

# **INTEGRACIÓ D'UNA XARXA TELEMÀTICA AL TERME MUNICIPAL DE SANT JAUME D'ENVEJA**

**ROGER GIRBES BALAGUÉ**  
E.T.T. Telemàtica

**Miquel Font Rosselló**

**Gener de 2011**

(Creative Commons)

Aquest treball està subjecte –excepte que s'indiqui el contrari– en una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada 2.5 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-lo, distribuir-lo i transmetre'l públicament sempre que citeu l'autor i l'obra, no es faci un ús comercial i no es faci còpia derivada. La llicència completa es pot consultar a:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/es/deed.es>.

*A la meva família*

***Agraïments***

*Al meu consultor, Miquel Font Roselló,  
pel seu guiatge i suport*

## Resum

Les xarxes sense fil són aquelles que basen la seva comunicació a través d'un medi de transmissió no guiat, és a dir, sense cables, mitjançant ones electromagnètiques. La transmissió i la recepció es realitza a través d'antenes. Tenen avantatges com ara la ràpida i fàcil instal·lació de la xarxa sense la necessitat de tirar cablejat, permeten la mobilitat i tenen menys costos de manteniment que una xarxa convencional; però també tenen un inconvenient considerable com és la seguretat, així cal, que per aquest tipus de xarxes, disposar d'una seguretat més exigent i robusta per tal d'evitar-ne les intrusions. Aquest treball de fi de carrera està dividit en dues parts. En una d'aquestes parts, anomenada Fase-1, es planteja una possible solució futura davant la falta de connexió d'Internet d'alta velocitat al nucli de població dels Muntells, ja que les companyies de telefonia es neguen a fer una elevada inversió per una població tant petita. Amb les possibilitats que ens ofereix Wimax seria possible reduir aquests costos i, a més a més, generaria uns ingressos per a la entitat subministradora, que en el aquest cas seria l'Ajuntament de Sant Jaume d'Enveja.

L'altra part del projecte, anomenada Fase-2, es basaria en la implementació d'una xarxa sense fils metropolitana (WMAN) per tal de connectar les diferents dependències municipals de l'Ajuntament dels dos nuclis de població, tant de Sant Jaume d'Enveja com dels Muntells. Amb aquesta xarxa es facilitaria, s'agilitzaria i s'unificarien els registres d'entrada i sortida dels Ajuntaments, els arxius i també es podrien dur a terme futures ampliacions per a terminals mòbils que enviessin notificacions a la policia local o a les brigades de neteja. És en aquesta part on s'ha de tenir molta cura amb la seguretat de la xarxa, és molt important que només puguin accedir els ordinadors dels ajuntaments i entitats vinculades a ells que siguin autoritzats, perquè es disposa i es treballa amb informació classificada.

**Area del TFC:** Integració de xarxes telemàtiques

**Paraules clau:** xarxa sense fils, Wimax, IEEE 802.16e, Wi-fi, qualitat de serveis (QoS), WMAN, TFC, AES, integració xarxes telemàtiques.

# Índex de continguts

<b>Dedicatòria</b>	<b>2</b>
<b>Resum</b>	<b>3</b>
<b>Índex de continguts</b>	<b>4</b>
<b>Índex de figures</b>	<b>6</b>
<b>Índex de taules</b>	<b>7</b>
<b>Capítol 1. Introducció</b>	<b>8</b>
<i>1.1 Justificació del TFC i context en el qual es desenvolupa</i>	<b>10</b>
<i>1.2 Objectius</i>	<b>12</b>
<i>1.3 Enfocament i mètode seguit</i>	<b>12</b>
<i>1.4 Planificació del projecte</i>	<b>13</b>
<i>1.5 Productes obtinguts</i>	<b>14</b>
<i>1.6 Descripció de la resta de capítols de la memòria</i>	<b>15</b>
<b>Capítol 2. Anàlisi de necessitats</b>	<b>16</b>
<i>2.1 Fase 1</i>	<b>16</b>
<i>2.2 Fase 2</i>	<b>18</b>
<i>2.3 QoS</i>	<b>19</b>
<i>2.4 Seguretat</i>	<b>20</b>
<b>Capítol 3. Aspectes legals</b>	<b>21</b>
<i>3.1 Llei General de Telecomunicacions</i>	<b>21</b>
<i>3.2 Llei Orgànica de Protecció de Dades de caràcter personal</i>	<b>25</b>
<b>Capítol 4. Infraestructura de la xarxa</b>	<b>27</b>
<i>4.1 IEEE 802.16 WiMax</i>	<b>28</b>
<i>4.2 Determinació d'atenuacions: Fase 1</i>	<b>31</b>
<i>4.2.1 Dispositius requerits</i>	<b>33</b>
<i>4.3 Determinació d'atenuacions: Fase 2</i>	<b>34</b>
<i>4.3.1 Dispositius requerits</i>	<b>38</b>
<b>Capítol 5. Seguretat</b>	<b>41</b>
<i>5.1 Seguretat a la Fase 1</i>	<b>45</b>
<i>5.2 Seguretat a la Fase 2</i>	<b>45</b>
<b>Capítol 6. Futures ampliacions o millores</b>	<b>46</b>
<i>6.1 Fase 1</i>	<b>46</b>
<b>Roger Girbés Balagué</b>	<b>4</b>

<b>6.2 Fase 2</b>	<b>46</b>
<b>Capítol 7. Valoració i viabilitat econòmica</b>	<b>48</b>
<b>7.1 Valoració econòmica Fase 1</b>	<b>48</b>
<b>7.2 Valoració econòmica Fase 2</b>	<b>48</b>
<b>7.3 Viabilitat econòmica</b>	<b>49</b>
<b>7.3.1 VAN i TIR Fase 1</b>	<b>50</b>
<b>Capítol 8. Conclusions</b>	<b>52</b>
<b>Glossari</b>	<b>53</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>57</b>
<b>Annexos</b>	<b>58</b>
<b>Annex 1</b>	<b>58</b>
<b>Annex 2</b>	<b>59</b>

## Índex de figures

<b>Figura 1.1 Plànol de St. Jaume d'Enveja</b>	<b>11</b>
<b>Figura 1.2 Ortofotomapa terme municipal St Jaume d'Enveja</b>	<b>11</b>
<b>Figura 1.3 Diagrama de Gant</b>	<b>14</b>
<b>Figura 2.1 Plànol de situació de la xarxa de la fase 1</b>	<b>17</b>
<b>Figura 2.2 Esquema de la xarxa</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2.3 Plànol situació edificis connectables amb l'ajuntament</b>	<b>19</b>
<b>Figura 4.1 Alvarion BreezeMax Extreme 5000</b>	<b>39</b>
<b>Figura 4.2 Airspan MiMax USB – Mobile WiMAX Wave 2 USB Device</b>	<b>39</b>
<b>Figura 5.1 Programació de claus del DES</b>	<b>42</b>
<b>Figura 5.2 3DES amb les tres operacions DES</b>	<b>42</b>
<b>Figura 5.3 Fase SubBytes</b>	<b>44</b>
<b>Figura 5.4 Fase Shiftrows</b>	<b>44</b>
<b>Figura 5.5 Fase MixColumns</b>	<b>44</b>
<b>Figura 5.6 Fase AddRoundKey</b>	<b>44</b>
<b>Figura 6.1 Diagrama d'una xarxa amb DMZ</b>	<b>46</b>
<b>Figura A2.1 BreezeMax Extreme 5000</b>	<b>59</b>
<b>Figura A2.2 Característiques BreezeMax Extreme 5000</b>	<b>60</b>
<b>Figura A2.3 Models BreezeMax Extreme 5000</b>	<b>61</b>
<b>Figura A2.4 Característiques Airspan MiMax USB</b>	<b>63</b>

## Índex de taules

<b>Taula 1.1 Dates més significatives</b>	<b>14</b>
<b>Taula 2.1 Ubicació i distàncies entre la base central i les remotes</b>	<b>17</b>
<b>Taula 2.2 Distàncies entre estació base i edificis a interconnectar</b>	<b>18</b>
<b>Taula 4.1 Estàndards IEEE 802.11</b>	<b>28</b>
<b>Taula 4.2 Descripció estàndards IEEE 802.16</b>	<b>31</b>
<b>Taula 4.3 Resultats atenuació Fase 1</b>	<b>33</b>
<b>Taula 4.4 Resultats atenuació Fase 2</b>	<b>39</b>
<b>Taula 7.1 Costos totals Fase 1</b>	<b>48</b>
<b>Taula 7.2 Costos totals Fase 2</b>	<b>49</b>
<b>Taula 7.3 Càlcul VAN i TIR</b>	<b>50</b>
<b>Taula A1.1 Resultats enquesta Fase 1</b>	<b>58</b>
<b>Taula A2.1 Especificacions tècniques BreezeMax Extreme 5000</b>	<b>62</b>
<b>Taula A2.2 Especificacions tècniques Airspan MiMax USB</b>	<b>64</b>



## Capítol 1. Introducció

Estem en una societat on la informàtica és cada dia més important per tal de conèixer el nostre entorn i, facilitar-nos la vida diària ja sigui per recerca d'informació, oci o treball.

Una bona mostra de com ens pot facilitar la vida l'informàtica és l'ús d'Internet. Internet és una xarxa pública i global de computadors interconnectats mitjançant el protocol d'Internet (IP) i que transmeten les dades mitjançant commutació de paquets.

Internet és la unió de milions de subxarxes domèstiques, acadèmiques, comercials i governamentals, és per això que a vegades se l'anomena "la xarxa de xarxes". Qualsevol conjunt de xarxes interconnectades serà una Internet, però d'Internet en majúscules només n'hi ha una.

Sobre aquesta xarxa hi corren un conjunt de serveis als quals tothom pot accedir des de qualsevol part del món, mitjançant un dispositiu electrònic com per exemple un ordinador o un telèfon mòbil.

Internet té una breu història. Tot comença amb una xarxa de caràcter militar creada pel departament de defensa dels Estats Units l'any 1969, a la UCLA, on es posava en funcionament el primer node d'aquesta xarxa, anomenada ARPANET. Però no va ser fins el 1983, any en que va aparèixer la primera xarxa de llarg abast WAN basada en tecnologia TCP/IP, posada en marxa per la National Science Foundation (NSF) dels EUA. Al 1995, aquesta xarxa fou oberta als interessos comercials.

Durant la dècada del 1990, la xarxa guanyà densitat. L'agost de 1991 el CERN publicà el projecte World Wide Web, i dos anys després Tim Berners-Lee inicià la creació de l'HTML i HTTP. Al 1993 el Centre nacional per aplicacions de supercomputació a la Universitat d'Illionis desenvolupà el primer navegador web el Mosaic versió 1.0.

Internet com a mitjà de comunicació es va començar a generalitzar en els països desenvolupats a mitjans dels anys 90. En gran part, Internet l'han anat fent els "internautes", tot creant serveis majoritàriament gratuïts. De tota manera, des de finals dels anys 90, els serveis de pagament i el comerç electrònic hi tenen una presència cada vegada més gran.

Per obtenir una connexió a Internet podem fer-ho a través d'una connexió física o bé amb una connexió sense fils.

Les connexions sense fils segons la grandària que té tinguin, és a dir, la seva cobertura, es poden classificar en diferents tipus:

WPAN (Wireless Personal Area Network). En aquest tipus de xarxa de cobertura personal, hi ha tecnologies basades en HomeRF (estàndard per connectar tots els telèfons mòbils de la casa i els ordinadors mitjançant un aparell central); Bluetooth (protocol que segueix l'especificació IEEE 802.15.1); ZigBee (basat en l'especificació IEEE 802.15.4 i utilitzat en aplicacions com la domòtica, que requereixen comunicacions segures amb taxa d'enviament de dades baixa i maximització de la vida útil de les seves bateries, baix consum); RFID (sistema remot d'emmagatzematge i recuperació de dades amb el propòsit de transmetre la identitat d'un objecte -similar a un número de sèrie únic- mitjançant ones de ràdio).

WLAN (Wireless Local Area Network). En les xarxes d'àrea local es poden trobar tecnologies sense fils basades en HiperLAN (de l'anglès, High Performance Radio LAN), un estàndard del grup ETSI, o tecnologies basades en Wi-Fi (Wireless-Fidelity), que segueixen l'estàndard IEEE 802.11 amb diferents variants.

WMAN (Wireless Metropolitan Area Network). Per xarxes d'àrea metropolitana es troben tecnologies basades en WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access, és a dir, Interoperabilitat Mundial per Accés per Microones), un estàndard de comunicació sense fil basat en la norma IEEE 802.16. WiMax és un protocol semblant a Wi-Fi, però amb més cobertura i ample de banda. També hi ha d'altres sistemes de comunicació com LMDS (Local Multipoint Distribution Service).

