbils.
- **USB:** (*Universal Serial Bus*) bus universal en sèrie. Port que serveix per connectar perifèrics a un ordinador.
- **VoIP:** veu sobre IP. Tecnologia per tal de poder mantenir converses amb veu a Internet o a qualsevol xarxa IP.
- **Wifi:** marca per a un conjunt d'estàndards de compatibilitat per a comunicacions per a xarxes locals sense fils
- **WiMAX:** tecnologia que permet realitzar transmissions de dades sense fils a grans distàncies, amb grans amplituds de banda i sense necessitar línia de visió directa entre antenes.
- **WLAN:** (*Wireless Local Area Network*) sistema de comunicació de dades sense fils flexible, molt utilitzat com a alternativa a les xarxes LAN cablejades o com a extensió d'aquestes.
- **WMAN:** (*Wireless Metropolitan Area Networks*) sistema de comunicació de dades sense fil de gran abast.
- **Xarxa sense fils:** són aquelles que es comuniquen per un medi de transmissió no guiat (és a dir, sense cables) mitjançant ones electromagnètiques. Tant la transmissió com la recepció es realitza a través d'antenes.

7. 2 Annexos

Annex 1

Specifications

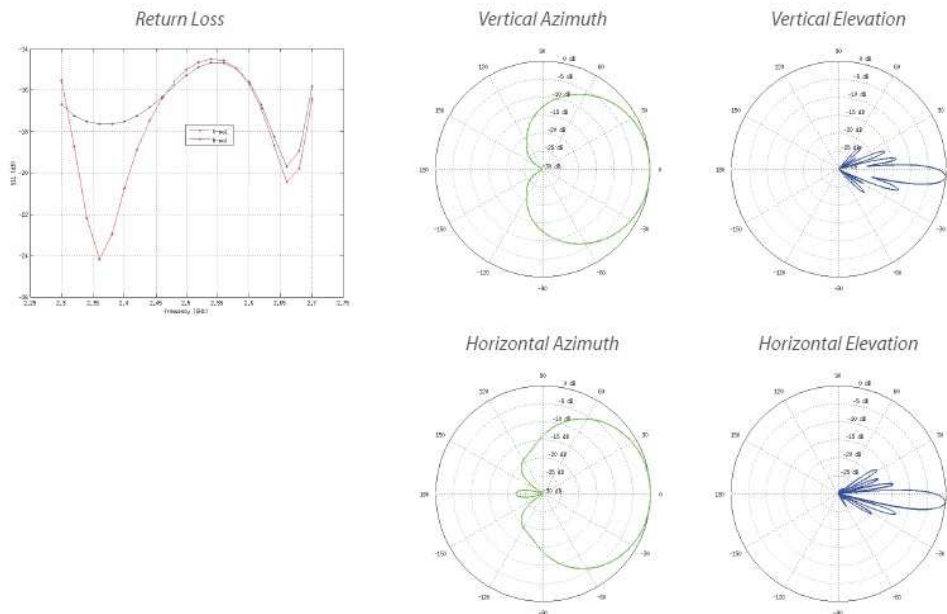
Model	Antenna Characteristics			
	AM-9M13	AM-2G15-120	AM-2G16-90	AM-3G18-120
Dimensions* (mm)	1290 x 290 x 134	700 x 145 x 93	700 x 145 x 79	735 x 144 x 78
Weight**	12.5 kg	4.0 kg	3.9 kg	5.9 kg
Frequency Range	902 - 928 MHz	2.3 - 2.7 GHz	2.3 - 2.7 GHz	3.3 - 3.8 GHz
Gain	13.2 - 13.8 dBi	15.0 - 16.0 dBi	16.0 - 17.0 dBi	17.3 - 18.2 dBi
HPOL Beamwidth	109° (6 dB)	123° (6 dB)	91° (6 dB)	118° (6 dB)
VPOL Beamwidth	120° (6 dB)	118° (6 dB)	90° (6 dB)	121° (6 dB)
Electrical Beamwidth	15°	9°	9°	6°
Electrical Downtilt	N/A	4°	4°	3°
Max. VSWR	1.5:1	1.5:1	1.5:1	1.5:1
Wind Survivability	125 mph	125 mph	125 mph	125 mph
Wind Loading	95 lbf @ 100 mph	24 lbf @ 100 mph	19 lbf @ 100 mph	21 lbf @ 100 mph
Polarization	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear	Dual-Linear
Cross-pol Isolation	30 dB Min.	28 dB Min.	28 dB Min.	28 dB Min.
ETSI Specification	N/A	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2	EN 302 326 DN2
Mounting	Universal Pole Mount, RocketM Bracket, and Weatherproof RF Jumpers Included			

