

Desenvolupament d'una xarxa telemàtica per a proveir accés a Internet en un petit municipi

Ismael Santasusagna Moreno
E.T.T. Telemàtica

Consultor: Miquel Font Rosselló

12 de Gener de 2011

Resum

La implantació de la banda ampla avui dia es un fet i ho es en part gracies a l'ajuda de les tecnologies inhalambriques que han donat un altre impuls per el seu us més comercial. Aquest projecte compren l'anàlisi, el disseny i la posta en funcionament de una xarxa sense fils que d'ona un accés de banda ampla que sigui gratuïta i publica per al servei al ciutadà.

Es desenvolupen dues tecnologies de comunicacions sense fils com son Wimax i Wifi per la seva capacitat de transmissió i menor infraestructura al primer cas i compatibilitat de dispositius i consolidació al segon, es planteja aleshores una solució viable per una població costera que desitja una solució relativament econòmica i fàcilment escalable si calgues.

En aquest projecte hi ha tres pilars fonamentals, en primer lloc es troba l'anàlisi, s'identifica el tipus de població, la seva geografia i a qui es podrà donar accés, o sigui es planteja la situació d'inici des de la qual es plantegen les necessitats i finalitats de la xarxa. Es segon lloc es realitza l'estudi i disseny, s'identifiquen les tecnologies aplicables al objectiu i es marquen les característiques principals que decideixen la seva elecció. Per altra banda, el disseny te com a objectiu dotar de la major cobertura i capacitat possible al sistema dins del marc legal que s'imposa per aquets tipus de xarxes sempre intentant minimitzar el cost final en la mesura que sigui possible.

En tercer lloc es realitza la simulació e instal·lació dels equips, es comprova la viabilitat del sistema proposat i si aquest necessita modificacions respecte al proposat a la teoria.

Addicionalment es tracten altres punts com l'anàlisi de costos, on nomes es te en comte el cost del equipament i la instal·lació, a canvi es marquen algunes maneres de finançament de les moltes possibles per tal de subvencionar el lloguer de la línia amb el proveïdor d'accés a Internet i el manteniment de la xarxa. Això s'explicarà a causa dels aspectes legals en base al marc de referència en les xarxes de telecomunicacions com és la CMT i les condicions que imposa.

Índex

Capítol 1. Introducció.....	1
1.1. <i>Justificació i context del TFC</i>	1
1.2. <i>Objectius del TFC</i>	2
1.3. <i>Metodologia</i>	3
1.4. <i>Planificació del projecte</i>	4
1.5. <i>Productes obtinguts</i>	4
1.6. <i>Descripció capítols de la memòria</i>	6
Capítol 2. Situació actual de la població.....	7
2.1. <i>Dades generals i geografia del municipi</i>	7
2.2. <i>Zones a cobrir</i>	9
2.2.1. <i>Ubicació estació base</i>	10
Capítol 3. Tecnologies a utilitzar	11
3.1. <i>Estàndards inalambrics</i>	11
3.1.1. <i>IEEE 802.16</i>	11
3.1.2. <i>IEEE 802.11</i>	13
3.1.3. <i>Elecció</i>	16
3.2. <i>Tipus d'antenes</i>	17
3.3. <i>Topologies de xarxa</i>	18
3.4. <i>Mètodes de seguretat</i>	21
3.4.1. <i>Sistemes de xifratge i autenticació</i>	22
3.4.1.2. <i>Autenticació</i>	23
3.4.2. <i>Firewall</i>	24
Capítol 4. Xarxa.....	25
4.1. <i>Característiques de dispositius i elements a instal·lar</i>	26
4.2. <i>Instal·lació</i>	31
4.3. <i>Configuració</i>	32
Capítol 5. Disseny xarxa amb Radio Mobile.....	38
5.1. <i>Radio Mobile</i>	38
5.2. <i>Mapes</i>	39
5.2.1. <i>STRM</i>	39
5.2.2. <i>Topogràfic</i>	40
5.3. <i>Configuració paràmetres</i>	41
5.4. <i>Capacitat dels enllaços</i>	44
5.5. <i>Simulació Wimax</i>	46
5.6. <i>Simulació Wifi</i>	48

5.7. Ubicació i característiques dels equips instal·lats	50
Capítol 6. Reglamentació	51
Capítol 7. Valoració Econòmica.....	53
7.1. Pressupost.....	53
7.2. Finançament.....	54
Conclusions	55
Glossari	56
Bibliografia.....	57
Annexos	58
<i>Annex A. Especificacions Tècniques</i>	<i>58</i>
<i>Annex B. Normativa.....</i>	<i>66</i>

Índex Figures

Figura 1.....	3
Figura 2.....	7
Figura 3.....	9
Figura 4.....	13
Figura 5.....	15
Figura 6.....	15
Figura 7.....	17
Figura 8.....	17
Figura 9.....	18
Figura 10.....	18
Figura 11.....	19
Figura 12.....	19
Figura 13.....	20
Figura 14.....	23
Figura 15.....	24
Figura 16.....	25
Figura 17.....	33
Figura 18.....	39
Figura 19.....	34
Figura 20.....	35
Figura 21.....	36
Figura 22.....	39
Figura 23.....	39
Figura 24.....	40
Figura 25.....	40
Figura 26.....	41
Figura 27.....	43
Figura 28.....	45
Figura 29.....	45
Figura 30.....	46
Figura 31.....	47
Figura 32.....	48
Figura 33.....	48
Figura 34.....	49
Figura 35.....	50

Capítol 1. Introducció.

Aquest projecte, que pertany al sector de les xarxes telemàtiques, neix per la petició d'una administració pública que vol oferir un nou servei al seu municipi tal com es una xarxa inalàmbrica als seus ciutadans per tal de donar un valor afegit i una imatge més moderna de la ciutat.

L'ajuntament de Tossa de mar, com a peticionari, demana accés inalàmbic a Internet dins del nucli urbà, no especifica cap tecnologia en concret per tal d'aplicar-ho a la situació més real possible. A més de detallar tota la proposta tècnica i pressupost s'indicaran certes condicions legals per tal de situar com poder oferir accés gratuït als seus ciutadans i quines condicions s'han de complir.

S'explicarà el tipus de equips que es volen fer servir, deixant possibilitat a alternatives de característiques similars i les tecnologies i mètodes que es poden fer servir per tal de justificar la millor elecció sempre desde la perspectiva de servei – cost.

En aquest cas l'ajuntament de Tossa no es el primer en voler realitzar aquest tipus de serveis i per tant s'han de comentar alguns dels problemes, generalment legals que han tingut altres organismes al voler implantar sistemes similars.

1.1. Justificació i context del TFC

Avui dia, les xarxes ja formen part de nosaltres, vivim permanentment connectats a Internet i desde no fa gaire hem tingut la gran expansió de les xarxes inalàmbriques personals així com la implantació de la comunicació de dades a alta velocitat, el 3G, a la telefonia mòbil.

Es pot veure clarament doncs que el camí que segueix la comunicació es sens dubte inalàmbic, que com a consumidors no estiguem lligats a cap lloc i que puguem estar permanentment comunicats.

Tal com s'indica al enunciat, la nostra finalitat es la implantació d'una xarxa pública que proporcioni accés a Internet a Tossa de Mar. Ja que no es donen bases per escollir cap tipus de sistema, ens centrarem en un sistema mixt, això vol dir a mode resum que tindrem unes estacions secundàries comunicades amb l'estació base principal que es la que tindrà l'accés directe a Internet, connectades entre elles a traves de la tecnologia

wimax, ja que permet cobrir zones més grans i amb més ample de banda; Per altre banda les estacions locals o secundaries a peu de carrer farem us de Wifi per al amplia compatibilitat de dispositius.

En referència a la ubicació, Tossa de Mar es un municipi de la província de Girona, ubicat a la costa brava; el municipi te una extensió d'uns 30km² (no el nucli urbà) i una població de uns 5600 habitants. Població costera, de poc relleu i edificis de relativa poca alçada que en la majoria dels casos no ens donarà problemes de visibilitat per els radioenllaços.

Actualment a la població nomes existeix un únic operador de telefonia ISP amb infraestructures pròpies i que per tant pugui donar accés a la xarxa troncal a l'ajuntament per oferir el servei públic que sol·licita.

Aquest projecte oferirà a l'ajuntament, unes eines i especificacions tan tècniques com legals, que li marquin quines necessitats i servies pot oferir als ciutadans i fins on poden arribar aquest serveis sense incomplir cap normativa .

1.2. Objectius del TFC.

L'objectiu del present projecte es el de realitzar un anàlisis, dissenyar e implementar una infraestructura a Tossa de Mar perquè l'ajuntament poguï proporcionar als carrers, centres públics i platges accés a Internet a traves d'un sistema wireless, tenim en compte els requeriments de funcionalitat del sistemas inhalambrics, la disponibilitat del sistema, la seguretat de la xarxa i els requisits necessaris per no faltar a la lliure competència en el sector de les telecomunicacions, al tractar-se d'un organisme públic.

Com a visió rapida dels objectius tenim:

- Veure requeriments de funcionalitat i rendiments del sistema a instal·lar davant una estimació d'usuaris.
- Dissenyar una xarxa inhalambrica que abrasi el major nombre d'usuaris possibles i per tant faci servir les tecnologies necessàries per accedir a tothom i que tothom hi poguï accedir sense necessitar elements addicionals.
- Analitzar les tecnòlogues disponibles i seleccionar les mes idònies per la població.
- Comprovar abast (cobertura) del sistema.
- Fer anàlisis de costos i buscar possibles formes de finançament.
- Verificar el compliment de la normativa de emissions en l'espectre radioelèctric, els aspectes legals per a poder oferir un servei gratuït.

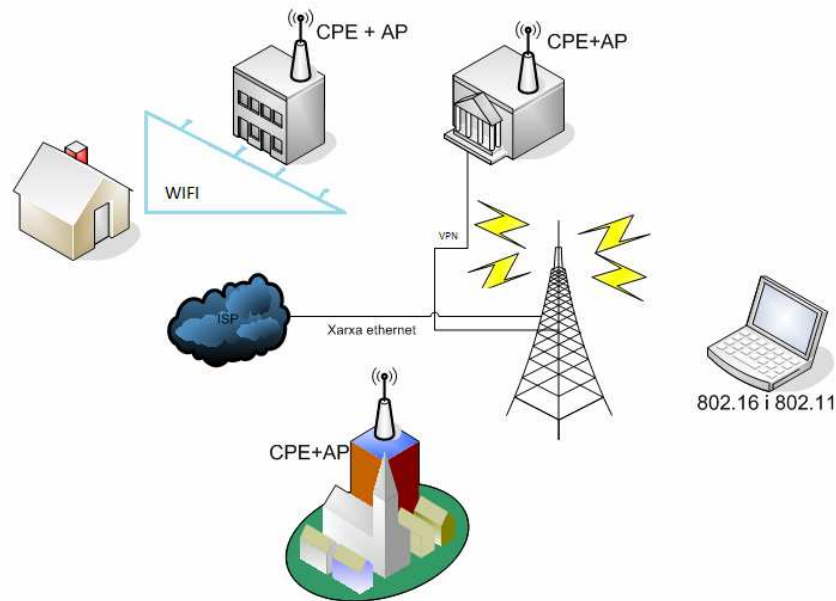


Figura 1. Xarxa sense fils

1.3. Metodologia

La metodologia del projecte i les seves aplicacions, constaran d'un anàlisi de la situació actual, una planificació de les necessitats, una etapa de disseny i/o investigació, l'etapa de implantació i la posada en marxa i entrega.

A la primera etapa fem un anàlisi del estat actual de la població, una distribució de les zones a cobrir com carrers, platges i zones turístiques ja que es on hi haurà cobertura inalambrica i una mica d'anàlisi de la seva situació geogràfica.

A la segona etapa s'estudia quin tipus de servei pot oferir l'ajuntament en funció d'una estimació d'usuaris que hi accedeixen, de possibles pics puntuals, tràfic que poden utilitzar, etc. A través de mapes de la ciutat es veurà en funció de la topografia del terreny el numero de equips necessaris per cobrir les diferents zones marcades.

A la tercera etapa es descriu l'equipament necessari, el temps de implantació, les proves tècniques sobre el numero de equips a instal·lar i el cost del projecte.

Per últim tindrem la simulació i posada en marxa del sistema i la realització de tota la documentació del projecte que es cregui necessària per el client.

1.4. Planificació del projecte.

S'adjunta junt amb aquesta memòria el calendari en format Visio 2003 amb la planificació de les tasques així com el seu temps de execució, no s'inclou ni el temps de desenvolupament del projecte ni altres dades practiques com podrien ser el concurs públic que caldria per assignar el projecte al tractar-se d'una administració publica.

El *planning* de treball esta compost de quatre etapes:

- La primera etapa constarà de la sol·licitud dels diferents permisos necessaris per a poder iniciar la instal·lació.
- Una segona etapa on es muntaran els equips de la estació base al mateix temps que es muntaran els diferents punts d'accés repartits per la ciutat ja que haurem de verificar abans de muntar-los la seva visibilitat.
- Un tercer pas serà la instal·lació del equipament de control del ajuntament i la configuració de la xarxa.
- I la quarta i ultima les proves finals del sistema i la seva posada en funcionament.

1.5. Productes obtinguts

A continuació es presenten els productes principals per al funcionament de la xarxa inhalambrica, no s'indiquen ni cablejat ni altres elements per al muntatge del equips, que es detallaran al capítol 4.

Alvarion BreezeMax Extreme 5000

Solució de xarxa inhalambrica basada en l'estàndard 802.16e, per tant que ofereix mobilitat als clients WIMAX, treballa en la xarxa no llicencia dels 5Ghz per el qual no implica el gran sobrepreu de l'adquisició d'espectre. Te compatibilitat amb el futur estandard 802.16m, el que redueix el cost de futures actualitzacions

El forma un únic element que conte tant les antenes (internes) com la electrònica de control i per tant ens estalvia elements extern addicionals mes enllà de la font d'alimentació. Cada element funciona de manera individual, necessitarem tant equips com sectors vulguem abraçar, cadascun s'instal·la a un mastil o torre igual que una antena sectorial.

Alvarion BreezeMax Wi2

El Wi2 es un receptor per exteriors que pot enllaçar els clients amb la estació base. Consisteix en un Acces Point per a exteriors amb suport Wifi 802.11b/g que treballa en la banda dels 2.4Ghz amb possibilitat de canviar el tipus d'antena segons la cobertura o zona a cobrir. Te integrat el que s'anomena un CPE (Customer Premises Equipment) que es un receptor Wimax i estarà connectat amb l'estació base, es per tant un sistema mixt i a mes compatible amb xarxa ethernet.

Alvarion BreezeMax Wi2-Extender

Acces Point Wifi per exteriors compatible amb els estàndards 802.11b/g. Mante les mateixes característiques d'AP que el Wi2, es tracta d'un extensor/reemissor Wifi, no dona ample de banda sinó que utilitza el mateix ample de banda del receptor Wimax Wi2 mes proper o la mateixa xarxa ethernet si el connectem per cable.

Ens servirà per donar servei a zones puntuals on hi puguin haver pocs usuaris i per irregularitats del terreny no puguem arribar amb un únic AP.

Alvarion BreezeMax USB 250

Receptor USB per l'estàndard 802.16e. Permetrà tenir accés a Internet a qualsevol punt de la població sense necessitat de tenir proper un punt d'accés. Compatible amb la banda no-licenciada dels 5Ghz, s'alimenta per el port USB i permet fins a 20Mbps de descarrega i 5 Mbps de pujada.

Alvarion Wi2 Controller

Equip d'administració de punts d'accés inalambrics, servirà per tenir un equip on de manera centralitzada puguem controlar els diversos Wi2 repartir per la ciutat. El model en qüestió pot controlar fins a 40 punts d'accés, ens permetrà centralitzar el sistema i realitzar les configuracions d'accés, xifratges i polítiques de manera general.

Enterasys SecureStack C5

Switx de commutació de paquets per a la connexió dels diferents dispositius BreezeMac Extremes 5000, així com el punt d'interconnexió entre el firewall/internet i la xarxa de clients. Consta de 24 ports ethernet 100/1000 amb possibilitat de prioritzar tràfic per paquets, per ports i pot tenir una llista d'unes 8000 adreces MAC.

Firewall PaloAlto PA-2020

Firewall per a l'anàlisi del tràfic sortint i entrant de la xarxa així com un sistema de seguretat contra possibles atacs.

Ens permetrà identificar les aplicacions que es fan servir independentment del port i protocol, identificar els usuaris per la direcció IP o login, possibilitat de aplicar polítiques de seguretat, bloquejar les aplicacions que vulguem i la realització de connexions VPN.

Servidor Radius HP ProLiant DL160

Es muntarà un Sistema Windows 2003 server i servirà per realitzar la autenticació de usuaris, el que s'anomena un servidor Radius. Les seves característiques més necessàries son:

- Font d'alimentació redundat.
- Dos ports ethernet (redundància)
- Controladora Array per realitzar RAID.

1.6. Descripció capítols de la memòria.

La resta de capítols que tractarem a la memòria son:

- Situació actual de la població: es descriuen dades generals de la població i quin servei es vol oferir.
- Tecnologies a utilitzar: Es detallen les tecnologies que tenim disponibles, les seves característiques i quina escollirem.
- Xarxa: Característiques principals del equipament seleccionat i la seva instal·lació.
- Disseny de xarxa amb Radio Mobile: simulació dels radioenllaços.
- Reglamentació: Requisits per a poder oferir una xarxa inalambrica.
- Valoració econòmica: Pressupost del cost de la infraestructura
- Conclusions.
- Annexos: Diverses especificacions tècniques i normatives

Capítol 2. Situació actual de la població.

En aquets capítol es presenta la situació geogràfica de Tossa de Mar. A través dels mapes de descriu de manera general les diferents zones que es desitgen cobrir i on donarem servei amb els dispositius wireless, identifiquem dades bàsiques de la població, numero de clients potencials i possibles ubicacions mes viables on instal·lar els punts d'àrees.

2.1. Dades generals i geografia del municipi.

Tossa de Mar es un municipi ubicat a la costa brava i dins de la província de Girona. Esta situat a la comarca de la Selva i una bona part de la seva economia es sustenta per el sector serveis i el turisme.

Segons les ultimes dades obtingudes per l'IDESCAT (Institut Català d'estadística de Catalunya), a l'any 2009, hi havia censades al municipi 5948 persones.

Es una població costera, la seva topografia es de poca alçada respecte nivell mar, per tant no suposarà un problema per la propagació de les ones de radio en la majoria dels casos.

A partir d'aquestes dades realitzem una estimació dels possibles usuaris que es connectaran a la xarxa per zones, però sense entrar encara en ubicacions concretes dels AP, els quals e situaran amb exactitud quan es realitzi la simulació i en calcularem el nombre de Acces Point que necessitem.



Figura 2. Imatge 3D de Tossa de Mar

La ciutat es caracteritza per edificis i cases de poca alçada a primera línia de mar, edificis de no més de 3-4 plantes en algunes vivendes i hotels mes al interior de la ciutat, per tant no hi hauran problemes de visibilitat directe entre els equips ni un gran nombre de elements que bloquegin la visibilitat.

Únicament trobem algunes zones residencials a zones mes altes a les quals no podem establir cap punt d'accés fix, al tractar-se únicament de zones residencials i al casc antic on podem trobar carrers molt estrets que atenuïn el senyal Wifi dels usuaris.

Segons l'IDECAT, la població esta distribuïda en les següents franges d'edat:

- 1 – 14 anys → 13,9%
- 15 – 64 anys → 70%
- > 65 anys → 16,1%

A aquets valors haurem de sumar les temporades de turisme a l'estiu amb un augment de la població d'un 30% de mitja; podria ser més però si calgués el sistema sempre es podria ampliar. Inicialment es dotarà un accés de xarxa a una nombre màxim entre 1100 i 1200 usuaris concurrents. El nombre d'usuaris previst per al sistema, el veurem quan realitzem la simulació de la xarxa. Podríem donar accés a més usuaris però suposarem un rendiment del sistema inferior al 100%..