WWAN (Wireless Wide Area Network). En aquestes xarxes es troben tecnologies com UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), utilitzada amb els mòbils de tercera generació (3G) i successora de la tecnologia GSM (per mòbils 2G), o també la tecnologia digital per telèfons mòbils GPRS (General Packet Radio Service).

Tot i el poc temps de la seva existència, avui en dia, es pot donar la possibilitat de connectar qualsevol dispositiu a Internet, ja sigui des d'un telèfon mòbil a un televisor, un aparell de videojocs o fins i tot un automòbil. Per tant, el plantejament d'aquest projecte o, més ben dit, una part d'aquest consisteix en oferir un servei per a una població, que en principi, no disposa d'una connexió d'alta velocitat a Internet. L'altra part del projecte està basada en crear una única xarxa metropolitana que connecti les poblacions d'un mateix terme municipal i així facilitar i unificar els arxius i registres de les dues poblacions.

El present TFC està basat amb tecnologia WiMAX. WiMAX, sigles de Worldwide Interoperability for Microwave Access (Interoperabilitat mundial per accés per microones), és una norma 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 anomenades tecnologies d'última milla, conegudes, també, 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 (zones rurals).

## 1.1 Justificació del TFC i context en el qual es desenvolupa

El present Treball Fi de Carrera (TFC) està vinculat al desenvolupament d'una xarxa telemàtica per a una població que no disposa de servei d'Internet i la implementació d'una xarxa metropolitana sense fils per ús exclusiu d'entitats públiques. L'escenari concret d'aplicació del projecte es desenvolupa al terme municipal de Sant Jaume d'Enveja (Montsià).

Sant Jaume d'Enveja, antigament anomenat l'Enveja, és un municipi de la comarca del Montsià i pertany a la província de Tarragona. Està situat al centre del parc natural del Delta de l'Ebre. Limita amb els municipis d'Amposta, a l'oest, i Deltebre al nord. Els principals accidents geogràfics són el riu Ebre, al nord, i el ventall fluvial del Delta de l'Ebre, on està situat. El municipi de Sant Jaume d'Enveja inclou l'entitat municipal descentralitzada dels Muntells i part del nucli de Balada. Té una superfície de 61 km<sup>2</sup> i una població de 3.479 habitants, distribuïda entre els nuclis de població de Sant Jaume d'Enveja, Balada i els Muntells i, a més a més, d'un 6% de població disseminada.

Els Muntells és una entitat municipal descentralitzada que pertany al municipi de Sant Jaume d'Enveja. El nucli està situat al sector meridional del delta de l'Ebre, vora la sèquia del Riet, entre les llacunes de la Tancada i la Bassa de la Platjola i molt prop de la màniga de terra anomenada el Trabucador. Està comunicat per una carretera local amb el cap del municipi i amb la platja dels Eucaliptus. Té com a poblacions més properes: Sant Jaume d'Enveja a 5 km, Deltebre a 6 km, Poblenou del Delta a 8 km, Sant Carles de la Ràpita a 15 km i Amposta a 16 km.

Plànol de situació del terme municipal de St. Jaume d'Enveja:

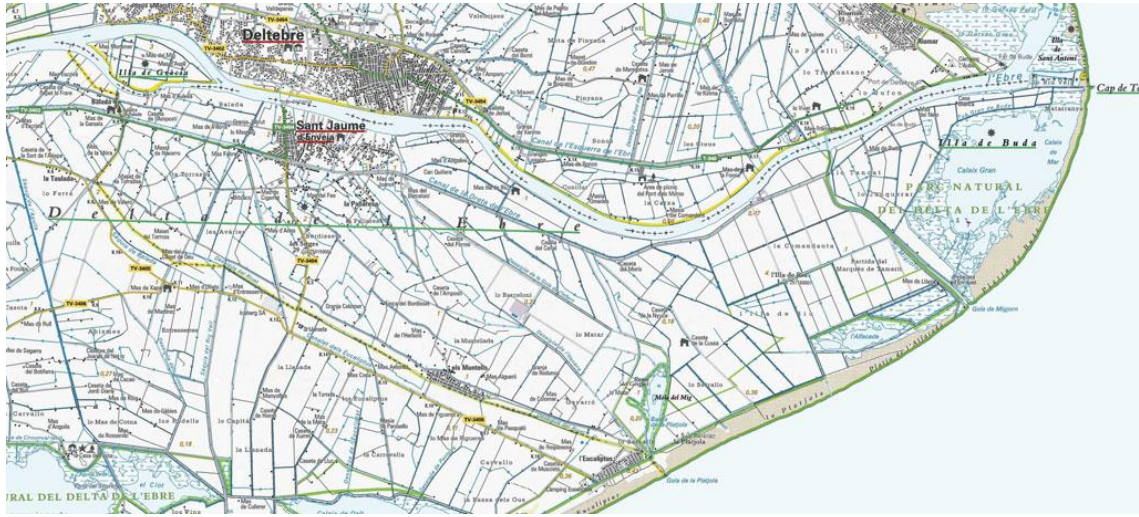


Figura 1.1 Plànol de St. Jaume d'Enveja

Ortofotomapa del terme municipal

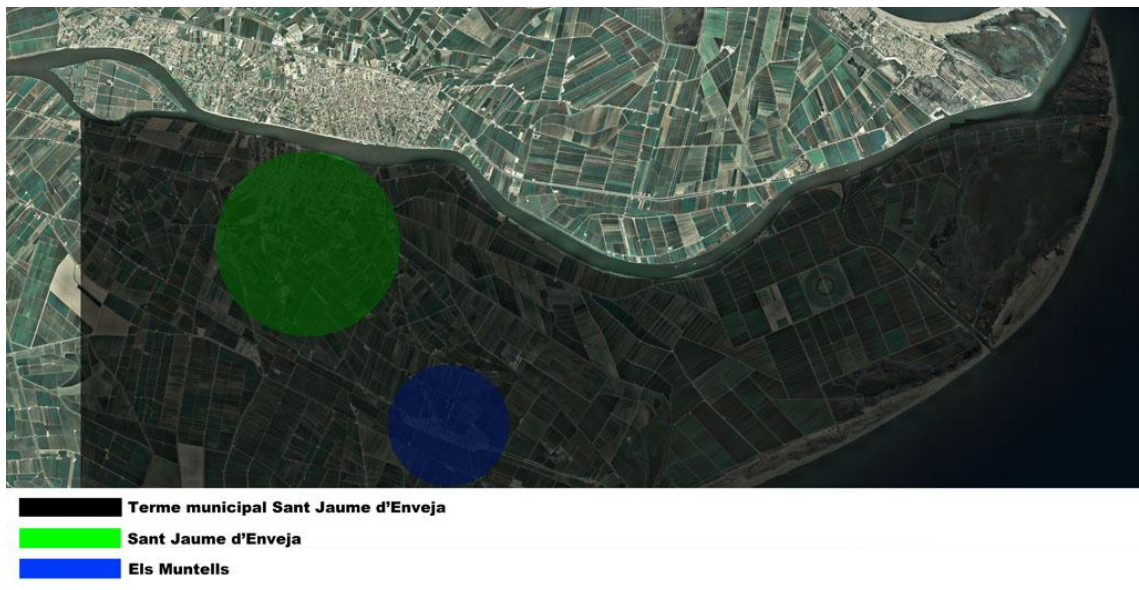


Figura 1.2 Ortofotomapa terme municipal St. Jaume d'Enveja

Amb els temps que corren, és, pràcticament, inevitable que la gent no en faci ús d'Internet, bé sigui per a ús personal, bé sigui com eina per al seu treball. Aquesta, diguéssim, necessitat d'estar connectats fa que s'hagi plantejat la possibilitat de crear una xarxa telemàtica, per tal de satisfer les necessitats d'una població que no vol quedar-se a la cua de les noves tecnologies de la comunicació. Durant els últims anys, la població dels Muntells ha fet diversos intents per obtenir connexions d'ADSL, però, totes les companyies que, fins ara, subministren aquests serveis s'han negat a fer grans inversions per a una població tant petita, ja que consideren que la inversió inicial és massa gran i

que no es podrien obtenir beneficis. Per tant, i amb l'ajut de les noves tecnologies sense fils, es pot dur a terme un projecte com aquest.

## 1.2 Objectius

La integració amb èxit d'una xarxa telemàtica està sotmesa a molts factors tan tecnològics com funcionals (edificis de gran altura, línies d'alta tensió, etc) i també mediambientals (accidents geogràfics, situacions geogràfiques de difícil accés) que fan que s'hagi de valorar acuradament el repte d'implantar una solució o una altra.

D'acord amb la proposta inicial del present projecte:

- Realització d'una xarxa d'accés a Internet per a la població dels Muntells que permeti l'ús d'altres velocitats de navegació per als usuaris.
- Instal·lació d'una xarxa interna d'interconnexió per a l'ajuntament de Sant Jaume d'Enveja i l'Entitat Municipal Descentralitzada dels Muntells per a facilitar les necessitats internes d'ambdues entitats.

Els objectius que es plantegen per al present TFC són els següents:

- Analitzar les necessitats de cadascun dels problemes a resoldre
- Definir les infraestructures adients per a cada problema
- Adoptar les solucions adequades per a cada cas

Cal remarcar que les solucions, donades, per resoldre els problemes plantejats fan ús de tecnologies estàndard existents.

D'altra banda, un factor determinant en tot projecte és el temps. En el cas d'aquest TFC no ha estat una excepció. Per aquesta raó s'ha utilitzat, per implementar les solucions, la freqüència sense llicència de l'espai radioelèctric, ja que els tràmits administratius són força complexos i llargs (entre tres i sis mesos).

## 1.3 Enfocament i mètode seguit

Tot el projecte està basat en un full de ruta (Roadmap) de totes les activitats a realitzar, dividint les activitats i tasques en quatre fases:

- Fase 1: Planificació
- Fase 2: Desenvolupament
- Fase 3: Instal·lació i Configuració
- Fase 4: Memòria Final

En cada una de les fases tindrem uns subgrups d'activitats a realitzar, que conceptualitzarem en el pla de treball temporal a seguir, i que, a més a més, van lligades amb les dates de lliurament de les PAC's a fer segons el planing de la assignatura.

## 1.4 Planificació del projecte

La planificació inicial proposada en aquest TFC ha estat una eina imprescindible per a la consecució del projecte, dividint-lo cronològicament en les següents tasques principals:

1. Planificació TFC
2. PAC 1
3. Desenvolupament
4. PAC 2
5. Instal·lació i configuració
6. PAC 3
7. Memòria TFC
8. Presentació TFC

El següent diagrama de Gantt mostra la planificació temporal considerada, dividida al seu torn en una sèrie de tasques més concretes:

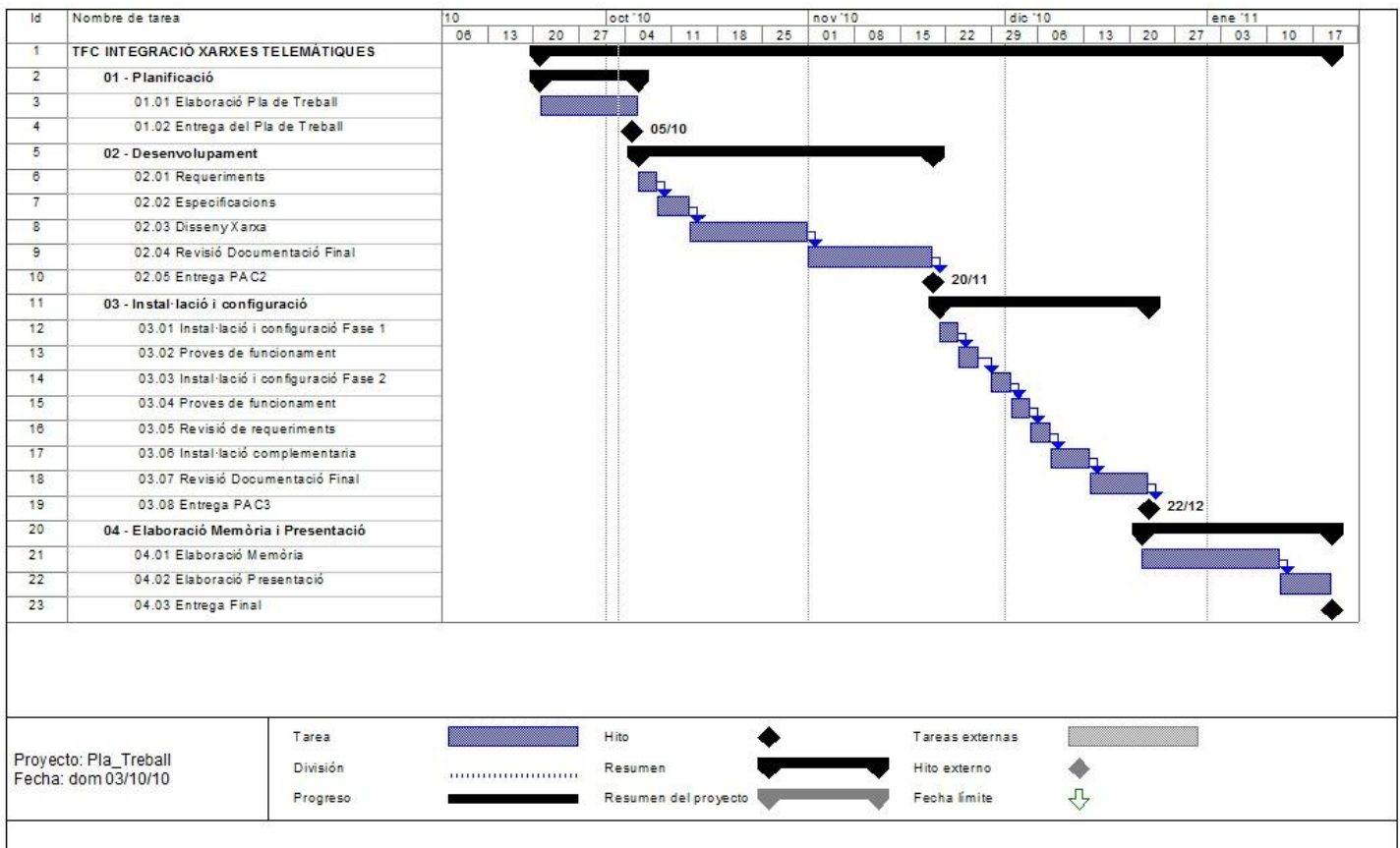


Figura 1.3 Diagrama de Gant

Com en gairebé tots els projectes, la planificació inicial pot estar subjecta a petites variacions a causa de factors no considerats inicialment (o incorrectament considerats).

