

Trabajo Final de Carrera



Implantación de una Red Inalámbrica Municipal en As Pontes de García Rodríguez

Curso: 2013 - 2014, 2º Semestre

Alumno: José López Pena

Consultor: José López Vicario

Agradecimientos

A toda mi familia y especialmente a mi esposa y a mis nietos Hugo y Xos por el tiempo que les he dejado de dedicar

Resumen

El presente Trabajo Fin de Carrera pertenece al área de **Integración de Redes Telemáticas**. Con él se quiere dotar a la villa de As Pontes de García Rodríguez, A Coruña, de una **infraestructura de red inalámbrica en banda libre** para integrar en una sola red los accesos a Internet y los servicios de telefonía existentes en las distintas dependencias municipales y proveer de Wifi gratuito (limitado) en parques públicos y zonas de ocio.

La red diseñada consta de una red troncal primaria de transporte punto a punto y una red troncal secundaria punto a multipunto que da suministro a todos los emplazamientos seleccionados, y una red de acceso también punto a multipunto para proveer el acceso final a todos los usuarios.

La tecnología empleada para los radioenlaces de la red troncal primaria y secundaria es la tecnología **Wimax**, que proporciona alta capacidad y prestaciones a grandes distancias, y para los enlaces de la red de acceso a usuarios finales, la tecnología inalámbrica **Wifi**.

El equipamiento que conforma toda esta infraestructura de red es en su mayoría del fabricante **Alvarion**, dada la experiencia en implantación de equipos para el diseño de este tipo de redes que posee en el mercado mundial.

Con el programa gratuito **Radio Mobile**, se mostrarán los resultados de la simulación de los radioenlaces diseñados en **cumplimiento de la normativa vigente** en todas las materias que atañen a este proyecto.

Se realizarán también una valoración económica de las instalaciones proyectadas y unas conclusiones finales.

Índice del TFC.

1. Introducción	1
1.1 Justificación	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Metodología a seguir	2
1.4 Planificación	2
1.5 Datos sobre el municipio	5
2. Normativa Legal Aplicable	8
2.1 Legislación Aplicable	8
2.2 Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF)	9
2.3. Influencia de la regulación existente en el proyecto	12
3. Necesidades de acceso a internet	13
3.1. Red interna municipal	13
3.2. Zonas de cobertura WiFi	15
3.3. Requerimientos de ancho de banda	17
3.4. Contratación del proveedor de servicios de Internet	19
4. Orografía y esquema inicial de la red	21
3.1. Orografía del municipio	21
4.2. Esquema inicial de la red	22
5. Arquitectura de red	25
5.1. Tecnologías	25
5.2. Topología de la red	28
5.3. Tipos de antenas	30
5.3.1 Elección del tipo de antena	33
5.4. Dimensionado de la red	34
5.5. Equipamiento	35
5.5.1. Equipamiento de la red troncal primaria	37
5.5.2. Equipamiento de la red troncal secundaria	37
5.5.3. Equipamiento de la red de acceso	39
5.5.4. Otro equipamiento	41
5.6. Esquema de la red	46
5.7. Organización y direccionamiento	49
5.8. Control de accesos. Mecanismos de seguridad	54
6. Simulación	57
6.1. Parametrización de la red	58
6.1.1. Parámetros globales	58
6.1.2. Topología de la red	60
6.1.3. Definición de estaciones (Miembros)	60

6.1.4. Definición de equipos radio (Sistemas)	62
6.2. Simulación de las Redes	64
6.2.1. Enlaces PaP - Red Troncal Primaria	65
6.2.2. Enlaces PmP - Red Troncal Secundaria	66
6.2.3. Enlaces PmP - Red acceso WiFi	68
6.3. Coberturas de las zonas WiFi	69
7. Valoración económica	74
7.1. Mediciones y presupuesto de ejecución material	74
7.2. Presupuesto de ejecución por contrata	75
7.3. Rendimiento económico de la inversión	75
8. Conclusiones	76
9. Anexos	77
9.1 Referencias	77
9.2 Glosario	78
9.3 Catálogos técnicos	79
9.3.1. BreezeULTRA P6000-350	
9.3.2. Alvarion BreezeMAX Extreme 5000	
9.3.3. Alvarion BreezeMAX Wi2	

Índice de figuras

1. Localización en la provincia de A Coruña	5
2. Situación y comunicaciones	6
3. Emplazamientos en el ayuntamiento	7
4. Dependencias municipales del casco urbano	14
5. Dependencias municipales del extrarradio.....	14
6. Zonas de cobertura WiFi	15
7. Parque municipal.....	15
8. Embalse de A Ribeira	16
9. Playa del lago	16
10. Lago de As Pontes.....	17
11. Orografía de As Pontes.....	21
12. Red troncal primaria	22
13. Red troncal secundaria del extrarradio	23
14. Red troncal secundaria urbana	23
15. Red troncal primaria y secundaria de zonas WiFi.....	24
16. Red troncal primaria	29
17. Antena parabólica	31
18. Antena yagi	31
19. Antena planar	32
20. Antena omnidireccional.....	32
21. Antenas sectoriales.....	33
22. Cobertura antena de A Carballeira.....	33
23. BreezeULTRATM P6000.....	37
24. MIMO Single sector 2-2	38
25. MIMO B.....	38
26. CPE Outdoor Units y CPE Indoor Units.....	39
27. Alvarion BreezeMAX Wi2	40
28. Detalle de canales de 802.11b (banda de 2,4 GHz) y número de canales	40
29. Detalle de canales solapados	40
30. Alvarion Wi2 Controller	41
31. Alvarion ASN-GW	41
32. Firewall Cisco ASA 5512-X Security Plus.....	42
33. Router Cisco ISR G2 2911	42
34. Router Cisco ISR G2 1921	43
35. Switch CISCO 2960G-48TC-L.....	43
36. Switch CISCO 2960G-24TC-L.....	43

37. Switch CISCO 2960G-8TC-L	44
38. Servidor Fujitsu PRIMERGY TX100 S3p	44
39. Servidor HP ProLiant DL 160 Gen8	45
40. Teléfono IP Alcatel Lucent 4008	45
41. SAI Eaton EX 3000 3U Torre	46
42. Simbología empleada	46
43. Esquema de la Casa do Concello y Redes Troncales	48
44. Esquema típico edificio municipal y zona wifi	49
45. Detalle de configuración de Propiedades de las unidades	57
46. Detalle de configuración de parámetros globales para las redes troncales	59
47. Detalle de configuración de parámetros globales para la red de acceso	59
48. Miembros de la red troncal primaria	60
49. Miembros de la red troncal secundaria	61
50. Miembros de la red de acceso Wifi	61
51. Detalle de definición de equipos	63
52. Planta de la red completa	64
53. Cobertura desde la estación base de A Carballeira	64
54. Planta del enlace Casa do Concello - A Carballeira	65
55. Enlace de radio Casa do Concello - A Carballeira	66
56. Planta del enlace A Carballeira - Obras/Recaudación	66
57. Enlace de radio A Carballeira - Obras/Recaudación	67
58. Planta del enlace A Carballeira - Vivero de empresas	67
59. Enlace de radio A Carballeira - Vivero de empresas	68
60. Planta del enlace A Carballeira - Playa del lago	68
61. Enlace de radio A Carballeira - Playa del lago	69
62. Redes para la cobertura WiFi	70
63. Cobertura de las zonas de WiFi gratuito	70
64. Enlace de radio Playa del lago - móvil wifi	71
65. Enlace de radio Parque municipal - móvil wifi	71
66. Enlace de radio Presa de A Ribeira - móvil wifi	72
67. Especificaciones de los AP WiFi	72

1. Introducción

1.1. Justificación

El TFC pretende diseñar una red pública inalámbrica en la localidad de As Pontes de García Rodríguez, A Coruña, para dotar al municipio de una infraestructura de red interna con la que se obtendría una interconexión de las distintas dependencias municipales de la localidad en cuanto a telefonía y acceso a internet.

La Casa do Concello, que se construyó a principios de los 70, se fue quedando pequeña para albergar todos los servicios que con el paso del tiempo fueron asumidos por el ayuntamiento. Por este motivo están disgregados por todo el casco urbano, y fuera de él, distintas y distantes edificaciones con diferentes usos.

Asimismo se pretende dotar de Wifi gratuito en los parques públicos y de ocio limitando la descarga de datos y el uso horario para no interferir en la libre competencia del mercado. También se realizara el estudio para la mejora en los tres polígonos industriales existentes y que se encuentran bastante alejados del centro de abonados.

1.2. Objetivos

El objetivo principal del proyecto será el diseño de una red telemática de banda ancha con la propuesta de equipamiento adecuado, capaz de aportar una solución inalámbrica para proveer de los siguientes servicios al ayuntamiento de As Pontes:

- Conectividad entre dependencias municipales y acceso a Internet para empleados de la administración dentro de ellas.
- Servicios de Voz IP para la administración local.
- Acceso gratuito a Internet para ciudadanos y turistas en puntos definidos, con ancho de banda limitado y limitación horaria de 17 a 20 h.
- El estudio de la mejora del acceso a internet en los polígonos industriales y zonas rurales cercanas a ellos.

Se pretende además como objetivo, que la red diseñada tenga un control de accesos para garantizar el uso adecuado de la red, y que constituya una red inalámbrica segura implementando los mecanismos de seguridad necesarios para

garantizar la confidencialidad y autenticidad de los datos que por ella se transfieran.

También se pretende que esta red inalámbrica sea de calidad, pero a la vez, sus recursos se optimicen de modo que se cumpla con el objetivo de conseguir una buena relación calidad-coste para la red.

Como último objetivo, la red diseñada debe enmarcarse dentro de la normativa legal vigente, en cuanto a la limitación de descarga de datos para los usuarios de accesos Wifi gratuitos (256 kbps) para evitar usos abusivos y para no interferir en el libre mercado de las telecomunicaciones, limitando además el servicio a cierta franja horaria, de modo que no se beneficien de él las edificaciones residenciales y mixtas colindantes en detrimento de la libre competencia de mercado.

1.3. Metodología a seguir.

Para la realización del TFC seguiremos los siguientes pasos:

1. Estudio de la legislación vigente, para constatar su viabilidad y topes legales con que podremos encontrarnos.
2. Análisis de la situación actual del municipio.
3. Estudio de las necesidades municipales para la implementación del proyecto
4. Estudio del diseño de red más coherente para el pleno funcionamiento de la estructura planteada
5. Simulación de su cobertura y funcionamiento que verifique la posibilidad real de implementación.
6. Valoración económica que despeje dudas sobre su rentabilidad.