Un dels requisits legals per a poder oferir accés a Internet, que veurem al apartat de reglamentació, es que la CMT prohibeix oferir de manera gratuïta als seus ciutadans accés a Internet a no ser que es compleixin cert requisits tal i com explicarem, però una de les característiques es que l'accés s'ha de oferir de manera que les antenes donin cobertura a zones publiques i encara que com es pot suposar hi hagi zones en que hi hagin ciutadans que rebin senyal a les seves vivendes, no implica a priori una falta ja que es impossible marcar una única quadricula a la que donar servei.

Condicionats amb aquest requisit una llista de les zones turístiques i organismes públics de els quals si que podríem donar servei seria:

- Ajuntament
- Equipaments culturals
- Escoles
- Equipaments esportius
- Equipaments de serveis socials
- CAP
- Albergs
- Centres de turisme (platges, patrimonis culturals, etc).
- Carrers amb molt moviment de vianants i turistes.

2.2. Zones a cobrir

A la següents figura mostrem les diferents zones a cobrir segons una numeració i el nombre d'usuaris aproximat a cadascuna d'elles

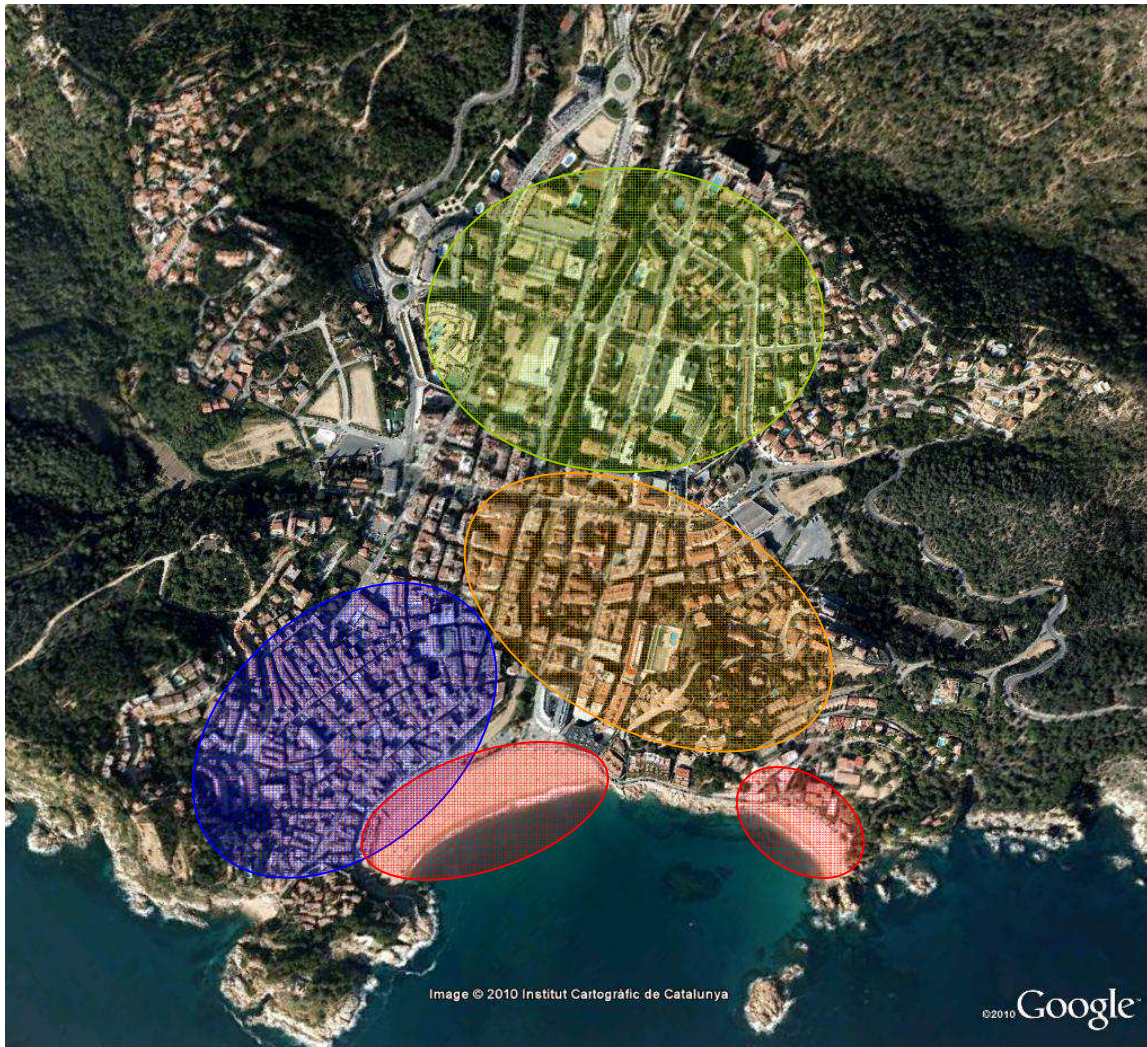


Figura 3. Zones de cobertura

Zona 1 ▶

Cas antic de la ciutat, es on hi ha el major moviments de persones, hi haurà accés per un maxím de 400 usuaris simultanis.

Zona 2 ▶

Platges, segon punt de major afluència, a la platja est hi haurà connexió per 200 usuaris i a la platja oest per 100 usuaris.

Zona 3 ▶

Zona baixa de la ciutat, es una zona amb molts comerços, apartaments i hotels; hi donarem accés per 250 usuaris.

Zona 4 ▶

Part alta majoritàriament de vivendes i serveis, hi ha menys concentració de cases que a la resta, hi haurà accés per 200 usuaris.

2.2.1. Ubicació estació base

L'únic operador disponible amb infraestructures pròpies es Telefònica, amb central ubicada al Carrer Bernats numero 8. Per evitar haver de fer cap instal·lació de línees o crear noves infraestructures per part de l'ajuntament de Tossa, es decideix que la ubicació de la estació base i antenes estiguin a la mateixa central, reduint els costos de implantació, per tant caldrà que es negociïn amb Telefònica els següents serveis:

- Amplada de banda d'accés a la xarxa troncal.
- Lloguer de espai al CPD
- Disponibilitat i temps de resposta
- Lloguer instal·lació equipament addicionals (Torre o mastil amb equips emissors)

Capítol 3. Tecnologies a utilitzar

En aquest capítol es presenten els estàndards i tecnologies que disposem a l'hora de crear la xarxa, indiquem especificacions per tal de justificar la elecció del mètode que farem servir al projecte tals com la normativa de sistemes inhalàmbrics, el tipus de xarxa que podem crear, el tipus de antenes, serveis i seguretat.

3.1. Estàndards inhalàmbrics

3.1.1. IEEE 802.16

El protocol 802.16 es l'estàndard que defineix el mode de comunicació conegut com WIMAX, aparegut oficialment a l'any 2002. Aquest estàndard permet connexions similars a les del ADSL, satèl·lit o cable en enllaços punt a punt a distàncies que poden voltar els 60 km sempre tenint en compte la visibilitat entre estacions, tipus d'antena, clima, entre altres i apareix com a alternativa a la xarxes WAN que requereixen de la instal·lació de molta més infraestructura al haver de cobrir tota la distància amb cable.

Aquets protocol opera en un espectre entre els 10 i el 66Ghz, que varien segons la revisió del IEEE 802.16, funciona tant amb visibilitat directa (LOS) com sense (NLOS) fent servir un tipus de antena diferent segons la situació. L'ample de banda entre canals es de 1,5, 10 i 20 MHz, una taxa de bits que oscil·la entre els 30 i 134 Mbps en condicions favorables que pot modular en diferents sistemes como OFDM, QPSK, 16QAM 64 QAM. Degut al ample de banda al que pot arribar, permet donar servei simultani a centenars de usuaris, suporta tràfic IP, ethernet, ATM i diversos serveis com VoIP i vídeo en temps real ja que permet QoS i per tant es garanteix una taxa de bits sostinguda.

Per poder oferir qualitat de servei es necessari portar a terme dos processos:

1- Classificació del tràfic i 2- Assignació de recursos.

Les dues revisions mes usades i que tenen mes productes certificats son:

802.16d : Ratificada l'any 2004, marca les condicions per a les connexions fixes, es a dir la interconnexió de dispositius que es troben sempre al mateix lloc. Treballa a freqüències entre 2-11GHz (3.5GHz en Europa per banda llicenciada).

Es poden aconseguir velocitats properes als 70Mbps amb un ample de banda de 20Mhz.

802.16e: Afegeix a les característiques de la revisió 802.16d la compatibilitat amb dispositius mòbils, com telèfons, ordinadors portàtils o altres equipaments de petites dimensions compatibles amb WIMAX. Aquest estàndard requereix de nou hardware respecte l'estàndard 802.16d i per tant caldria l'instal·lació de nous equips si es volgués actualitzar a una versió posterior.

Opera a freqüències entre 2-6GHz a velocitats al voltant de 60Mbps (teòrics) i distàncies de 3-4 km sense visibilitat directe i amb mobilitat dels receptors.

Bandes freqüencials

Tenim diferents espectres disponibles a 2.3, 2.5, 3.5 o 5Ghz entre altres. Els mes típics son la banda llicenciada de 3,5Ghz per Europa i la no llicenciada de 5Ghz.

Oficialment l'organisme regulador i certificador de productes WIMAX, el Wimax Forum només certifica productes a la banda llicenciada el que ens garanteix el nivell d'operació entre els productes de diferents companyies.

Cada fabricant doncs serà l'únic que ens garanteixi el funcionament del seu equipament en banda lliure, per tant es recomanable buscar marques reconegudes i consolidades dins d'aquest mercat.

A continuació es mostren les característiques mes destacades de cada banda.

Banda llicenciada

- Permet altes potències de transmissió al no haver limitació de potència a aquesta banda, això però s'aconsegueix a canvi d'un increment del preu del equipament, el sistema de alimentació, etc. (A la figura 4 es pot veure com es redueix la capacitat conforme augmenta la distància respecte la banda lliure.)
- Es poden fer servir amples de banda entre 5 i 10Mhz, encara que en aquesta banda el mes usual son els canals de 3.5 o 7Mhz (BW regulats), això a la practica pot donar una capacitat màxima de 13.1 i 26Mbps en enllaç descendent.
- Es pot ampliar el ample de banda fent treballar els equips en mode full duplex, però això té un cost afegit degut al us de duplexors. A la practica l'ample de banda no es duplica degut a que normalment es requereix mes trafic descendent que ascendent.
- Adquirir espectre per la seva explotació només està a l'abast de grans companyies degut al seu elevat cost.
- Duplexat FDD o TDD

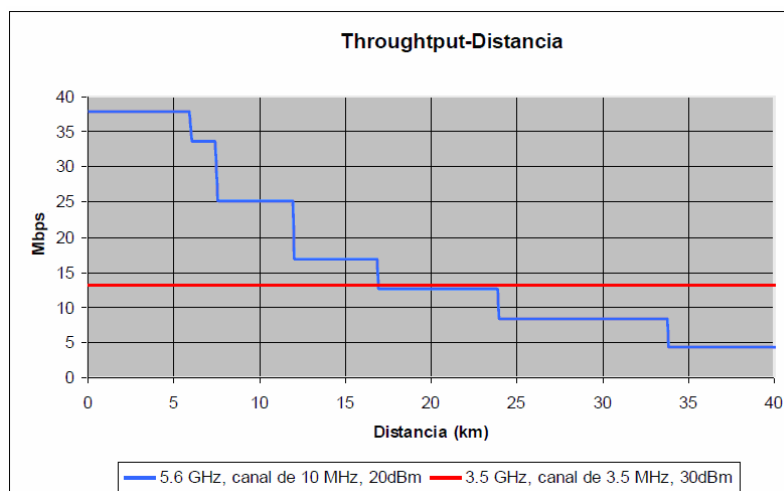


Figura 4. Comparativa velocitat – distància bandes WiMax

Banda lliure

Es fa us normalment de la banda de **5475—5725 MHz (A Europa)**, i es caracteritza per:

- Potència de transmissió molt més baixa respecte la llicenciada, això fa que els equips tinguin a la vegada un cost menor
- El espectre disponible es gran. S'utilitzen canals de major BW, normalment uns 10MHz, el que permet a la practica una capacitat aproximada de 40Mbps. (es poden utilitzar diverses tècniques per obtenir el doble de capacitat tal com veurem en les descripcions dels equips escollits).
- El mètode de multiplexat només pot ser TDD

3.1.2. IEEE 802.11

Es l'estàndard principal per la construcció de xarxes sense fils de baix cost conegudes com a Wifi. El fet de que existeixi un estàndard permet una reducció de costos en el preu dels dispositius ja que tots els fabricants requereixen els mateixos components i a més permet l'utilització de dispositius de diferents fabricants sense reduir la estabilitat del sistema.

El protocol 802.11 es una estàndard creat al 1997 que defineix el us dels dos nivells més baixos de la capa OSI, la capa física i l'enllaç de dades per a transmissions inalámbriques.

Quan tenim un AP amb diverses estacions/clients connectats, s'anomena BSS (*basic service set*). Depenent de la necessitat es poden definir cobertures disjunctes (per a cobrir més àrea) o encavalcades (per a millorar el servei en una àrea).

Existeixen diversos protocols de la família 802.11 on els estàndard més comuns i que implementarem en la nostra xarxa són:

IEEE 802.11b

Validat per el IEEE al Setembre de 1999, aquest protocol per xarxes inhalàmriques treballa a freqüències en el rang dels 2.4Ghz i utilitza diverses velocitats de transmissió de 1, 2,5.5 i 11Mbps.

Implementa el anomenat DRS (Dynamic Rate Shifting) que permet que les velocitats del canal s'ajustin de forma automàtica per compensar possibles interferències per l'entorn. Per incrementar la velocitat de transmissió de dades utilitza una codificació CCK (Complementary Code Keying) i modula amb QSPK.

Una de les seves principals avantatges ha estat el seu baix cost, que va impulsar la seva implantació i que treballa en una banda de freqüències d'ús lliure.

IEEE 802.11g

Originat a l'any 2003, combina els avantatges dels dos estàndards anteriors, permeten arribar a velocitats de 54Mbps, es compatible amb els estàndards anteriors 802.11b y 802.11a, ja que suporta tant OFDM com DSSS.

Dins de la banda disponible podem assignar fins a 13 canals diferents, un per cada punt d'accés, entre el qual es repartirà el ample de banda per tots el usuaris connectats, aquets canals es podran configurar d'acord a necessitats especificques, com qualitat de servei, restriccions d'accés, assignació màxima de ample de banda, encara que dependrà de les opcions del propi Punt d'accés.

La banda de freqüències on es mou es exactament entre els 2412 i 2448 Mhz amb 5Mhz de separació entre canals. Com es veu a la figura 5, un canal té una amplada de 10 MHz a dreta i esquerra de la freqüència central (total 20 MHz), superior a la separació de 5Mhz, per tal doncs d'evitar solapaments de canals i produir interferències entre dispositius propers es recomana una separació de 5 canals.

Per tant, en un mateix espai només hauríem de tenir tres canals sense encavalcament

Identificador de Canal	Freqüència en MHz
1	2412
2	2417
3	2422
4	2427
5	2432
6	2437
7	2442
8	2447
9	2452
10	2457
11	2462
12	2467
13	2472

Figura 5. Canals disponibles Wifi

A la practica veurem si podem posar suficients dispositius en una mateixa zones per cobrir tants usuaris com sigui possible sense produir solapament.

La següent taula mostra a mode resum les diferents revisions IEEE 802.11 amb les seves característiques i les diferencies practiques entre ells.

	802.11	802.11a	802.11b	802.11g	802.11n
Tecnologia PHY	FHSS/DSSS	OFDM	DSSS	OFDM	SDM/OFDM
Freqüència	2.4Ghz	5,8Ghz	2.4ghz	2.4Ghz	2.4/5Ghz
Bitrate	1-2 Mbps	6-54 Mbps	11 Mbps	1 54Mbps	6 – 500 Mbps
BW Canal	25Mhz	20Mhz	25Mhz	25Mhz	20 i 40Mhz
Cobertura "Indoor"	20 metres	40 metres	50 metres	50 metres	70 metres
Cobertura "Outdoor"	100 metres	130 metres	150 metres	150 metres	250 metres
Publicació	1997	1999	1999	2003	2008/2009
Millor Cobertura			X	X	
Consum Electric			X	X	
Nombre d'AP en una mateixa area		X			
Major Velocitat		X		X	
Menors Interferències		X			
Compatibilitat amb estàndards anteriors				X	

Figura 6. Protocols IEEE mes usats actualment

3.1.3. Elecció

Un cop descrites les característiques, podem justificar 3 motius per la seva elecció:

- Potència: Una major potència implica un major abast dels enllaços, això només es permet a la banda llicenciada, sobretot per preu i encara que no gaudeixi de certificació oficial ens es més idoni l'ús de la banda dels 5Ghz. Al nostre cas donem cobertura a una ciutat costera, la distància no es un problema.
- Espectre: Disposar de més espectre implica que disposarem de més ample de banda i per tant uns enllaços de més capacitat. La banda lliure permet amples de banda majors que la llicenciada (10 MHz) i sense cap cost.
- Preu: Segurament el motiu més important a tenir en compte per el nostre àmbit de aplicació i el servei gratuït com a primera instància que es vol oferir, no es rentable haver de pagar per reservar l'espectre.

Es cert que en aquesta decisió també trobem problemes implícits al us de l'estàndard 802.16e i es que principalment, degut a la menor potència d'emissió, no es recomanable el us de dispositius mòbils segons el mateix IEEE. El fabricant però no ens diu en cap moment que hi hagi cap incompatibilitat i en certa manera es cert, ja que en el nostre projecte no tindrem problemes per disposar de Wimax en dispositius mòbils degut a la curta distància del enllaços, si ens fixem en les especificacions, veurem que els dispositius ens permeten cobertures de desenes de kilòmetres, quan nosaltres en necessitem molt poc.

Per als enllaços fixes, o sigui els que hi haurà entre la estació base i les unitats Wi2, ho tractarem com aplicacions fixes, encara que fem us de equips amb estàndard mòbil, ja que en la majoria dels casos a més tindrem visió directe i podrem tenir la màxima capacitat disponible.

Per els enllaços mòbils es disposa de dues vies diferents, ja que s'ha intentat buscar la màxima compatibilitat amb tots els dispositius i a més es donen característiques addicionals amb les que oferir serveis alternatius tant als ciutadans com al mateix Ajuntament

3.2. Tipus d'antenes

A la xarxa es farà us de tres tipus diferents d'antenes.

Direccionals

Emeten el senyal en una única direcció amb un eix de radiació estret però que pot abraçar molta més distància que les antenes sectorials i omnidireccionals. Aquest eix es més potent degut a que el guany d'aquets tipus d'antenes es major, per contra només serveixen per a donar servei a un punt concret i només s'utilitzen per enllaços punt a punt.

A la següent figura es veu com el seu feix de radiació no té un angle de cobertura suficient per donar servei a múltiples usuaris a no ser que estiguin concentrats en un mateix espai.

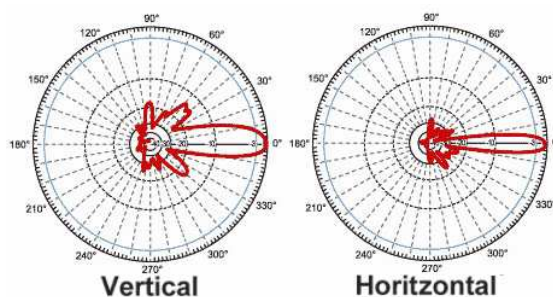


Figura 7. Model radiació antena Direccional.

Sectorials

Son el punt mig entre les antenes direccionals i omnidireccionals, ofereixen major distància de cobertura que les omnidireccionals i al mateix temps un feix de radiació amb major amplitud que les omnidireccionals. La estació base està formada per antenes que cobriran un sector determinat.

Combinant aquets tipus d'antenes es pot arribar a cobrir una zona de 360° tal com una omnidireccional i amb més distància, ja que el seu guany es més elevat, però amb un major cost al requerir de X antenes addicionals segons el seu angle de cobertura.