Finalment, es mostra un resum de les dates més significatives durant l'execució d'aquest projecte:

Nom Tasca	Duració	Inici	Fi
<b>TFC INTEGRACIÓ XARXES TELEMÀTIQUES</b>	94 dies	21/09/10	19/01/11
<b>01 – Planificació</b>	11 dies	21/09/10	05/10/10
<b>02 – Desenvolupament</b>	36 dies	06/10/10	20/11/10
<b>03 - Instal·lació i configuració</b>	26 dies	21/11/10	22/12/10
<b>04 - Elaboració Memòria i Presentació</b>	21 dies	22/12/10	19/01/11

Taula 1.1 Dates més significatives

## 1.5 Productes obtinguts

Donats que l'objectiu d'aquest projecte, i per tant, la seva finalitat no és la d'obtenir de forma directa un producte físic, sinó definir un conjunt global

d'atributs i consideracions que permetin posteriorment implementar-lo i per tant que puguin satisfer els requisits inicialment proposats.

D'aquesta manera, aquesta memòria recull els aspectes necessaris per al disseny de les xarxes sense fils de telecomunicacions, en l'escenari de treball proposat, i d'acord amb els objectius definits.

## 1.6 Descripció de la resta de capítols de la memòria

A continuació i de forma molt breu es detallen el contingut de la resta de capítols que componen aquesta memòria:

**Capítol 2.** Anàlisi de necessitats. Identificació dels requisits i necessitats bàsiques per tal de dur a terme la Fase 1 i la Fase 2 del projecte.

**Capítol 3.** Aspectes legals. Lleis i reglaments a tenir en compte per desenvolupar el projecte, referides tant a aspectes relacionats amb les telecomunicacions com a la protecció de dades de caràcter personal.

**Capítol 4.** Infraestructura de la xarxa. Càlculs de paràmetres per tal de donar solucions tecnològiques als problemes plantejats.

**Capítol 5.** Seguretat. Consideracions sobre la seguretat de les xarxes en el moment de la seva configuració.

**Capítol 6.** Futures ampliacions o millores. Aspectes que en un futur podrien ser objecte de millora (per exemple, més velocitat ADSL) o ampliació (xarxa sense fils per a tota la població del municipi)

**Capítol 7.** Valoració i viabilitat econòmica. Estimació dels costos per a la implementació de les solucions adoptades i, en el cas de la Fase 1, la seva viabilitat econòmica.

**Capítol 8.** Conclusions. Es fa una síntesi sobre la valoració del TFC.



## Capítol 2. Anàlisi de necessitats

Com a conseqüència dels objectius, fixats en el capítol 1, d'aquest treball de fi de carrera, es plantejarà la seva resolució en dues fases. La primera fase serà la implantació d'una xarxa sense fils, per tal de donar accés a Internet a la població dels Muntells, amb l'ajut de la tecnologia WiMAX. Pel que fa referència a la segona fase, estarà destinada, solament, a la creació d'una xarxa metropolitana per tal de centralitzar les dades, no només, dels ajuntaments de les poblacions de Sant Jaume d'Enveja i els Muntells sinó, també, de totes les entitats públiques que engloben.

### 2.1 Fase 1

La primera fase és la implantació d'una xarxa sense fils d'accés a Internet a la població dels Muntells, amb una població total aproximada de 550 persones segons dades del departament municipal d'estadístiques, i que fins ara no tenen disponibilitat completa per a l'accés a connexions d'alta velocitat.

L'Ajuntament ha fet alguns estudis sobre la quantitat de futurs usuaris que adquiririen el servei ofert per part del mateix, amb unes xifres que oscil·larien al voltant dels 125 usuaris (veure Annex 1), sense haver tingut en compte els negocis locals i les entitats relacionades amb l'Ajuntament (Centre d'Assistència Primària, Oficina de Turisme, Casa de la Vila i col·legi públic, entre d'altres). Pel que fa referència al proveïdor d'accés a Internet serà l'Ajuntament qui tindrà la última paraula, ja que s'ha decidit a través d'una Junta de Govern treure a concurs públic l'adjudicació del proveïdor. El servei, que s'oferirà, serà el d'una connexió a 3MBps, a un preu, aproximat, de 39,90 euros mensuals, dels quals un 50% serien per l'Ajuntament i l'altre 50% pel proveïdor. En un futur, a partir del segon o tercer any de la implantació del servei i veient-ne el rendiment de la xarxa, podria oferir-se, per aquells usuaris interessats, una altra connexió a 6MBps amb un cost mensual, estimat, de 49,90 euros. Durant el primer mes de funcionament l'accés serà totalment gratuït per tota la població per tal d'augmentar, així, la captació de nous usuaris.

En un principi el disseny, orientatiu, de la xarxa sense fils estarà formada, principalment, per una estació base i centre de control, ubicada a l'edifici de l'ajuntament i tres bases de subscripció d'abonaments: una situada al col·legi públic, que es troba al final del poble, una altra als magatzems de l'ajuntament, situats a l'entrada del poble i finalment una tercera que es trobaria situada molt a prop de la estació base i que aniria ubicada a l'església.

A continuació es mostra, primer, una taula amb la ubicació i la distància al centre de supervisió de totes les estacions base per a la creació de les cel·les

de subscripció d'abonaments. Seguidament, es té un plànol, on es mostra la xarxa i la situació física, estimada, de les estacions base per a la creació de les corresponents cel·les de subscripció d'abonats i la connexió directa via ràdio entre totes tres estacions base remotes i l'estació base ubicada al centre de supervisió i control de xarxa.

Estació		Ubicació	Distància Centre Supervisió
Centre Supervisió	●	Ajuntament	0 m
BTS1	●	Església	200 m
BTS2	●	Col·legi Públic	900 m
BTS3	●	Magatzem municipal	600 m

Taula 2.1 Ubicació i distàncies entre la base central i les remotes

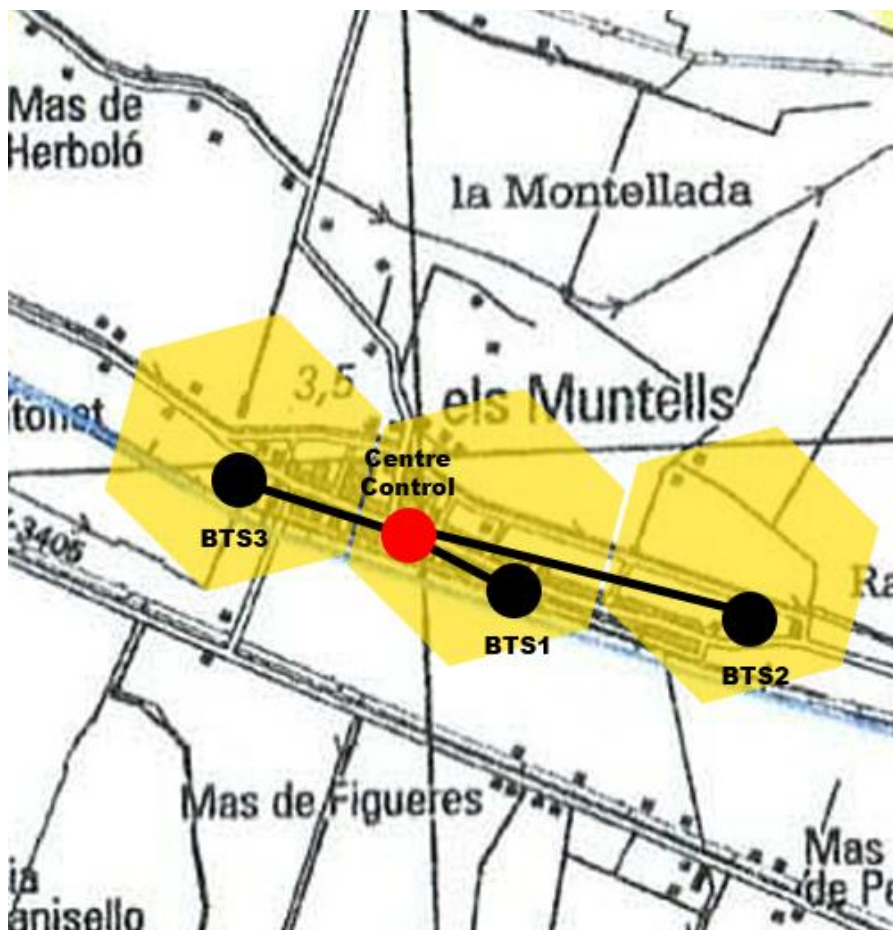


Figura 2.1 Plànol de situació de la xarxa de la fase 1

## 2.2 Fase 2

La segona fase, consisteix en la implantació d'una xarxa metropolitana sense fils que connecti tots els edificis relacionats amb l'ajuntament i que siguin susceptibles de tenir connectivitat amb l'Ajuntament de Sant Jaume d'Enveja.

En aquesta fase, s'haurà de fer un estudi previ per veure quantes estacions seran necessàries per a tenir cobert tot el nucli de la xarxa. Per a realitzar-ho al igual que amb la primera fase s'usarà la tecnologia WiMAX. Des de la estació emissora fins el receptor més allunyat hi ha una distància d'uns 5 km en línia recta.

A continuació es mostra, primer, una taula amb la ubicació i la distància a l'estació base de tots les edificacions a connectar. En segon lloc, hi ha el disseny de la xarxa. I per finalitzar, es té un plànol on es mostra la situació de l'estació base i la situació física de totes les edificacions.