1.4. Planificación

Una vez establecidos los objetivos a alcanzar y las herramientas para lograrlo, las tareas específicas para la consecución de este trabajo final de carrera son:

1. PLANIFICACIÓN DEL TRABAJO

- a) Descripción del TFC y justificación
- b) Planificación de las tareas a realizar
- c) Entrega PEC1

2. ELABORACIÓN DEL TFC

- a) Estudio de los aspectos legales
 - i. Recopilación de información
 - ii. Aplicación en el TFC
- b) Estudio viabilidad técnica
 - i. Recopilación de información sobre tecnologías aplicables
 - ii. Recopilación de información sobre orografía del terreno
 - iii. Estudio necesidades acceso a Internet
 - iv. Definición del esquema de la red
 - v. Entrega PEC2
- c) Diseño de la red
 - i. Elección de equipamiento y emplazamientos
 - ii. Elementos de networking necesarios
 - iii. Esquematización de la red
 - iv. Simulación de la cobertura e idoneidad de la red
 - v. Entrega PEC3

3. VALORACIÓN ECONÓMICA DE LA PROPUESTA

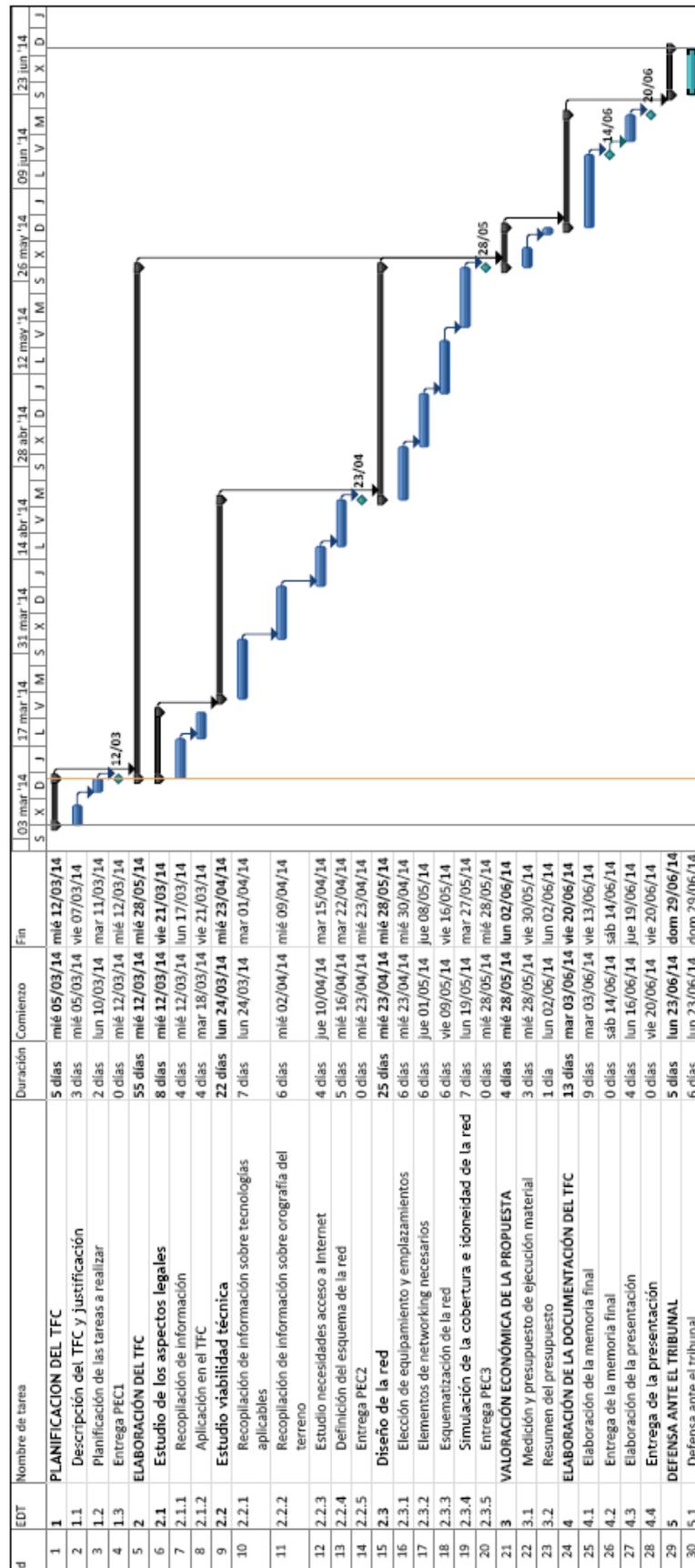
- a) Medición y presupuesto de ejecución material
- b) Resumen del presupuesto

4. ELABORACIÓN DE LA DOCUMENTACIÓN DEL TFC

- a) Elaboración de la memoria final
- b) Entrega de la memoria final
- c) Elaboración de la presentación
- d) Entrega de la presentación

5. DEFENSA ANTE EL TRIBUNAL

Con estas tareas se confecciona un diagrama de Gantt mostrando el tiempo de dedicación previsto para las diferentes tareas.



1.5. Datos sobre el municipio

El municipio de As Pontes se sitúa en el Noroeste de Galicia, concretamente en la comarca del Eume, en la provincia de A Coruña, limitando al Norte con Ortigueira y Mañón, al Sur con Monfero y Xermade, al Oeste con A Capela, As Somozas y San Sadurniño, y con Muras al Este.

Sus coordenadas son:

Coordenadas UTM		Coordenadas geográficas	
X:	592926	Latitud:	43° 27' 7.2'' Norte
Y:	4811738	Longitud:	7° 51' 5.47'' Oeste
Huso:	29		



1. Localización en la provincia de A Coruña

La extensión del ayuntamiento es de 249.37 km² y la población del municipio llega a los 11.850 habitantes, asentada principalmente en el casco urbano, donde suma 10.534 personas censadas. Está enclavado en una buena parte del parque natural de As Fragas do Eume, por lo que el paisaje, vegetación y fauna propios del valle en el que se asienta se combinan con el bosque atlántico, al que hay

que sumar la zona de montaña, que tiene, como mayor altitud, el Monte Caxado, con 756 metros de altitud.



2. Situación y comunicaciones

El clima de As Pontes es oceánico, húmedo, con ciertas características, aunque también se puede determinar cómo atlántico en los valles y de montaña en las alturas de la sierra. La temperatura media anual es de 12 ° C, con mínimas en el invierno de 0°, y máximas de 37° en el verano. Las precipitaciones anuales van desde los 800 a los 1200 l/m², con máximas de 1.800 l/m².

La economía se basa fundamentalmente en la industria, pero aún conservan peso propio sectores como la agricultura o la ganadería. Y también el sector forestal, que, aunque no es uno de los pilares económicos, sí es importante, con casi siete mil metros cúbicos producidos anualmente de pino y roble. En cuanto al campo y a la ganadería, los números plasman la mayor relevancia de la segunda, con una superficie de pastos que ocupa el 12 % del territorio municipal, frente al 8 % de superficie de cultivo.

En cuanto a la industria, As Pontes se identifica por sus dos centrales de producción de energía eléctrica. La más antigua es térmica de carbón, de 1400 Mw, y la más moderna es de ciclo combinado de gas natural, de 800 Mw. El carbón para la térmica se extraía de la mina existente en el valle y que ahora, al

acabar su explotación comercial, se ha convertido en un lago (la central funciona con carbón de importación).

Además el ayuntamiento cuenta con tres parques industriales, el de Penapurreira, en pleno crecimiento, el de Os Airíos, recientemente ampliado, y el de A Cruz das Cabezas.



3. Emplazamientos en el ayuntamiento

2. Normativa Legal Aplicable

2.1. Legislación Aplicable

Las condiciones legales que regulan el despliegue de las redes inalámbricas son las siguientes:

- Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones (BOE - 264) ⁽¹⁾.
- La Circular 1/2010 de la CMT (BOE número 192 de 9/8/2010), referente a las condiciones que deben cumplir las Administraciones Públicas para prestar servicios y explotar las redes de comunicaciones electrónicas ⁽²⁾.
- Puesto que se manipularán ficheros con información de los usuarios, también interferirá la Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal ⁽³⁾.
- La normativa del CNAF referente a la regulación de las emisiones radioeléctricas.

Dentro de las dos primeras, cuando una administración pública pretende actuar sin sujeción al principio de inversor privado, como es el caso, debe comunicar su proyecto a la CMT incluyendo las condiciones técnicas, ingresos previstos y fuentes de financiación, memoria de impacto a la competencia y resultados de una consulta previa a otros operadores que pudieran tener planes de inversión en ese territorio. Después de tres meses desde la comunicación, la CMT dicta resolución indicando las condiciones para la prestación del servicio. Si además se hubiese contado con ayudas públicas debe notificarse a la Comisión Europea.

Como supuesto en el que no es necesaria la comunicación pero sí la inscripción se encuentra el caso de uso de bandas de uso común con una cobertura de red que excluya los edificios de uso residencial o mixto y una limitación de velocidad de 256 kbps con bloqueos de conexiones P2P.

Para el caso particular de un núcleo de población desprovisto del servicio de acceso a Internet por parte de los operadores privados, las obligaciones del ayuntamiento para poder prestar este servicio son:

- Obligación de inscripción.
- Obligación de comunicación y autorización por la CMT.

- Puede actuar sin sujeción al principio de inversor privado y dar el servicio de forma gratuita.

También será necesario declarar los ficheros donde se almacenen datos de usuarios en la Agencia Española de Protección de Datos. En cuanto a los ficheros de *logs* que contienen información personal sensible deberán destruirse. Según la Ley 25/2007 del 18 de octubre sobre la conservación de datos relativos a comunicaciones electrónicas, al tratarse de ficheros temporales con finalidad técnica no es necesario declararlos, pero habrá que cuidar que sólo sean accesibles por personal autorizado.

Por otro lado también hemos de tener en cuenta que todos los equipos utilizados deben cumplir con las especificaciones dictadas por la Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR) así como por el Instituto Europeo de Normas de Telecomunicación (ETSI).

En cuanto a la normativa aplicable para emisiones radioeléctricas del CNAF, la norma UN-85 exige una PIRE máxima de 100mW siempre que el transmisor emplee técnicas de control de potencia en bandas de 2'5 GHz, la norma UN-128 impone una PIRE máxima de 1 W (también para transmisores con TCP) en bandas de 5'4 GHz, y la norma UN-143 exige regular la potencia máxima de salida para una PIRE máxima de 4 W en bandas de 5'8 GHz (para emisores con TCP).

2.2. Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF)

En este caso podemos encontrar como documento de referencia el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF) para 2013 ⁽⁴⁾. Fundamentalmente se centrará la atención sobre las normas 85, 128 y 143 del documento "Notas de utilización nacional (UN)" ⁽⁵⁾, que serán las aplicables a este trabajo y que a continuación se reproducen:

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 de radiocomunicaciones bajo la consideración de uso común:

- 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 (p.i.r.e.) máxima de 100 mW conforme a la Decisión de la Comisión 2011/829/UE y la Recomendación CEPT ERC/REC 70-03, anexo 3.

Además, la densidad de potencia (p.i.r.e.) será de 100 mW/100 kHz con modulación por salto de frecuencia y de 10 mW/MHz con otros tipos de modulación. En ambos casos, se deberán utilizar técnicas de acceso y mitigación de interferencias con rendimiento al menos equivalente a las técnicas descritas en las normas armonizadas según la Directiva 1999/5/CE.

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

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 2011/829/UE y la Recomendación CEPT ERC/REC 70-03, Anexo 1, siendo la norma técnica de referencia el estándar ETSI EN 300 440.

UN - 128 RLANs en 5 GHz

Aplicaciones de uso común en las bandas de 5150-5350 MHz y 5470-5725 MHz.

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.

Estas utilizaciones son de uso común, por lo que no se 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 utilizaciones son de uso común, por lo que no se garantiza la protección frente a otros servicios legalmente autorizados ni puede 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 radio determinación.