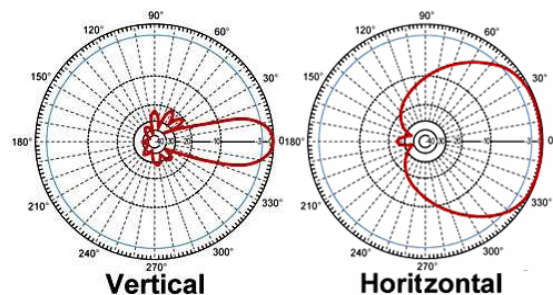


Figura 8: Model de radiació antena sectorial.

Omnidireccionals

Tenen un diagrama de radiació constant de 360°, es a dir radian en totes direccions amb un eix de energia molt ample però de menor abast que la resta..

Son majoritàriament el tipus d'antenes a fer servir en els punts d'accés.

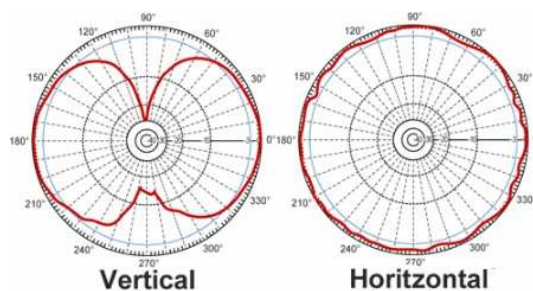


Figura 9. Model radiació antena Omnidireccional.

3.3. Topologies de xarxa

Mesh (Malla)

Com el seu nom indica, en una estructura mallada hi ha diversos equips BS cobrint una zona, de tal manera que la comunicació entre la base que proporciona la connectivitat i la resta de equips es fa a través de diversos salts entre els equips fins a arribar al desitjat.

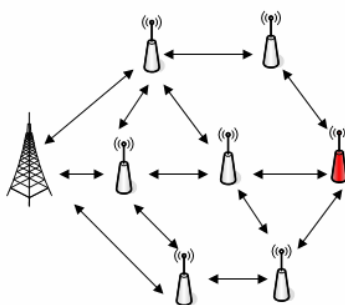


Figura 10. Esquema xarxa tipus malla

Per a xarxes inalàmbriques te un problema quan aquestes son molt grans i es que primer, provoca molt mes retard que un enllaç directe ja que el tràfic ha de realitzar molts salts per arribar a un mateix lloc, a més, el cost de implantació es molt mes alt al requerir de mes dispositius i la velocitat final pot ser menor degut a que si tots formen una mateixa xarxa amb un únic punt central, l'ample de banda es divideix entre el total de dispositius.

Punt a Punt

Es fa servir generalment per enllaços de gran distància i on no es rentable l'instal·lació de cablejat ja sigui per distància o dificultat d'instal·lar a causa del terreny. Podem aconseguir enllaços punt a punt entre 20 Mbps i 300 Mbps a distàncies de desenes de kilòmetres. Pot donar majors velocitats que els altres tipus de enllaços al centrar tota la energia radiada en un únic punt/dispositiu

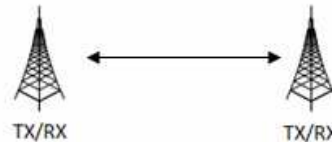


Figura 11. Enllaç PaP

Al projecte no es planteja cap enllaç d'aquest tipus ja que tenim una central i múltiples receptors ubicats dins el nucli urbà, però ens podríem trobar amb moltes poblacions que no tinguessin la central propera, en aquest cas per no haver de fer instal·lar kilòmetres de cablejat s'acostuma a fer un enllaç PaP des de la central més propera a una altra central o centre distribuïdor de la ciutat.

Punt a multipunt.

En aquest tipus d'enllaços s'acostuma a disposar d'una o varies antenes sectorials o omnidireccionals a l'estació base que cobreix una zona de cobertura on hi ha múltiples antenes sectorials a la BS (en l'enllaç ascendent) on cada sector apunta un nombre de receptors o una zona on hi hauran múltiples usuaris.

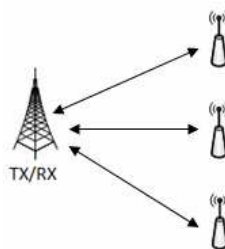


Figura 12. Enllaç PmP

A la figura 12 es pot interpretar per al cas Wifi com cada AP tindrà una topologia PmP ja que donarà servei a múltiples usuaris.

Si els enllaços són tipus NLOS, la senyal no té visibilitat directa i ha de sortejar obstacles com edificis, per evitar problemes de interferència es treballa en freqüències més baixes entre 2 i 11 GHz, el que provoca que la velocitat sigui menor i la cobertura més reduïda.

Al projecte s'ha decidit fer us de una xarxa punt a multipunt, ja que intentarem minimitzar al màxim el seu cost donant servei al usuaris i cobrint la major distancia amb el menor nombre de AP.

S'ha descartat una xarxa de tipus Mesh perquè encara que els terminals d'usuari tindran més disponibilitat per comunicar-se amb la estació base, ja que es disposaria de una infraestructura mes gran de AP, es produeix un efecte contrari que ja s'ha comentat, retards en la connexió i en conseqüència la impossibilitat de donar QoS.

Es cert que una xarxa en malla permetria mes disponibilitat ja que en cas de caiguda de algun terminal sempre podrà haver una camí alternatiu però degut a l'abast inicial del projecte i al ser un servei gratuït no es considera necessari la inversió necessària que caldria per tenir una xarxa amb alta disponibilitat. Una xarxa en malla tindria mes raó amb altres elements que com una línia secundaria o backup per Internet, alimentacions redundants, alimentació per SAI a tots els terminals, molts mes elements que faran augmentar cada cop mes el cost de la xarxa.

També s'han descartat connexions punt a punt perquè tal com hem vist, son les idònies quan necessitem cobrir molta distancia o tenir un major ample de banda entre dos únics punts, característiques que actualment no necessitem cobrir en el projecte, ja que disposem d'una central a la mateixa població i tampoc es demana cap connexió a un punt mes remot.

Model OSI. Capa 3

Es farà us de switchs de capa 3 ja que ens permetran crear i administrar les diferents subxarxes que es crearan per sectors. La creació de VLAN's redueix el nombre de paquets en col·lisió, redueix la carrega de la xarxa i el nombre de paquets que hi circulen.

Funciona de manera semblant a un enrutador o sigui que ens permetrà dirigir els paquets entre les diferents subxarxes; es un dispositiu mes car que un de capa 2 però ens aporta cert avantatges que presentem a continuació i que per la nostra implementació es creu convenient.

A la següent taula es mostren algunes de les diferencies/avantatges respecte el mateix dispositiu de capa 2.

	Layer 2	Layer 3
Control de tràfic	No té control de paquets broadcast o multicast. Si el tràfic de broadcast es molt elevat es pot arribar a col·lapsar la xarxa/switch.	Té control de tràfic i evita tant col·lisions de paquets com tràfic de broadcast.
Xarxes virtuals	Permet l'ús de Vlans, però no el pas de tràfic entre elles dins el mateix switch.	Permet crear i enrutar tràfic entre les diferents subxarxes.
Tolerància d'errors	No permet enllaços redundants, només permet camins alternatius per el tràfic.	Compte amb el mecanisme de control d'errors de capa 2 i a més amb protocols com VRRP, ESRP, RIP i OSPF per augmentar fiabilitat, camins més curts, etc.
Seguretat	No permet bloquejar tràfic de certes IP.	Té mecanismes que permeten el filtratge de tràfic no desitjat així com el bloqueig de equips connectats.
Suport per aplicacions.	No pot detectar el tipus de tràfic i per tant no es pot prioritzar	Permet prioritzar el tràfic per ports d'aplicacions o bloquejar les no desitjades.

Figura 13. Comparativa Switchs capa 2 i capa 3.

3.4. Mètodes de seguretat

Qualsevol xarxa està sotmesa a possibles o constants amenaces, ja siguin internes o externes, en les xarxes per cable és complicat infiltrar-se ja que és necessari connectar-s'hi físicament, en canvi, Wimax i Wifi són tecnologies inhalàmriques i com el nostre medi de transmissió és l'aire, és accessible per qualsevol persona amb els coneixements adients.

Wimax no es va dissenyar per a xarxes LAN, sinó que es va orientar per xarxes WAN/MAN, està pensat per donar serveis a múltiples usuaris simultàniament i per tant ha de garantir que uns usuaris no puguin accedir a la informació destinades a altres.

Per tal de minimitzar l'impacte de possibles atacs tenim diverses mesures:

- Xifratge: Cal utilitzar sistemes per xifrar la informació i dificultar el màxim la seva lectura.
- Autenticació: ens permetrà donar i controlar l'accés del usuari.
- Firewall: impedirà entre altres coses atacs a través de Internet

3.4.1. Sistemes de xifratge i autenticació

3.4.1.1. WEP

Es el mètode de xifratge més bàsic per l' IEEE 802.11, fa un xifratge de 64 bit (estàndard) o de 128 bits amb RC4. Com més bits millor, però no es pot augmentar més, perquè si incrementem la longitud, hi ha més càrrega de processador.

La clau és simètrica, es necessita que tant emissor com receptor coneguin aquesta clau. També és estàtica de manera que un cop un usuari no permet aconseguir la clau tindria accés a la comunicació de manera permanent a no ser que el client i receptor la tornessin a modificar.

Aquests modes de seguretat, no es recomanen per les xarxes actuals i la seguretat que se'n demanen, algunes de les seves vulnerabilitats que no el fan el mètode més recomanable són:

- Un usuari podria capturar transmissions de la xarxa i deduir la clau de xifratge WEP en poc temps (podem trobar per Internet moltes eines)
- Es podria produir un atac de "home al mig" de manera que un usuari extern canviés paquets de la transmissió.

3.4.1.2. WPA

També anomenat WEP+, fa ús de claus dinàmiques (en WEP eren estàtiques) gestionades amb el protocol de re-càlcul de claus TKIP (*temporal key integrity protocol*):

- La primera clau és el punt de partida per a les següents claus que es van modificant.
- També pot xifrar amb RC4 i una clau de 128 bits.
- Mecanisme d'integritat MIC (també anomenat *Michael*) amb claus de 64 bits. Si hi ha dos errors en un segon, pot esborrar les claus, tornar-les a enviar i tornar a establir la connexió.

3.4.1.3. WPA2

També anomenat 802.11i, aprovat el juny de 2004, afegeix més seguretat respecte al WPA en:

- Claus de 128, 192 o 256 bits.
- Fa servir AES (*advanced encryption standard*) per a xifrar.

Actualment es el protocol de seguretat wifi mes fiable i l'implementen la majoria de nous equipaments. Te com a inconvenient que no tots els equips del mercat son compatibles i com a màxim permeten WPA.

Tant WPA com WPA2 defineixen dos modes diferents de treball segon l'àmbit de la xarxa:

- **Personal:** Permet la utilització de WPA sense un servidor d'autenticació. Utilitza una clau compartida de tipus PSK que s'emmagatzema en el dispositiu client.
- **Enterprise:** Requereix una autenticació 802.1x amb un servidor de autenticació RADIUS (Servei d'usuari d'accés telefònic d'autenticació remota) i un controlador de xarxa (el punt d'accés).

A mode resum es presenten a la següent taula les característiques mes importants del tres mètodes de xifratge:

	WEP	WPA	WPA2
Algoritme de xifratge	RC4	RC4	AES
Protocol de seguretat (integritat)	CRC-32	Michael	CCMP
Distribució de claus	No hi ha. Manual	EAP	EAP
Autenticació	Bàsica	802.1x + EAP	802.1x + EAP
Publicació	1999	2002	2004

Figura 14. Mètodes de xifratge.

3.4.1.2. Autenticació

Quan fem servir tant WPA com WPA2 en mode corporatiu, disposem d'un sistema d'autenticació 802.1x + EAP que ofereix els següent avantatges:

- Pot fer servir un servidor RADIUS (AAA) com a servidor d'autenticació, de manera que quan un usuari vol accedir a la xarxa, introdueix el seu login/password i a la vegada el AP reenvia aquesta petició al servidor per autenticar. (EN WEP es posa la contrasenya a tots els AP).
- La comunicació entre servidor i AP es fa amb protocols EAP (*extensible authentication protocol*). Alguns protocols EAP existents són TLS, TTLS, LEAP i PEAP, EAP-RADIUS, el que garanteix la transferència segura de claus.

A la xarxa, quan el client es dins de l'àrea de cobertura, es connectarà a través del punt d'accés més proper, al obrir el navegador web serà redirigit automàticament a una plana de accés on introduirà les dades de autenticació proporcionades per el ajuntament i aquestes es validaran al servidor de autenticació.

Si la resposta del servidor es satisfactòria permetre fer us de la xarxa (permetrà el us del port autoritzat per a navegar) per part del client. Si les dades introduïdes no son correctes no permetrà navegar.

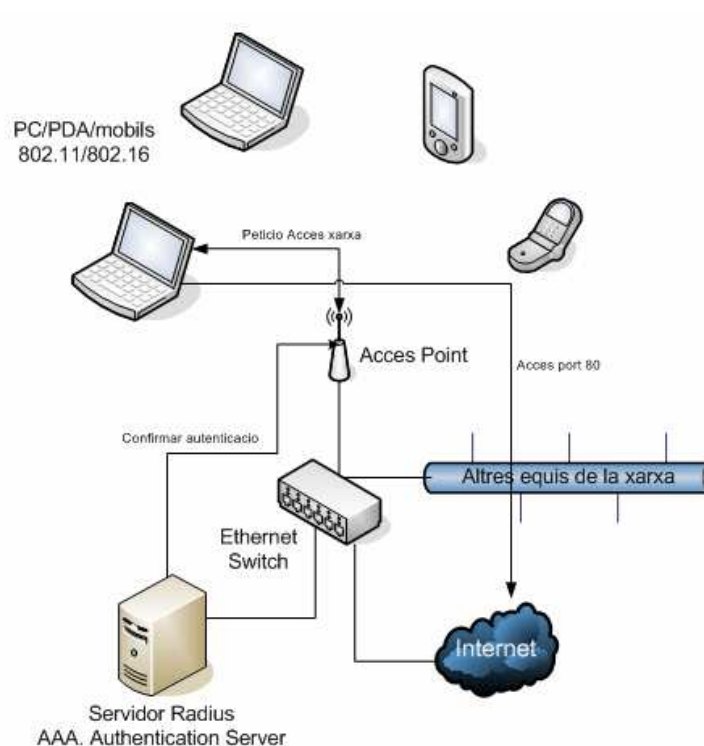


Figura 15. Sistema autenticació

3.4.2. Firewall

Dispositiu que permet bloquejar o permetre el tràfic entre xarxes. Un us típic es ubicar-lo entre la xarxa local i xarxa del proveïdor ISP (Internet) com dispositiu de seguretat per evitar possibles intrusions cap a la xarxa local. Pot permetre o denegar cert tipus de servies, el que fa es revisar tot el tràfic sortint i entrant, els ports i els serveis al que correspon,

Pot ser un element hardware dedicat o una eina per software, però quan volem treballar amb gran volum de tràfic, s'acostuma a posar un equip dedicat degut a que disposen de millors prestacions, per contra com més volum de tràfic vulguem analitzar mes car es el dispositiu.

Capítol 4. Xarxa

En aquets capítol es presenten els diferents dispositius que s'utilitzaran a la infraestructura. L'esquema de la figura 16 mostra els elements que la composaran que podem dividir en 3 zones, per un costat tindrem la mes propera al usuari com son els punts d'accés, en segon lloc els equips de control i seguretat i per últim la estació base.

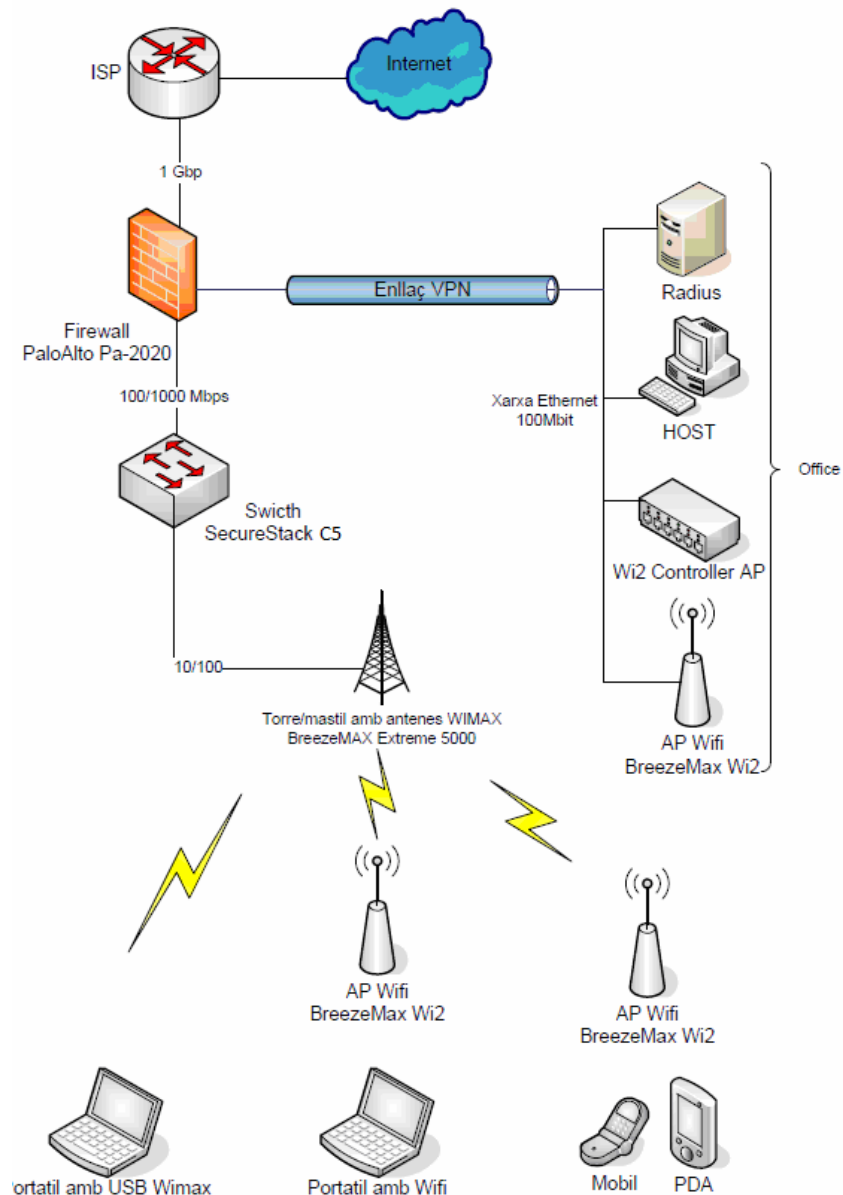


Figura 16. Esquema de xarxa.

4.1. Característiques de dispositius i elements a instal·lar

En aquets apartat es presenten les característiques mes importants dels equips escollits i que es consideren mes necessaris per a la xarxa, les especificacions tècniques estaran adjuntades al annex.

Alvarion BreezeMax Extreme 5000

Formarà l'anomenada estació base, la seva particularitat es que és un dispositiu integrat tot en un, es a dir, integra en un únic component tota la electrònica, l'antena, el accés a la xarxa ASN-gateway i un receptor GP's; s'instal·la directament a la torre/mastil, només cal la connexió de alimentació i de transport. Es tracta doncs de un equip compacte que no requereix d'una caixa o habitacle especial per a la electrònica de control, un punt necessari en el nostre cas ja que no disposem d'un espai d'instal·lació propi.

El dispositiu inclou una o dues antenes internes i es poden afegir diferents antenes externes en substitució segons el guany i el tipus d'enllaç, però per tal de reduir els costos i com no es necessita cobrir un area excessivament extensa, amb les incorporades de serie es suficient com veurem en els resultats de la simulació.