Estació	Ubicació	Distància Estació Base
Estació Base Ajuntament	Sant Jaume	0 m
CAP 1	Sant Jaume	500 m
Oficina de Turisme	Sant Jaume	800 m
Centre de Barraques	Sant Jaume	1200 m
Infojove	Sant Jaume	650 m
Biblioteca	Sant Jaume	350 m
Ajuntament	Els Muntells	4700 m
CAP 2	Els Muntells	4800 m
Oficina de Turisme	Els Muntells	5000 m

Taula 2.2 Distàncies entre estació base i edificis a interconnectar

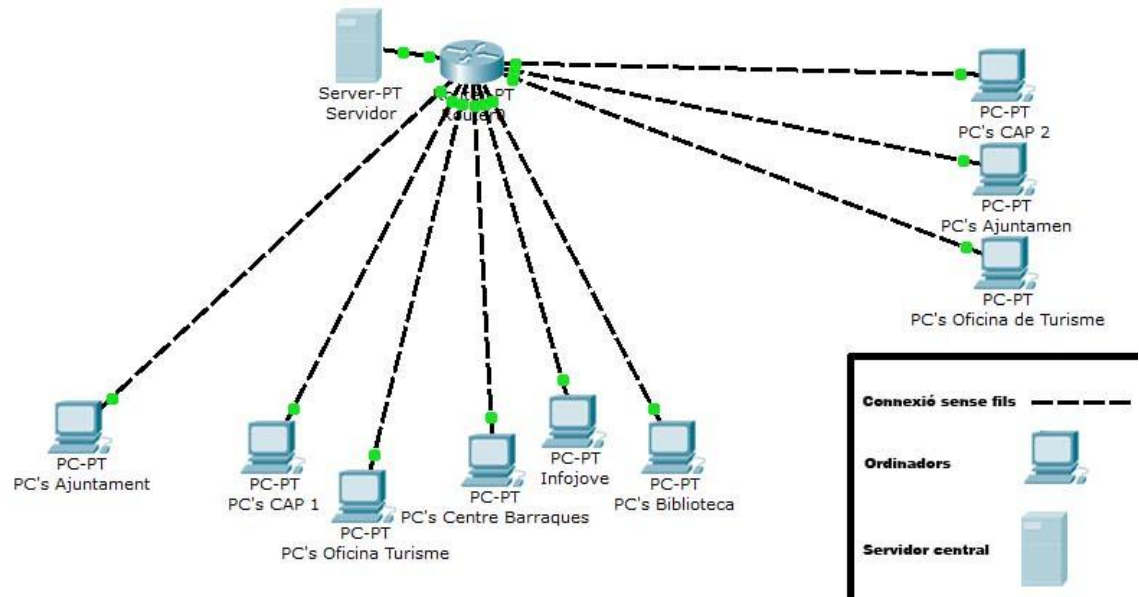


Figura 2.2 Esquema de la xarxa

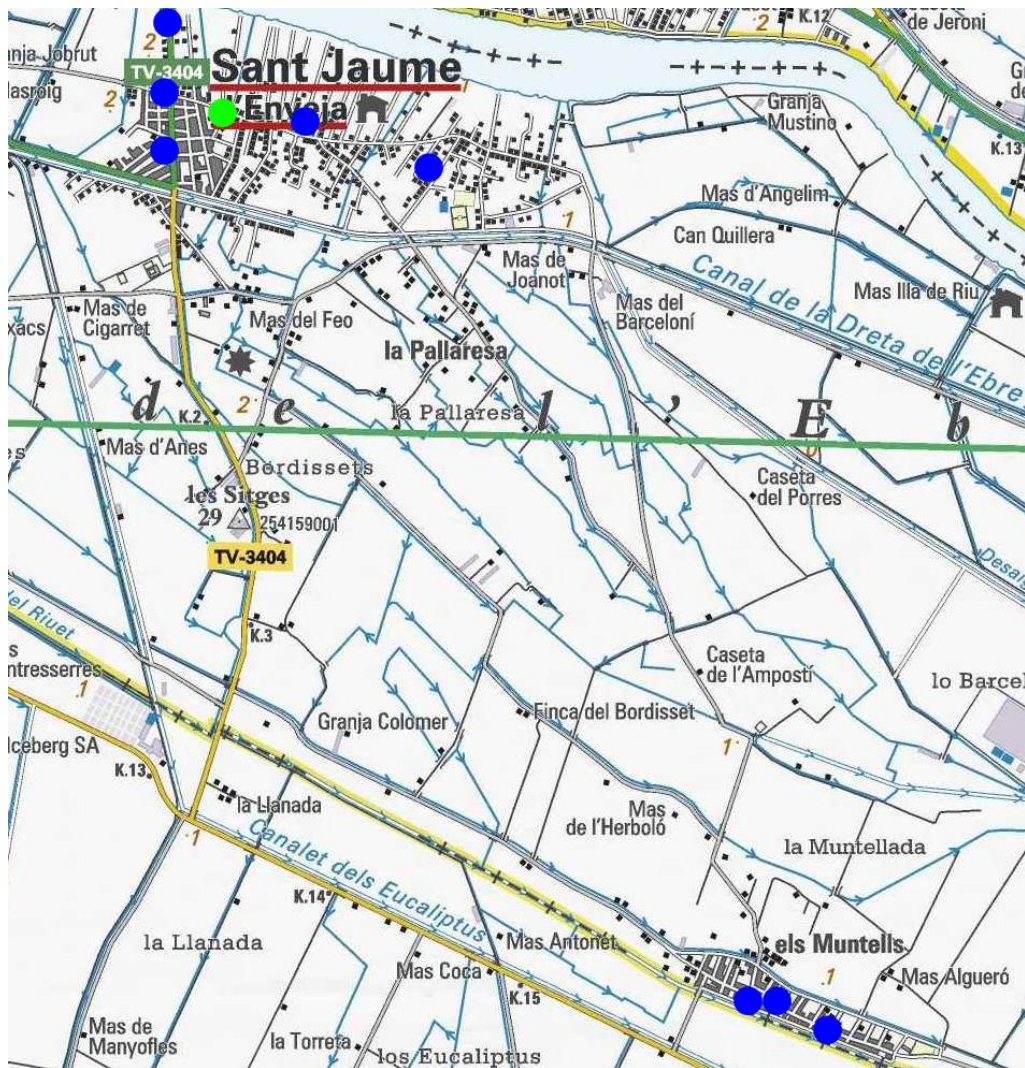


Figura 2.3 Plànol situació edificis connectables amb l'ajuntament

## 2.3 QoS

La qualitat de servei (Quality of Service, QoS en anglès) és el conjunt d'estàndards i mecanismes que fan el control de reserves dels recursos de la xarxa. De fet, però, el terme no es refereix a la qualitat en si, sinó a la possibilitat d'assignar diferents prioritats a diferents aplicacions, usuaris o fluxos de dades. 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. La qualitat de servei a vegades es refereix al nivell de qualitat de servei.

L'entorn sense fil és molt hostil per a mesures de Qualitat de Servei donada la seva variabilitat en el temps, ja que pot mostrar una qualitat nul·la en un cert

instant de temps. Això implica que satisfer la QoS resulta impossible per al 100% dels casos.

Resumint, per tot flux de dades, hi ha una sèrie de requisits que s'han de complir. A saber:

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

## 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. 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 per tal de mantenir la seguretat de la informació, sobretot, si la informació transmesa correspon a dades personals en el cas de la fase 1 o bé, a dades privades i d'accés restringit en la fase 2.

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 no autoritzades, la mateixa no pugui ser interpretada ni manipulada.

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 usuaris autoritzats. 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.

## Capítol 3. Aspectes legals

Tot projecte tecnològic ha de tenir present el marc legal aplicable. La no observació d'aquest marc legal farà que, quan s'hagi de comercialitzar el producte, apareguin una sèrie d'entrebancs burocràtics i legals que, per una banda, encariran el producte i, per l'altra, endarreriran la posada en circulació del mateix.

En aquest TFC s'ha de posar molt d'èmfasi en les lleis que regulen, tant, les telecomunicacions, com, per suposat, la protecció de dades de caràcter personal. Això es tradueix en una estricta aplicació, no només de la Llei General de les Telecomunicacions (LGT), sinó també de la Llei Orgànica de Protecció de dades de caràcter personal (LOPD) i del Reglament de Mesures de Seguretat (RMS).

### 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 desconnexió, 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 fil

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 Wi-Fi 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.

Per finalitzar, 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 Orgànica de Protecció de Dades de caràcter 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

Si es busca informació, per tal de donar solució als problemes plantejats, s'hi trobaran diferents solucions que aportaran les característiques que es necessiten per a implantar les xarxes sense fils de llarg abast, totes aquestes solucions han d'oferir mobilitat i cobertura suficient per a donar uns serveis mínims.

Hi ha algunes solucions tecnològiques que s'hauran de descartar, com podria ser la comunicació via satèl·lit, ja que per als objectius d'aquest TFC no caldria i, a més a més, el cost del mateix el faria totalment inviable.

Per tant, les opcions que quedarien es podrien classificar en dos grups, d'una banda les xarxes de serveis generals (que podríem anomenar d'ús compartit) i de l'altra les xarxes privades o d'ús privat.

Les xarxes de serveis generals, són aquelles xarxes de dades sense fils de llarg abast, que ofereixen un servei de transmissió de veu i/o dades de manera genèrica a un conjunt ampli i divers d'usuaris. Ens serien exemples:

- 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.

Les xarxes privades són aquelles xarxes de dades sense fils que proporcionen comunicacions de curt o llarg abast i que la infraestructura i recursos, dels quals es disposa, són completament privats. Els exemples que es poden trobar són:

- 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 802.16 WiMax

Com ja s'ha dit anteriorment, a la introducció, WiMAX és una norma 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 (zones rurals).

L'únic organisme habilitat per a certificar el compliment de l'estàndard i la interoperabilitat entre equipaments de diferents fabricants és el Wimax Forum; tot maquinari que no compti amb aquesta certificació, no es 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 variants que es recullen dins de l'estàndard 802.16. Aquestes són:

- Una d'accés fix, (802.16d), 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.
- Una altra de mobilitat completa (802.16e), 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).

En l'actualitat, a Espanya, hi ha desplegaments comercials en l'estàndard 802.16e, concretament a la zona de Galícia i Astúries. Aquests desplegaments ja estan operatius i donant serveis al client final sota la marca "tngo". Al sud d'Espanya, Nostracom Telecomunicacions, operador Andalus de telecomunicacions, presta serveis de veu i dades fins 10Mbps a les zones rurals on no hi ha alternatives o serveis molt limitats. A Granada, Màlaga, Jaen i Còrdova, CableSur dona serveis de telefonia i banda ampla simètrica o asimètrica amb tecnologia WiMAX.

Declan Byrne, director de màrqueting del WiMax Fòrum, ha anunciat que l'estàndard WiMax 2, conegut formalment com 802.16m, estarà acabat per part de l'Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) el proper mes de novembre amb la idea que la certificació de dispositius, basats en l'estàndard, es realitzi al llarg de 2011. Des de llavors s'espera que els ISPs comencin a desplegar l'estàndard de manera comercial el 2012, quan operadores com AT & T i T-Mobile comencin a oferir serveis LTE, la tecnologia rival en 4G, als Estats Units.

Des del WiMax Fòrum afirmen que 802.16m serà significativament més ràpid que el seu predecessor i que un dels seus objectius és que la velocitat de descàrrega abasti els 100Mbps. En comparació, l'oferta WiMax que va debutar comercialment el 2008, oferia velocitats de descàrrega entre 3,7Mbps i 5Mbps.

#### 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 subportadores (Dos tipus: Guàrdies i Dades).

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. Publicat el 2002
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. Publicat l'abril de 2003
802.16c	Ampliació de l'estàndard 802.16 per definir les característiques i

	especificacions a la banda de 10-66 GHz. Publicat el gener de 2003
802.16d	Revisió del 802.16 i 802.16a per afegir els perfils aprovats pel WiMAX Forum. Aprovat com a 802.16-2004 al mes de juny de 2004 (L'última versió de l'estàndard)
802.16e	Extensió del 802.16 que inclou la connexió de banda ampla nòmada per a elements portàtils de l'estil dels notebooks. Publicat el desembre de 2005
802.16m	Extensió del 802.16 que promet lliurament de dades a velocitat teòrica d'1 GB. En procés

Taula 4.2 Descripció estàndards IEEE 802.16

## 4.2 Determinació d'atenuacions: Fase 1

En la realització dels càlculs de l'atenuació per a resoldre, teòricament, les connexions s'usarà el mètode d'espai lliure, ja que la trajectòria està neta d'obstacles. També es podria usar el mètode de Terra plana, més restrictiu, per més seguretat, però, en principi com la zona no presenta edificis molt alts ni tampoc hi han obstacles naturals, no és estrictament necessari.

Si s'aplica el mètode d'espai lliure cal considerar que la potència rebuda ( $P_R$ ) depèn de la potència transmesa ( $P_T$ ), del guany del transmissor ( $G_T$ ) i del receptor ( $G_R$ ), de la distància ( $d$ ) i de la longitud d'ona del senyal ( $\lambda$ ). Mentre que si s'apliqués el mètode de propagació sobre terra plana, caldria considerar el raig directe més una reflexió a terra.

En aquesta fase, s'ha de calcular des del centre de supervisió a cada un dels BTS que hi ha. Per resoldre l'enllaç entre seus s'usarà la tecnologia WiMax, utilitzant la banda lliure amb freqüència a 5,4 GHz, ja que aquesta freqüència no té restriccions legals com ja hem comentat amb anterioritat.

### Centre Supervisió a BTS1

Atenuació:

$$20 \cdot \log \left( \frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right)$$

$$d = 200m$$

$$v = c = 3 \cdot 10^8 m/s$$



$$f = 5,4\text{GHz} = 5,4 \cdot 10^9\text{Hz}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}$$

$$20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 200}{\frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}}\right) = 93,11 \cong \mathbf{93\ dB}$$

Normalment, la potència de transmissió és de 20 dBm, per tant, la potència rebuda serà 20 dBm menys els 93 dB de l'atenuació. És a dir, **-73 dBm** (a aquest valor falta sumar el guany de les antenes).

### Centre Supervisió a BTS2

Atenuació:

$$20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda}\right)$$

$$d = 900\text{m}$$

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

$$f = 5,4\text{GHz} = 5,4 \cdot 10^9\text{Hz}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}$$

$$20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 900}{\frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}}\right) = 106,17 \cong \mathbf{106\ dB}$$

Com la potència de transmissió és de 20 dBm, per tant, la potència rebuda serà 20 dBm menys els 106 dB de l'atenuació. És a dir, **-86 dBm** (a aquest valor falta sumar el guany de les antenes).