UN - 143 Aplicaciones de acceso inalámbrico en 5,8 GHz

Uso común de sistemas de acceso inalámbrico con distintas capacidades de movilidad del terminal (FWA/NWA/MWA) y diferentes configuraciones de arquitectura de red, incluyendo aquellos con tecnologías de banda ancha (BFWA), funcionando dentro de la banda de aplicaciones ICM de 5,8 GHz (5725-5875 MHz), en las siguientes subbandas de frecuencia: 5725-5795 MHz y 5815-5855 MHz.

Las instalaciones de estos sistemas en las frecuencias mencionadas, han de cumplir con los límites de potencia y densidad espectral de potencia, e incorporar técnicas de control de potencia (TPC) y selección dinámica de

frecuencias (DFS) indicados en los anexos 1, 2 y 3 de la Recomendación ECC(06)04 sobre el uso de la banda 5725-5875 MHz (o parte de la misma) para acceso fijo de banda ancha (BFWA), las cuales se consideran requisitos necesarios para compatibilizar este uso con el resto de servicios y aplicaciones de radiocomunicaciones que pueden funcionar en esta banda de frecuencias.

En particular, los límites de potencia para las estaciones BFWA en estas frecuencias según la arquitectura del sistema, se indican en la tabla siguiente.

Parámetro	Configuración P-MP	Configuración P-P	Configuración Malla	Desde y hacia cualquier punto
Máx. potencia media p.i.r.e. (1)	36 dBm	36 dBm	33 dBm	33 dBm
Máx. densidad media de potencia p.i.r.e.	23 dBm/MHz	23 dBm/MHz	20 dBm/MHz	20 dBm/MHz
Rango TPC	12 dB	12 dB	12 dB	12 dB

(1) se refiere a la p.i.r.e. durante una ráfaga de transmisión al mayor nivel de potencia en caso de activación de técnicas TPC.

Debido a que esta utilización tiene la consideración de uso común, no se garantiza la protección frente a otros servicios autorizados ni puede causar perturbaciones a los mismos.

2.3. Influencia de la regulación existente en el proyecto

Teniendo en cuenta toda la legislación y normativa vigente, descrita en los puntos anteriores, se ajustará la potencia radiada p.i.r.e. a 1W en las transmisiones WiMAX y a 100 mW en las WiFi. Además, para que el Ayuntamiento no haga competencia con los operadores privados la velocidad en la red WiFi gratuita no superará los 256 Kbps por usuario.

De esta manera, los usuarios de la red WiFi podrán navegar y no podrán utilizar este servicio público para descargas de material audiovisual. Los usuarios de la red interna del Ayuntamiento no tendrán estas restricciones y no sufrirán merma en su calidad de conexión a internet.

3. Necesidades de acceso a internet

3.1. Red interna municipal

Según información recabada en el ayuntamiento, actualmente el número de usuarios (ordenadores) instalados en las dependencias municipales son:

	Ubicación	PC'S
Casco urbano	Casa do Concello (Parque municipal)	37
	Obras/Recaudación (Avda. Castelao)	15
	Conservatorio (Pbdo. As Veigas)	10
	Casa Dopeso (Avda. Rosalía de Castro)	9
	Policía municipal (Canal IV)	5
	Biblioteca (Plaza de América)	5
	Polideportivo (Avda. Habana)	2
	Escuela infantil (Pbdo. As Veigas)	1
	Casa Don Pedro (c/ Alexandre Bóveda)	2
	Servicio eléctrico (Rúa Pontedeume)	1
Extrarradio	Nave Airios (P.Ind. Airios)	1
	Protección civil (P.Ind. Airios)	1
	GRUMIR (P.Ind. Cruz das Cabezas)	1
	Vivero de empresas (P.Ind. Penapurreira)	5
TOTAL:		95

Debido a que todos son ordenadores monopuesto, se considerará igual número y distribución para los teléfonos.

En cuanto a las zonas deportivas y de ocio con WiFi gratuito, estas son:

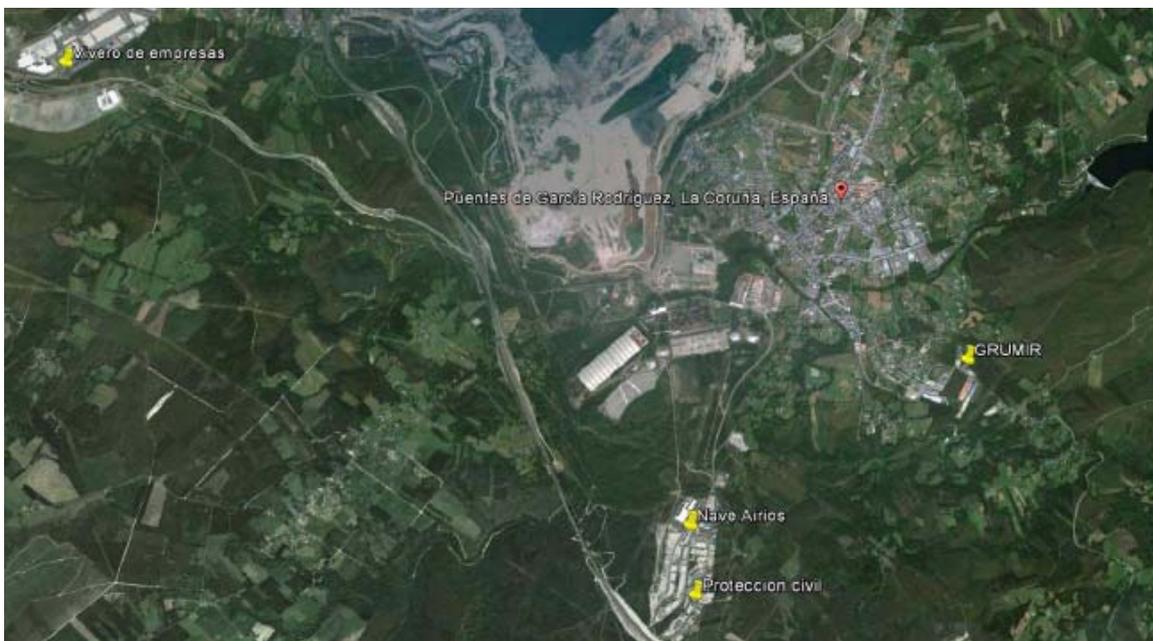
	Ubicación
Casco urbano	Parque municipal
Extrarradio	Presa de A Ribeira
	Playa del lago

Las localizaciones dentro del casco urbano son:



4. Dependencias municipales del casco urbano

Y las del extrarradio son:



5. Dependencias municipales del extrarradio

3.2. Zonas de cobertura WiFi

En cuanto a las zonas de cobertura con WiFi, estas serán el Parque Municipal en el casco urbano y las zonas deportivas y de ocio sitas en la presa de A Ribeira y en la playa del lago.



6. Zonas de cobertura WiFi



7. Parque municipal



8. Embalse de A Ribeira



9. Playa del lago



10. Lago de As Pontes

El ofrecer WiFi gratuito en estas zonas se justifica por ser de alta ocupación en determinados momentos. Así el parque municipal es un sitio de ocio con parque infantil y de mayores que, cuando la meteorología lo permite, es muy visitado por los vecinos, ya sea acompañando a sus hijos o nietos o para disfrutar ellos mismos de una estancia placentera.

El embalse de A Ribeira es desde hace tiempo sede de los grupos deportivos acuáticos de la villa. Existe un equipo de remo en sus distintas especialidades y también de kayak-polo. En el verano se practica la vela. Disponen de instalaciones propias donde guardar sus canoas y enseres. Este embalse es sede de competiciones oficiales de distintas federaciones.

El lago ⁽⁶⁾ que se ha formado en el hueco dejado por la mina es de reciente creación (la playa con acceso público fue inaugurada en 2012) pero está siendo muy visitado por vecinos y foráneos. También en 2013 fue sede de varias competiciones acuáticas, alguna internacional, por lo que se espera que sea un lugar de atracción de visitantes en el futuro. En estos momentos ya está anunciada la celebración del "Northwest Triman" ⁽⁷⁾ que es el primer triatlón de larga distancia de la historia de Galicia. Ya hay 425 participantes que pagaron la inscripción, y se admitirían hasta 500. Harán frente a 3,8 kilómetros a nado en el lago, tres vueltas en bicicleta a un circuito de 60 kilómetros y otras seis al trazado de 7 kilómetros de carrera pedestre.

3.3. Requerimientos de ancho de banda

Primero estableceremos cual es la velocidad mínima necesaria para el escenario planteado. Según "eHow" ⁽⁸⁾ con 1,5 Mbps de velocidad de descarga, no se deberían tener problemas con las actividades básicas de Internet (como revisar Facebook, leer las noticias, realizar compras en línea, verificar el correo electrónico y la mensajería instantánea, etc.), pero es posible encontrar algo lentas las actividades que requieren un uso intensivo del ancho de banda.

Además deberemos contar en cada caso con el factor de simultaneidad (tanto por ciento de usuarios que naveguen al mismo tiempo) para calcular el ancho de

banda de cada una de las sedes. El factor de simultaneidad variará en cada edificio, siendo menor cuando más usuarios existan. También en cada puesto de usuario tendremos un teléfono de voz sobre IP que necesita un ancho de banda de menos de 100 Kbps ⁽⁹⁾. Con lo cual por cada puesto de usuario se considerará un ancho de banda de 1,6 Mbps.

A mayores del resultado obtenido a continuación del ancho de banda por edificios y del necesario para las zonas WiFi, para la contratación a la compañía suministradora de acceso a la red deberemos tener en cuenta un coeficiente de simultaneidad global de todas las dependencias y accesos.

El coeficiente de simultaneidad se ha obtenido de los datos facilitados por el ayuntamiento sobre el ancho de banda consumido en la actualidad en las distintas dependencias (se han considerado las medias más elevadas, sin tener en cuenta picos esporádicos). Teniendo en cuenta todo esto la tabla de necesidades de velocidad para los distintos edificios municipales quedaría:

	Ubicación	PC'S+VoIP	Coeficiente Simultaneidad	Ancho de banda (Mbps)
Casco urbano	Casa do Concello	37	0,3	17,76
	Obras/Recaudación	15	0,4	9,60
	Conservatorio	10	0,5	8,00
	Casa Dopeso	9	0,5	7,20
	Policía municipal	5	0,7	5,60
	Biblioteca	5	0,7	5,60
	Polideportivo	2	0,8	2,56
	Escuela infantil	1	1,0	1,60
	Casa Don Pedro	2	0,8	2,56
Servicio eléctrico	1	1,0	1,60	
Extrarradio	Nave Airios	1	1,0	1,60
	Protección civil	1	1,0	1,60
	GRUMIR	1	1,0	1,60
	Vivero de empresas	5	0,7	5,60
TOTAL:		95		72,48

Para calcular el ancho de banda de las zonas WiFi habrá que tener en cuenta las limitaciones impuestas por la CMT para no interferir en la libre competencia del

mercado y evitar las descargas P2P. Las limitaciones referidas son: 256 kbps por usuario y un límite horario que se establece desde las 17⁰⁰ hasta las 20⁰⁰ horas. En cuanto al número de usuarios, no se dispone de datos que puedan predecirlo por lo que se ha estimado un número suficientemente alto para cubrir las necesidades. Además, como se verá a continuación, las necesidades de ancho de banda para las dependencias municipales y para las zonas de WiFi gratuito no se suman. Por lo tanto sería factible aumentar el ancho de banda de las zonas WiFi si fuera necesario, por ejemplo si aconteciera un evento deportivo que atrajera a una multitud de personas.