Frequències	4.9 GHz Band: 4900-5350 MHz 5.4 GHz Band: 5470-5950 MHz
BW canals	5 MHz, 10MHz (1 sector)
Potència Tx	0-21 dBm
Tipus d'antena	2x15dBi a la banda 5.15-5.95 GHz, 80 x 8° Opcionals: 5.15-5.875GHz BS 60° 16dBi. 5.15-5.875GHz BS 90° 17dBi.
Ports de xarxa	1 x 10/100 Mbps, Half/Full Duplex with Auto Negotiation
Especificacions ambientals	temperatura: -40°C a +60°C. Humitat: 5%-95%
Alimentació	Tant continua (48V) com alterna (110/220).

Segons aquestes especificacions el producte compleix la normativa de radiofreqüència U N – 128 del CNAF corresponent a les potències d'emissió en la banda lliure Wimax entre els 5475-5725 MHz com es podrà veure al Annex 2..

Alvarion BreezeMax Wi2

Es el dispositiu que enllaça a l'usuari amb la xarxa, la seva elecció ha esta principalment amb el propòsit de reduir el nombre de equips necessaris, amb aquesta premissa s'ha seleccionat aquest equip que fa les funcions tant de AP per exteriors i no requereix connexió de xarxa per cable ja que permet la comunicació via Wimax amb l'estació base

en un únic equip, per tant es un acces point amb un CPE Wimax (únicament es direccional) afegit al espai necessari i redueix el preu, el que facilita el muntatge.

Per defecte no es proporciona amb cap tipus d'antena Wifi, porta el connector característic per afegir qualsevol dels tres tipus que s'han detallat anteriorment.

Els AP estan connectats amb la estació base Extreme 5000 a través de enllaços Wimax. Com s'ha indicat en les especificacions de la estació base, cada punt/sector de l'estació base serà una xarxa PmP i enllaçarà dos AP, això ens deixaria un canal per cada dos AP d'uns 35/40Mbps en un canal de 10Mhz.

Característiques Wimax (BreezeMAX PRO-S ODU)	
Estàndard wireless	802.16d, 802.16e
Tipus d'unitat	Exterior
Banda freqüencial	5.4GHz
Modulació	OFDM
Velocitat dades	54Mbps
Potència de transmissió	21dBm
Ample de banda canal	5-10MHz
Característiques Wifi	
Nombre d'usuaris	Màxim 128
Velocitat	54 Mbps per 802.11g 11Mbps en 802.11b
Freqüència	2.4-2.4835 Ghz
Tipus d'antena	2 Omnidireccionals de 8dbi
Potència transmesa	18dbm 802.11g 20dbm 802.11b

Al punt 5.4 es calcula el nombre d'AP necessaris per a cobrir el màxim de població possible i donar servei als 1200 usuaris simultanis que s'han proposat com a màxim.

Alvarion BreezeMax Wi2-Extender

Es un punt d'accés únicament amb capacitats per Wifi, manté les mateixes característiques que el Alvarion BreezeMax Wi2. Ens servirà per a reduir el cost a 3 punts de la infraestructura, a la central de telefònica, a l'ajuntament i a un punt on no ens arribarà la cobertura amb únic dispositiu. Als dos primers casos disposarem de connexió de xarxa i per tant no caldrà la instal·lació d'un equip Wi2 al no requerir cap enllaç Wimax amb la reducció de preu que suposa.

Nombre d'usuaris	Maxim 128
Velocitat	54 Mbps per 802.11g 11Mbps en 802.11b
Freqüència	2.4-2.4835 Ghz
Tipus d'antena	2 Omnidireccional de 8dbi
Potència transmesa	18dbm 802.11g 20dbm 802.11b

Alvarion Wi2 Controller

Administrador i concentrador de AP, permetrà tenir accés i configurar els AP (BreezeMax Wi2 i BreezeMax Wi2 Extender) desde una consola on podem carregar configuracions de manera general o individualment sense necessitat de entrar específicament a cada Acces Point per configurar-ho.

Ens proporciona una eina per administrar els usuaris de la xarxa, els AP, crear serveis de QoS, control de accessos, polítiques de seguretat, limitació del ample de banda per usuari, MAC, IP, gestió del tràfic (multicast, broadcast i únics) i filtratge de paquets, tot a través d'una consola centralitzada de fàcil administració a la qual podem accedir de manera local i remota.

Numero Aps	40
Màxims usuaris	2540
Ports	4 x 10/100/1000 Base-T, 1 x 10/100/1000 Base-T de Gestio
Modes seguretat	802.11i, WEP, WPA, WPA2, TKIP, AES
Autenticació 802.1x	EAP-TLS, EAP-SIM, EAP-TTLS, PEAP, EAP-MD5, EAP-FAST
Algoritmes encriptació	AES (CCMP), RC4-40, 104, 128-bit (TKIP, WEP)

Al punt 4.3 podem veure els paràmetres de configuració que posarem per la nostra xarxa.

Switch Enterasys SecureStack C5

Servirà com a punt de interconnexió entre els diversos emissors de la estació base i el firewall, ens permetrà crear les diferents xarxes virtuals i la comunicació entre cadascuna d'elles, al fer una segmentació de la xarxa evitem la sobrecarrega. Farà la funció de DHCP i assignarà el rang d'IP que escollim a cada subxarxa.

Es un switch de capa 3 per lo qual ens permetrà segmentar la xarxa i administrar el tràfic de cadascuna d'elles prioritant els enllaços si ho necessitem. Com disposa de 24 ports es suficient només un switch a la central per connectar tots els equips.

Nombre de ports	24
tipus de ports	Ethernet 10Base-T, 100Base-TX, 1000Base-T
Ports especials	4 x SFP (mini-GBIC)
Capacitat de Commutació	48 Gbps
Protocols de gestió remota	SNMP 2, SNMP, RMON, Telnet, SNMP 3, HTTP, SSH-2
Modes funcionament	Half-Duplex, Full-duplex
Altres Caracteristiques	DHCP, BOOTP, ARP, VLAN, IGMP, WRR, ACL, QoS

Firewall PaloAlto PA-2020

Firewall de altes prestacions, s'encarregarà del control del tràfic sortint i entrant de la xarxa. Permet el control del tràfic per port i per aplicacions a través de la seva consola de gestió, la creació de polítiques de seguretat per bloquejar o permetre tràfic i preveu possibles atacs com de DoS.

A través de la seva consola web podem identificar el tràfic que generen els usuaris per ID, IP o MAC; podem assignar cada ID a grups virtuals i organitzar-los segons les nostres preferències com denegació de certes aplicacions a uns ID determinats.

Reconeix automàticament el tràfic per aplicacions i per tant podem filtrar quins programes que fent servir un mateix port, estiguin bloquejats, situació que no podríem fer en un firewall tradicional ja que impediríem tot el tràfic corresponent a un port determinat.

La detecció de software i URL específica ens permetrà bloquejar de manera temporal aquells usuaris que infringeixin o accedeixin a contingut inapropiat i no compleixen les normes que imposi prèviament l'ajuntament per el seu us. També es podrà classificar per el tipus d'aplicació ja que s'analitza el "stream" de la xarxa en temps real, el que millora els temps d'escaneig i congestió de la xarxa davant pics de tràfic respecte al escaneig de fitxers tradicional.

Ports xarxa	12 x 10/100/1000 + 1 x SFP Optical Gigabit
Rendiment Firewall	500 Mbps
Capacitat prevenció contra amenaces	200 Mbps
Rendiment IPSEC & VPN	200 Mbps
Numero túnels IPsec VPN	1000
Sessions maximes/seg	15.000
Sessions maximes	125.000

A través d'un túnel VPN enllaçarem els equips de control ubicats al Ajuntament amb la central de Telefònica.

Servidor HP ProLiant DL160 G6

Es muntarà un servidor amb Windows 2003 i configurat com a servidor d'autenticació Radius per a validar de manera centralitzada els usuaris que vulguin accedir a la xarxa en comptes d'haver d'emmagatzemar la llista d'usuaris als AP.

Entre les seves característiques més destacades que es mostren a la següent taula s'ha prioritzat el fet que es tracti d'un equip de tipus enracable, que es pugui ubicar amb els altres equips a la sala tècnica del ajuntament, que suporti alta carrega de transaccions, que disposi de dos ports de xarxa i permetin ja sigui el balanceig de carrega entre les interfícies o que una estigui com a backup.

S'ha prescindit de disposar discos SAS per el canvi en calent ja que no es considera un sistema de alta prioritat, es configurarà un Raid 1 de manera que si un dels discos falles, es podria realitzar la substitució apagant el servidor en hores de poc accés a la xarxa.

Tipus de Procesador	Intel Xeon L5630 (12 núcleos, 2,13 GHz)
Nombre de porcesadors	1
Memoria	4Gb
Ampliacio Memoria	18 ranuras DIMM
Controlador de xarxa	(1) 2 Puertos 1 GbE NC362i
Controlador enmagatzematge	(1) Smart Array B110i SATA RAID
Discos Durs	2 x SATA3 160 GB de 2,5', 7.200rpm

Alvarion BreezeMax USB 250

Modem USB compatible amb l'estàndard Wimax Mobil 802.16e, no requereix cap instal·lació (Plug&play), permetrà als membres que l'ajuntament decideixi com a prova inicial tenir accés mòbil cap a Internet o a la xarxa corporativa (amb una VPN) a través de Wimax en zones on fins i tot no es disposi de punts d'accés propers.

Les seves característiques més destacades son:

- Compatible amb bandes llicenciades i no llicenciades
- Potencia de transmissió de 23dbm
- Ample de banda per canal de 5, 7 i 10 Mhz
- Dues antenes integrades amb suport MIMO
- Baix consum 2,5W

4.2. Instal·lació

La ubicació e instal·lació dels equips que compondran la xarxa la dividim en tres tipus de ubicacions diferents dividides en els equips que estaran a la estació base, els equips que es trobaran repartits per el diversos punts de la ciutat i l'equipament que hi haurà al ajuntament, en els quals a continuació expliquem les característiques generals per el seu muntatge.

Estació base, central telefònica.

El muntatge a la central estarà dividit entre la part interior del edifici, el CPD i la part exterior, o sigui el sostre del edifici on ubiquem les antenes.

A la part exterior, s'instal·larà un mastil autosoportat d'uns 4 metres d'alçada per garantir la visibilitat i no interferència de altres edificis, aquest tipus de estructures requereixen poc espai de base i son les que normalment es fan servir per a instal·lacions en ciutats. Per garantir la seva estabilitat davant possibles ventades i ja que no es pot assegurar el seu ancoratge al no poder enterrar la base, es posaran cables de acer que la sostinguin també a terra, sempre i quan el area del terrat del edifici sigui suficientment gran i no hi hagin altres equipament.

Un cop muntada la torre s'instal·laran les 5 unitats Extreme 5000, a l'hora de posicionar-les caldrà verificar que tenim visibilitat amb les posicions on s'estan instal·lant els AP i adequar la seva posició a la millor comunicació i màxim senyal.

Per la torre pujaran 5 cables ethernet per els 5 dispositius emissors més 5 cables d'alimentació en continua de les fonts a una caixa de distribució.

La connexió de alimentació serà amb suport de SAI del grup electrogen de la mateixa central ja que ens proporciona mes autonomia que haver de posar un sai propi que no fos excessivament gran.

Tots els cables estaran coberts per un tubs de plàstic de diàmetre suficient perquè passin tots el cables, hauran de aïllar de la humitat i de les condicions ambientals, de igual manera caldrà recobri tots els connectors amb cinta especial perquè no agafin humitat ni es mullin quan ploqui.

El edifici al ser propietat de telefònica no caldrà que realitzem cap instal·lació de cablejat, se'n encarreguen els propis tècnics.

A la part interior tindrem assignat un espai a un rack on posarem el switch Enterasys, el firewall i els adaptadors d'alimentació de les antenes, en total necessitarem 2 unitats per els dispositius de xarxa i 3 unitats mes per els alimentadors

Punts d'accés, ciutat.

Els punt d'accés seran muntats en dos tipus, sobre mastil a paret amb el que podrem augmentar l'alçada del equip o amb el suport que proporciona el mateix equip per ancorar a la paret però que només es pot moure el grau de inclinació.

Els BreezeMax Wi2 disposaran únicament de connexió d'alimentació, aquesta provindrà de l'enllumenat municipal i la proporcionaran els tècnics del Ajuntament un cop instal·lats els equips. Es verificarà que la orientació del CPE que porta el AP estigui correctament orientat cap a l'estació base al tractar-se d'una antena directiva en forma de panell.

Per altre banda els Wi2 Extender tindran alimentació pròpia del edifici, ja que es troben a centres propis, a més d'una connexió de xarxa. Per als dos equips d'aquest tipus que tindrem present només cal fer instal·lació de cablejat de xarxa al ajuntament, l'altre tal com passa amb l'estació base s'encarregarà als tècnics de Telefònica.

Aquest equip es posarà a les coordenades acordades però en la direcció que vagi millor per la seva instal·lació ja que no té enllaç Wimax.

Equips de control i monitoratge, ajuntament.

Al mateix rack tècnic que hi ha al ajuntament es muntaran, el Wi2 controller i els servidor Radius. Aquests equips estan connectats mitjançant una VPN a través del propi Gateway del ajuntament a la xarxa inalàmbrica.

Com ja es disposa de rack tècnic no cal fer cap instal·lació especial, només col·locar els equips al rack, configurar la VPN i disposar d'un PC qualsevol del que disposi l'ajuntament que es connecti a aquesta xarxa i serveixi per a accedir al gestor de AP i la resta de equips de la xarxa.

4.3. Configuració

A continuació s'especifica per als dispositius que s'han seleccionat per a la xarxa la seva configuració.

Swich - Enterasys

Malgrat que s'han plantejat 4 zones, per no barrejar subxarxes per equip transmissor i per AP i fer massa complexa la xarxa es crea una subxarxa per estació base, ja que si es fes per zona els emissors haurien de proporcionar més d'una xarxa amb el que augmentem la complexitat per qualsevol canvi que s'hagi de realitzar al futur.

A la següent taula es mostra la assignació de IP, es crea una subxarxa 0 on tindrem tota la nostra xarxa inalambrica i deixem lliure tota la resta del rang per altres usos si calgués. Dins de la xarxa 0 es creen múltiples subxarxes, per cada BreezeMax Extreme de la estació base, dos independents per els Wi2 Extender que no tenen enllaç Wimax i una per tot l'equipament de control.

	Sub - xarxa	Host necessaris	Network	Rang IP	Mascara
Subxarxa 0, 172.16.0.0/21 2046 equips	1	14	172.16.0.0	172.16.0.1/172.16.0.14	255.255.255.240
	2	256	172.16.2.0	172.16.2.1/172.16.3.254	255.255.254.0
	3	256	172.16.4.0	172.16.4.1/172.16.5.254	255.255.254.0
	4	256	172.16.6.0	172.16.6.1/172.16.7.254	255.255.254.0
	5	256	172.16.8.0	172.16.8.1/172.16.9.254	255.255.254.0
	6	256	172.16.10.0	172.16.10.1/172.16.11.254	255.255.254.0
	7	128	172.16.12.0	172.16.12.1/172.16.12.254	255.255.255.0
	8	128	172.16.13.0	172.16.13.1/172.16.13.254	255.255.255.0

Figura 17. Taula assignació xarxes

Firewall - PaloAlto

A l'hora de preparar les aplicacions/ports que tindran o no accés, la teoria acostuma a dir que per defecte s'ha de denegar tot i conforme es va requerint anar permetent l'accés als ports de les eines sol·licitades, assegurant sempre que no hi haurà cap port no permès ja que serem nosaltres el que sempre l'hem de validar.

A la practica això no sempre es realitza, al ser una xarxa publica les nostres regles inicials que es presenten a la nostra taula seran la de permetre tot el tràfic sortint, no entre xarxes i denegar tot el tràfic entrant a excepció de les eines típiques.

Regla	IP Origen	Port Origen	IP Desti	Port Desti	Portocol	Servei	Accio
1	172.16.*.*	*	*	53	TCP/UDP	DNS	Permetre
2	172.16.*.*	*	*	80	TCP	HTTP	Permetre
3	172.16.*.*	*	*	443	TCP	HTTPS	Permetre
4	172.16.*.*	*	*	21	TCP	FTP	Permetre
5	172.16.*.*	*	*	25	TCP	SMTP	Permetre
6	172.16.*.*	*	*	22	TCP	SSH	Permetre
7	172.16.*.*	*	*	110	TCP	POP3	Permetre
8	172.16.*.*	*	*	*	*	*	Denegar

9	*	*	172.16.*.*	53	TCP/UDP	DNS	Permetre
10	*	*	172.16.*.*	80	TCP	HTTP	Permetre
11	*	*	172.16.*.*	443	TCP	HTTPS	Permetre
12	*	*	172.16.*.*	21	TCP	FTP	Permetre
13	*	*	172.16.*.*	25	TCP	SMTP	Permetre
14	*	*	172.16.*.*	22	TCP	SSH	Permetre
15	*	*	172.16.*.*	110	TCP	POP3	Permetre
16	*	*	172.16.*.*	*	*	*	Denegar

Figura 18. Taula filtratge de ports

Amb això garantim el funcionament per navegar i algun altre servei, però segurament ens trobarem que molts usuaris faran servir altres eines com messenger, skype, facebook, etc. Aquí es on s'aprofitarà una de les característiques que diferencien el firewall PaloAlto, com es capaç de detectar les aplicacions que es fan servir i determinar quin tipus de tràfic generen i ports fan servir, revisarem quins aplicacions s'estan o volen fer-se servir i es podran permetre si es creu convenient.

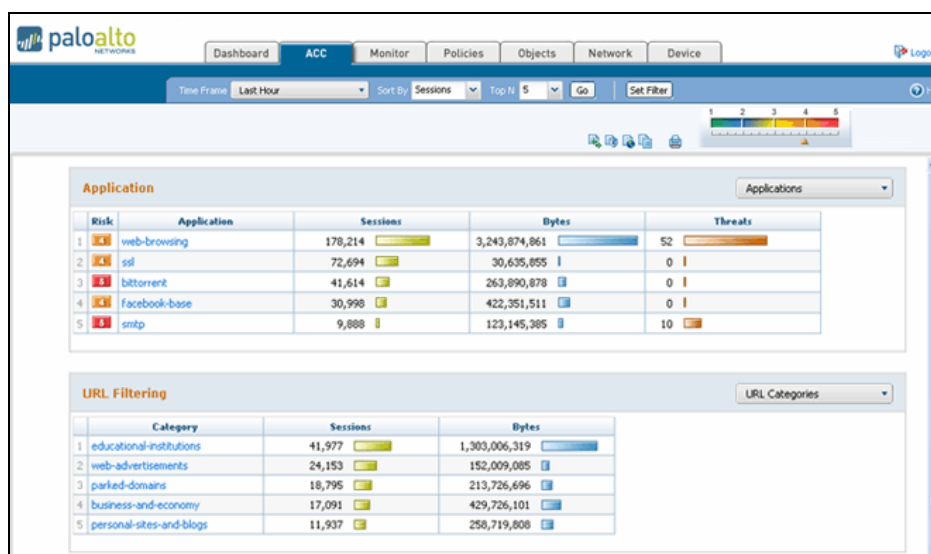


Figura 19. Interfície PaloAlto

Un cop estigui en funcionament, al sistema s'anirà adaptant quins ports estan disponibles i quins no (pot ser que per un mateix port haguem de permetre unes aplicacions i denegar-ne altres), les aplicacions les quals es permet us (per exemple si es vol bloquejar el us de aplicacions P2P) ja que canviant el port l'usuari pot continuar fer-les servir o bloquejar les URL que es creguin convenient.

I per últim crear un tunel VPN permanent que estableixi el enllaç entre els equips de la central i els de l'ajuntament perquè estiguin a la mateixa xarxa.