### Centre Supervisió a BTS3

Atenuació:

$$20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda}\right)$$

$$d = 600m$$

$$v = c = 3 \cdot 10^8 m/s$$

$$f = 5,4GHz = 5,4 \cdot 10^9 Hz$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}$$

$$20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 600}{\frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}}\right) = 102,65 \cong \mathbf{103 dB}$$

Com abans, la potència de transmissió és de 20 dBm, per tant, la potència rebuda serà 20 dBm menys els 103 dB de l'atenuació. És a dir, **-83 dBm** (a aquest valor falta sumar el guany de les antenes).

## 4.2.1 Dispositius requerits

Tot i que, en aquesta fase, dependrà de la empresa que ofereixi el servei de connexió, normalment els guanys de les antenes de les estacions base solen estar al voltant dels 16 dB, evidentment, aquests valors variaran segons model i fabricant. Al igual que passa amb les estacions base, les antenes subscriptores varien els seus valors, es pot dir que, aproximadament, una antena subscriptora té un guany d'uns 20 dB.

Per tant, amb aquestes dades, i com es mostra a la taula següent les potències, aproximades, rebudes seran:

Lloc Càlcul Atenuació	Resultat
Centre Supervisió a BTS1:	$-73 + 16 + 20 = -37 \text{ dBm}$
Centre Supervisió a BTS2:	$86 + 16 + 20 = -50 \text{ dBm}$
Centre Supervisió a BTS3:	$-83 + 16 + 20 = -47 \text{ dBm}$

Taula 4.3 Resultats atenuació Fase 1

Com es pot observar s'obtenen potències que fan viable el plantejament teòric, inicial, de la col·locació de l'estació base i dels BTS.

## 4.3 Determinació d'atenuacions: Fase 2

Tal i com s'ha fet anteriorment a la Fase 1, s'han de calcular les potències des de la estació base a totes les estacions subscriptores. Com abans, la tecnologia emprada, serà WiMAX, i la freqüència usada serà la de banda lliure, és a dir, 5,4 Ghz.

### Centre Estació Base a CAP1

Atenuació:

$$20 \cdot \log \left( \frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right)$$

$$d = 500m$$

$$v = c = 3 \cdot 10^8 m/s$$

$$f = 5,4GHz = 5,4 \cdot 10^9 Hz$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}$$

$$20 \cdot \log \left( \frac{4 \cdot \pi \cdot 500}{\frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}} \right) = 101,07 \cong \mathbf{101 dB}$$

La potència de transmissió és de 21 dBm (veure annex) , per tant, la potència rebuda serà 21 dBm menys els 101 dB de l'atenuació. És a dir, **-80 dBm** (a aquest valor falta sumar el guany de les antenes).

### Centre Estació Base a Oficina de turisme

Atenuació:

$$20 \cdot \log \left( \frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right)$$

$$d = 800m$$

$$v = c = 3 \cdot 10^8 m/s$$

$$f = 5,4\text{GHz} = 5,4 \cdot 10^9\text{Hz}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}$$

$$20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 800}{\frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}}\right) = 105,15 \cong \mathbf{105\ dB}$$

La potència de transmissió és de 21 dBm (veure annex) , per tant, la potència rebuda serà 21 dBm menys els 105 dB de l'atenuació. És a dir, **-84 dBm** (a aquest valor falta sumar el guany de les antenes).

### Centre Estació Base a Centre de Barraques

Atenuació:

$$20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda}\right)$$

$$d = 1200\text{m}$$

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

$$f = 5,4\text{GHz} = 5,4 \cdot 10^9\text{Hz}$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}$$

$$20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 1200}{\frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}}\right) = 108,67 \cong \mathbf{109\ dB}$$

La potència de transmissió és de 21 dBm (veure annex) , per tant, la potència rebuda serà 21 dBm menys els 109 dB de l'atenuació. És a dir, **-88 dBm** (a aquest valor falta sumar el guany de les antenes).

### Centre Estació Base a Infojove

Atenuació:

$$20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda}\right)$$

$$d = 650m$$

$$v = c = 3 \cdot 10^8 m/s$$

$$f = 5,4GHz = 5,4 \cdot 10^9 Hz$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}$$

$$20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 650}{\frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}}\right) = 103,35 \cong \mathbf{103 dB}$$

La potència de transmissió és de 21 dBm (veure annex) , per tant, la potència rebuda serà 21 dBm menys els 103 dB de l'atenuació. És a dir, **-82 dBm** (a aquest valor falta sumar el guany de les antenes).

#### Centre Estació Base a Biblioteca

Atenuació:

$$20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda}\right)$$

$$d = 350m$$

$$v = c = 3 \cdot 10^8 m/s$$

$$f = 5,4GHz = 5,4 \cdot 10^9 Hz$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}$$

$$20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 350}{\frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}}\right) = 97,97 \cong \mathbf{98 dB}$$

La potència de transmissió és de 21 dBm (veure annex) , per tant, la potència rebuda serà 21 dBm menys els 98 dB de l'atenuació. És a dir, **-77 dBm** (a aquest valor falta sumar el guany de les antenes).

Centre Estació Base a Ajuntament Muntells

Atenuació:

$$20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda}\right)$$

$$d = 4700m$$

$$v = c = 3 \cdot 10^8 m/s$$

$$f = 5,4GHz = 5,4 \cdot 10^9 Hz$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}$$

$$20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot 4700}{\frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}}\right) = 120,53 \cong \mathbf{121 dB}$$

La potència de transmissió és de 21 dBm (veure annex) , per tant, la potència rebuda serà 21 dBm menys els 121 dB de l'atenuació. És a dir, **-100 dBm** (a aquest valor falta sumar el guany de les antenes).

Centre Estació Base a CAP2

Atenuació:

$$20 \cdot \log\left(\frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda}\right)$$

$$d = 4800m$$

$$v = c = 3 \cdot 10^8 m/s$$

$$f = 5,4GHz = 5,4 \cdot 10^9 Hz$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}$$

$$20 \cdot \log \left( \frac{4 \cdot \pi \cdot 4800}{\frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}} \right) = 120,71 \cong \mathbf{121 \text{ dB}}$$

La potència de transmissió és de 21 dBm (veure annex) , per tant, la potència rebuda serà 21 dBm menys els 121 dB de l'atenuació. És a dir, **-100 dBm** (a aquest valor falta sumar el guany de les antenes).

### Centre Estació Base a Oficina de Turisme Muntells

Atenuació:

$$20 \cdot \log \left( \frac{4 \cdot \pi \cdot d}{\lambda} \right)$$

$$d = 5000m$$

$$v = c = 3 \cdot 10^8 m/s$$

$$f = 5,4GHz = 5,4 \cdot 10^9 Hz$$

$$\lambda = \frac{v}{f} = \frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}$$

$$20 \cdot \log \left( \frac{4 \cdot \pi \cdot 5000}{\frac{3 \cdot 10^8}{5,4 \cdot 10^9}} \right) = 121,07 \cong \mathbf{121 \text{ dB}}$$

La potència de transmissió és de 21 dBm (veure annex 2) , per tant, la potència rebuda serà 21 dBm menys els 121 dB de l'atenuació. És a dir, **-100 dBm** (a aquest valor falta sumar el guany de les antenes).

## 4.3.1 Dispositius requerits

En aquesta fase les característiques i especificacions tècniques són les següents:

Per a la estació base s'ha triat el model BreezeMax Extreme 5000 del fabricant Alvarion, les especificacions completes s'adjunten a l'annex 2. Aquest model té un guany de 14.5 dB.



Figura 4.1 BreezeMax Extreme 5000

Els dispositius receptors, han de tenir compatibilitat amb l'estàndard 802.16. després de mirar diversos models i diferents fabricants s'ha elegit el model MiMax USB – Mobile WiMAX Wave 2 USB Device fabricat per l'empresa Airspan. Aquest dispositiu, ofereix un guany de 22 dBm.



Figura 4.2 Airspan MiMax USB – Mobile WiMAX Wave 2 USB Device

Amb les dades obtingudes dels components anteriors es té:

Lloc Càlcul Atenuació	Resultat
Centre Estació Base a CAP1:	$-80 + 14.5 + 22 = -43.5 \text{ dBm}$
Centre Estació Base a Oficina de turisme:	$-84 + 14.5 + 22 = -47.5 \text{ dBm}$
Centre Estació Base a Centre de Barraques:	$-88 + 14.5 + 22 = -51.5 \text{ dBm}$
Centre Estació Base a Infojove:	$-82 + 14.5 + 22 = -45.5 \text{ dBm}$
Centre Estació Base a Biblioteca:	$-77 + 14.5 + 22 = -40.5 \text{ dBm}$
Centre Estació Base a Ajuntament Muntells:	$-100 + 14.5 + 22 = -63.5 \text{ dBm}$
Centre Estació Base a CAP2:	$-100 + 14.5 + 22 = -63.5 \text{ dBm}$
Centre Estació Base a Oficina de Turisme:	$100 + 14.5 + 22 = -63.5 \text{ dBm}$

Taula 4.4 Resultats atenuació Fase 2

Com es pot comprovar, tots els valors són inferiors a -70 dBm, per tant, el plantejament teòric inicial serà viable.



Pel que fa a les velocitats que poden obtindre's, les especificacions del fabricant (veure annex 2) diuen que es disposarà de 10 Mbps si s'usa una connexió Half-duplex (protocol d'enviament de dades bidireccional, però no simultani) i 100 Mbps per a una connexió Full-duplex (protocol que es capaç de mantenir comunicacions bidireccionals simultànies). Amb aquestes especificacions, per tant, s'interpreta que la xarxa oferirà els serveis necessaris proposats en aquest TFC.

## Capítol 5. Seguretat

En l'apartat de configuració, cal tenir en compte els aspectes de seguretat per a cada fase.

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 se 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.

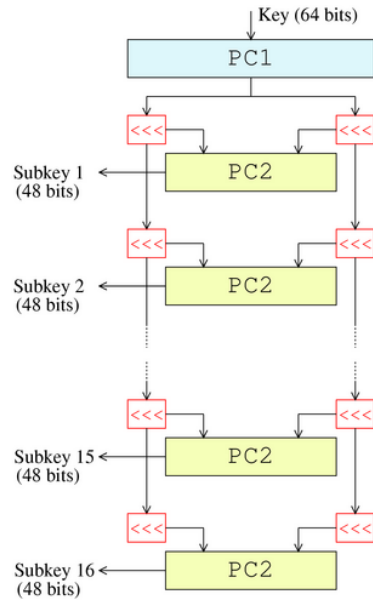


Figura 5.1 Programació de claus del DES

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.

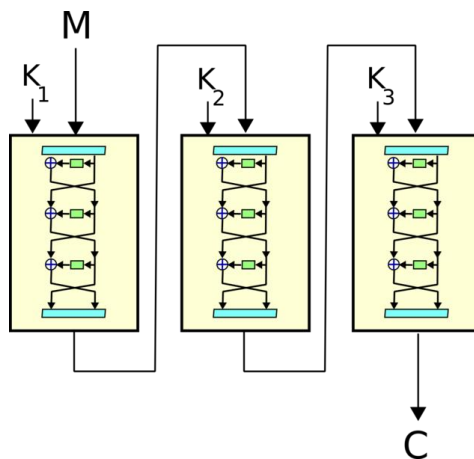


Figura 5.2 3DES amb les tres operacions DES

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  $4 \times 4$  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

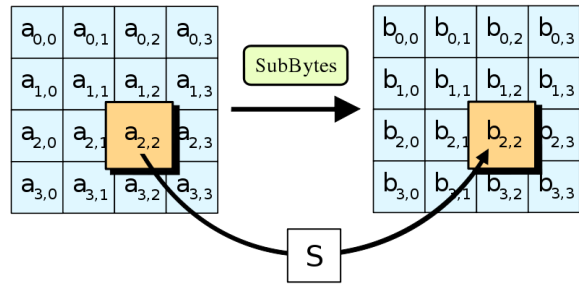


Figura 5.3 Fase SubBytes

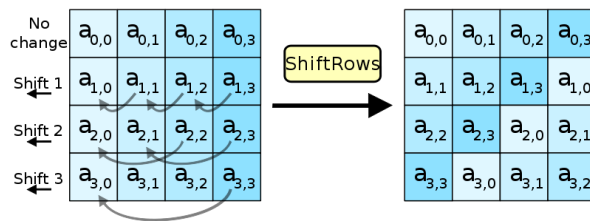


Figura 5.4 Fase ShiftRows

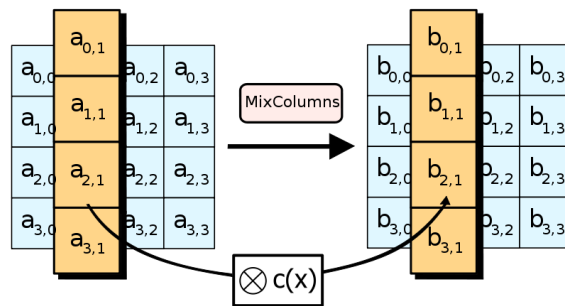


Figura 5.5 Fase MixColumns

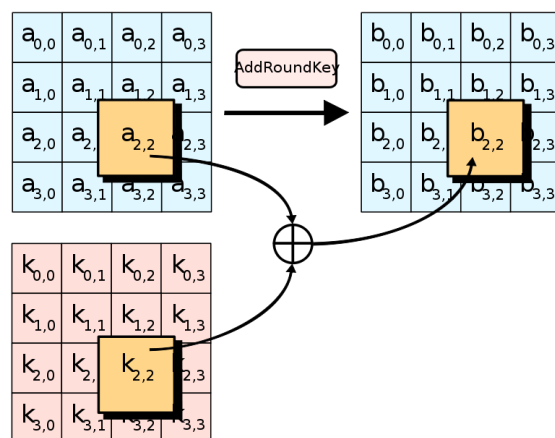


Figura 5.6 Fase AddRoundKey

## 5.1 Seguretat a la Fase 1

Per a la fase 1, durant el primer mes no hi hauran restriccions per a què la població pugui provar el producte final. Un cop passat el mes, els clients que hagin sol·licitat l'alta al servei tindran un usuari i una contrasenya amb el mètode de xifratge AES, ja que és la més segura que hi ha avui dia i els dispositius mòbils de connexió permeten aquest tipus de xifratge.