Por lo tanto las distintas zonas deportivas y de ocio en las que el ayuntamiento ofrecerá WiFi gratuito dispondrán de un ancho de banda:

	Ubicación	Nº usuarios	Ancho de banda (Mbps)
Casco urbano	Parque municipal	20	5,12
Extrarradio	Presa de A Ribeira	30	7,68
	Playa del lago	50	12,80
Total			25,60

3.4. Contratación del proveedor de servicios de Internet

Dada la limitación horaria de los puntos de acceso gratuito para los ciudadanos, y el horario de los empleados de la administración, centrado en las horas de mañana, se puede concluir que los 72,48 Mbps calculados para el uso de las dependencias municipales, cubren sobradamente las necesidades de los usuarios de la tarde a la hora de tener en cuenta este volumen de tráfico para la contratación de cierto ancho de banda con un determinado ISP.

Puesto que es necesario contratar un ancho de banda que garantice este volumen calculado para el enlace descendente, el operador Movistar ofrece, a empresas con altas necesidades en cuanto a ancho de banda, conexiones desde los 10 Mbps hasta 1 Gbps en enlaces simétricos. Y puesto que la velocidad que se solicite contratar tiene que ajustarse a medidas de 10 en 10 Mbps, un ancho de banda inicial de 80 Mbps (simétrico) es la cantidad necesaria que ha de contratarse en un principio, ampliable más adelante si las necesidades fueran en aumento en un futuro.

Pero la elección más barata será la contratación de un servicio GigADSL que permite el acceso indirecto al bucle de abonado. Todo el tráfico se concentra en

el Punto de Acceso Indirecto (PAI) que sirve de interconexión entre la red interior y el bucle de abonado. La oferta actual de Movistar es ⁽¹⁰⁾:

Velocidad de transmisión del puerto	Cuota de alta	Cuota mensual
2 Mbit/s	358,43 €	46,26 €
34 Mbit/s	365,91 €	248,76 €
155 Mbit/s	567,43 €	551,79 €

Para las necesidades de este proyecto se necesitaría dos conexiones de 34 Mbps que, al menos teóricamente, resultarían algo escasas y su coste mensual casi igual al de una sola conexión de 155 Mbps, por la que lo mejor es contratar esta última opción, muy superior a las necesidades pero que vendrá bien en caso de aumento de estas, ya sea por nuevos servicios del ayuntamiento o, puntualmente, por un evento deportivo de alta participación y gran afluencia de público.

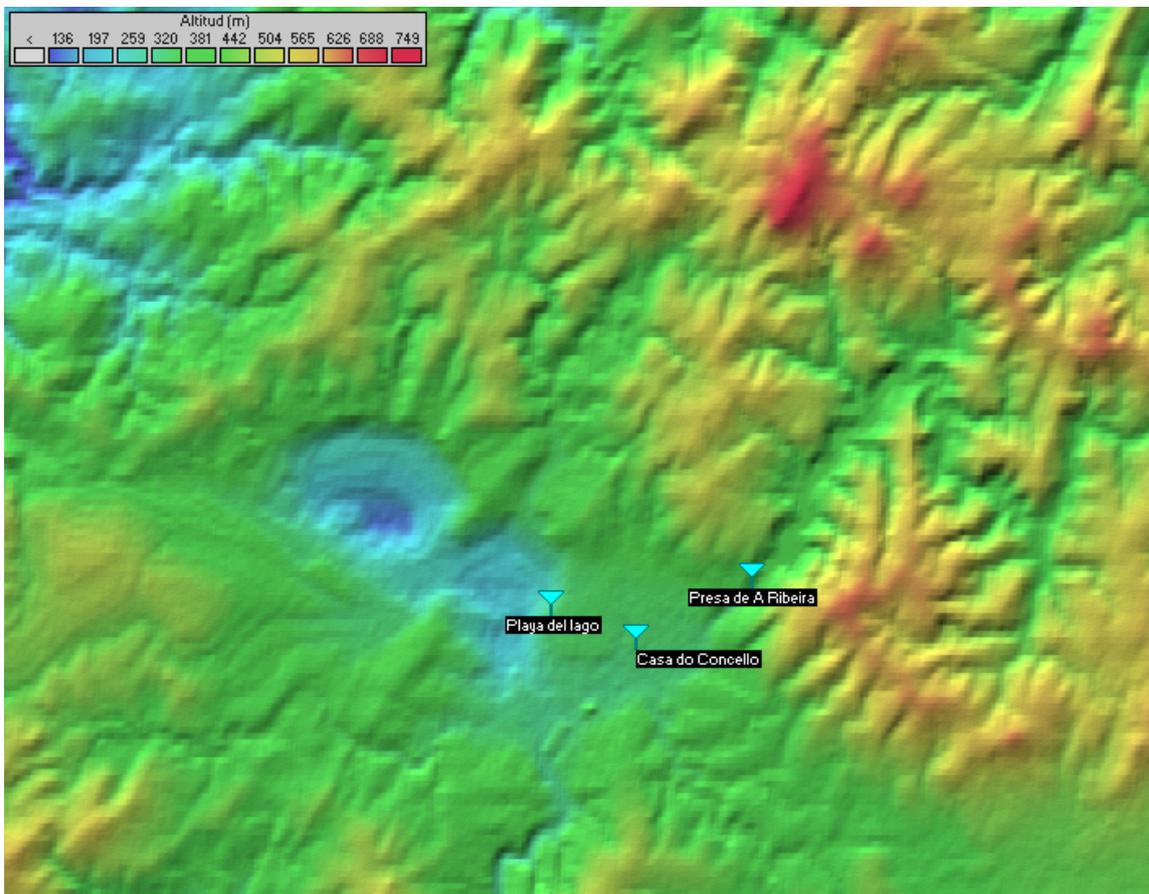
La elección de este proveedor de servicios viene condicionada en primer lugar, porque tan sólo los operadores R y Movistar ofrecen estos servicios de alto ancho de banda para empresas, en la zona, y por otro lado, dada la cercanía de la central de Telefónica de la localidad al centro de datos del Ayuntamiento, a donde se solicitará el suministro, muy próximos entre sí.

4. Orografía y esquema inicial de la red

4.1. Orografía del municipio

La comarca de As Pontes está definida orográficamente por ser un valle definido por el río Eume y que forma una cubeta sedimentaria de la época terciaria que dio lugar a la formación carbonífera que se empezó a explotar industrialmente a mediados del siglo pasado.

El casco urbano se encuentra a orillas de dicho río siendo lugar para cruzarlo para llegar a la comarca de Betanzos desde los puertos naturales del Cantábrico. A esta vía se la conocía por el “camino de los arrieros” y las construcciones sobre el Eume dieron nombre al pueblo (Puentes, en gallego As Pontes). Los apellidos (García Rodríguez) son los de un señor feudal que dominó la zona en el Medievo.



11. Orografía de As Pontes

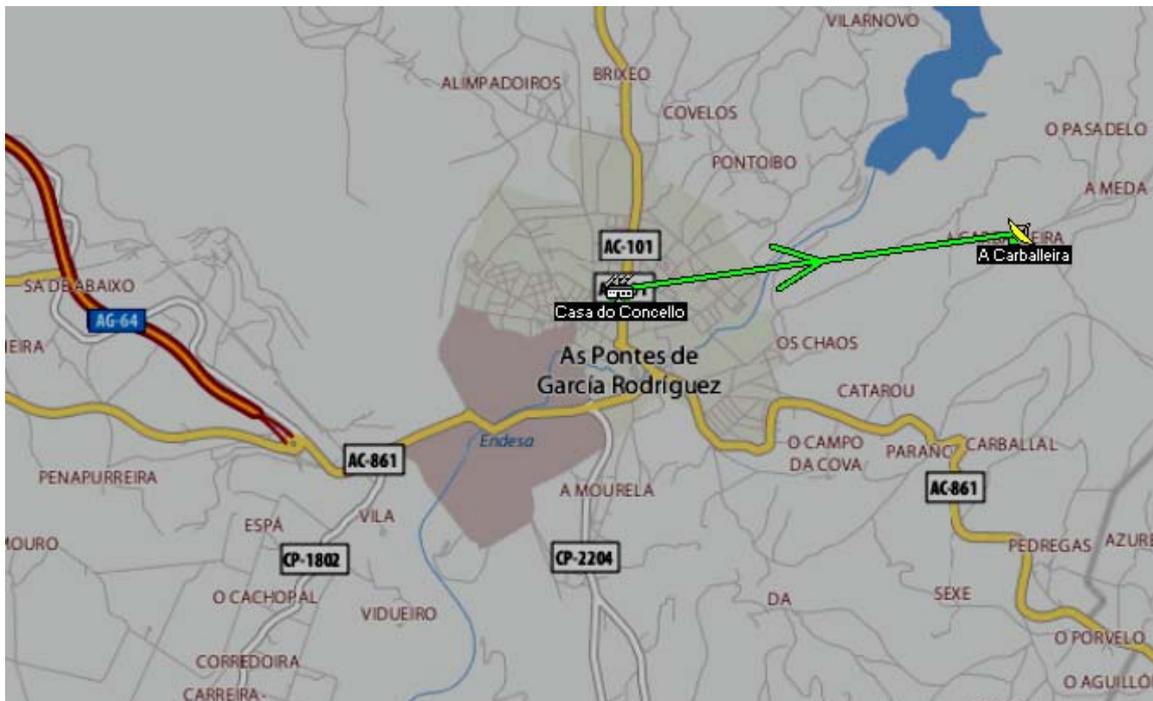
El valle se ensancha hacia el noroeste, manteniéndose prácticamente en una misma cota (alrededor de los 350 m.), donde se encontraba la mina, hoy lago. Toda esta planicie está rodeada de montañas, siendo la más alta la del Alto do Caxado (756 m.) cumbre de la provincia de A Coruña.

4.2. Esquema inicial de la red

Como la conexión a la compañía suministradora se realizará en la Casa do Concello, este será el punto desde el que se irradiará a todos los otros puntos en los que se requiere acceso a internet.

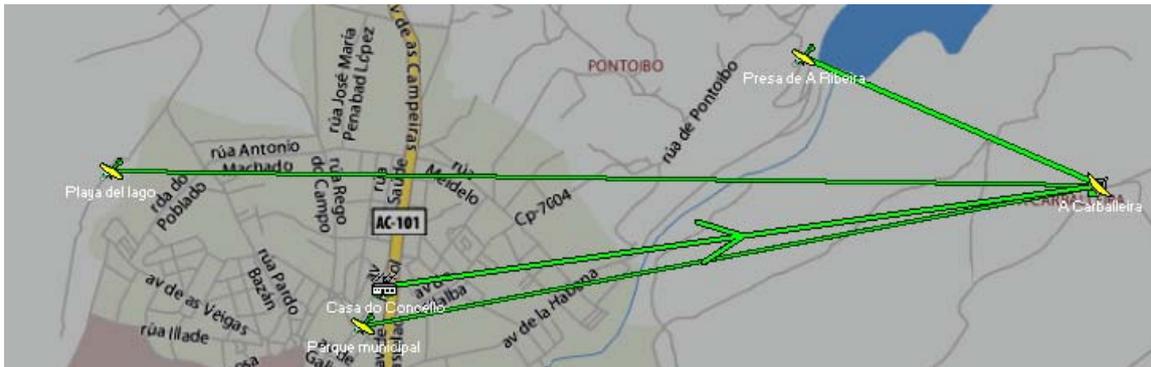
Pero en las simulaciones iniciales se ha comprobado, seguramente debido a la planicie que conforma el valle, que no existe una buena cobertura en la totalidad de los puntos a cubrir. Una solución sería utilizar uno de los edificios más altos del pueblo (en la actualidad ya con antenas de telefonía) pero es preferible utilizar medios municipales.