Tunel	IP Local	IP Remota	Gateway Remot	Encriptacio	Autenticacio	Encapsulacio
1	IP firewall	IP Gateway	Gateway ajuntament	AES-128	MD5	Tunnel

Acces Point – Wi2/Wi2 Extender

Un cop instal·lats els equips primer es configurarà el més basic per poder tenir comunicació entre els dispositius per després poder carregar configuracions a tots els AP a través del Wi2 Controller com la activació i configuració de paquets SNMP

Per a la part corresponent al estàndard 802.11, s'especificarà el nom de host on es seguirà una nomenclatura del tipus APOINT#, on # representa el numero de AP ja marcats a la simulació i el mode de seguretat en tipus WPA. Els AP es posaran en mode de funcionament amb compatibilitat 802.11g i inicialment no es planteja fer cap canvi de potencia a no ser que les proves sobre camp finals o possibles solapaments amb xarxes personals ho requerissin.

Les IP's estan posades de manera manual, seguint la estructura de les subxarxes creades a la figura 17, com es veu a continuació.

Network	IP	AP#
172.16.2.0	172.16.2.2	1
172.16.4.0	172.16.4.2	2
	172.16.4.3	3
	172.16.4.4	12
172.16.6.0	172.16.6.2	4
	172.16.6.3	5
172.16.10.0	172.16.10.2	6
	172.16.10.3	7
172.16.12.0	172.16.12.2	8
172.16.13.0	172.16.13.3	9
172.16.8.0	172.16.8.2	10
	172.16.8.3	11

Figura 20. Assignació IP Punts d'Accés

Es marcarà la adreça corresponent al servidor RADIUS a la qual els Wi2 faran la retransmissió d'autenticació, o sigui la pagina de inici de la xarxa. Per tant es marcarà la

MAC address del servidor i tindrà igualment direcció IP fixa, la direcció IP que estara dins del rang 172.16.0.1/172.16.0.14, el port per defecte 1812, el numero de retransmissions màximes que es permetran per una mateixa MAC Address i com a opció una direcció secundaria segons si finalment es decideix dotar de dues direccions IP diferents a cada targeta de xarxa del servidor o fer un timming.

Per altra banda cal configurar el CPE que hi ha incorporat als AP menys el 8, 9 i 12.

ID: CPEAP#

Ample de banda: Canals de 10Mhz

Velocitat del port ethernet: Auto i hauria de negociar sempre a 100Mbps Full duplex.

Freqüència de treball: 5470 – 5950Mhz

BTS: ID sector estació base amb el que estarà connectat.

Credencials d'accés amb seguretat i restricció d'accés filtrat per MAC address.

Estació base - BreezeMax Extreme

Al igual que els AP, els diferents dispositius tindran la següent distribució de direccions IP en funció del sector o xarxa que cobreixin a mes de les altres dades de xarxes necessàries.

BTS	Network	IP	AP del sector
1	172.16.2.0	172.16.2.1	1
2	172.16.4.0	172.16.4.1	2, 3, 12
3	172.16.6.0	172.16.6.1	4, 5
4	172.16.10.0	172.16.10.1	6, 7
5	172.16.8.0	172.16.8.1	10, 11

Figura 21. Assignació IP Punts BTS

El mode de treball de la BTS serà de tipus "single sector", això vol dir que només es cobrirà una zona de cobertura ja que al incorporar dues antenes internes podem donar cobertura a dos sectors diferents però amb la reducció del ample de banda a la meitat. També podríem fer que dins la mateixa zona cada antena actues de manera individual, o sigui que tinguéssim redundància, això per el nostre cas no es pràctic ja que tenim molts usuaris i encara reduiríem més l'ample de banda i per mantenir-ho incrementariem molts els cost amb més BTS.

Al igual que el CPE dels Wi2, s'especificarà l'ample de banda dels canals a 10Mhz, s'afegirà de manera manual les direccions IP dels punts d'accés amb els quals te comunicació i la potencia de comunicació que s'especifica a la simulació. Es crearà un

grup que catalogarà els dos AP que corresponguin al seu sector i un altre grup disponible per als dispositius mòbils que s'afegeixen a la xarxa.

Adicionalment serà necessari la creació dels traps corresponents per tal de monitoritzar el tràfic de cada sector, possibles pèrdues, caigudes de rendiment o alarmes per controlar les condicions físiques d'un aparell que es troba a la intempèrie.

Concentrador Acces Point - Wi2 controller

Un cop connectat només caldrà assignar-li una IP i començar a afegir els AP distribuïts per la ciutat, també es pot fer de forma automàtica si abans hem assignat una IP de forma manual a cada AP.

Hi haurà 4 grups per identificar les 4 zones de la xarxa que comprendran cadascuna el nombre de AP que hi ha a la ciutat i també tants grups com VLANs/sectors hi hagin, segons el manual del equip es recomanable tenir diversos tipus de grups diferents encara que abracin molts els mateixos equips per a l'hora de generar informes o controlar de manera organitzada per exemple quan cau una VLAN i poder continuar tenint la visió general de la zona.

No s'especifiquen les característiques al manual però es crearan diverses polítiques de servei per tal d'indicar en primer cas la limitació de tràfic per usuari, la qual es crea a través de una política de QoS així com configuracions generals dels AP.

I per últim es centralitzaran les recepcions de alarmes que s'han configurat prèviament la BTS i els AP, o es faran de noves, per a la seva gestió donant els permisos als grups i agents de emissió de traps.

Servidor Radius

Windows 2003 estàndard, amb una base de dades dels usuaris amb accés a la xarxa. Els usuaris seran de dos tipus, fixos i temporals amb un període especificat per el ajuntament i sessions màximes de dues hores sense necessitat de tornar a validar-s'hi.

Executarà IAS per la autenticació, autorització i seguiment centralitzat dels usuaris que es login a la xarxa, com a condició necessària sota Windows es implementar el sistema sota un directori actiu (o bbdd tipus SQL com afegit). Es configurarà la entitat certificadora i el tipus de certificats per les claus privades i públiques que s'emetràn per usuaris i dispositius. Un cop configurats els certificats es crearan les polítiques de accés o restricció d'accés que es creuin oportunes.

Capítol 5. Disseny xarxa amb Radio Mobile

En aquets capítol es realitza la simulació de la cobertura de xarxa, es seleccionen les coordenades de la ciutat on instal·lar els punts d'accés, s'estudia el nombre de AP que cal instal·lar, buscant el mínim numero possible, donar accés als màxim d'usuaris simultanis i el nombre real que en caldrà per dona la suficient cobertura.

5.1. Radio Mobile

El programa Radio Mobile es una eina gratuïta de lliure us per analitzar i planificar el funcionament de sistemes de radiocomunicacions de mitja i llarga distancia. Nosaltres utilitzarem la ultima versió disponible 10.8.

Per a la generació de la simulació calen tres elements basics: cartografia de la zona on es realitzaran els càlculs, un model digital d'elevació de terreny de la mateixa zona i l'algoritme de propagació implementat a Radio Mobile que detallem a continuació.

- Mapa de treball: Model digitals del terreny. Utilitzarem els mapes STRM de la NASA, son mapes digitals d'elevació de terreny de tot el planeta de més resolució d'arc disponibles per Europa.
- Mapes topogràfics: plànols de terreny amb edificis i carrers. El mateix programa permet la descarrega automàtica de cartografia de diverses webs com Google Earth i també inserir cartografies especificues. Nosaltres utilitzarem mapes topogràfics del Institut Català de Cartografia.
- Mapa de cobertures: Elaborat amb el algoritme de càlcul de propagació de ones Longley-Rice, implementat en Radio Mobile. Aquest model de propagació permet treballar amb freqüències entre els 20Mhz i els 40Ghz o longituds de trajecte entre 1 y 2000 Km.

Un cop tenim els models de mapes nomes ens caldran les dades dels equips que volem utilitzar en la simulació com potencia, sensibilitat, tipus d'antenes, pèrdues per el medi i la seva ubicació.

En els següent apartats es detalla els diferents elements del model així com el paràmetres de configuració per a realitzar la simulació.

5.2. Mapes

5.2.1. STRM

L'any 2000 la NASA posa en marxa un projecte en que un satèl·lit realitza fotografies de terreny durant dues setmana en las que obté un mapa global de la terra amb coordenades i elevacions de terreny.

El model *SRTM DTED* (*Shuttle Radar Topography Mission – Digital Terrain Elevation Data*) que utilitzem es basa en aquestes dades però oferint una resolució de fins a 1 segon de arc per als EEUU i de 3 segons, o sigui una separació de uns 90-100 metres com a màxim, per Europa i per la resta de regions entre les latitud 56°S y 60°N.

A la bibliografia tenim disponible l'FTP amb tots el mapes d'elevació de terreny.

Espai per mostra	Metres	Nom SRTM	DTED	Altres models
1 segon per arc	30	SRTM1	DTED2	
3 segons per arc	90	STRM3	DTED1	
30 segons per arc	900	STRM30	DTED0	GTOP030

Taula 22. Nomenclatura mapes SRTM

Un cop accedim al servidor de descarrega, al area corresponent per Europa ens trobem amb fitxers amb nomenclatura de tipus "NxxEyyy.hgt" o "NxxWyyy.hgt", on les inicials majúscules N, S, E, W per indicar els punts cardinals, les lletres "xx" per indicar la latitud i "yy" per indicar la longitud.

S'ha necessitat descarregar la ubicació N41E02, la qual la podem saber a traves dels mapes del ICC on s'indiquen les coordenades de la població (latitud 41°43,21.28"N i longitud 2°55,52.51"E), això ens dona com a resultat el següent mapa d'elevacions :

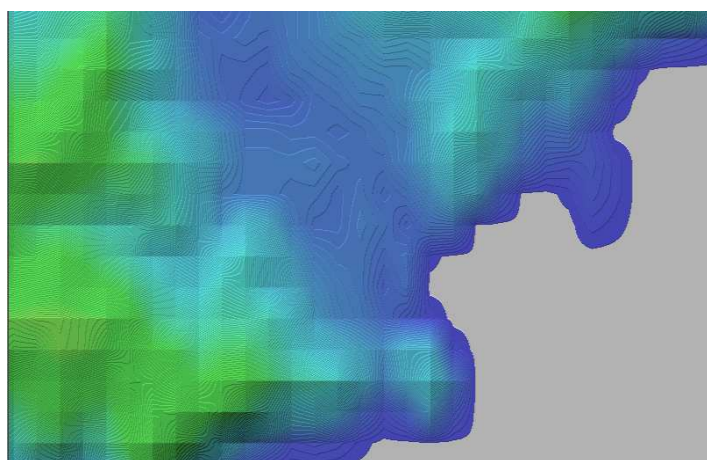


Figura 23. Mapa d'elevacions Tossa

5.2.2. Topogràfic

A l'hora de visualitzar els enllaços i veure les posicions on posem els equips, resulta molt més clar visualment veure-ho sobre un mapa urbà amb les delimitacions de carrers, places i parcs ja que es el que a nosaltres ens interessa es veure quines zones de la ciutat cobrirem.

A través de la web del Institut Català de Cartografia es descarreguen les seccions 307-110, 308-110 corresponents a Tossa de Mar a escala 1:5 000 on s'obté el següent mapa.

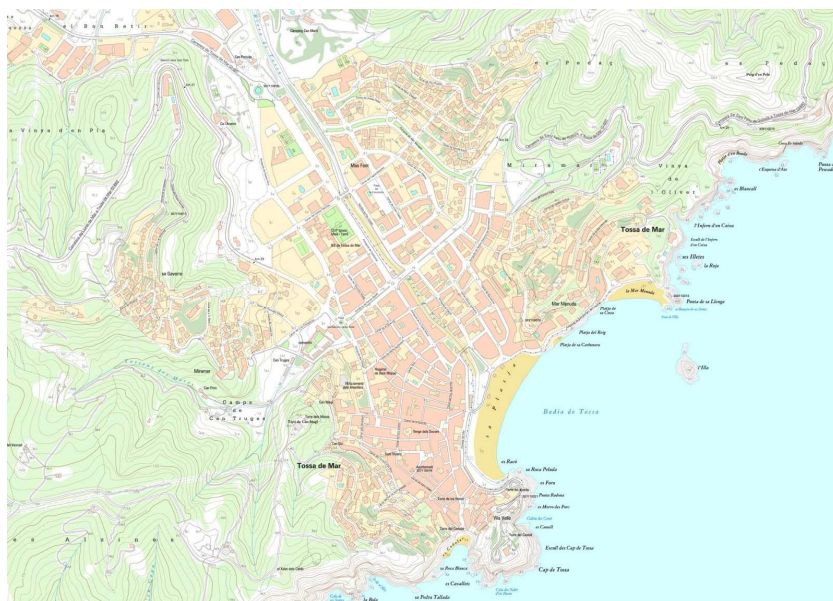


Figura 24. Mapa Topogràfic Tossa de Mar

Amb el programa GeoViewer 4.0 hem seleccionat de manera més concreta només la zona corresponent a la ciutat i hem obtingut les coordenades dels 4 eixos de la imatge, que introduïm com es mostra a la figura 25, això com veurem al apartat següent, es necessari per a poder combinar el mapa d'elevació amb el Mapa topogràfic.

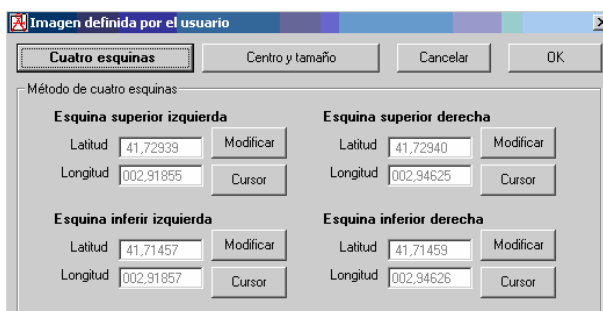


Figura 25. Afegir coordenades al mapa topogràfic

També hi ha la opció de exportar les dades de la simulació final al mateix Google Earth el que ens donarà de una manera més clara un imatge de les zones cobertes i les seves alçades. Aquesta opció finalment s'ha descartat ja que hi havia un problema de comprensió per alçada de les antenes; al exportar els punts d'accés el Google Earth sempre entenia la alçada respecte el valor 0 i no sobre l'elevació del punt del terreny.

5.3. Configuració paràmetres

Un cop combinat el mapa topogràfic i el mapa d'elevació, podem començar a configurar els paràmetres de la nostra xarxa i els dels dispositius que hi posarem per tal de poder realitzar la simulació en que l'aplicació ens confirmarà la viabilitat dels enllaços Wimax i l'abast de la cobertura Wifi que donarem.

El primer que ens trobem són els paràmetres generals de la xarxa on crearem dos tipus de xarxes diferents per fer les proves, una per Wimax i un altre per Wifi on caldrà configurar les seves característiques de cadascuna.

The screenshot shows a software interface for configuring network parameters. On the left, there is a list titled 'Lista de todas las redes' containing 'WIMAX' and 'WIFI', followed by 'Red 3' through 'Red 25'. The 'WIMAX' network is selected. At the top right, there are buttons for 'Parámetros por defecto', 'Copiar Red', 'Pegar Red', 'Cancelar', and 'OK'. Below the list, there are tabs for 'Parámetros', 'Topología', 'Miembros', 'Sistemas', and 'Estilo'. The 'Parámetros' tab is active, showing the following settings:

- Nombre de la red: WIMAX
- Refractividad de la superficie (Unidades-N): 301
- Frecuencia mínima (MHz): 5470
- Conductividad del suelo (S/m): 0.005
- Frecuencia máxima (MHz): 5950
- Permitividad relativa al suelo: 15
- Polarización: Vertical, Horizontal
- Clima: Ecuatorial, Continental sub-tropical, Marítimo sub-tropical, Desierto, Continental templado, Marítimo templado sobre la tierra, Marítimo templado sobre el mar
- Modo estadístico: Intento (% de tiempo: 50), Accidental (% de ubicaciones: 50), Móvil (% de situaciones: 70), Difusión
- Pérdida adicional: Ciudad, Bosque (%: 50)

Figura 26. Configuració tipus de xarxes

Primer s'ha d'especificar el nom de la xarxa, ja que mes endavant veurem que ens cal tenir-les ben identificades per assignar els dispositius a cadascuna.

Els paràmetres de refractivitat de la superfície, conductivitat i permetivitat els deixarem tal i com venen per defecte, ja que es consideren els valors mes estàndards si no estem parlant de xarxes en ambients mes agressius, aquets paràmetres defineixen les característiques de terreny de la xarxa

El tipus de clima es posiciona com "Continental Templat" ja que estem dins de la seva zona de definició: Radioenllaços peninsulars dins del arxipèlag balear.

El espectre de freqüències en el que ens mourem, aquets serà el únic paràmetre general que diferenciarà la xarxa Wifi de la part de connexió Wimax. Tal i com s'ha explicat a les definicions tècniques, les bandes que s'utilitzen a cadascuna seran:

	Freq. minima	Freq. Maxima
Wimax	5470 Mhz	5950 Mhz
Wifi	2412 Mhz	2472 Mhz

El tipus de polarització utilitzada a les antenes es deixarà com a vertical, ja que es la mes típica al patir menys atenuació a la superfície terrestre que les que tenen polarització horitzontal.

Al mode estadístic hem de especificar el tipus de tràfic de la xarxa que volem simular, amb "Accidental" simularem inferències, amb "Mobil" comunicacions mobils, de tipus "Intent" que nomes prova de enviar un únic missatge o ràfega i el de "Difusió" (broadcast). Nosaltres utilitzarem el mode intent ja que es el mes típic entre estacions fixes.

Per últim tenim un camp de pèrdues addicionals, al tractar-se de xarxes a ciutats, hem de tenir en compte que en alguns casos, sobretot el Wifi no tindrem línea de visió directe i per tant tindrem moltes pèrdues de transmissió a causa dels edificis. Amb aquet paràmetre podem posar en forma de percentatge les pèrdues que considerem.

Aquets paràmetre ens han indicat que no es gaire precís, ja que no te en compte ni tipus de edifici, ni grandària del carrers i per tant farem servir un valor de pèrdues del 50% al tenir un gran nombre de carrers estrets a la població.

A la pestanya de *Topologia* indicarem el tipus de xarxa, podem escollir entre una xarxa de veu i de dades en tipus estrella o cluster. La diferencia per aquestes dues ultimes es que les de tipus estrella no tenen retransmissió entre els AP, que es justament el que ens

interessa ja que repartim desde la mateixa estació base el ample de banda entre els dos AP i no es necessita que els diferents AP facin de salts intermig per altres AP.

A "sistemas" indicarem les característiques del sistema de transmissió com la potencia de transmissió, la sensibilitat, la alçada sobre terreny a la que es trobarà l'antena i de quin tipus serà.

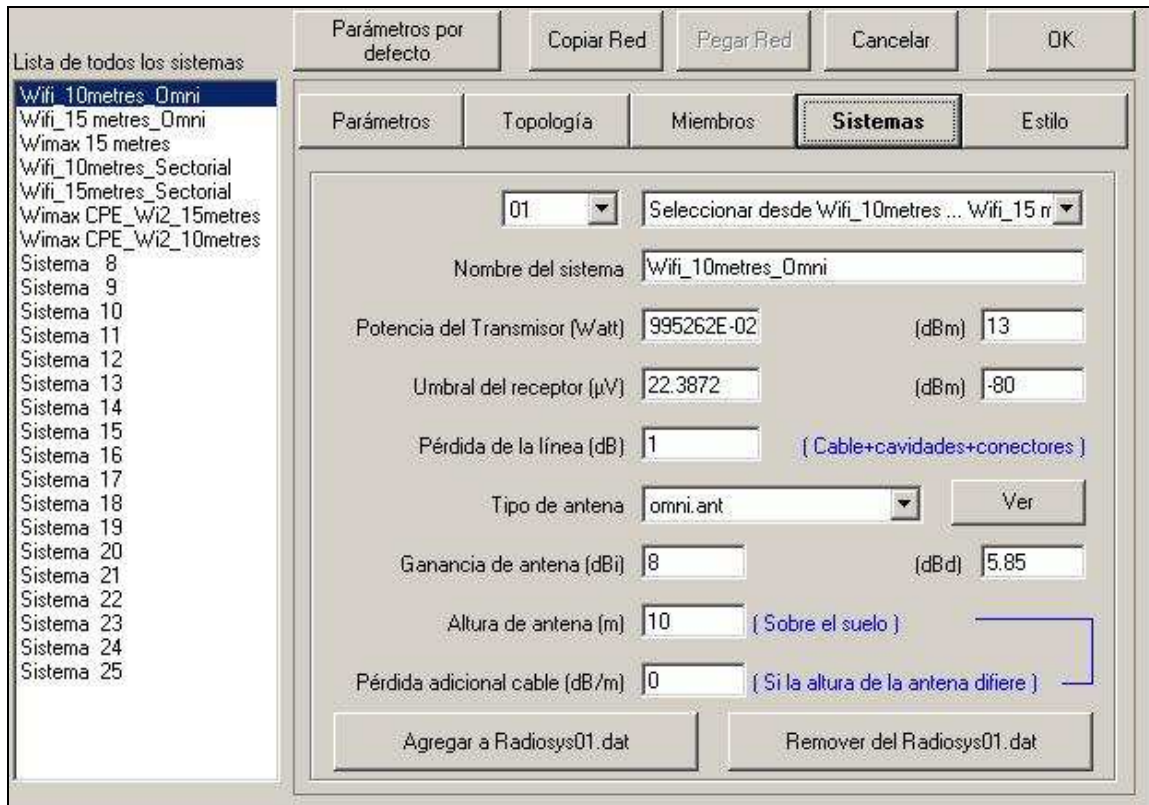


Figura 27. Configuració paràmetres de les antenes.