## 5.2 Seguretat a la Fase 2

En aquesta fase, el mètode de xifratge per als dispositius sense fils també serà AES per la seva seguretat, però, a més a més, també disposarà d'un filtratge MAC així s'assegurarà que només les màquines autoritzades es connectaran a la xarxa. Un cop cada tres mesos, o quan es consideri més idoni, es procedirà al canvi de contrasenyes per evitar possibles intrusions no desitjades.

Per als equips que vagin connectats amb cable, s'hauria de tenir en compte que aquestes màquines no tinguin accés a Internet però sí a la xarxa, ja que així s'evita qualsevol tipus d'intrusió externa.

## Capítol 6. Futures ampliacions o millores

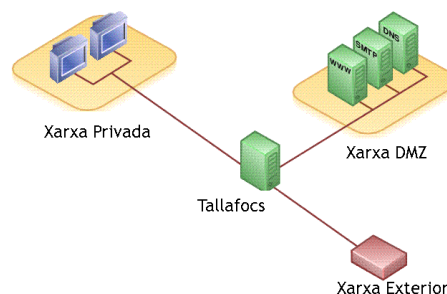
Degut a què aquest TFC té unes dates previstes des de l'inici fins a la entrega de la documentació final, hi ha aspectes que es podrien millorar o ampliar, a més a més, també cal tenir en compte que la tecnologia avança amb molta rapidesa. És per aquest fet que les tecnologies actuals puguin quedar antiquades i obsoletes d'aquí a un any o dos. A continuació, hi ha un seguit de suggeriments, per ambdues fases, que es podrien dur a terme en un futur.

### 6.1 Fase 1

Tal com s'ha comentat anteriorment, el servei podria augmentar la seva velocitat, per exemple a 6 Mbps, tot i que en un futur és possible que s'arribin a velocitats molt superiors. També es podria ampliar el servei, ja que en principi només està destinat a la població dels Muntells, a les poblacions de Sant Jaume d'Enveja i Balada. Evidentment, tot dependrà del funcionament del servei i de la resposta que donada per la població.

### 6.2 Fase 2

Pel que fa a la xarxa metropolitana, que connecta els edificis que pertanyen a l'Ajuntament de Sant Jaume d'Enveja, es podrien dur a terme millores en la connectivitat dels ordinadors, ja que aquests, tal com s'ha dissenyat la xarxa, no disposen de connexió a Internet per evitar intrusions, precisament, des d'Internet. Aquest problema es podria solucionar amb la col·locació d'un tallafocs i creant una zona desmilitaritzada DMZ, que garantis la no intrusió d'usuaris no desitjats.



**Figura 6.1 Diagrama d'una xarxa amb DMZ**

També una millora addicional que es podria realitzar, seria la implementació d'aplicacions per a enviar notificacions a dispositius mòbils connectats a aquesta xarxa, ja sigui per a les brigades encarregades de la neteja i el manteniment d'espais públics com, també, per a la policia local. D'aquesta manera milloraria i augmentaria la rapidesa de la comunicació amb el personal i

es podrien repartir d'una forma més eficient la feina i les tasques d'una jornada laboral.

Per a dispositius mòbils, el mercat no disposa, de moment, d'una gran varietat de recursos que incorporin la tecnologia WiMAX. Hi ha alguns terminals de telèfons mòbils (com, per exemple, el HTC MAX 4G o el Nokia N810) o PDA (com el Samsung SPH-P9000 WiMAX) que podrien ser usats.

Per acabar, amb la proposta d'ampliacions i millores, també, es podria incloure una aplicació per a l'ús de VoIP per a comunicacions de veu.



## Capítol 7. Valoració i viabilitat econòmica

Finalment, per dur a bon port aquest TFC i com, quasi bé, en tots els projectes de l'àmbit de les telecomunicacions, aquests tenen associats uns costos depenent dels requisits, ja siguin derivats dels materials emprats, o bé, de la mà d'obra usada i, fins i tot, de les revisions i del manteniment.

### 7.1 Valoració econòmica Fase 1

Per tal de fer la valoració econòmica d'aquesta fase caldria conèixer quin serà el proveïdor escollit per l'Ajuntament. Consultats alguns proveïdors del servei, malgrat el seu mutisme a l'hora de facilitar material i costos, s'ha pogut fer una estimació aproximada dels mateixos. A continuació es detallen els costos fixos que cal preveure:

Concepte	Cost	Acumulat
<b>Materials xarxa</b>		
Centre de control	32.000	
Radio enllaços	4.496	
Nodes de xarxa	4.400	
<b>Total materials xarxa</b>	<b>40.896</b>	
		<b>40.896</b>
<b>Mà d'obra</b>		
Operaris	3.500	
Desplaçaments	500	
<b>Total mà d'obra</b>	<b>4.000</b>	
		<b>44.896</b>
<b>Alta servei</b>	<b>5.000</b>	
		<b>49.896</b>
<b>Altres materials</b>	<b>1.500</b>	
<b>TOTAL</b>		<b>51.396</b>

Taula 7.1 Costos aproximats Fase1

A més dels costos fixos, descrits anteriorment, anualment hi haurà destinada la quantitat de **5.000€** pel manteniment de la xarxa.

### 7.2 Valoració econòmica Fase 2

Seguidament es mostren de forma detallada els costos derivats de l'equipament emprat per a la xarxa metropolitana sense fils. Les especificacions

d'aquests dispositius en permeten la viabilitat d'aquest fase, d'acord amb les premisses marcades en les necessitats del Capítol 4 (Apartat 4.3.1).

**Estació base WiMAX:**

- Model: Alvarion BreezeMAX Extreme 5000
  - Preu unitari: 8.995 \$ → **6.657 €**

**Dispositius d'accés per a usuaris:**

- Model: Airspan MiMAX USB - Mobile WiMAX Wave 2 USB Device
  - Preu unitari: 495 \$ → **367 €**

En la taula següent es mostra el cost total de la xarxa:

Descripció	Unitats	Preu unitat	Preu Total
<b>Estació base WiMAX</b>	<b>1</b>	<b>6.657</b>	<b>6.657</b>
<b>Dispositius d'accés per a usuaris</b>	<b>10</b>	<b>367</b>	<b>3.670</b>
<b>TOTAL</b>			<b>10.327</b>

Taula 7.2 Costos totals Fase2

## 7.3 Viabilitat econòmica

En qualsevol projecte tecnològic de telecomunicacions és molt important la seva viabilitat econòmica. És, pràcticament, imprescindible la realització d'un estudi de viabilitat, per saber si realment el projecte en qüestió pot generar ingressos o no. Evidentment, la fase 2 del present projecte (Disseny d'una xarxa metropolitana) no generarà cap tipus d'ingrés, per la senzilla raó que és per a ús intern de l'Ajuntament. Però, per a la fase 1 del projecte (Donar accés a Internet al nucli de població dels Muntells) sí que cal fer-ne un estudi de viabilitat econòmica, principalment, perquè es donarà un servei a uns usuaris, per part d'una empresa del sector de les telecomunicacions que, naturalment, ho fa per obtenir beneficis. Els usuaris abonaran, a l'empresa subministradora, els serveis rebuts i a l'Ajuntament li cal saber si en el pas del temps haurà de seguir invertint en el projecte o bé aquest es podrà autofinçar. Per tal de poder tenir, orientativament, una idea sobre la viabilitat d'aquesta fase 1, cal comprovar el VAN (Valor Anual Net) i el TIR (Taxa Interna de Retorn) de la inversió.

## 7.3.1 VAN i TIR Fase 1

El Valor actual net (VAN) procedeix de l'expressió anglesa Net present value. És un procediment que permet calcular el valor present d'un determinat nombre de fluxos de caixa futurs, originats per una inversió. La metodologia consisteix a descomptar al moment actual (és a dir, actualitzar mitjançant una taxa) tots els fluxos de caixa futurs del projecte. A aquest valor se li resta la inversió inicial, de tal manera que el valor obtingut és el valor actual net del projecte.

La taxa interna de retorn (TIR) d'una inversió, està definida com la taxa d'interès amb la qual el valor actual net (VAN) és igual a zero. És un indicador de la rendibilitat d'un projecte, a major TIR, major rendibilitat.

Tot seguit, amb les dades extretes de l'enquesta realitzada a la població dels Muntells (veure annex 1) i amb la distribució d'ingressos prevista (els ingressos de la quota mensual satisfeta pels usuaris seran al 50% entre l'ajuntament i el proveïdor contractat per donar el servei), es calculen els ingressos anuals de l'ajuntament durant els cinc primers anys:

$$\text{Any 1} \rightarrow (39.90 \text{ €} \times 125 \text{ usuaris}) \times 11 \text{ mesos} - 50\% = 27.431,25 \text{ €}$$

$$\text{Any 2} \rightarrow (39.90 \text{ €} \times 175 \text{ usuaris}) \times 12 \text{ mesos} - 50\% + (50 \text{ €} \text{ quota alta} \times 50) = 44.395 \text{ €}$$

$$\text{Any 3} \rightarrow (39.90 \text{ €} \times 225 \text{ usuaris}) \times 12 \text{ mesos} - 50\% + (50 \text{ €} \text{ quota alta} \times 50) = 56.365 \text{ €}$$

$$\text{Any 4} \rightarrow (39.90 \text{ €} \times 250 \text{ usuaris}) \times 12 \text{ mesos} - 50\% + (50 \text{ €} \text{ quota alta} \times 25) = 61.100 \text{ €}$$

$$\text{Any 5} \rightarrow (39.90 \text{ €} \times 279 \text{ usuaris}) \times 12 \text{ mesos} - 50\% + (50 \text{ €} \text{ quota alta} \times 29) = 68.242,6 \text{ €}$$

Els corresponents fluxos de caixa queden reflectits en la taula següent:

Any	Ingressos	Despeses	Flux caixa	Flux acumulat
1	27.431,25	- 51.396	-23.965	-23.965
2	44.395,00	- 5.000	39.395	15.430
3	56.365,00	- 5.000	51.365	66.795
4	61.100,00	- 5.000	56.100	122.895
5	68.242,60	- 5.000	63.243	186.138
<b>Total</b>	<b>257.533,85</b>	<b>-71.396</b>		

Taula 7.3 Càlcul VAN i TIR

De les dades d'aquesta taula se'n dedueixen per al VAN i el TIR els següents valors:

$$\text{VAN} = 257.534 + (-71.396) = 186.138$$

**TIR = 37,7%**

Com es pot observar, el valor anual net és positiu i la taxa interna de retorn té un percentatge relativament gran. Per tant, en principi i sempre que les expectatives s'acompleixin, la viabilitat econòmica d'aquesta part del present TFC, sembla més que possible.

## Capítol 8. Conclusions

Es pot afirmar que el treball fet per tal de dur a terme aquest projecte ha estat intens, però, a la vegada interessant.

El més satisfactori és pensar que s'han assolit els objectius proposats des del inici, i en cas que l'Ajuntament desitgi tirar endavant aquesta proposta, només haurien de seguir els passos que s'han plantejat al llarg d'aquest projecte, ja que està basat en la distribució actual del Ajuntament.