Por este motivo se plantea utilizar la estación repetidora de TV en el monte de A Carballeira, desde donde se domina todo el valle y además cuenta con los servicios necesarios como son el acceso y la electricidad.



12. Red troncal primaria

De esta forma un enlace punto a punto, al que se le denominará "Red troncal primaria", desde la Casa do Concello hasta el repetidor de A Carballeira, para



15. Red troncal primaria y secundaria de zonas WiFi

5. Arquitectura de red

5.1. Tecnologías

Dentro de las redes sin hilos, las bandas de frecuencias empleadas mayoritariamente son las de 2,4 y 5 GHz clasificadas como uso común compartido, debido a que no se exige licencia para su uso del espectro. Estas serán por tanto las bandas no licenciadas empleadas para este proyecto, en concreto:

- La banda de 2,4 GHz (de 2412 a 2472 MHz) para los equipamientos Wifi de la red de acceso.
- La banda de 5,4 GHz (de 5470 a 5725 MHz) para los equipamientos de punto a punto de la red troncal primaria.
- Y la banda de 5,8 GHz (de 5725 a 5875 MHz) para los equipamientos Wimax de conexiones punto a multipunto de la red troncal secundaria.

(En los siguientes capítulos se expondrán con más detalle las topologías de red utilizadas y los distintos equipamientos propuestos para la red).

En base a estas bandas de frecuencia empleadas se explican a continuación las características de las dos tecnologías Wifi y Wimax escogidas para este proyecto.

Wifi

La especificación IEEE 802.11 (comúnmente llamada Wi-Fi en referencia al nombre de la certificación otorgada por la Wi-Fi Alliance) es un estándar internacional que define las características de una red local inalámbrica. Permite alcances de hasta 100 m. (que pueden ser bastante superiores con buenas condiciones meteorológicas y en espacios abiertos, o inferiores en el caso de interiores de edificios) y velocidades de hasta 54 Mbps en las bandas de frecuencia de 2,4 o 5 GHz (en una última actualización del estándar, la 802.11-2012, se ha ampliado la frecuencia de radio con las bandas de 3650 a 3700 MHz).

Las limitaciones que presenta esta tecnología son:

- Alcance: se reduce bastante en condiciones meteorológicas adversas, interferencias, obstáculos o en el interior de edificios.
- Ancho de banda: la velocidad útil es notablemente menor a las nominales que se indican en función de las condiciones del entorno y de la calidad de la comunicación entre el punto de acceso y el terminal.

- Calidad de servicio: los protocolos más extendidos como el 802.11b o g no incluyen mecanismos de priorización del tráfico, lo cual lo hace poco adecuado para servicios como el de VoIP.
- Seguridad: No presenta mecanismos de seguridad muy sofisticados. 802.11i intenta resolver este tipo de debilidades.
- Itinerancia: Presenta graves deficiencias en este sentido.

Subestándares 802.11:

802.11b: Opera en la banda de 2,4 GHz, y permite altas velocidades de transmisión. Ha sido la tecnología más extendida hasta la llegada del 802.11g.

802.11a: Es incompatible con 802.11b al trabajar en frecuencias de 5 GHz. Alcanza velocidades de hasta 54 Mbps (velocidad efectiva de 36 Mbps aproximadamente).

802.11g: Opera en la banda de 2,4 GHz de frecuencias. Alcanza también velocidades de 54 Mbps (36 Mbps de velocidad efectiva) y es compatible con 802.11b.

802.11n: Trabaja tanto en 2,4 como en 5 GHz mejorando sustancialmente la cobertura y la calidad de la comunicación. Duplica las velocidades alcanzadas mediante el incremento del ancho del canal de transmisión a 40 MHz y emplea técnicas MIMO.

802.11e: Proporciona priorización del tráfico añadiendo calidad de servicio en redes Wifi, permitiendo de este modo, soportar tráfico en tiempo real.

802.11i: Aborda el problema de la seguridad de las redes Wifi, incluyendo protocolos de gestión de claves y mejora de mecanismos de cifrado y de autenticación.

Wimax

WiMAX son las siglas de *Worldwide Interoperability for Microwave Access*, y se refiere a una tecnología inalámbrica definida por el estándar IEEE 802.16. Su principal ventaja es la capacidad de ofrecer servicios de banda ancha a zonas en las que el despliegue de cable o fibra representaría un alto coste por usuario, como lo son ciertas zonas rurales. El organismo capaz de certificar el cumplimiento del estándar y la interoperabilidad de los equipos es el *Wimax Forum*.

Un rasgo destacable de la tecnología WiMAX se encuentra en su capa MAC, eficiente y determinista. Esto se logra con la transmisión en tramas organizadas y

controladas por un árbitro que garantice la ausencia de colisiones y el uso constante del canal (sin silencios para garantizar la eficiencia). La trama es una estructura de slots de una longitud constante que se repite periódicamente. El árbitro (la estación base) asigna estos slots a las distintas estaciones suscriptoras y ninguna transmitirá sin su permiso para un uso del medio totalmente organizado. De esta forma se puede garantizar un *throughput* neto gracias al determinismo de su MAC.

Originalmente, el estándar 802.16 (2001) trabajaba en frecuencias de los 10 a los 66 GHz exigiendo LOS para la comunicación, con canales muy anchos y capacidades teóricas de hasta 134 Mbps. En un estándar complementario para bandas más bajas de frecuencia se permitía NLOS mejorando la cobertura dentro de edificaciones. Finalmente, el estándar 802.16-2004 unificaba ambos estándares con ciertas mejoras (operando en las bandas de 3,5 y 5,8 GHz) y más adelante el estándar 802.16e (o 802.16e-2005) incluiría soporte para la itinerancia en velocidades de hasta 120 km/h en frecuencias de 2,3; 2,5 y 3,5 GHz.

Estándar WIMAX IEEE 802.16-2004

Utiliza una modulación OFDM con 256 subportadoras para un uso eficiente del espectro, mejoras en seguridad implementando encriptación AES, autenticación mediante certificados X.509, autenticación por cada mensaje y renovación periódica de llaves de encriptación y autenticación. Proporciona prioridad en los flujos de datos, redundancia para evitar pérdidas y modulación adaptativa al canal.

Estándar WIMAX IEEE 802.16e-2005

Trabaja en frecuencias más bajas para una mejor penetración en edificios y vehículos, modulación OFDMA, incorpora técnicas MIMO para combinar las señales de diversas antenas, y AAS para adaptar cada antena a las condiciones de potencia y de ruido de cada receptor. Adicionalmente, introduce técnicas de traspaso o *handoff*.

Otras tecnologías

Al margen de estas dos tecnologías, para los enlaces punto a punto de la red troncal también se hará uso de una solución propietaria del fabricante de dichos equipos (Alvarion), llamados comúnmente preWimax. En realidad, son equipamientos que operan en banda libre de 5 GHz (5,4 GHz en este caso) y que se acercan más al estándar de Wifi 802.11a que al de Wimax, ya que no ofrecen interoperabilidad, no usan modulación OFDM con 256 subportadoras, no usan una

capa MAC como la de Wimax en la que no es necesario regular el acceso a un medio compartido, y otras características Wimax que no poseen. Se pueden considerar más bien, como equipos de Wifi mejorados, pero que sin embargo, aportan una solución adecuada para los enlaces punto a punto diseñados de esta red en concreto.

Conclusión. ¿Por qué elegir WiMAX/WiFi?

Descartadas, ya de inicio, otras tecnologías como pueden ser una red por cable o mejor fibra óptica por su evidente inviabilidad económica (hay que pensar en el coste que conllevaría realizar las infraestructuras necesarias, solo la obra civil (apertura de zanjas, arquetas, reposición de pavimentos, etc.) necesaria dispararía el presupuesto.

Entonces se tendrá que realizar con tecnologías inalámbricas. Entre estas una posible solución sería utilizar la vía satélite. De hecho se utiliza, en eventos puntuales, como solución de última milla para proveer de acceso a internet a lugares que no disponen de él y que lo necesitan por un corto período de tiempo.

Pero esta solución, para una instalación fija, tiene sus inconvenientes y limitaciones, ya que por el momento las velocidades son de hasta 10 Mbps y al estar a muchos kilómetros de distancia, se produce un retardo en la señal de unos 800 milisegundos. Este retardo afectaría a las aplicaciones de vozIP y a las que se necesiten realizar en tiempo real.

Por lo tanto, teniendo en cuenta las consideraciones anteriores, la tecnología más conveniente para el proyecto es la WiMAX/WiFi.

5.2. Topología de la red

La red diseñada consta de una parte de la red troncal primaria con topología de punto a punto, una red troncal secundaria con topología de red punto a multipunto, y otra parte, correspondiente a la red de acceso, también con topología punto-multipunto.

La justificación de realizar esta topología viene derivada de la orografía del entorno en el que se va a realizar la red. Hay que considerar que el núcleo urbano es prácticamente una planicie y por lo tanto no habrá buena conexión entre los puntos de acceso urbanos y alguno de los del extrarradio quedaría tapado por las elevaciones montañosas que rodean el valle como por ejemplo la presa de A Ribeira.

Por eso se ha elegido realizar la distribución de la señal desde el monte de A Carballeira, que por otro lado es la mayor elevación del entorno y prueba de ello

es que allí están instalados los repetidores de señal de TV y radio. Con esta elección se asegura también que se dispone de acceso rodado y suministro eléctrico.

Red Troncal Primaria

La topología de esta parte de la red es la de punto a punto, PaP, y la constituye un radioenlace en la banda de 5,4 GHz, de 5470 a 5725 MHz. La topología PaP es aquella en la que el canal de comunicación conecta únicamente a dos puntos entre sí y sólo a estos dos.

El radioenlace que constituye esta red troncal PaP es el que conecta la Casa do Concello (donde se ubica la estación base) con el monte de A Carballeira. En este lugar se alcanza una cota de 676 metros sobre el nivel del mar y se encuentra a unos 3 Km del centro del pueblo.



16. Red troncal primaria

Red Troncal Secundaria

La red troncal secundaria está formada por los enlaces punto a multipunto, PmP, que comunican el nodo de A Carballeira con todos los demás nodos de las estaciones suscriptoras de As Pontes núcleo (a los que después se conectarán los usuarios finales de la red).

En una topología de red punto a multipunto existe un nodo central que comunica con otros nodos remotos, siendo la única comunicación existente, la que conecta el punto central con los remotos y la de estos con el nodo central.