Com caldria saber en cada cas, quina es l'alçada del edificis i altres paràmetres de la població que no tenim, fem dos tipus d'instal·lació possibles, tenim antenes que estaran a 10 i a 15 metres d'alçada respecte el terra, suposant de manera aproximada dos tipus d'alçada per als edificis més la possible alçada si hi ha instal·lació amb mastil o suport. Per ser fidels a la realitat caldria fer un sistema per cada ubicació on posseïm un AP ja que segurament cada edifici te una alçada diferent.

A part d'això hi ha diverses possibilitats de sistemes tant per Wifi com Wimax també segons el tipus d'antena que es farà servir. Per Wimax tenim la estació base a 15 metres com a únic paràmetre i els CPE amb antenes directives a 10 i 15 metres. Per Wifi tenim també disponible a 10 i 15 metres i amb antenes omnidireccionals i sectorials.

Un altre paràmetre genèric per als dos tipus es el de les pèrdues per cables i connectors, el valor per defecte es 0.5dB, com es millor suposar pitjors casos la deixarem a 1db de pèrdues.

Per últim tenim la potencia de transmissió i la sensibilitats, aquets últim el posem tal i com ens indica el propi fabricant a les especificacions. Per la potencia TX hem de tenir en compte la normativa d'emissió de radio freqüència que trobem a la web del CNAF i a l'annex on detallem les normes UN que ens afecten.

Se'ns especifica un màxim de potencia radiada o PIRE de 1W per a Wimax i 100 mW per a Wifi. Segon formula el PIRE es calcula:

$$PIRE (db) = Potencia màxima + guany antena - pèrdues$$

I la PIRE màxima de 1W en db es: $db=10*\log(1000mW) = 30db$

Per al cas de Wimax la potencia màxima de transmissió de la antena es de 21dbm i el guany de la antena de 15dbi, això son $21 + 15 - 1$, o sigui 35 db, superior al màxim permès, per tant haurem de reduir la potencia de transmissió com a mínim 5db passant de 21 dbm a 16 dbm.

Per Wifi la potencia Tx es de 18dbm i el guany de la antena de 8dbi, per tant $18 + 8 - 1$ ens dona 25 db de PIRE.

El màxim es de 100mW, que si apliquem a la formula anterior correspon a 20db, per tant haurem de reduir la potencia de transmissió dels AP de 18dbm a 13 dbm.

Finalment s'especifica a l'apartat de "*Members*", un cop tinguem posicionades les unitats al mapa, quina unitat es a cada ubicació i a quina xarxa pertany.

5.4. Capacitat dels enllaços.

Abans de començar a distribuir el equips per la població hem de saber primer quin es el numero teòric de AP que necessitarem, també caldrà saber quants AP suportarà cada sector de la estació base.

A la següent taula calculem per les 4 zones a les que hem de donar servei tal i com es va indicar al punt 2.2, quants punts d'accés necessitem en funció del nombre de usuaris.

Zona	Usuaris	Max. Usuaris AP	Relacio Usuaris/AP	Numero AP	Max. Usuaris Possibles
1	400	128	3.1	4	512
2	300	128	2.3	3	384
3	250	128	2.0	2	256
4	200	128	1.6	2	256
Total	1150			11	1408

Taula 28. Càlcul numero d'Acces Point

Segons s'ha calculat la xarxa te capacitat per mes usuaris dels plantejats en 3 de les 4 zones, on sobretot deixem molt mes marge a les zones mes turístiques com son les platges i el casc antic. Amb aquets nombre de AP la xarxa quedaria totalment coberta en nombre de usuaris, els quals com es va dir a la presentació del escenari, son usuaris màxims concurrents i en sessions de 2 hores el qual esta sobre dimensionat davant les variacions de la temporada turística.

El següent que necessitem es la capacitat que poden donar els enllaços i la estació base. Segons especificacions cada sector de la estació base donarà uns 40Mbps per canal de 10Mhz, podríem tenir el doble utilitzant dos canals però aleshores ens arrisquem a tenir solapament entre els diferents sectors i el cost dels BreezeMax Extreme amb capacitat de doble sector es mes elevat.

Aquests 40Mbps estaran compartits entre dos AP que estaran dins la visió directe de la estació, o sigui si suposem que els dos AP tenen el màxim de usuaris tenim uns 20Mbps per AP a repartir entre 128 usuaris..

Sectors	<i>Throughput Sector Wimax</i>	<i>AP per sector</i>	<i>Throughput AP</i>		Maxims usuaris AP	Bitrate per usuari.
1	40 Mbps	2	AP1	20 Mbps	128	156Kbps
			AP2	20 Mbps	128	156Kbps

Taula 29. Bitratre d'usuari amb carrega màxima

La estimació es doncs que per a cada AP la velocitat màxima de que disposaran del usuaris quan el AP esta al màxim de la seva capacitat serà de 156Kbps, valor per sota del màxim ja previst.

Així doncs el qualsevol usuari tindrà garantit una connexió entre un mínim de 156Kbps i un màxim de 256 Kbps, aquest ample de banda estarà limitar tal i com s'indica a les configuracions del Wi2 al punt 4.3.

El mètode de duplexat que utilitzen els sistemes Wimax en banda lliure és únicament TDD, el que obliga a repartir la velocitat disponibles entre el tràfic ascendent i descendent, però podem utilitzar una asimetria de tràfic que s'adapti a una demanda concreta, el que suposa un major aprofitament del espectre i es que sempre serà més lenta la part descendent que la ascendent.

5.5. Simulació Wimax

La primera simulació que cal fer és la dels enllaços Wimax, per això afegirem dins la xarxa Wimax de la figura 30, els membres que la compondran. En total hem calculat a la taula 28 un total de 11 Punts d'accés, aquests s'han ubicat per el plànol de la ciutat i les coordenades s'especifiquen al punt 5.7.

Com es pot veure a la següent figura hem anat classificant els AP Wimax en funció de la seva alçada de 10 o 15 metres, tots els CPE són amb antenes directives cap a la estació base.

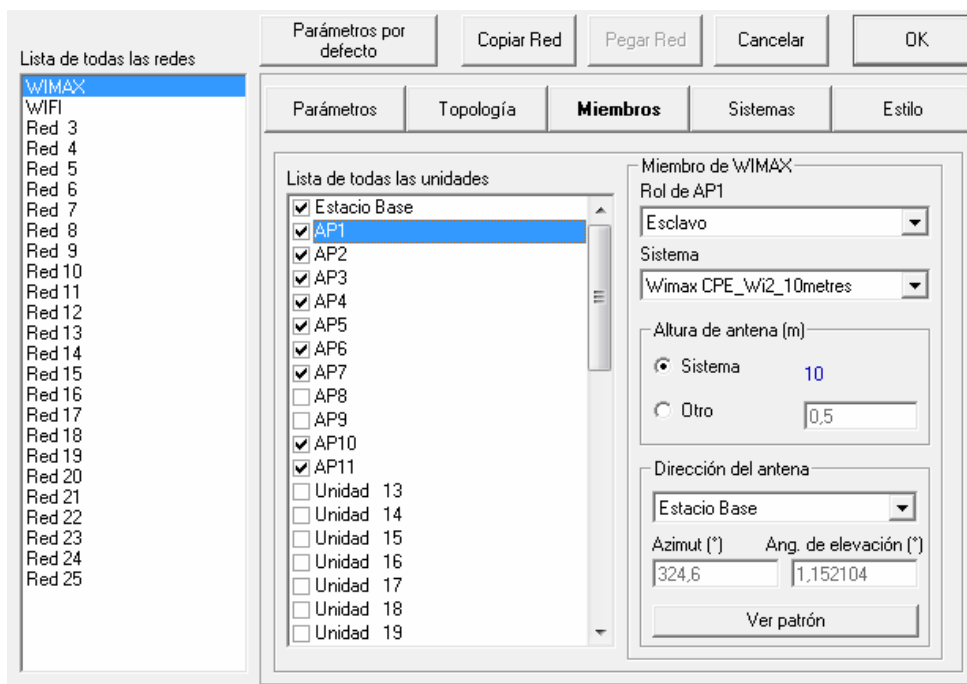


Figura 30. Assignació tipus d'unitats de la xarxa

Hi haurà dos punts d'accés, el 9 i el 10, que no els hem seleccionat, això es deu a que aquest AP no pegen de la xarxa inalàmbrica, sinó que funcionen amb connexions directes amb cables a la xarxa ethernet. Això succeeix perquè el AP9 es troba a la

mateixa central de telefònica i el AP10 es troba al ajuntament, el qual tindrà un túnel VPN amb la central ja que aquí es on tindrem el servidor de autenticació i el equip de control de AP, per tant només necessitarem instal·lar un cable ethernet fins la posició exterior d'aquets AP.

Això ens dona un gran avantatge, per un costat ens estalviem tenir un altre equip a la estació base que ocupi un canal de espectre i la reducció del cost del projecte al requerir un equip menys.

Un cop indicats els tipus de AP, es realitza la primera simulació on es mostren les xarxes sobre el mapa topogràfic per comprovar de manera general que els enllaços siguin correctes (no surtin les línies en vermell) segons els valors de llindar mínims indicats.

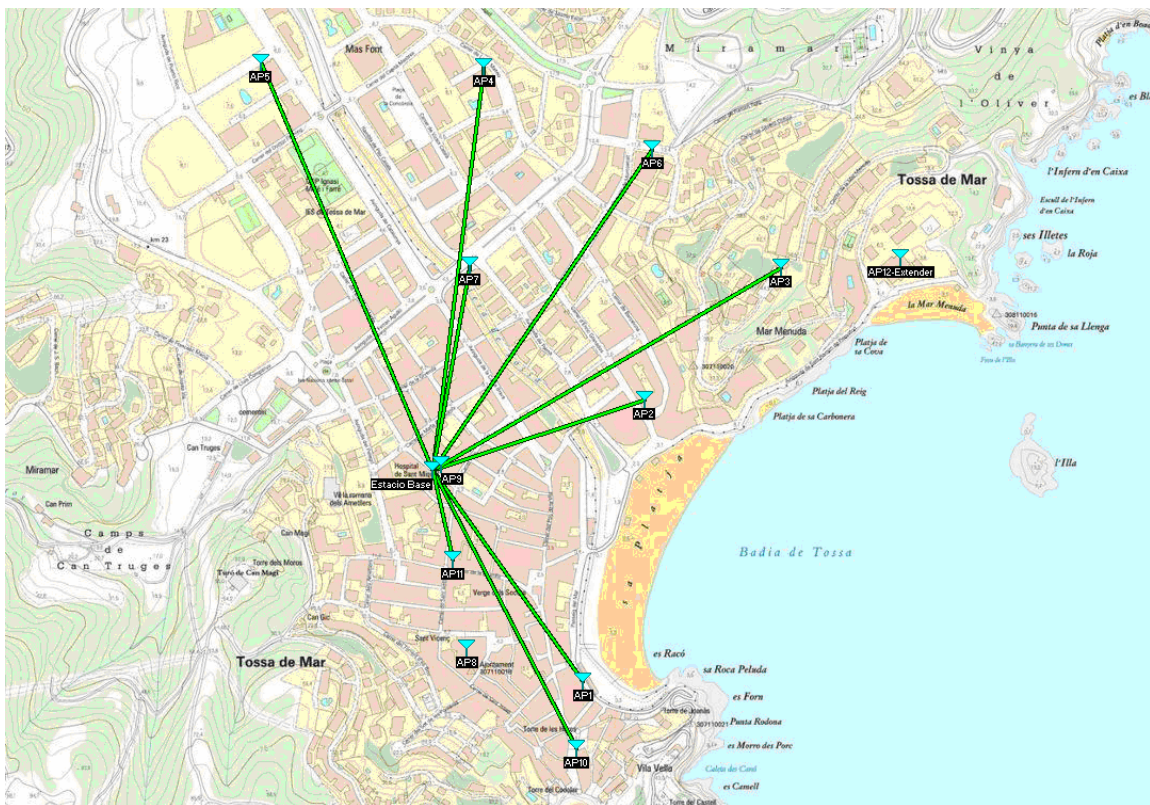


Figura 31. Simulació enllaços WiMax.

El pitjor dels casos correspon al AP numero 3, en que hi ha un major desnivell, si mirem amb més detall el enllaç podrem observar dades més específiques com potència que ens arribarà de senyal, la distància del enllaç i nivell de recepció entre d'altres.

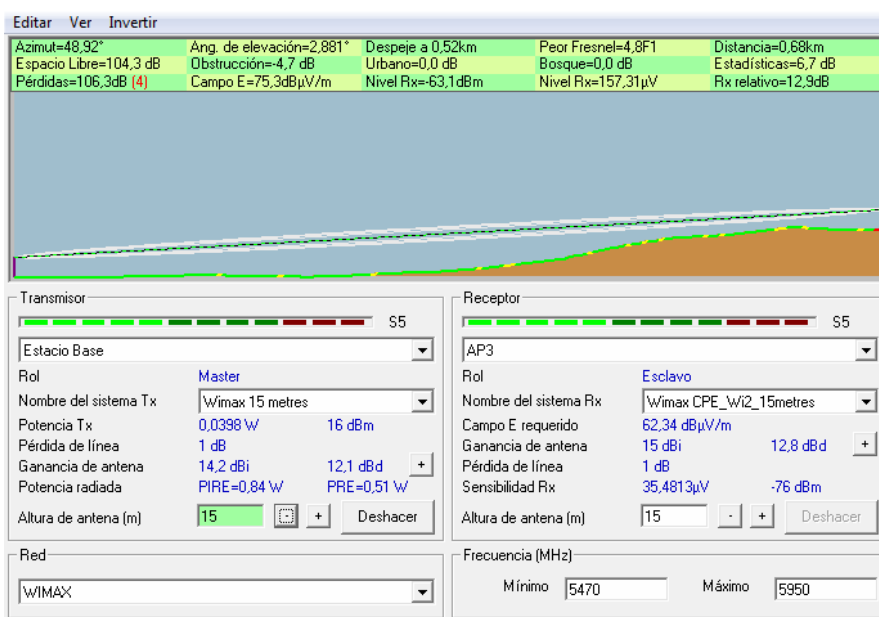


Figura 32. Especificació entre EB i AP

5.6. Simulació Wifi

La simulació wifi es realitza de la mateixa manera que la xarxa Wimax, però canviant el tipus de topologia, ara serà de tipus cluster (node – terminal) i seleccionant per cada unitat la alçada i el tipus d'antena com es va fer a la figura 27.

Per la seva ubicació seran principalment antenes de tipus omnidireccional a excepció de les antenes dels AP 1 i 2, que seran de tipus sectorial.

La recomanació de l'estàndard IEEE 802.11 sobre solapament de canals especificada al punt 3.1.2 ens deia que havíem de tenir com a mínim 5 canals de separació entre cada canal Wifi que fem servir. A la zona 1, el cas antic es on tenim mes AP junts, a causa del nombre si deixem cinc canals de separació no tenim suficient espectre per transmetre, per tant només en deixarem 4 de separació de manera que si tindrem 4 canals per transmetre, el suficient per aquesta zona.

Identificador de Canal	Freqüència en MHz	Color
1	2412	Groc
5	2432	Vermell
9	2452	Verd
13	2472	Blau

Figura 33. Canals i colors xarxa wifi

Amb aquest mètode però no deixem quasi banda de guarda. Una altra opció seria reduir encara més la potència dels equips de manera que encara que estiguessin propers no s'encavalquessin, això però augmentaria àmpliament el nombre de dispositius necessaris i el seu cost final.

Un cop feta la simulació per a cada punt d'accés obtenim la següent distribució:

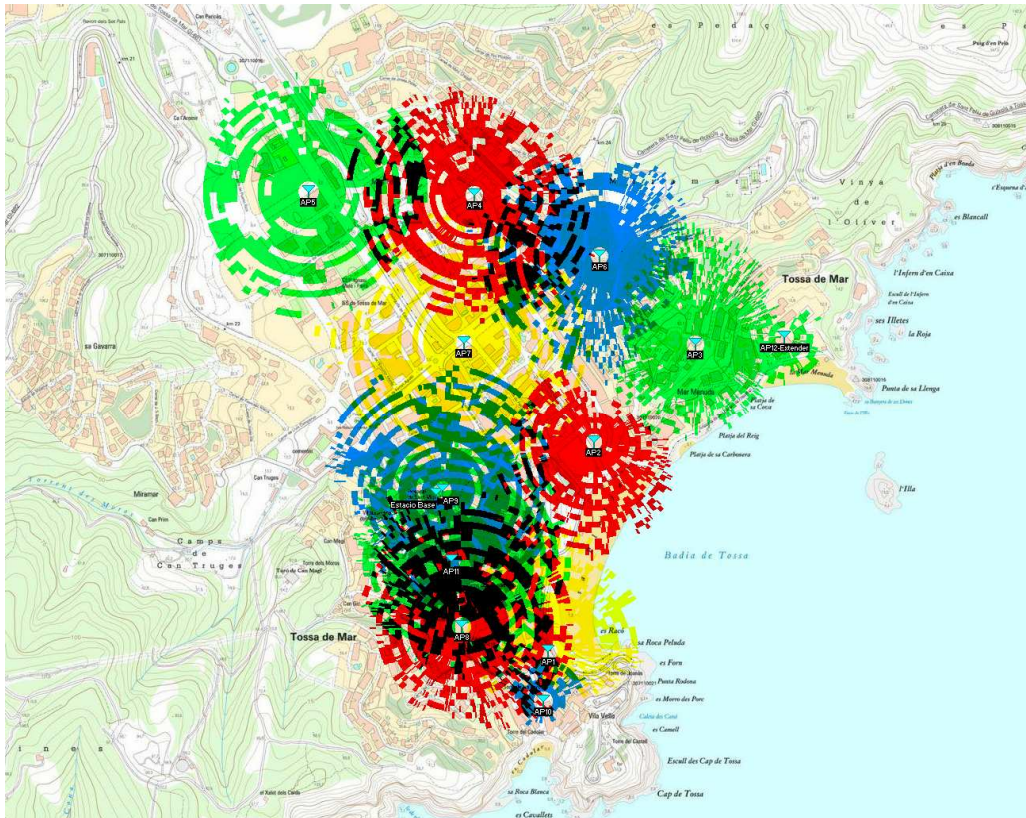


Figura 34. Simulació cobertura Wifi

La cobertura final es suficientment acceptable tenint en compte que hem suposat moltes pèrdues.

Hem tingut que realitzar una modificació en la nostra xarxa, el AP3, esta en una zona mes elevada, això ens ha provocat que al realitzar la simulació la petita platja que hi ha a la dreta del mapa estigues exenta de cobertura ja que la diferencia entre la ubicació del AP i la platja arriba als 20-30m de alçada. Per aquets motiu s'ha afegit un Wi2 Extender, sense unitat de recepció Wimax, nomes AP de exterior i el que fem es propagar el mateix canal del AP3 per la platja.