Datasheet

airMAX Sector

Taula A1.1 Especificacions tècniques Antenes sectorials

AM-2G15-120 Antenna Information



Taula A1.2 Diagrames de radiació Antenes Sectorials

PRODUCT MODELS						
QB-825-LNK-50		Tsunami® QB-825 Link, 50 Mbps (upgradable to 100 Mbps), MIMO 2x2, 15 dBi antenna (Two QB-825-EPR-50 [†])				
INTERFACES						
WIRED ETHERNET		One auto MDI-X RJ45 10/100/1000Mbps Ethernet with PoE In				
WIRELESS PROTOCOL		WDRP® (Wireless Outdoor Router Protocol)				
RADIO & TX SPECS						
MIMO		2x2 MIMO				
MODULATION		OFDM with BPSK, QPSK, QAM16, QAM64				
FREQUENCY		5.150 – 5.925 GHz (Subject to Country Regulations)				
CHANNEL SIZE		40 MHz, 20 MHz, 10 MHz*, 5 MHz* channel bandwidths * Not applicable for DTT format				
DATA RATE		MCS 0 to 15 for High Throughput mode (6.5 – 300 Mbps) with Dynamic Data Rate Selection				
TX POWER		Up to 26 dBm (dual chain)				
TX POWER CONTROL		0 – 15 dB, in 0.5 dB steps. Automatic TPC with configurable EIRP limit				
RX SENSITIVITY (REF=0dB[†])		Channel size	40 MHz	20 MHz	10 MHz	5 MHz
		MCS 0	-68 dBm	-62 dBm	-63 dBm	-64 dBm
		MCS 7	-71 dBm	-74 dBm	-75 dBm	-77 dBm
		MCS 8	-68 dBm	-61 dBm	-63 dBm	-64 dBm
		MCS 15	-69 dBm	-71 dBm	-72 dBm	-75dBm
OTHER						
Dynamic Channel Selection (DCS) based on interference detection Dynamic Frequency Selection (DFS) based on radar signature Automatic Transmit Power Control (ATPC) with EIRP limit support						
SYNCHRONIZATION						
Synchronize internal clock to Pulse Per Second signal received from either GPS module connected to RJ11 serial port or Ethernet Synchronization module connected to RJ45 ethernet port						
ANTENNA		QB-825-EPR-50 [†] Integrated 15 dBi dual Polarized (H+V) panel antenna (14 dBi beyond 5.850 GHz)				
MANAGEMENT						
LOCAL		RS-232 serial (RJ11 to DB-9 dongle provided)				
REMOTE		Telnet and SSH, Web GUI and SSL, TFTP, SNMPv3				
SNMP		SNMP v1-v2c-v3, RFC-1213, RFC-1215, RFC-1790, RFC-2571, RFC-3412, RFC-3414, Private MIB				
OTHER		Syslog, sFlow™ agent, NTP and local time, Spectrum analyzer				
SECURITY						
ENCRYPTION		AES-CCM 128 bits				
AUTHENTICATION		Internal MAC Address Control List, Radius based Authentication				
NETWORK						
MODES		Bridging (support LACP through external switches), Routing (RIP v2 and IP tunneling)				
IP STACK		IPv4 and IPv6 simultaneously				
THROUGHPUT		QB-825-EPR-50 [†]	Up to 50 Mbps (license upgradable to 100 Mbps)			
GATEWAY FEATURES		DHCP Server & relay, NAT with Std ALGs				
QoS		Asymmetric Bandwidth Control	Uplink and Downlink CIR Control "committed information rate" per service flow Uplink and Downlink MIR Control "maximum information rate" per service flow			
		Packet Classification Capabilities	802.1D/802.1Q/802.1p priority, IPTOS, VLAN ID, IP source/destination address, source/destination port, Ethernet source/destination address, IP protocol, and EtherType			
		Scheduling	Best Effort, Real Time Polling Services			
VLAN		802.1Q; Management VLAN, Transparent, Access, Trunk and Mixed mode. QinQ double tagging				
POWER SUPPLY		Via provided PoE injector or directly from 12 VDC source through serial port				
POWER CONSUMPTION		6 Watt typical (15 Watt max)				
ENVIRONMENTAL SPECS						
TEMPERATURE						
OPERATING		-40° to 55°C (-40° to 131° Fahrenheit)				
STORAGE		-55° to 70°C (-67° to 158° Fahrenheit)				
HUMIDITY		Max 100% relative humidity (non-condensing)				
WIND LOADING		180 km/h (112 mph)				
WATER & DUST PROOF		IP67				
PHYSICAL SPECS		DIMENSIONS			WEIGHT	
PACKAGED		QB-825-EPR-50 [†]	11.81 x 10.83 x 5.31 in (300 x 275 x 135 mm)		7.27 lbs (3.3 Kg)	
UNPACKAGED		QB-825-EPR-50 [†]	4.96 x 8.62 x 2.58 in (126 x 219 x 65.5 mm)		2.1 lbs (0.950 kg)	
SAFETY STANDARDS		UL 60950-1/22, CAN/CSA-C22.2 No. 60950-1/22, IEC 60950-1/22, EN 60950-1/22				
PACKAGE CONTENTS		<ul style="list-style-type: none"> ▪ One Tsunami® QB-825-LNK-50[†] with integrated antennas (Two Tsunami® QB-825-EPR-50[†]) ▪ Two 32 W power injector with release button and country specific power cord ▪ Two Wall / Pole mounting kit ▪ Two Connector weatherproofing kit (Includes all recommended weatherproofing material) ▪ Two Serial (RJ-11 to DB9) dongle ▪ Two Grounding kit ▪ Two Quick Installation Guide 				

Taula A1.3 Especificacions tècniques equips WiMax

Propiedades Eléctricas

Frecuencia: 2,400 – 2,500 GHz

Ganancia: 19 dBi

Polarización horizontal o vertical

Ancho del haz 20° (vertical y horizontal)

VSWR: < 2.0

Impedancia: 50 Ω

Ratio frontal/trasero: > 22 dB Reducción de Lóbulo lateral: > 20 dB

Protección contra descargas: DC ground (ver otras opciones en accesorios)

Propiedades Mecánicas

Tecnología: Microstrip

Conector de entrada: N-Hembra

Dimensiones: 330x330x40 mm.

Peso: 1.3 kg con kit de montaje

Material de la cubierta: plástico estable a la radiación UV

Color: Blanco

Material de la base: Aleación de aluminio de alta calidad

Construcción: Operación bajo cualquier condición

Kit de montaje: 50.8 mm / 2"

Taula A1.4 Especificacions tècniques antenes direccionals