Los enlaces que forman la red troncal secundaria son:

- Enlace PmP desde la estación base situada en A Carballeira a las estaciones suscriptoras de Obras/Recaudación, Conservatorio, Casa Dopeso, Policía municipal, Biblioteca, Polideportivo, Escuela infantil, Casa Don Pedro y Servicio eléctrico.
- Enlace PmP desde la estación base situada en A Carballeira a las estaciones suscriptoras de Nave Airios, Protección civil, GRUMIR y Vivero de empresas.

Red de acceso

La red de acceso la forman los dispositivos de usuario conectados a cada punto de acceso Wifi y también presenta una topología de red PmP, dado que estos usuario finales se conectarán a los puntos de accesos Wifi situados en las distintas ubicaciones, siendo la comunicación existente la que va desde los terminales de usuario a los puntos de acceso, y en el sentido contrario, desde los puntos de acceso a los dispositivos de usuario.

Los puntos de acceso que constituyen los nodos de centrales de estas comunicaciones PmP son:

- Parque municipal.
- Presa de A Ribeira.
- Playa del lago

5.3. Tipos de Antenas

Las antenas son dispositivos cuya finalidad es transmitir (radiar) y recibir ondas de radio electromagnéticas. Sus características más importantes a la hora de elegir una de ellas son:

- Patrón de radiación: Gráfica tridimensional de la energía radiada. Puede ser de azimuth o de elevación este patrón. El patrón de azimuth presenta la energía radiada vista desde arriba, y el de elevación es una gráfica de la energía vista de perfil. La combinación de ambas obtendrá la representación real de la energía radiada por la antena.
- Ganancia: Relación entre la potencia de entrada y la de salida de la antena. Comúnmente referida en dBi, compara la energía de salida de la antena con la que saldría de una antena isotrópica (de radiación esférico-perfecta y ganancia lineal unitaria).

- Polarización: Es la orientación de las ondas electromagnéticas de salida. Se aplican dos tipos de polarización en las antenas: la lineal (vertical, horizontal y oblicua) y la circular (circular izquierda y derecha y elíptica derecha e izquierda). Para un máximo rendimiento la antena transmisora deberá tener la misma polaridad que la receptora.
- Directividad: Es una medida de la concentración de la potencia radiada en una dirección específica. Usualmente es una relación de la intensidad de radiación en esa dirección en comparación con la intensidad promedio isotrópica.

Según su directividad las antenas se pueden clasificar en tres grandes grupos:

1. Antenas direccionales: Orientan la señal en una dirección determinada a través de un haz estrecho pero con posibilidad de un gran alcance. Este tipo de antenas será el empleado para el equipamiento de los enlaces PaP, ya que requieren de una comunicación en una sólo dirección, la que une ambos puntos, y a grandes distancias entre ellos. Dentro de este grupo de antenas se distinguen a su vez varios tipos:
 - Las parabólicas de disco o rejilla de menor apertura pero mayor alcance.



17. Antena parabólica

- Las yagis, también de gran alcance pero orientación menos compleja.



18. Antena yagi

- Las planares o de panel, menos voluminosas (sencilla instalación), de menor alcance pero de fácil orientación.



19. Antena planar

2. Antenas omnidireccionales: Emiten la señal en todas las direcciones (360° teóricamente) con un haz amplio pero de corto alcance. El alcance de ellas es menor que el de las antenas direccionales. Las antenas externas que se emplearán en los puntos de acceso Wifi dentro de la red de acceso Wifi pertenecen a este grupo de antenas.



20. Antena omnidireccional

3. Antenas sectoriales: Son una combinación de las antenas direccionales y las omnidireccionales. Emiten un haz más amplio que el de las primeras, sin llegar a ser tan amplio con el de las omnidireccionales, pero con mayor alcance que estas últimas y menor que el de una direccional. Para cubrir un área de 360° serán necesario tres sectores de 120°, o 4 de 80° mediante el sistema de Array. Estas 16 antenas son más costosas que las de los otros dos tipos de antenas. En nuestro caso, para cubrir todas las zonas del municipio desde el nodo central situado en A Carballeira, los equipos de la red troncal secundaria de los enlaces PmP dispondrán de este tipo de antenas.



21. Antenas sectoriales

5.3.1 Elección del tipo de antena

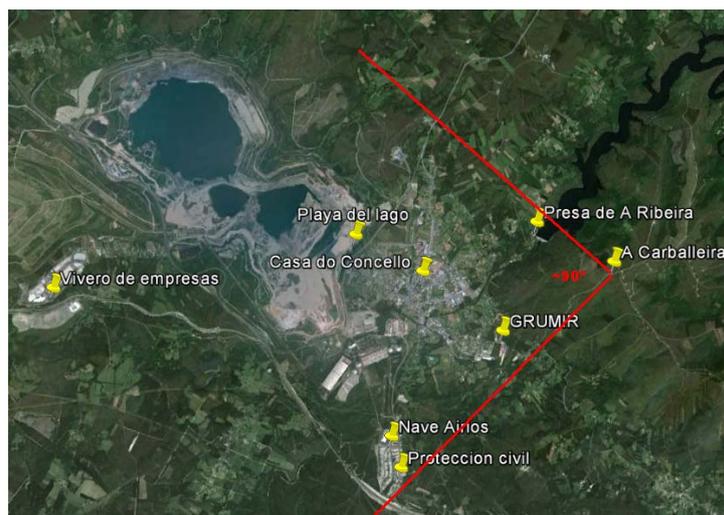
Como conclusión de los tipos de antenas se puede dar la elección de cada una dependiendo de su ubicación:

Red Troncal Primaria

Puesto que se trata de una red punto a punto las antenas serán de tipo direccional en los dos puntos de la red: Casa do Concello y monte de A Carballeira.

Red Troncal Secundaria

Se trata de una red punto a multipunto, por lo tanto en A Carballeira se colocará una antena sectorial de dos sectores de 60° que cubrirán toda el área necesaria.



22. Cobertura antena de A Carballeira

En los distintos edificios se instalará una antena direccional dirigida hacia la Carballeira.

Red de acceso

Aquí se instalará una antena omnidireccional que cubrirá toda el área pensada para las zonas de wifi gratuito.

5.4. Dimensionado de la Red

El número total de usuarios estimado de la red es de 195, 95 son los correspondientes a los empleados de la administración local y 100 (se ha estimado en el punto 3.3 tanto el número como el ancho de banda requerido) son ciudadanos de a pie o turistas que quieran hacer uso de los puntos de acceso wifi.

Los tipos de tráfico considerados para esta red son:

- VoIP para usuarios de la Administración.
- Tráfico de datos por parte de todos usuarios: los que se conecten a Internet en el horario limitado de los puntos wifi y los que accedan como empleados de la administración en horario libre dentro de los edificios municipales. También se incluyen en este tipo de tráfico el intercambio de datos entre las diferentes interdependencias municipales dentro de su subred.

Capacidad de los radioenlaces

Las necesidades de cada enlace en referencia al tráfico que tendrán que soportar teniendo en cuenta las consideraciones en los apartados 3.3 y 3.4, y ajustándolas por exceso son:

Red Troncal Primaria

ENLACE	ANCHO DE BANDA REQUERIDO
Casa do Concello - A Carballeira	75 Mbps

Red Troncal Secundaria

ENLACE	ANCHO DE BANDA REQUERIDO
A Carballeira - Casa do Concello	18 Mbps
A Carballeira - Obras/Recaudación	10 Mbps
A Carballeira - Conservatorio	8 Mbps
A Carballeira - Casa Dopeso	8 Mbps

A Carballeira - Policía municipal	6 Mbps
A Carballeira - Biblioteca	6 Mbps
A Carballeira - Polideportivo	3 Mbps
A Carballeira - Escuela infantil	2 Mbps
A Carballeira - Casa Don Pedro	3 Mbps
A Carballeira - Servicio eléctrico	2 Mbps
A Carballeira - Nave Airios	2 Mbps
A Carballeira - Protección civil	2 Mbps
A Carballeira - GRUMIR	2 Mbps
A Carballeira - Vivero de empresas	6 Mbps

Red de acceso

ENLACE	ANCHO DE BANDA REQUERIDO
Parque municipal	6 Mbps
Presa de A Ribeira	8 Mbps
Playa del lago	13 Mbps

5.5. Equipamiento

Hay muchos equipos que pueden servir para el caso planteado. Por ejemplo, se pueden consultar los productos de AirSpan, Alvarion, Albentia, Aperto Networks y Proxim. Algunas de las alternativas pueden ser:

Estaciones base:

- AirSpan modelo MicroMAX-ZOCO
- Alvarion modelo BreezeACCESS VL
- Aperto Networks modelo PacketWave 760 o PacketWave 1000
- Proxim modelo Tsunami MP.11 5054.

Estaciones suscriptoras (equipos que se ponen en los edificios conectados vía radio con la estación base):

- AirSpan modelo ProST
- Alvarion modelo BreezeACCESS VL SU-A-5.4-6-BD-VL
- Aperto Networks modelo PacketWave 100 o PacketWave 200
- Proxim modelo Tsunami MP.11 5054-R

El precio de los equipos de Aperto Networks y Airspan son los más elevados y esto, en principio, nos hace descartarlos. Respecto Proxim y Alvarion, el primero

es ligeramente más económico. De todos modos, entre estos dos escogemos Alvarion porque:

- Alvarion es líder en WiMax
- Se tiene constancia de instalaciones actualmente en funcionamiento con material de Alvarion sin ningún problema.

Por lo tanto, todo el equipamiento escogido tanto para la implantación de la red Troncal Primaria y Secundaria como para la red de Acceso, es del fabricante Alvarion Networks, puesto que es este el principal fabricante a nivel mundial de banda ancha inalámbrica y nos ofrece soluciones Wimax ajustadas al estándar, así como otras soluciones propietarias preWimax que se ajustan perfectamente a nuestras necesidades de accesos Wifi o para los enlaces punto a punto en todas las gamas de frecuencia requeridas.

Se ha elegido Alvarion (ante otros como Cisco) porque lidera la tecnología WiMAX, con un elevado número de proyectos en operación que cubren todo el rango de frecuencias con soluciones tanto fijas como móviles. Punto importante también a considerar es que cuenta con distribuidores en España de manera que la rapidez con la que nos podrán proporcionar ayuda o soporte técnico será más efectiva.

Además su gama de productos permite el acceso de banda ancha para el mercado residencial y corporativo, VPNs corporativas, VoIP de alta calidad, backhaul de estaciones base móviles, extensión de cobertura de hot spots, interconexión comunitaria, redes de video vigilancia, comunicaciones públicas seguras de datos y voz móvil.