Finalment doncs hem de afegir un equip mes als que havíem calculat teòricament per abraçar tota les zones requerides, en total han fet falta 12.

5.7. Ubicació i característiques dels equips instal·lats

La següent taula indica per cada equip de transmissió de la xarxa la seva ubicació en forma de coordenades polars, el tipus d'antena per l'entorn Wimax que porta incorporada en els casos que hi es necessari, el tipus d'antena Wifi per els punts d'accés i el canal de transmissió assignat segons la taula de colors de la figura 28.

Equip	Latitud	Longitud	Wimax	Wifi	Canal	Alçada
Base	41°43'21,1"N	2°55'48,9"E	Sectorial	 	 	15m
AP1	41°43'02,8"N	2°55'57,7"E	Direccional	Sectorial	1	10m
AP2	41°43'15,2"N	2°56'01,3"E	Direccional	Sectorial	2	10m
AP3	41°43'20,9"N	2°56'09,3"E	Direccional	Omnidireccional	3	15m
AP4	41°43'29,7"N	2°55'51,9"E	Direccional	Omnidireccional	2	15m
AP5	41°43'29,9"N	2°55'38,8"E	Direccional	Omnidireccional	3	15m
AP6	41°43'26,1"N	2°56'01,8"E	Direccional	Omnidireccional	6	15m
AP7	41°43'21,0"N	2°55'51,1"E	Direccional	Omnidireccional	1	15m
AP8	41°43'04,3"N	2°55'55,9"E	 	Omnidireccional	2	10m
AP9	41°43'12,3"N	2°55'49,4"E	 	Omnidireccional	4	10m
AP10	41°42'59,9"N	2°55'57,3"E	Direccional	Omnidireccional	4	10m
AP11	41°43'08,2"N	2°55'50,1"E	Direccional	Omnidireccional	3	10m
AP12	41°43'20,9"N	2°55'09,3"E	 	Sectorial	3	10m

Taula 35. Posicionament dels equips

Capítol 6. Reglamentació

En aquets capítol s'especifiquen les normes per a la implantació i explotació de una xarxa sense fils gratuïta i les seus modes de operació segons la normativa específica de la *Comissió del Mercat de les Telecomunicacions*.

6.1. Requisites

Un dels major problemes de les xarxes inhalàmbriques de caràcter públic ha estat el no compliment de la normativa de la CMT en qualsevol dels seus passos, malgrat que fins fa poc no hi havia cap tipus de carta de "ruta", poc a poc s'ha anat desenvolupant una sèrie de normatives, encara que en qualsevol dels casos la CMT ha de estudiar el projecte i validar si es o no viable encara que es compleixen les normes bàsiques de manera individual.

Els passos que haurà de sol·licitar la administració pública per a poder oferir aquets serveis hauran de ser:

Inscripció en el registre de operadors

L'ajuntament de Tossa, com entitat que vol explotar i oferir uns serveis de telecomunicacions haurà de notificar prèviament a la implantació de qualsevol fase del projecte a la CMT que vol registrar-s'hi com a operador. Aquesta primera instància es necessària tant si el vol treballar com a operador privat o oferir un servei públic. Únicament esta exempt el registre previ en el cas de la auto-prestació de serveis, o sigui una accés a Internet per la mateixa administració.

Aquets registre es gratuït i es de vital importància ja que es un dels primers motius de la cancel·lació o aturades de servis similars a altres poblacions.

Principis de inversió.

Privat

Quan la entitat a explotar la xarxa es de caràcter públic, s'ha de proporcionar primer un pla de inversió privat, el projecte i el seu finançament; No pot estar finançat única i exclusivament per fons públics, ha de existir un pla de finançament privat per patrocinadors, publicitat o altres mètodes de manera que es poguï justificar que les despeses que provoca el manteniment de aquesta xarxa no es sufraga a traves de diners públics.

Es demana doncs un grau de neutralitat i no suposar una discriminació per als altres operadors utilitzant diners públics.

Públic

Quan es vol finançar de manera pública hi ha dues condicions les quals en qualsevol dels casos no són concloents en la aprovació per la explotació de la xarxa.

En primer lloc s'indica que s'ha de notificar a la Comissió Europea la voluntat de proporcionar una xarxa de comunicacions gratuïta sempre i quan estigui obligada a la notificació de la inversió de les ajudes públiques a no ser que la inversió necessari no superi els 200.000€ euros. La notificació es realitzarà a partir de un informe resolutiu de la CMT un cop estudiat el projecte.

En segon lloc, de manera paral·lela la CMT estudiarà el cas, es posarà a disposició de les operadores en mode de consulta pública la informació del projecte, es demanarà que aquestes donin informació sobre els seus serveis actuals a la població i si hi ha plans de desplegament de millores o noves infraestructures a la zona de manera que es poguï estudiar si el projecte afectarà negativament la lliure competència.

Un cop es dicta resolució o passat un màxim de 3 mesos s'emetrà sentència, que si es a favor ja permetrà a la administració començar a prestar/implantar el servei.

Explotació de la xarxa i servies alternatius

Els serveis oferts es considerarà que no afecten a la competència i que per tant l'ajuntament poguï oferir de manera indefinida el servei de manera gratuïta si són:

- Access a pàgines web de la administració pública.
- Access a Internet a centres de formació, biblioteques i altres equipaments públics.
- Access a Internet a zones de àmbit turístic.
- Explotació i prestació de serveis sempre que la cobertura de xarxa exclogui (en la mesures del possible) edificis i zones residencials.
- Límit de velocitat entre xarxa i usuaris de 256Kbps.

En qualsevol d'aquest casos, tal com es pot veure als enllaços de la CMT a la bibliografia, la recomanació es no començar a implantar el projecte fins que aquets no hagi estat prèviament estudiat i validat per la CMT a causa de que les normes aquí esmentades són de caràcter general i encara que es compleixin no garanteixen el servei sense necessitat del estudi específic per la CMT i possibles reclamacions que es puguin produir per els operadors.

Capítol 7. Valoració Econòmica

En aquets capítol es presenta el pressupost del equipament i una aproximació de la ma d'obra en funció dels dies de implantació vistos al diagrama de Gantt. Dins del pressupost no s'inclou el preu per la contractació de la línia amb el operador, aquest es conclou com independent i caldrà que l'ajuntament negociï a part un tipus de línia variable ja que el tràfic no serà el mateix a totes les hores del dia ni tots els dies.

També esmentem possibles finançaments de la instal·lació i el manteniment.

7.1. Pressupost

Item	Quant.	REF.	Concepte	P.Unitario	P.Total
1	5	XTRM-BS-1DIV-5.4-90DS	BreezeMAX Extreme BTS, single sector, 2nd order diversity, 5.47-5.95GHz band, attached 90 degrees dual slant antenna,	4.880 €	24.400 €
	5	Universal IDU	Font Alimentacio per interiors.	85 €	425 €
	9	ALVR-WI2-ODU-b/g	WiFi 802,11 b/g outdoor access point amb suport Wimax	1.053 €	9.477 €
	9	BMAX-CPE-ODU-PRO-L-TDD-5,	BreezeMAX CPE Pro Outdoor Radio Unit	650 €	5.850 €
	9	ANT-BS-24-8dbi-OMNI	Antena omnidireccional. 8 dbi	85 €	765 €
	3	BS-ANT-60/2.XV	Antena sectorial 2,4 GHz/60° o 90°.	500 €	1.500 €
	12	Mounting-kit-Wi2	Suports per montatge Wi2	100 €	1.200 €
	5	Cable-conn-AC-Wi2	Wi2 Accessories, cable AC-Wi2+ connectors. Pack 5 unitats.	85 €	425 €
	3	Wi2 Extender	Acces Point.	568 €	1.704 €
	1	Wi2-CTRL-40	Wi2 controller. Concentrador i gestor de AP.	2.800 €	2.800 €
	1	C5G125-24	Enterasys C5 24 10/100/1000 4 cb SFP.	3.200 €	3.200 €
	1	PAN-PA-2020	FireWall PaloAlto Pa-2020	8.500 €	8.500 €
	1	DL160 G6 E5506	Servidor HP Proliant DL 160 + accesoris	1.400 €	1.400 €
	5	USB-250	BreezeMax USB-250	70 €	350 €
	50	CAT600	Bobina Ethernet Cat 6	22 €	22 €
	100	RE25L	Bobina cable electric 2.5mm	0,4 € /m	40 €
			Mà d'obra	xxxx €/h	6.000 €
			TOTAL		68.058 €
			IVA	18%	12.250 €
			SUMA TOTAL		80.308 €

7.2. Finançament

La inversió inicial del projecte, es pot finançar a través de ajudes de la generalitat per a la implantació xarxes que facilitin l'accés a Internet als ciutadans, de moment però no hi ha cap pla de subvenció previst en aquest moments segon la pròpia pagina web de www.gencat.cat per lo qual la inversió aniria a partir de una partida pressupostaria de la població.

Com hem vist al capítol 6, s'exigeix que aquesta xarxa no estigui sostinguda únicament per els propis impostos del ciutadans, per tant s'ha de buscar un mode de finançar en part el seu manteniment i el cost de la línia del ISP.

A continuació proposem algunes de les possibilitats en funció del grau de finançament desitjat:

- Redireccionar cada usuari a una web de un patrocinador un cop es lloga.
- Oferir una connexió sense expiració durant el dia als comerciants.
- Possibilitar a que els propis comerciants puguin donar "logins" temporals (proporcionats per l'ajuntament) als clients.
- Eliminar les connexions existents de certs centres públics equipaments culturals, escoles, equipaments esportius i proveir-les de la xarxa inhalambrica, de manera que es poguï aprofitar aquesta inversió/despesa actual per la xarxa inhalambrica.

Aquestes son únicament algunes propostes possibles i quedarà a disposició del ajuntament el mode final de finançament

Conclusions

Un cop finalitzat el projecte a falta de una implementació real, es veu que la instal·lació de una xarxes de banda ample sense fils a una ciutat i de manera gratuïta es viable.

El tipus de tecnologies utilitzades proporcionen a les empreses eines que requereixen de menor esforç i temps, i als clients inversions mes raonables, sent doncs aquet tipus de xarxa una possibilitat de la qual tota la població en podria treure'n profit i no representen un cost major que molt altre tipus d'obres.

Pensant en el dia a dia no hi ha dubte que la millor opció per a la selecció de tecnologies ha estat la convivència entre elles, com ha estat el cas de Wifi i Wimax, el primordial era intentar abraçar el màxim nombre de client potencials aprofitant la suma dels avantatges de cadascuna., oferint un bon servei i a mes permeten escalabilitat futura, ja que la xarxa es fàcilment ampliable.

La resta de paràmetres com el tipus de xarxa i sistemes de seguretat s'han escollit no per ser els millors de tots els disponibles sinó els mes òptims per la xarxa plantejada i per tant cal sempre tenir present les necessitats i objectius de una xarxa sense mancances inicials, i dic inicials ja que sens dubte amb el temps hi hauran necessitats que requeriran fer modificacions. Per exemple s'ha vist que l'ús de un portal d'autenticació (servidor Radius) fa mes senzilla la gestió al centralitzar usuaris i millorar la seguretat al ser necessària la autenticació a part del accés del dispositiu per tenir accés complet a la xarxa.

Per a provar la funcionalitat de la xarxa s'ha fet una simulació amb Radio Mobile, que sense ser real a la practica per la quantitat de paràmetres que no es poden contemplar ens ha permès determinar de manera aproximada el mínim de senyal per a poder cobrir entre els diversos AP la major zona i el correcte posicionament del enllaços Wimax.

Ha quedat clar que abans de realitzar qualsevol acció s'ha de informar a la CMT sobre la intenció del servei a oferir, aquest valoraran, potser no sempre de manera objectiva, el us de la xarxa degut a la pressió de empreses privades, per això sempre ens hem de cenyir molt al requisits per tal de no donar peu a possibles infraccions que no permetin el desenvolupament o tanquin el projecte.

Finalment s'ha pogut estudiar la quantitat de passes i detalls que cal tenir en compte per la realització de una xarxa relativament petita i en la que es podrien destacar moltes mes característiques, la realització del projecte ha permès no nomes veure sinó tractar el tipus de xarxes mixtes que altres municipis han intentat implantar i les barreres, en molts casos les mateixes, amb les que s'han trobat.

Glossari

IEEE. Institut d'estàndards Electrònics a nivell internacional.

ISP. Proveïdor de serveis d'Internet

WLAN. Xarxa de comunicacions inalambrica. (Wireless Lan Area Network).

WAN: Xarxa d'àrea estesa (Wide Area Network).

LAN. Xarxa d'àrea local (Local Area Network).

CMT. Comissió del Mercat de les Telecomunicacions.

WEP. És un dels primers mecanismes de seguretat de l'estàndard 802.11.

EAP. Un dels protocols que permet la comunicació entre un punt d'accés i un servidor d'autenticació en xarxes 802.11.

LAN. Xarxa d'àrea local.

MAC. Capa d'accés al medi.

MIC. Mecanisme que permet protegir la integritat de les dades.

OFDM/OFDMA *f* Tècnica de modulació (OFDM) o accés (OFDMA) per divisió en freqüència on el senyal es transmet simultàniament en diverses freqüències ortogonals entre elles.

PaP. Punt a punt.

PmP. Punt a multipunt.

PoE. Sistema per a subministrar energia elèctrica a dispositius sobre el mateix cable de dades. (Power over Ethernet)

SSID. Identificador d'un ESS.

ESS. Conjunt de BSS interconnectades en l'estàndard 802.11.

QoS. Qualitat de servei.

WLAN. Xarxa d'àrea local sense fils.

WPA. Mecanisme de seguretat en l'estàndard 802.11 posterior al WEP.

TKIP. Protocol de gestió de claus temporals

AES (*advanced encryption standard*). Mètode de xifratge per blocs.

MIMO. Mode de transmissió entre antenes (Multi-input, Multi-output).

LOS. (*line of sight*) Referent a equips amb línia de visió directa entre ells.

NLOS. (*non line of sight*) Sense línia de visió.

FDD. Duplexat en divisió de freqüència.

TDD. Duplexat en divisió de temps.

DSSS. Espectre eixamplat per seqüència directa

Bibliografia.

Dades demogràfiques municipi

<http://www.idescat.cat/territ/BasicTerr?TC=3&V0=1&V1=17202>

Equipament

<http://www.alvarion.com/index.php/en/home>

Organisme Oficial de Certificació productes Wimax

<http://www.wimaxforum.org/>

Blog notícies i productes Wimax

<http://www.adslfaqs.com.ar/tag/velocidad-wimax/>

<http://www.ibersystems.es/blogredesinalambricas/>

<http://infowimax.blogspot.com/>

Quadre nacional de atribució de freqüències

<http://www.mityc.es/telecomunicaciones/Espectro/Paginas/CNAF.aspx>

Normativa IEEE

http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16_Conformance04-2006.pdf

Explicacions conceptes Wimax

<http://www.wimax.com/table/wimax-tutorial/>

Mapes i FTP NASA

<http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/>

http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/Eurasia/

Software i Manual online Radio Mobile

<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>

http://www.ipellejero.es/radiomobile/RM_06.html

Visor Cartogràfic Tossa

<http://delta.icc.es/ideLocal/IdecServ?codi=172023&tipus=L&schema=Visor>

Pagina Oficial CMT

<http://www.cmt.es>

Simulació Punt d'accés Radio Mobile

<http://ticveliz.blogspot.com/2008/05/simulacin-de-un-punto-de-acceso-de.html>

Blog amb notícies sobre la CMT i xarxes wifi

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

<http://www.redesmalladas.com/?p=732>

<http://www.redesmalladas.com/?p=719>

Dades CMT

http://www.cmt.es/cmt_ptl_ext/SelectOption.do?nav=circulares

<http://blogcmt.com/2008/12/11/wifi-muniwifi-wifi-gratis-wifi-local%E2%80%A6-y-la-cmt/>

Annexos

Annex A. Especificacions Tècniques

BreezeMax Extreme 5000

Item	Description
Operation Mode	TDD
Modulation	OFDM modulation, 1024/512 FFT points; QPSK, QAM16, QAM64
Access Method	OFDMA
FEC	Convolutional Turbo Coding: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6

Item	Description
Frequency* _(see note below)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 4.9 GHz Band: 4900-5350 MHz ■ 5.4 GHz Band: 5470-5950 MHz
Supported Bandwidth	5 MHz, 10MHz
Central Frequency Resolution	<ul style="list-style-type: none"> ■ 2.5 MHz @ 5 MHz bandwidth ■ 5 MHz @ 10 MHz bandwidth
Tx Power Range*_(see note below)	0-21 dBm, in 1 dBm steps
Tx Power Accuracy	+/- 1 dB
Max. Input Power (at antenna port)	-50 dBm before saturation -10 dBm before damage
Dimensions (H x W x D)	510 x 280 x 147mm
Weight (kg)	10.7
Power Source	40 to 60 VDC
Power Consumption	Single Radio: 41.5W maximum Two Radios: 57W maximum

Item	Description
ANT BS, 90° Dual Slant	2x14.5dBi in the 4.9-5.1 GHz band, 2x15dBi in the 5.15-5.95 GHz band, 80°(+/-5)AZ x 8°EL sector antenna, dual slant +/- 45° polarization, RoHS compliant. * In the 90V model only a single slant is used

Maximum Tx Power @ Antenna Connector, FCC 5.4 GHz

Antenna Type	RF Chains/BW	Maximum Tx Power (dbm)
Sector, 17dbi	1 RF chain /5MHz	7.7
Sector, 17dbi	2 RF chains/5MHz	4.7
Sector, 17dbi	1 RF chain /10MHz	10.7
Sector, 17dbi	2 RF chains/10MHz	7.7
Internal, 15.5dbi	1 RF chain /5MHz	8.5
Internal, 15.5dbi	2 RF chains/5MHz	8.5
Internal, 15.5dbi	1 RF chain /10MHz	11.5
Internal, 15.5dbi	2 RF chains/10MHz	11.5
Omni, 8dbi	1 RF chain /5MHz	16.7
Omni, 8dbi	2 RF chains/5MHz	13.7
Omni, 8dbi	1 RF chain /10MHz	19.7
Omni, 8dbi	2 RF chains/10MHz	16.7

BreezeMax Wi2

Funció Acces Point

Item	Description
Radio Type	IEEE 802.11b/g
Radio Mode	802.11b+g, 802.11b only, 802.11g only
Frequency Band	2400-2497 MHz
Operating Channels	ETSI (EUR): 2412 ~ 2472 MHz(CH1-CH13) MKK (Japan) 11b: 2412 ~ 2484 MHz (CH1-CH14) MKK (Japan) 11g: 2412 ~ 2472 MHz(CH1-CH13) France: 2457 ~ 2472 MHz(CH10-CH13)
Channel Bandwidth	20 MHz
Data Rates	802.11b: 1, 2, 5.5, 11 Mbps 802.11g: 6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
Turbo Mode (802.11g Super G)	Dynamic (CH6)
802.11b Radio Technology	Direct Sequence-Spread Spectrum (DSSS)
802.11b Modulation Technique	Differential Binary Phase Shift Keying (DBPSK) @ 1 Mbps Differential Quadrature Phase Shift Keying (DQPSK) @ 2 Mbps Complementary Code Keying (CCK) @ 5.5 and 11 Mbps
802.11g Radio Technology	Orthogonal Frequency Divisional Multiplexing (OFDM)

802.11g Modulation Technique	Binary Phase Shift Keying (BPSK) @ 6 and 9 Mbps Quadrature Phase Shift Keying (QPSK) @ 12 and 18 Mbps 16-Quadrature Amplitude Modulation (QAM) @ 24 & 36 Mbps 64-QAM @ 48 & 54 Mbps
FEC Coding Rates	1/2 2/3, 3/4
Max Tx Power	6 to 24 Mbps: 20dBm. 36 and 48 Mbps: 19dBm. 54 Mbps: 18dBm 802.11b for all frequencies and all rates: 20dBm.
TPC (Transmit Power Control)	100%, 50%, 25%, 12.5%, Min.
Antenna Ports	2 x N-Type, 50 ohm
Antenna Diversity	Rx antenna switching by energy sensing