Per obtenir una valoració global del projecte, penso que s'hauria de realitzar de forma real, i obtenir al cap d'un temps de funcionament dades reals amb usuaris reals, els quals, segurament, ens mostrarien alguns inconvenients i possibles millores que caldria anar polint a mesura que fossin comentades; d'aquesta forma podríem comprovar si realment ha estat ven plantejat o si l'hauríem d'haver enfocat des d'un altre punt de vista. Les valoracions rebudes, per part de l'equip de govern dels dos ajuntaments de les poblacions que apareixen en aquest treball, han estat positives i han mostrat un gran interès, tant en la implementació de la xarxa sense fils per oferir els serveis d'Internet, com en la xarxa metropolitana sense fils per a connectar el registre general de l'ajuntament.

Un altre punt interessant ha sigut descobrir la gran quantitat d'estàndards que hi ha amb tecnologies sense fils. Des de les de curt abast, com la coneguda Bluetooth o la no tant coneguda ZigBee a les de més llarg abast, com és el cas de WiMAX -emprat en aquest treball- o el HDSUPA, - que m'han sorprès gratament perquè no pensava tinguessin un abast tan gran- .

Personalment, penso que ha estat una experiència molt interessant, però, a la vegada plena d'entrebancs que han comportat un augment de coneixements en alguns camps dels quals en tenia nocions bàsiques o pràcticament només en coneixia el nom. També me n'he adonat que el món de les telecomunicacions, en general, té un ampli ventall per donar solucions a qualsevol situació que se'ns presenti, tot i que algunes no són molt conegudes, però que poc a poc va augmentant la seva coneixença i que tard o d'hora donaran el salt que realment es mereixen.

També, la redacció dels diferents documents i, sobretot, de la memòria m'han ensenyat que molts cops les presentacions o les idees generals, són més importants que els aspectes tècnics i funcionals, massa vegades, només a l'abast dels especialistes en la matèria.

## 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 coure 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 distància 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 modulat 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.
- **ROADMAP:** veure **full de ruta**
- **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.

## Bibliografia

- **Llibres**

Satué Villar, A. (2007). *Sistemes Telemàtics*. Barcelona: Edicions UOC.

Mariné Jové, P. (2010). *Projectes*. Barcelona: Edicions UOC.

Guitart Hormigo, J. et altres (2007). *Projectes*. Barcelona: Edicions UOC.

Herrera Joancomartí, J. (2008). *Seguretat en xarxes de computadors*. Barcelona: Edicions UOC.

Nicolau, F. et altres (2007). *Competència comunicativa per a professionals de les TIC*. Barcelona: Edicions UOC.

Iñigo Griera, J. (2003). *Xarxes. Aplicacions i protocols d'Internet*. Barcelona: Edicions UOC.

López i Rocafiguera, E. et altres (2008). *Xarxes i serveis*. Barcelona: Edicions UOC.

- **Referències procedents d'Internet**

<http://ca.wikipedia.org/wiki/Portada>, [8 gener 2011 ]

[http://en.wikipedia.org/wiki/Main\\_Page](http://en.wikipedia.org/wiki/Main_Page), [4 gener 2011 ]

<http://es.wikipedia.org/wiki/Wikipedia:Portada>, [8 gener 2011 ]

<http://www.alvarion.com>, [11 gener 2011 ]

<http://www.airspan.com>, [11 gener 2011 ]

<http://www.internetrural.com/servicios.php>, [3 gener 2011]

<http://www.awacenter.com>, [10 gener 2011]

<https://www.iberbanda.es>, [8 gener 2011 ]

<http://www.almacen-informatico.com>, [ 8 gener 2011 ]

<http://www.sateliteyconsolas.com>, [11 gener 2011]

<http://www.moonblinkwifi.com>, [11 gener 2011]

<http://www.eyewimax.com>, [10 gener 2011]

<http://www.cisco.com>, [17 desembre 2010]

## Annexos

A continuació, es troben els dos annexos, als quals es fa referència al capítols anteriors.

L'annex 1 mostra un resum d'una enquesta realitzada per l'ajuntament al nucli de població dels Muntells. Un dels apartats feia referència al problema plantejat per a la Fase 1 d'aquest TFC.

L'annex 2 mostra les característiques i les especificacions tècniques dels materials usats per implementar la Fase 2 del present TFC.

## Annex 1

L'enquesta l'han respòs un total de 312 persones i tenia el següent format:

- 1- Sap que és Internet?
- 2- Usa habitualment Internet?
- 3- Té algun tipus de connexió a casa?
- 4- Li agradaria tenir una connexió d'alta velocitat a casa?
- 5- Estaria interessat en contractar el servei que proporciona l'Ajuntament dels Muntells?

Els resultats obtinguts queden reflectits en la següent taula:

	<b>Pregunta 1</b>	<b>Pregunta 2</b>	<b>Pregunta 3</b>	<b>Pregunta 4</b>	<b>Pregunta 5</b>
Sí	298	293	21	287	279
No	14	19	291	25	33

Taula A1.1 Resultats enquesta Fase 1

Com a conseqüència d'aquests resultats es va establir un període de sol·licituds per tal de donar-se d'alta del servei. Totes aquelles sol·licituds rebudes, fent la reserva d'alta al servei ofert, no hauran de pagar cap quota d'alta, mentre que els usuaris, que sol·licitin l'alta posteriorment, hauran d'abonar una quota d'alta de 50€. En finalitzar aquest període s'havien rebut un total de 125 sol·licituds d'alta al servei.

## Annex 2



# BreezeMAX<sup>®</sup> Extreme 5000

WiMAX<sup>™</sup> 16e pioneer for the license-exempt market

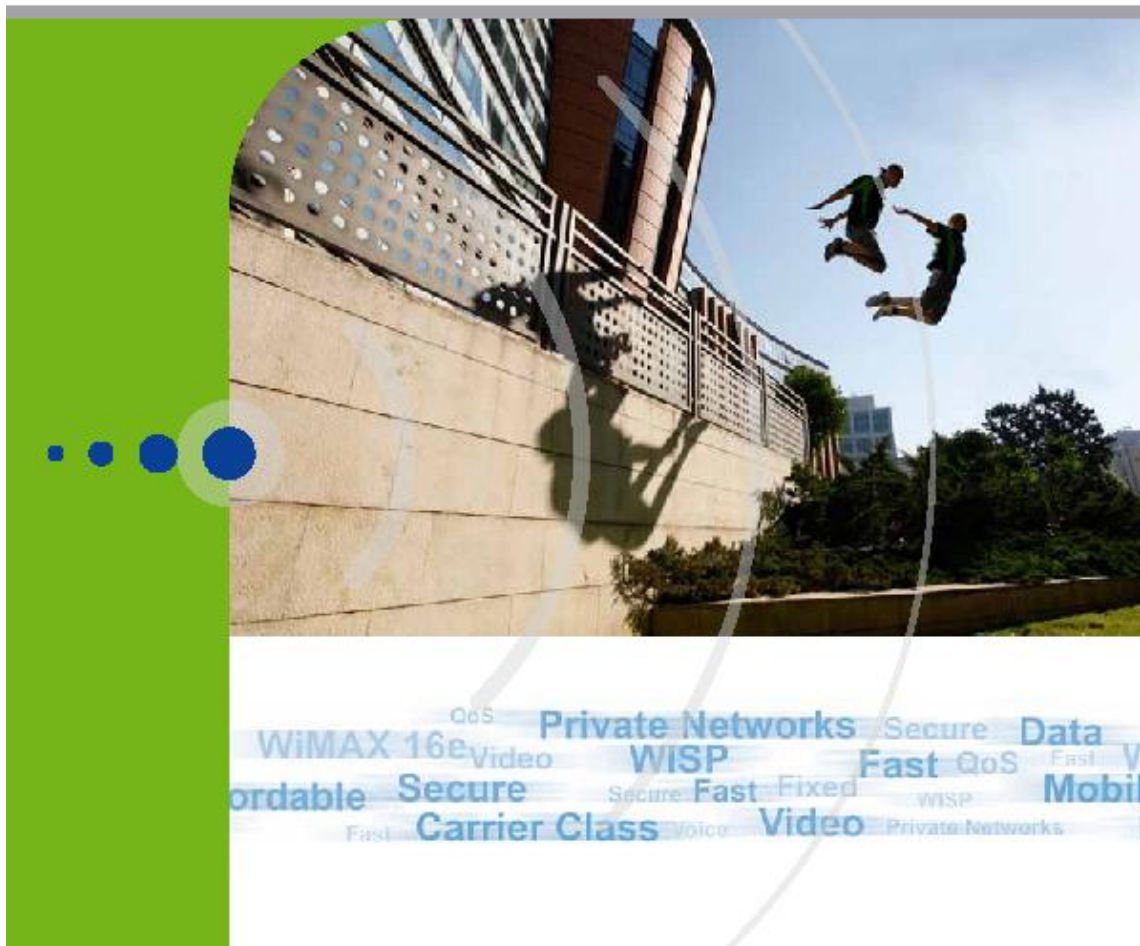


Figura A2.1 BreezeMax Extreme 5000

### WiMAX 16e for the License-exempt Market

BreezeMAX Extreme 5000 is part of the carrier-class, field proven BreezeMAX product family and is the first wireless broadband solution to bring WiMAX 16e technology to the 5 GHz license-exempt market. This best-of-breed base station is designed for a variety of applications and business models and offers advanced air-protocol capabilities, superior performance and standard protocol support.

A highly integrated, all outdoor base station, BreezeMAX Extreme 5000 is designed for ease-of-deployment and reduced total cost of ownership. Built with the customer in mind this solution offers easy configuration and a self-sustained ecosystem, ideally suited for Wireless Internet Service Providers (WISPs), municipalities, utilities, enterprises and public safety networks.



### Main Features and Highlights

#### Carrier-class WiMAX 16e Solution for the 5 GHz License-exempt Market

BreezeMAX Extreme 5000 brings state-of-the-art standardized technology to the license-exempt market providing WiMAX Quality of Service (QoS) and enhanced coverage and capacity. BreezeMAX Extreme 5000 is designed to support interoperability and certification and complies with WiMAX Forum® guidelines, enabling ecosystems to benefit from WiMAX 16e economy-of-scale.

#### All-in-One, All Outdoor Solution for Profitable Up & Go Services

The compact design of BreezeMAX Extreme 5000 enables reduced CAPEX and OPEX for low total cost of ownership (TCO) and accelerated ROI. This all-in-one solution integrates the base station, antenna, ASN- gateway and GPS receiver to provide an all outdoor solution that is easy to deploy on communication towers, rooftops and street poles.

#### Leverage WiMAX QoS for Enhanced and Swift Delivery of Triple Play Services

Featuring inherent WiMAX QoS, BreezeMAX Extreme 5000 enables simultaneous support of multiple applications using service differentiation for real-time triple play (voice, video and data) and non real-time applications.

### BreezeMAX Extreme 5000 Supports a Wide Range of Applications



Figura A2.2 Característiques BreezeMax Extreme 5000

**Powerful Interference Mitigation Techniques for Overcoming Obstacles**

BreezeMAX Extreme 5000 supports MIMO, providing STC and MRC advanced antenna techniques in both the base station and end user devices. Designed with state-of-the-art OFDMA and error correction coding techniques (leveraging 16e PHY) as well as enhanced capabilities with integrated spectrum analyzer, DFS and dynamic channel selection, BreezeMAX Extreme 5000 offers best Non-Line-of-Sight (NLOS) and interference resilience.

**Efficient Delivery of Broadband Applications to Any Environment**

BreezeMAX Extreme 5000 supports unmatched sector capacity, coverage and deployment variety for enhanced implementation of fixed, nomadic and mobile applications in rural and urban deployments. The ideal choice for WISPs, municipalities, utilities, enterprises and public safety networks, BreezeMAX Extreme 5000 with SISO/MIMO single or dual sector models, can maximize capacity over range or vice versa for better answering deployment needs.