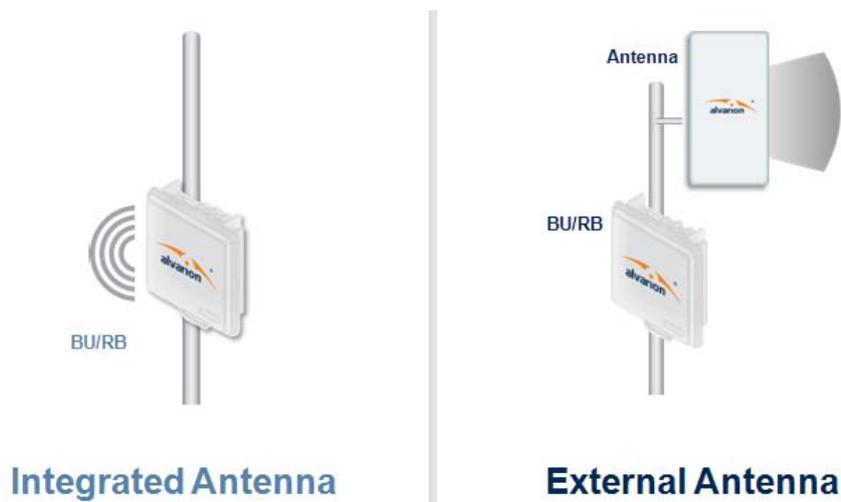
Para la tecnología WiFi existen infinidad de fabricantes (TP-LINK, D-LINK, Alfa Network, etc.) que cumplen con los requisitos necesarios, pero utilizaremos también Alvarion por las mismas razones y por las ventajas de economía de escala al utilizar los equipos de un mismo fabricante.

5.5.1. Equipamiento de la red Troncal Primaria

Soluciones punto a punto

El BreezeULTRA P6000-350 (300 Mbps de caudal bruto) de Alvarion es una solución propietaria capaz de transmitir hasta distancias de 50 km operando en frecuencias desde la banda 4,9 a la 5,9 GHz (en nuestro caso operará en 5,4 GHz). Puede funcionar además como estación base para multipunto, pero al ser una solución propietaria no se ajusta al estándar Wimax, por lo que en este proyecto sólo actuará como equipo para el enlace de punto a punto del ayuntamiento al monte de A Carballeira.

Aunque puede soportar hasta tres antenas externas, dispone ya de una antena integrada de 23 dBi y 8° de polarización dual, suficiente para nuestro caso. En cada extremo de cada enlace se instalará la Unidad Base, BU, (en el ayuntamiento) y en el extremo opuesto, la unidad remota, RB, (en el monte de A Carballeira). Cada una de estas unidades consta de una unidad interior IDU y una unidad exterior ODU donde se encuentra la antena integrada (no la llevaría en el caso de que emplease antenas externas).



23. BreezeULTRA™ P6000

5.5.2. Equipamiento de la Red Troncal Secundaria

Estación Base

Los Alvarion BreezeMAX Extreme 5000 son equipos WiMAX que pueden operar en distintas bandas de frecuencia, entre ellas la de 5470 - 5950 GHz. Admite simultáneamente hasta 20 estaciones suscriptoras CPEs en el model BTS Limited. La configuración de Single Sector, Second Order Diversity es adecuada para un

entorno urbano de alta capacidad y NLOS, minimizando las interferencias. Con Dual BS se proporciona además un ancho de banda de 20 MHz por sector. La antena dual-slant interna (90°) soporta MIMO en el enlace descendente y MRC en la subida.

MIMO Single Sector 2x2

- Superior performance utilizing 2nd order diversity
- Maximal sector capacity (MIMO B)*
- Maximal sector coverage (MIMO A)
- Supports 5, 10, 20(10+10)* MHz per sector
- Max UDP Capacity:
 - MIMO A: 27 Mbps (10 MHz), 54 Mbps (20 MHz)
 - MIMO B: 32 Mbps (10 MHz), 65 Mbps (20 MHz)
- Integrated or external antenna



BreezeMAX
Extreme 5000

Urban

Best Fit for

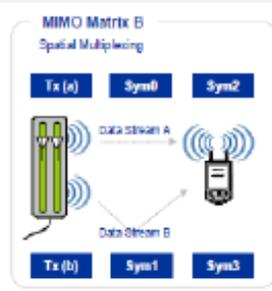
- High-capacity driven deployments
 - Urban
 - Video
- NLOS conditions

24. MIMO Single sector 2-2

Con MIMO B la estación puede transmitir dos flujos de datos diferentes por el mismo canal, incrementando así su capacidad.

MIMO B (Capacity)

- Base station transmits two different data streams over same channel
- Same number of sub-carriers, twice as many QAM symbols to MAP interleaving



MIMO Matrix B
Spatial Multiplexing

25. MIMO B

La tecnología MIMO es una tecnología de las antenas inteligentes que aprovecha la multipropagación en diversidad de espacio para alcanzar mayores velocidades y alcance. Empleando varias antenas en el emisor y en el transmisor para un mismo ancho de banda y potencia transmitida, se consiguen mejores resultados al hacer uso de la diversidad de espacio (separación de antenas), diversidad de ganancia (diferentes patrones de radiación) y de la diversidad de polarización (distintas polarizaciones).

Estaciones suscriptoras

Las estaciones suscriptoras WIMAX BreezeMAX 5000 XTRM SU, constan también de una unidad interior IDU y otra exterior ODU con la antena integrada o con los conectores para antenas externas. Pueden operar en las frecuencias de 4900 a 5950 MHz y en canales de 5 o 10 MHz. Su antena integrada es de polarización dual y su ganancia de 16 dBi



26. CPE Outdoor Units y CPE Indoor Units

5.5.3. Equipamiento de la Red de Acceso

Puntos de acceso

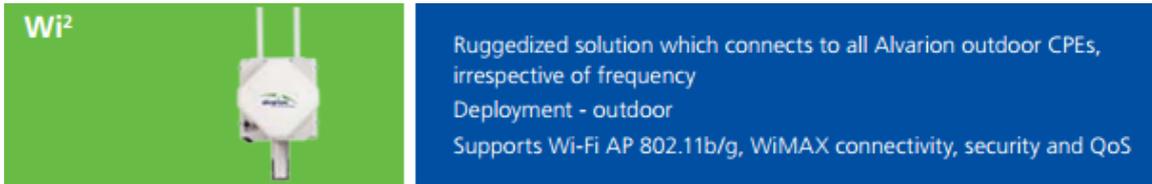


Los Alvarion BreezeMAX Wi2 ofrecen una doble solución incluyendo en un mismo equipo un punto de acceso Wifi 802.11b/g en banda de 2,4 GHz, y por otro lado la capacidad Wimax del BreezeMAX CPE expuesto anteriormente para proveer la conectividad al backhaul. De este modo, la misma estación suscriptoras que se conecte a la estación base BreezeMAX Extreme 5000 del monte de A Carballeira, proveerá a su vez de un punto de acceso Wifi a los usuarios de la red para que hagan uso de este servicio

gratuito.

No dispone de antenas integradas (la parte de punto de acceso) por lo que es necesario la instalación de 2 antenas externas omnidireccionales de 8 dBi de ganancia en los conectores correspondientes.

La parte de CPE BreezeMAX presenta las mismas características que las estaciones suscriptoras independientes.



27. Alvarion BreezeMAX Wi2

Para un óptimo funcionamiento del servicio de puntos de acceso wifi la selección de frecuencias de operación de cada uno de ellos se tiene que realizar de modo que exista la máxima separación entre las frecuencias de las redes que se puedan solapar.

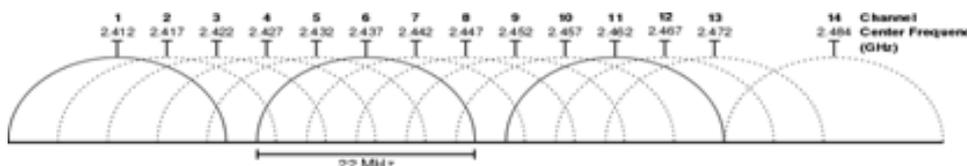
Channel	Frequency
1	2412
2	2417
3	2422
4	2427
5	2432
6	2437
7	2442

Channel	Frequency
8	2447
9	2452
10	2457
11	2462
12	2467
13	2472
14	2477

Region	Available channels
North America	1 to 11
Japan	1 to 14
Europe	1 to 13

28. Detalle de canales de 802.11b (banda de 2,4 GHz) y número de canales disponibles según la regulación de los países

La mínima distancia recomendada entre celdas es de 25 MHz, y aunque en Europa existen 13 posibles frecuencias con una combinación de canales no solapados formada por los canales 1, 7 y 13 para una planificación por defecto, se escogerá la combinación americana de canales 1, 6 y 11, ya que muchas interfaces de usuario basados en regulación americana no emplean los dos últimos canales 12 y 13.

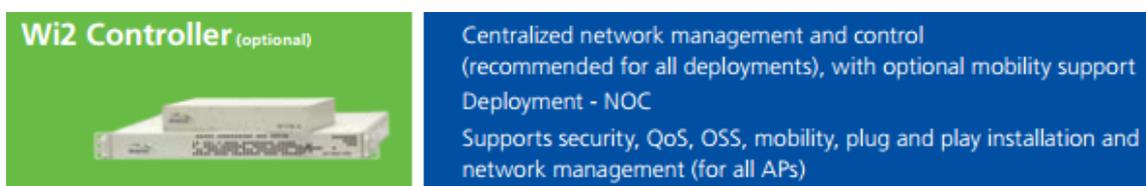


29. Detalle de canales solapados

Alvarion Wi2 Controller

Este equipo ofrece una gestión centralizada de los puntos de acceso Wi2 además de otras características adicionales como portal de captación, servidor Radius embebido, movilidad avanzada, soporte de voz o instalación plug & play.

De los modelos disponibles en función de los requerimientos de movilidad y número de puntos de acceso a gestionar, el Wi2-CTRL-40 permitirá la gestión de hasta 40 puntos de acceso Wi2 con 500 usuarios conectados al mismo tiempo (para este proyecto sólo se necesitan 3 AP y 100 usuarios simultáneos en principio).

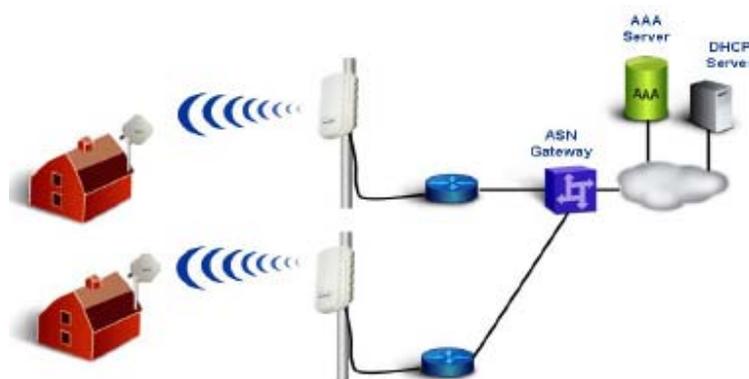


30. Alvarion Wi2 Controller

5.5.4. Otro equipamiento

Alvarion External ASN-GW

Se trata de una entidad externa que comunica con las estaciones base BreezeMAX Extreme y que mediante una arquitectura centralizada realiza ciertas funciones como las de implementar el autenticador EAP y el cliente AAA, DHCP, generación de llave de autenticación, terminación de protocolo RADIUS contra el servidor AAA para autenticación de estaciones móviles, almacenamiento de perfiles de estas estaciones móviles, servicio QoS, etc.



31. Alvarion ASN-GW

Firewall

Será un equipo de tipo hardware que se encargará de analizar el tráfico de la red controlado los usos adecuados del servicio en cuanto a seguridad y a la normativa vigente, así como de las tareas de prevención y detección de ataques o intrusiones.