Antena Omnidireccional

Item	Description
Antenna gain	8 dBi
VSWR	2:1 max
Antenna Polarization	Linear Vertical
Horizontal Plane	360°
Vertical Plane	15°
Dimensions	52 cm x 1.9 cm diameter
Weight	340 g

CPE

Item	Details	
Frequency	Band	Frequencies (MHz)
	5 GHz	4900-5950
Operation Mode	■ TDD, Half Duplex	
Channel Bandwidth	■ 5 MHz	
	■ 10 MHz	
Central Frequency Resolution	0.125 MHz	
5 GHz Integral Antenna	Embedded dual polarization antennas, 17dBi, 24°AZ x 18°EL	
Max. Input Power (at antenna port)	-20 dBm before saturation 0 dBm before damage	
Output Power (at antenna port)	Up to 21dBm +/-1dB Maximum	
Modulation	OFDM modulation, 1024/512 FFT points: QPSK, QAM16, QAM64	
Access Method	OFDMA	
FEC	Convolutional Coding: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6	

Wi2 Cotroller

Supported Features	
Capacity	
Total APs supported per controller	
Simultaneous users per controller	512
Manageability	
Pre standard (CAPWAP)	✓
Integrated VLAN-VNS	✓
Auto-discovery of new APs	✓
CDR/RADIUS accounting	✓

Performance and Availability	
High availability with automatic failover to a backup controller (license included)	✓
Client mobility with fast failover and session availability	✓
Dynamic Radio Management (DRM), Flexible Client Access (airtime fairness), Load Balancing & Band-steering	✓
Support for hybrid traffic forwarding: local switching at AP or controller-based switching (based upon user, application or segment)	✓
Dual, hot swappable power supplies	

Security	
Robust standards-based security: 802.11i, WEP, WPA, WPA2, TKIP, AES	✓
802.1x Authentication: EAP-TLS, EAP-SIM, EAP-TTLS, PEAP, EAP-MD5, EAP-FAST	✓
RADIUS Authentication and Accounting	✓
Encryption Algorithms: AES (CCMP), RC4-40, 104, 128-bit (TKIP, WEP)	✓
Guest Services (captive portal, URL redirect, NAC) and Walled Garden (unauthorized access to URL)	✓
Advanced filtering and integration with NMS policy manager	✓

Ports	Dimensions	Standards Compliance	
4 x 10/100/1000 Base-T	66.04 cm (26 in)	<ul style="list-style-type: none"> • UL 60950-1 • CSA 22.1 60950 • EN 60950-1 • IEC 60950-1 	
<ul style="list-style-type: none"> • 1 x 10/100/1000 Base-T • 1 x USB Port • Console Port DB9 	42.63 cm (16.78 in)	<ul style="list-style-type: none"> • FCC Part 15 (Class A) • ICES-003 (Class A) • AS/NZS CISPR 22 (Class A) • EN 55022 (Class A) • EN 55024 • EN 61000-3-2 • EN 61000-3-3 	
	4.26 cm (1.67 in) – 1U		
Electrical <ul style="list-style-type: none"> • Voltage: 110/240 VAC • Frequency: 50-60 Hz • Power (max): 400 W 	13.45 kg (29.66 lbs.)	<ul style="list-style-type: none"> • SNMP v2c/v3 • Routing – OSPF v2 • CSMA/CD 	
	Environmental		
	-40° C to 65° C (-40° F to 149° F)		
	20% to 80%, non-condensing		

Wi2 Extender

Wi-Fi Access Point Specifications

Data Rates 802.11g: 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps per channel 802.11b: 1, 2, 5.5, 11 Mbps per channel	Network Management Web-management, Telnet, SNMP	Electromagnetic Compatibility CE Class B (EN55022) CE EN55024 IEC61000-3-2, IEC61000-3-3, IEC61000-4-2, IEC61000-4-3, IEC61000-4-4, IEC61000-4-5, IEC61000-4-6, IEC61000-4-8, IEC61000-4-11 FCC Class B Part 15 VCCI Class B ICES-003 (Canada)
Maximum Channels FCC/IC: 1-11 ETSI: 1-13 Japan: 1-14	Radio Signal Certification FCC Part 15.247 (2.4 GHz) EN 300.328, EN 302.893, EN 300 826, EN 301.489-1, EN 301.489-17 ETSI 300.328; ETS 300 826 (802.11b)	Standards IEEE 802.3 10BASE-T IEEE 802.3u 100BASE-TX IEEE 802.11 b, g
Maximum Clients 128 for the radio interface set to access point mode	Safety UL/CUL (CSA60950-1, UL60950-1) CB (IEC 60950-1) UL/GS (EN60950-1)	Antenna Specifications 2 x 8 dBi Omni directional (2.4-2.5 GHz)
Modulation Types 802.11g: CCK, BPSK, QPSK, OFDM 802.11b: CCK, BPSK, QPSK	Wireless Radio/Regulatory Certification ETSI 300 328 (11b/g), 301 489 (DC power) FCC Part 15C 15.247/15.207 (11b/g), Wi-Fi, DGT, TELEC, RSS210 (Canada)	
Operating Frequency 802.11b/g: 2.4~2.4835 GHz (US, Canada, ETSI) 2.4~2.497 GHz (Japan)		

TX Power and RX Sensitivity

802.11g	6 Mbps	9 Mbps	12 Mbps	18 Mbps	24 Mbps	36 Mbps	48 Mbps	54 Mbps
TX power (dbm)	20	20	20	20	20	19	19	18
RX sensitivity (dbm)	-95	-93	-87	-84	-80	-77	-73	-70

802.11b	1 Mbps	2 Mbps	5.5 Mbps	11 Mbps
TX power (dbm)	20	20	20	20
RX sensitivity (dbm)	-111	-102	-92	-91

Software Features

Access Control Integrated HTML login/captive portal Integrated RADIUS authentication Configurable min./max. connect speed Scalable to thousands of users	Multiservice Support for 16 virtual networks, hidden and broadcast SSIDs Unique SSID, Mac address, authentication, encryption, VLANs and QoS Per-user bandwidth management User account profiles using embedded/external AAA Full virtual AP configuration, including authentication, DTIM, QoS	QoS and Other Support for 802.11i, WMM, RADIUS, 802.1q, 802.1p, IP TOS/DSCP Mesh (DWDS), self-healing, self-optimizing
Centralized Management Full plug and play AP configuration, upgrade and control Centralized system monitor for thousands of APs Full, secure GUI configuration and monitoring	Mobility Full voice quality L2 and L3 mobility for clients roaming between APs Service transparency through fast roaming and handovers	Security 802.1x, AES, WPA2, Radius, WEP, Firewall SSH/SSL, IPsec encapsulated SNMP, XML Wireless MAC/IP filter, NAT, CIDR Layer-2 wireless client isolation DHCP: Server; Client; Relay, Option 82, Rogue AP detection and prevention
Management SNMP, CLI, web-based Selectable RF channel and transmit power Packet capture on WLAN or LAN interface (diagnostics)		

Physical Dimensions

Size (H x W x D) 32.9 x 27.8 x 21.1 cm (13.0 x 11.0 x 8.3 in)	Temperature Operating: -40 to 60°C (-40 to 140°F) Storage: -55 to 80°C (-67 to 176°F)	EMC Compliance (Class B) FCC Class B (US) RTTED 1999/5/EC DGT (Taiwan)
Weight 7.0 kg (15.4 lbs)	Humidity 5 to 95% (non-condensing)	

PaloAlto PA-2020

HARDWARE SPECIFICATIONS	PA-2050	PA-2020
I/O	(16) 10/100/1000 + (4) SFP optical gigabit (PA-2050)	(12) 10/100/1000 + (2) SFP optical gigabit (PA-2020)
Management I/O	(1) 10/100/1000 out-of-band management port, (1) RJ-45 console port	
Power supply (Avg/max power consumption)	175W/200W (105W/120W)	
Input voltage (Input frequency)	100-240Vac (50-60Hz)	
Power factor	0.65 to 0.70 (PA-2050, PA-2020)	
Max input current	70A@230Vac; 35A@115Vac	
Rack mountable (Dimensions)	1U, 19" standard rack (1.75"H x 17"D x 17"W)	
Safety	UL, CUL, CB	
EMI	FCC Class A, CE Class A, VCCI Class A, TUV	
MTBF	7.3 years (PA-2050, PA-2020)	
ENVIRONMENT		
Operating temperature	32° to 122° F, 0° to 50° C	
Non-operating temperature	-4° to 158° F, -20° to 70° C	

ORDERING INFORMATION	PA-2050	PA-2020
Platform	PAN-PA-2050	PAN-PA-2020
Annual threat prevention subscription	PAN-PA-2050-TP	PAN-PA-2020-TP
Annual URL filtering subscription	PAN-PA-2050-URL2	PAN-PA-2020-URL2
Virtual systems	PAN-PA-2050-VSYS-5	PAN-PA-2020-VSYS-5

Enterasys Securestack C5G125-24

C5G124-24			
Performance		Temperature	
Throughput Capacity wire-speed Mpps (switch / stack)	35.7 Mpps / 285.7 Mpps	IEC 6-2-1 Standard Operating Temperature	0° to 50° C (32° to 122° F)
Switching Capacity (switch / stack)	48 Gbps (35.7 Mpps) / 384 Gbps (285.7 Mpps)	IEC 6-2-14 Non-Operating Temperature	-40° to 70° C (-40° to 158° F)
Stacking Capacity (switch / stack)	128 Gbps (95.2 Mpps) / 1,024 Gbps (761.8 Mpps)	Heat Dissipation	222 BTUs/Hr
Aggregate Throughput Capacity (switch / stack)	176 Gbps (130.9 Mpps) / 1,408 Gbps (1,047.5 Mpps)	Humidity	
PoE Specifications		Operating Humidity	5% - 95% non-condensing
802.3af Interoperable	N/A	Vibration	
802.3at Interoperable	N/A	IEC 68-2-6, IEC68-2-36	
System Power	N/A	Shock	
Physical Specifications		IEC 68-2-29	
Dimensions (H x W x D)	H: 4.4 cm (1.73") W: 44.1 cm (17.36") D: 36.85 cm (14.51")	Drop	
Net Weight	5.03 kg (11.10 lb)	IEC 68-2-32	
MTBF	395,557 hours	Acoustics	
Physical Ports	<ul style="list-style-type: none"> • (24) 10/100/1000 auto-sensing, auto-negotiating MDI/MDI-X RJ45 ports • (4) Combo SFP ports • (2) dedicated stacking ports • (1) DB9 console port • (1) RPS port 	Front of switch (normal operation)	44 dB
		Altitude	
		Operating	10,000 ft (3,048 m)
		Non-operating	15,000 ft (4,572 m)
		Power Requirements	
		Normal Input Voltage	100 - 240 VAC
		Input Frequency	50 - 60 Hz
		Input Current	2 A Max
		Power Consumption	65 watts

Agency and Regulatory Standard Specifications	
Safety	UL 60950-1, CSA 22.1 60950, EN 60950-1, and IEC 60950-1
EMC	FCC Part 15 (Class A), ICES-003 (Class A), BSMI, VCCI V-3, AS/NZS CISPR 22 (Class A), EN 55022 (Class A), EN 55024, EN 61000-3-2, and EN 61000-3-3
Environmental	2002/95/EC (RoHS Directive), 2002/96/EC (WEEE Directive), Ministry of Information Order #39 (China RoHS)

Features / Standards and Protocols (cont.)

Management

Alias Port Naming
 Command Line Interface (CLI)
 Configuration Upload/Download
 Editable Text-based Configuration File
 TFTP Client
 Multi-configuration File Support
 NMS Automated Security Manager
 NMS Console
 NMS Inventory Manager
 NMS Policy Manager
 Node/Alias Table
 RFC 768 – UDP
 RFC 783 – TFTP
 RFC 791 – IP
 RFC 792 – ICMP

RFC 793 – TCP
 RFC 826 – ARP
 IPv6
 RFC 854 – Telnet
 RFC 951 – BootP
 RFC 1157 – SNMP
 RFC 1321 – The MD5 Message-Digest Algorithm
 RFC 1901 – Community-based SNMPv2
 RFC 2933 – IGMP MIB
 RFC 3176 – sFlow
 RFC 3413 – SNMPv3 Applications
 RFC 3414 – User-based Security Module (USM) for SNMPv3
 RFC 3415 – View-based Access Control Model for SNMP

RFC 3826 – Advanced Encryption Standard (AES) for SNMP
 RMON (Stats, History, Alarms, Events, Filters, Packet Capture)
 Secure Copy (SCP)
 Secure FTP (SFTP)
 Simple Network Management Protocol (SNMP) v1/v2c/v3
 Simple Network Time Protocol (SNTP)
 SSHv2
 RFC 3164 – The BSD Syslog Protocol
 TACACS+ for Management
 Authentication, Authorization and Auditing
 Web-based Management
 Webview via SSL Interface

BreezeMAX USB-250

WiMAX Radio & Modem

Item

Radio Type
 Frequency Band

Description

IEEE 802.16e 2005 Wave II
 • 2.3 GHz – 2300~2400 MHz
 • 2.5 GHz – 2496~2690 MHz
 • 3.5 GHz – 3400~3600 MHz

Antenna Type
 Channel Bandwidth

Omni (supporting 1Tx and 2Rx) with Tx Diversity.

- 2.3 GHz - 5 and 10 MHz
- 2.5 GHz - 5 and 10 MHz
- 3.5 GHz - 5, 7, and 10 MHz

Antenna Technology
 Modulation Technique

Maximum-Ratio Combining (MRC)
 • Scaleable OFDMA employing Time-Division Duplex (TDD) mechanism
 • PRBS subcarrier randomization
 • Contains pilot, preamble, and ranging modulation

FEC Coding Rates

- Down Link: QPSK, 16 QAM, 64 QAM
- Up Link: QPSK, 16 QAM, 64 QAM
- FEC 1/2, 3/4, 5/6

Channel Step Size
 Synchronization

In 250 KHz steps
 Shall be referenced to the WiMAX BTS Timing Module.

Frequency Accuracy
Air Interface
TDD Duty Cycle (Tx/Rx)
SISO or MIMO
Regulatory Compliance

MRCT Compliant
IEEE 802.16e WirelessMAN-OFDMA
Rx up to 75% , Tx up to 50%
MIMO (1TX, 2RX)
Complies with major regional regulatory requirements

RF Transmitter Specifications

Output power	Typical 23dBm @ (16QAM 3/4 with EVM -24dB / ETSI spectrum mask)
Transmit Power Dynamic Range	45 dB
Transmit Power Control Relative Accuracy	2 dB
Transmit and Receive Switching Gap	50 us

RF Receiver Specifications

Impedance	50 ohm
RX Sensitivity	Better than mRCT 6dB
Adjacent Channel Rejection	Follow mRCT
Non-Adjacent Channel Rejection	Follow mRCT

Antenna Specifications

Two printed antenna	
Antenna Gain	2 dBi
Antenna Connectors	Not Supported

Sensitivity

MRC 2.3GHz	6dB Better than mRCT
MRC 2.5GHz	6dB Better than mRCT
MRC 3.5GHz	6dB Better than mRCT

Mechanical

Dimensions	Length x Width x Height (mm): 93.7x28x10.7 mm
Weight	20 g
Mounting	USB 2.0

Standards Compliance

CE	EN 60950 ETSI 302544 ETSI 300 019-2-4 ETSI 301 489-1 V1.4.1
----	--

Environmental

Operating Temperature	0°C to 40°C
Storage Temperature	-20° to 60°C
Operating Humidity	Maximum 90%
Storage Humidity	Maximum 90%

Annex B. Normativa

CNAF

S'adjunta les normes específiques corresponents a les xarxes dels 5GHz i els 2,4GHz.

U N – 128 RLANs en 5 GHz

UN CNAF 2010 - 52 - Espectro armonizado según la Decisión 2005/513/CE, modificada por la Decisión 2007/90/CE, en la banda de 5 GHz para sistemas de acceso inalámbrico a redes de comunicaciones electrónicas, incluidas las redes de área local (WAS/RLAN). Las bandas de frecuencia indicadas seguidamente podrán ser utilizadas por el servicio móvil en sistemas y redes de área local de altas prestaciones, de conformidad con las condiciones que se indican a continuación.

Los equipos utilizados deberán disponer del correspondiente certificado de conformidad de cumplimiento con la norma EN 301 893 o especificación técnica equivalente. Banda 5150 – 5350 MHz: En esta banda el uso por el servicio móvil en sistemas de acceso inalámbrico incluyendo comunicaciones electrónicas y redes de área local, se restringe para su utilización únicamente en el interior de recintos. La potencia isotrópica radiada equivalente máxima será de 200 mW (p.i.r.e.), siendo la densidad máxima de p.i.r.e. media de 10 mW/MHz en cualquier banda de 1 MHz. Este valor se refiere a la potencia promediada sobre una ráfaga de transmisión ajustada a la máxima potencia.

Adicionalmente, en la banda 5250-5350 MHz el transmisor deberá emplear técnicas de control de potencia (TPC) que permitan como mínimo un factor de reducción de 3 dB de la potencia de salida. En caso de no usar estas técnicas, la potencia isotrópica radiada equivalente máxima deberá ser de 100 mW (p.i.r.e). Resto de características técnicas han de ajustarse a las indicadas en la Decisión de la CEPT ECC/DEC/(04)08. Las utilizaciones indicadas anteriormente se consideran de uso común. El uso común no garantiza la protección frente a otros servicios legalmente autorizados ni puede causar perturbaciones a los mismos.

Banda 5470 - 5725 MHz: Esta banda puede ser utilizada para sistemas de acceso inalámbrico a redes de comunicaciones electrónicas, así como para redes de área local en el interior o exterior de recintos, y las características técnicas deben ajustarse a las indicadas en la Decisión de la CEPT ECC/DEC/(04)08. La potencia isotrópica radiada equivalente será inferior o igual a 1 W (p.i.r.e.). Este valor se refiere a la potencia promediada sobre una ráfaga de transmisión ajustada a la máxima potencia. Adicionalmente, en esta banda de frecuencias el transmisor deberá emplear técnicas de control de potencia (TPC) que permitan como mínimo un factor de reducción de 3 dB de la

potencia de salida. En caso de no usar estas técnicas, la potencia isotrópica radiada equivalente máxima (p.i.r.e) deberá ser de 500 mW (p.i.r.e).

Estas instalaciones de redes de área local tienen la consideración de uso común. El uso común no garantiza la protección frente a otros servicios legalmente autorizados ni pueden causar perturbaciones a los mismos.

Los sistemas de acceso sin hilos incluyendo RLAN que funcionen en las bandas 5250-5350 MHz y 5475-5725 MHz deberán utilizar técnicas de mitigación que proporcionen al menos la misma protección que los requisitos de detección, operación y respuesta descritos en la norma EN 301 893 para garantizar un funcionamiento compatible con los sistemas de radiodeterminación.

UN - 85 RLANs y datos en 2400 a 2483,5 MHz

La banda de frecuencias 2400 - 2483,5 MHz, designada en el Reglamento de Radiocomunicaciones para aplicaciones ICM, podrá ser utilizada también para los siguientes usos:

a) Sistemas de transmisión de datos de banda ancha y de acceso inalámbrico a redes de comunicaciones electrónicas incluyendo redes de área local.

Estos dispositivos pueden funcionar con una potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE.) máxima de 100 mW conforme a la Decisión de la Comisión 2009/381/CE y la Recomendación CEPT ERC/REC 70-03, Anexo 3.

En cuanto a las características técnicas de estos equipos, la norma de referencia es el estándar ETSI EN 300 328 en su versión actualizada.

Esta utilización se considera de uso común.

b) Dispositivos genéricos de baja potencia en recintos cerrados y exteriores de corto alcance, incluyendo aplicaciones de video.

La potencia isotrópica radiada equivalente máxima será inferior a 10 mW conforme a la Decisión de la Comisión 2009/381/CE y la Recomendación CEPT ERC/REC 70-03, Anexo 1, siendo la norma técnica de referencia el estándar ETSI EN 300 440. Esta utilización se considera de uso común.