**BreezeMAX Extreme 5000 Advantages**

- WIMAX 16e QoS for license-exempt frequencies
- Advanced interference mitigation techniques for leading performance and reliability
- MIMO AVB support for increased coverage and capacity
- Reliable video transmission and inherent multicast support
- Compact all-outdoor, easily installed single unit
- Secure connectivity with embedded encryption mechanisms
- Reliable and ruggedized infrastructure for extreme outdoor conditions
- Fast ROI with reduced TCO by utilizing an all-in-one, single platform with ASN gateway and dual sector support
- Mobile, portable and fixed services



**BreezeMAX Extreme 5000 Models**

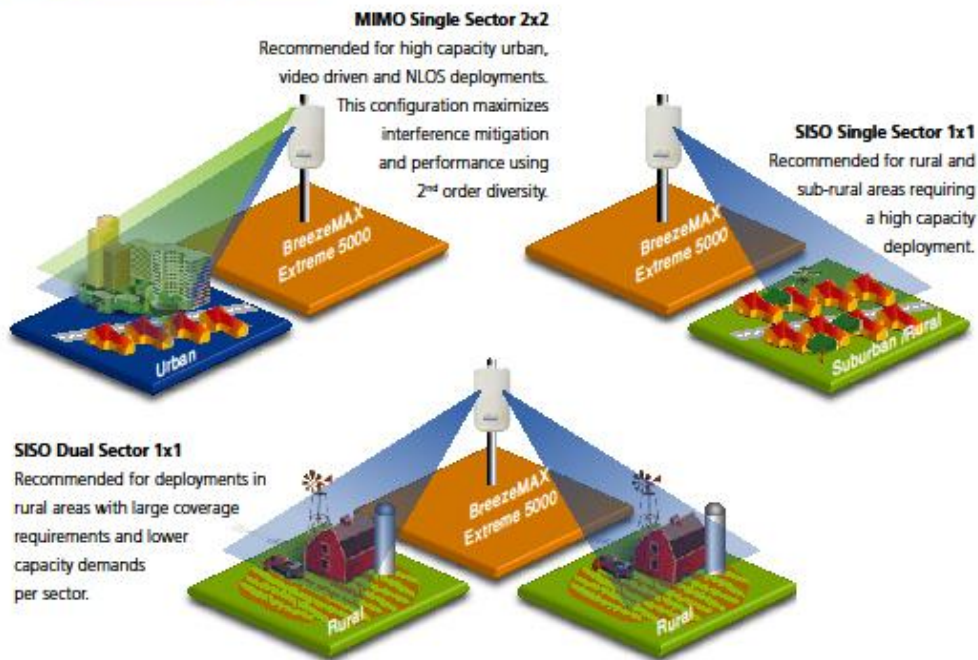


Figura A2.3 Models BreezeMax Extreme 5000

## Headquarters

International Corporate HQ  
Email: [corporate-sales@alvarion.com](mailto:corporate-sales@alvarion.com)

North America HQ  
Email: [n.america-sales@alvarion.com](mailto:n.america-sales@alvarion.com)

## Sales Contacts

Australia:  
[au-sales@alvarion.com](mailto:au-sales@alvarion.com)

Asia Pacific:  
[ap-sales@alvarion.com](mailto:ap-sales@alvarion.com)

Brazil:  
[brasil-sales@alvarion.com](mailto:brasil-sales@alvarion.com)

Canada:  
[canada-sales@alvarion.com](mailto:canada-sales@alvarion.com)

Caribbean:  
[caribbean-sales@alvarion.com](mailto:caribbean-sales@alvarion.com)

China:  
[cn-sales@alvarion.com](mailto:cn-sales@alvarion.com)

Czech Republic:  
[czech-sales@alvarion.com](mailto:czech-sales@alvarion.com)

France:  
[franca-sales@alvarion.com](mailto:franca-sales@alvarion.com)

Germany:  
[germany-sales@alvarion.com](mailto:germany-sales@alvarion.com)

Italy:  
[italy-sales@alvarion.com](mailto:italy-sales@alvarion.com)

Ireland:  
[uk-sales@alvarion.com](mailto:uk-sales@alvarion.com)

Japan:  
[jp-sales@alvarion.com](mailto:jp-sales@alvarion.com)

Latin America:  
[latam-sales@alvarion.com](mailto:latam-sales@alvarion.com)

Mexico:  
[mexico-sales@alvarion.com](mailto:mexico-sales@alvarion.com)

Nigeria:  
[nigeria-sales@alvarion.com](mailto:nigeria-sales@alvarion.com)

Philippines:  
[ph-sales@alvarion.com](mailto:ph-sales@alvarion.com)

Poland:  
[poland-sales@alvarion.com](mailto:poland-sales@alvarion.com)

Portugal:  
[sales-portugal@alvarion.com](mailto:sales-portugal@alvarion.com)

Romania:  
[romania-sales@alvarion.com](mailto:romania-sales@alvarion.com)

Russia:  
[info@alvarion.ru](mailto:info@alvarion.ru)

Singapore:  
[asian-sales@alvarion.com](mailto:asian-sales@alvarion.com)

South Africa:  
[africa-sales@alvarion.com](mailto:africa-sales@alvarion.com)

Spain:  
[spain-sales@alvarion.com](mailto:spain-sales@alvarion.com)

U.K.:  
[uk-sales@alvarion.com](mailto:uk-sales@alvarion.com)

Uruguay:  
[uruguay-sales@alvarion.com](mailto:uruguay-sales@alvarion.com)

For the latest contact information  
in your area, please visit:  
[www.alvarion.com/companylocations](http://www.alvarion.com/companylocations)



© Copyright 2010 Alvarion Ltd. All rights reserved.  
Alvarion® is a logo and all names, product and service names referenced herein are either registered trademarks, trademarks, trade names or service marks of Alvarion Ltd in certain jurisdictions. All other names are or may be the trademarks of their respective owners. The content herein is subject to change without notice.  
"WiMAX Forum" is a registered trademark of the WiMAX Forum. "WiMAX" is the WiMAX Forum logo. "WiMAX Forum Certified" and the WiMAX Forum Certified logo are trademarks of the WiMAX Forum.  
215373 nov.b

## Specifications

### Radio & Modem

Unit type	All outdoor base station	
Configuration options	Single sector MIMO – Integrated / external antenna Single sector SISO – Integrated / external antenna Dual sector SISO – external antenna	
Frequency	Base station	CPE
	4900-5350 MHz	4900-5950 MHz
	5470-5950 MHz	
Channel bandwidth	5 MHz, 10 MHz, 2x10 MHz	5 MHz, 10 MHz
Number of channels	MIMO: 2Rx, 1Tx	2Rx, 1Tx
Radio access method	SISO: 1Rx, 1Tx	
Operational mode	IEEE 802.16-2005 (16e OFDMA)	
Central frequency resolution	TDD	
FFT size	2.5 MHz (for 5 MHz channel), 5 MHz (for 10, 2x10 MHz channel)	
Supported modulation	512/1024	
	QPSK 1/2, 3/4 + Rep	
	QAM16 1/2, 3/4	
	QAM64 2/3, 3/4, 5/6	
Air link optimization support	HARQ, CTC, compressed DL / UL Maps.	
Diversity	2x2, MIMO Matrix A, MRC, MIMO Matrix B	

### Transmit Power

Transmit power	Base Station	CPE
	0-21 dBm, 1dB resolution	QAM64: 18 dBm QAM16: 20 dBm QPSK: 21 dBm
Integrated antenna gain	14.5 dBi	ATPC of 20 dB, 1 dB resolution 16 dBi

### Security

Authentication	Centralized over RADIUS, MS chap v.2 EAP TTLS over RFC-2865
Data encryption	AES WIMAX 16e

### Interfaces

Network	IEEE 802.3 CSMA/CD
Standard compliance	10/100 Mbps, half/full duplex with auto negotiation
Data interface	In: PoE (55V DC)
Power	In: 48V DC Out: PoE (55V DC) feeding backhaul CPE
GPS	Antenna (TNC), receiver integrated in unit GPS chaining support

### Mechanical

Dimensions (H x D x W)	Base Station	CPE
Weight	51 x 28 x 14.7 cm	23 x 23 x 6.3 cm
Extreme SD00 unit	11 kg	2 kg
Mounting Kit	5 kg	

### Environmental

Operating temperature	-40°C to 55°C
Operating humidity	5%-95% non condensing, weather protected

### Standard Compliance

EMC	ETSI EN 301 489-1, FCC p15
Safety	CE EN 60950-1/22, UL 60950-1/22
Environmental	ETSI 300 019 part 2-1, 2-2, 2-4, IP67
Radio	ETSI EN 302 326, ETSI EN 301 390 ETSI EN 301 893, ETSI EN 302 502 FCC part 15.247, FCC part 15.407, RSS-111, RSS-210
Humidity	ETSI 300 019-2-4 Class T4.1E (IEC-60068-2-56)
Regulatory compliance	ROHS

\* Not available in North America

### About Alvarion

Alvarion (NASDAQ:ALVR) is a global leader in 4G wireless communications with the industry's most extensive customer base with hundreds of commercial WiMAX deployments. Alvarion's industry leading solutions enable true open 4G and vertical applications for service providers and enterprises. Through an OPEN WiMAX strategy, superior IP and OFDMA know-how, and ability to deploy large scale end-to-end turnkey networks, Alvarion is delivering the true 4G broadband experience today ([www.alvarion.com](http://www.alvarion.com))

## Taula A2.1 Especificacions tècniques BreezeMax Extreme 5000



**MiMAX USB - Mobile WiMAX Device**

**Main Features**

- Wave 2 MIMO Mobile WiMAX compliant USB device
- Allows integration with any device or desktop that supports USB 2.0
- Easy to use, pure "Plug-and-Play" operation
- STC, 2x2 Matrix A MIMO and 2x2 Matrix B MIMO downlink support, and CSM uplink support
- Peak Throughput: Up to 33Mbps
- True Multi-Band operation enables global Inter and Intra- country roaming
  - 2.3-2.4, 2.496-2.69 GHz, 3.3-3.4, 3.4-3.6, 3.6-3.8 GHz
- RF performance
  - SOFDMA
  - 5, 7, 8.75 and 10MHz TDD
  - Tx power: 22dBm
- Low power consumption (<2.4W)
- Small form factor, only 99x35x8 mm

## MiMAX USB – Mobile WiMAX Wave 2 USB Device

- First Mobile WiMAX USB device on the market
- Small form factor
- Pure plug-and-play operation
- Multi-band for maximum roaming convenience
- Single band variants available

Success of Mobile WiMAX depends on the availability of reasonably priced end user devices. Airspan has taken the lead by announcing the world's first Multi-band, Wave 2 Mobile WiMAX, 2x2 MIMO enabled USB device called MiMAX USB (pronounced "My Max").

The MiMAX USB packs a big RF performance despite its diminutive size delivering up to +22dBm into the antenna. It goes on to deliver an astonishing throughput of up to 33Mbps (in a 10 MHz TDD channel running Matrix B and CSM on uplink).

The MiMAX USB is the first product in the MiMAX family of MIMO Mobile WiMAX devices and add-ons.

In order to provide true global roaming, and Inter and Intra country roaming across multiple frequency bands, the MiMAX USB provides multi-band WiMAX operation in a small, power efficient package that sets the levels of size performance standards for the WiMAX industry.



13

**Figura A2.4 Caracteristiques**  
**Airspan MiMax USB – Mobile WiMAX Wave 2 USB Device**



## Technical Datasheet - End User Devices

	MIMAX USB	EasyST and ProST	MIMAX Easy and MIMAX Pro
Mobile WiMAX	Yes	No	Yes
Fixed WiMAX	No	Yes	No
Standards Compliance	IEEE802.16e-2005	IEEE802.16-2004	IEEE802.16e-2005
Form Factor	USB 2.0	EasyST - Indoor Self-Install ProST - Outdoor	MIMAX Easy - Indoor Self-Install MIMAX Pro - Outdoor
Frequency Bands	Multi-Band Device 2.3-2.4GHz, 2.496-2.69GHz, 3.3-3.8GHz Single band variants also available	700 MHz, 1.4 GHz 1.5GHz , 1.9GHz, 2.3, 2.5, 2.7 GHz, 3.3-3.8 GHz TDD/FDD variants, 4.9GHz-5.95 GHz variants	2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.3-3.8 GHz
Channel Size	10MHz, 8.75MHz, 7MHz, 5MHz	10MHz, 5MHz, 3.5MHz, 3MHz, 2.75MHz, 2.5MHz 1.75MHz, 1.5 MHz	10MHz, 7MHz, 5MHz, 3.5MHz
FFT	512, 1024	256	1024, 512
Duplex Method	TDD	TDD, FDD	TDD
Tx Power (Frequency band dependent)	Up to 22dBm	Up to +24dBm in most bands	Up to 27dBm
Rx Sensitivity	-100dBm @5MHz (QPSK ) compliant with MRCT 1.0	-103dBm	-101dBm
STC	Yes	Yes	Yes
MIMO	2x2	N/A	Yes
MIMO Matrix Type	Matrix A, Matrix B	N/A	Matrix A, Matrix B
CSM	Yes	N/A	Yes
Uplink Sub-Channelization	Yes	N/A	Yes
PUSC	Yes	N/A	Yes
Fractional Frequency Reuse	Yes	N/A	Yes
Ethernet CS	Yes	Yes	Yes
IP CS	Yes	N/A	Yes
IP version support	IPv6, IPv4	IPv4	IPv6, IPv4
User Interface	USB 2.0	10/100bT Ethernet, WIFI, POTS from an Integrated RGW	10/100bT Ethernet
End to End VLAN (802.1q)	Yes	Yes	Yes
Supported Usage Scenarios	Mobile, Portable, Nomadic	Nomadic, Fixed	Mobile, Portable, Nomadic, Fixed
Handover Supported	Yes	N/A	Yes
Encryption	AES	DES, AES	AES
Authentication	EAP-TLS, EAP-TTLS	PKA/R	EAP-TLS, EAP-TTL

Note: Specifications are subject to change without notice and are for information purposes only.

### Taula A2.2 Especificacions tècniques