El equipo escogido es el ASA 5512-X/Security Plus de Cisco. Puede proporcionar caudales de hasta 1 Gbps y manejar hasta 100.000 conexiones simultáneas. Con estas características, el sistema podrá permitir futuras ampliaciones de la red. Cisco emplea su propia versión de inspección de estados, la Adaptive Security Algorithm (ASA), que analiza uno u otros parámetros en función del momento y del tipo de la conexión.



32. Firewall Cisco ASA 5512-X Security Plus

Routers y switches para acceso de interior

Además del router principal del data center del ayuntamiento, en cada dependencia de la administración local habrá un router que encamine el tráfico de datos de la intranet municipal así como el tráfico de voz IP de cada centro. Habrá un switch que interconecte todos los equipos de cada centro, que puede ser al que se conecten los dispositivos de VoIP de cada.

- El router principal del centro de datos del ayuntamiento encaminará el tráfico total procedente de todas las VLANs de la red tanto de datos como de VoIP. El modelo propuesto es el modelo de Cisco ISR G2 2911, que cuenta con 3 puertos Gigabit Ethernet y soporta hasta 150 conexiones de voz (2 unidades de rack).



33. Router Cisco ISR G2 2911

- Los modelos elegidos para los routers de las otras dependencias municipales son los modelos ISR G2 1921 con 2 puertos 10/100/1000 Mbps, con posibilidad de ampliación.



34. Router Cisco ISR G2 1921

- El switch principal del ayuntamiento será el modelo de CISCO 2960G-48TC-L con QoS avanzada, 44 puertos 10/100/1000 Mbps, ocupa 1 unidad de rack, y soporta tráfico de voz y datos.



35. Switch CISCO 2960G-48TC-L

- Los switches que recojan las conexiones de telefonía IP (y las de otros equipamientos) serán los modelos CISCO 2960-24TC-L o CISCO 2960-8TC-L, con soporte para voz IP, de 24 u 8 puertos respectivamente 10/100 Mbps, en función del número de terminales que se ubiquen en cada centro. Se instalarán de 24 puertos en los edificios de Obras/Recaudación, Conservatorio y Casa Dopeso.



36. Switch CISCO 2960G-24TC-L



37. Switch CISCO 2960G-8TC-L

Servidores

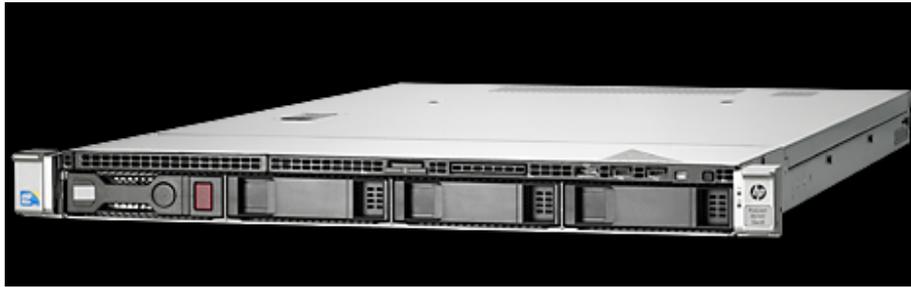
Además del servidor del servicio de Voz IP, se implementarán dos servidores en el centro de datos del ayuntamiento. El primero servirá el portal de acceso a los usuarios y albergará el servicio de autenticación Radius, de DHCP y de DNS. Y el segundo será el empleado para almacenar las copias de seguridad oportunas y otros datos estadísticos sobre información de la red y su uso.

Para este último no será necesario un equipo de alto coste por ello el equipo elegido es un Fujitsu PRIMERGY TX100 S3p, con CPU Intel Xeon E3-1220V2, 3.1 GHz Quad-Core 64 bits, con 2*500 GB de almacenamiento HDD y dos puertos Gigabit Ethernet.



38. Servidor Fujitsu PRIMERGY TX100 S3p

El otro servidor en el que se implementarán los otros servicios será un HP ProLiant DL 160 Gen8 E5-2620 8 GB, con procesador Intel Xeon E5-2620, dos núcleos, 2 GHz, 15MB.



39. Servidor HP ProLiant DL 160 Gen8

Equipos VoIP

Los equipos de telefonía IP consistirán en un servidor IP con la capacidad de procesamiento y de RAM necesarios para realizar y controlar las llamadas IP, y los terminales de telefonía en sí.

Los modelos propuestos son de Alcatel: para el servidor, el modelo Alcatel Lucent OmniPCX Office XL, con soporte de hasta 200 usuarios, y para los terminales de usuario los Alcatel Lucent IP 4008, 2 puertos 10/100 y VLAN.



40. Teléfono IP Alcatel Lucent 4008

SAI

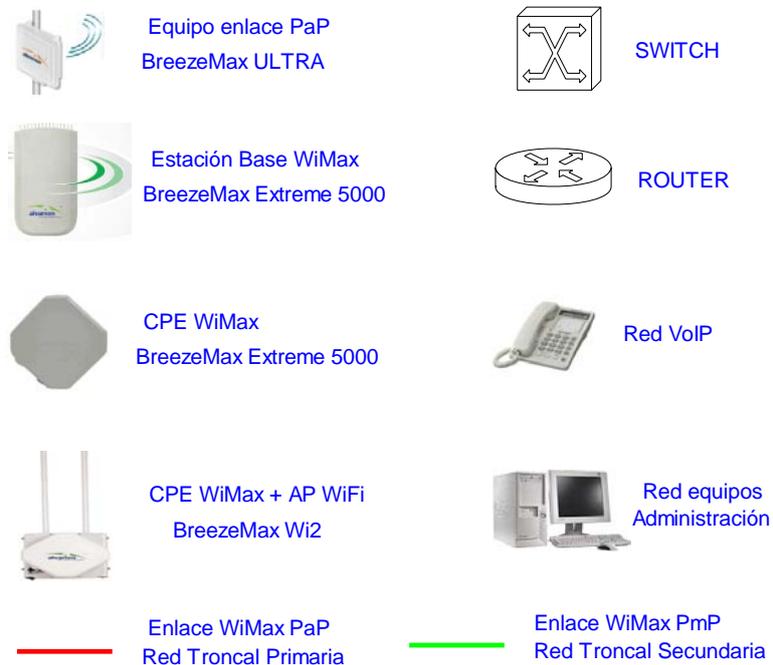
Para proteger al sistema de posibles cortes del suministro eléctrico o de subidas o bajadas de tensión, mejorando al mismo tiempo la calidad de la energía, se dispondrá de un SAI. El modelo EATON EX 3000 3U Torre presenta una potencia de protección de 3000 Va, 2700 W, puertos LPT y USB, y una duración de baterías de 10 minutos en caso de corte de energía.



41. SAI Eaton EX 3000 3U Torre

5.6. Esquema de la red

La simbología empleada es:



42. Simbología empleada

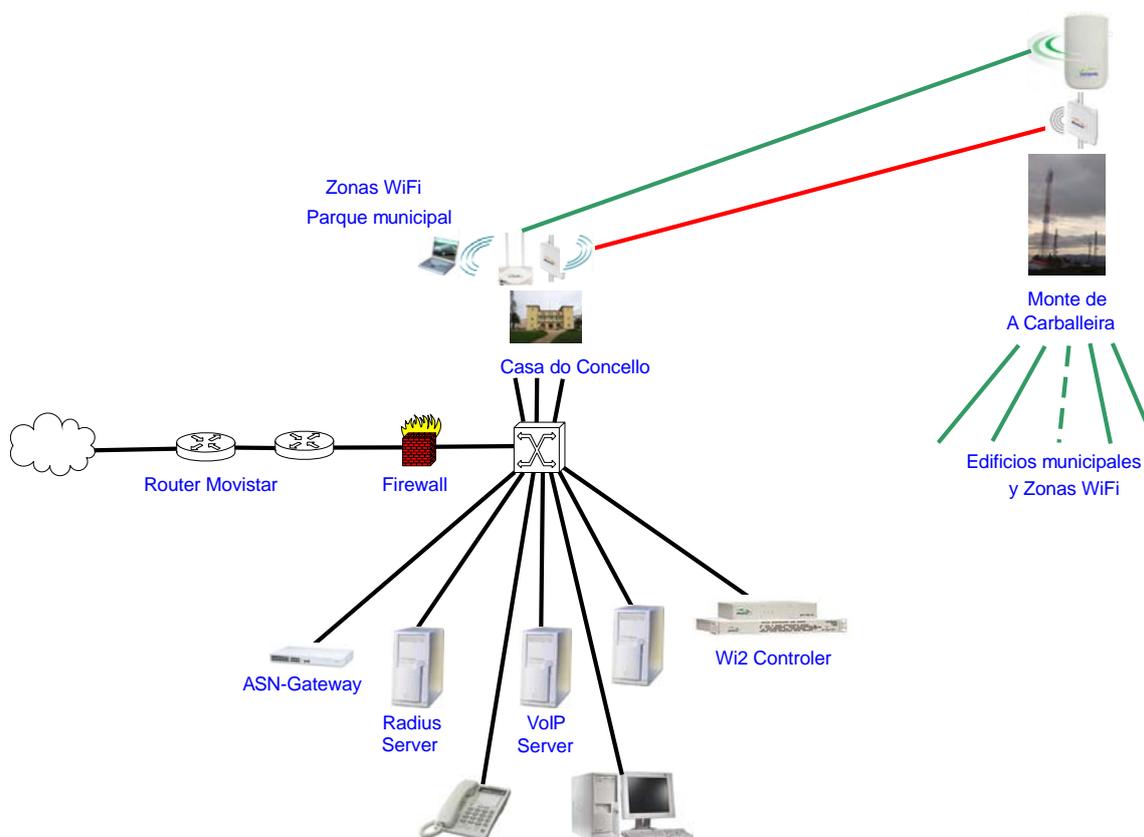
Casa do Concello y Redes Troncales

En el siguiente esquema se ven los equipos y conexiones de la red troncal primaria y una de la secundaria. La red troncal primaria se conforma con el enlace punto a punto desde la Casa do Concello al monte de A Carballeira. Aquí se instala una estación base Wimax para distribuir la señal a todas las estaciones suscriptoras instaladas en los edificios municipales y zonas de Wifi gratuito. Esta red punto a multipunto es lo que conforma la red troncal secundaria. En la figura se ve una de ellas.

Por otro lado, la Casa do Concello albergará un centro de datos con los equipos de la red necesarios para realizar toda la gestión desde este punto. Estos equipos consistirán en:

- Router del operador proveedor de los servicios de Internet que se contrate.
- Router principal que encaminará el tráfico procedente de todas las subredes hacia las otras subredes o hacia Internet.
- Switch para interconectar todos los dispositivos de este punto: equipo de enlace PaP, estación suscriptora Wimax CPE, equipo suscriptor con punto de acceso Wifi, firewall, servidores, routers, controlador de puntos de acceso, gateway ASN y equipos de las subredes de terminales de la administración local (tanto equipos de trabajo como de telefonía IP).
- Sistema de firewall para implementar los mecanismos de seguridad necesarios que analicen y controlen los usos del servicio a la vez que protejan a la red de posibles ataques o intrusiones.
- Servidores de autenticación y autorización Radius, de telefonía IP, encargados de servir el portal de acceso a los ciudadanos a la red de servicios incluido el servicio audio de información turística, y para almacenar información de gestión y copias de seguridad.
- Wi2 Controller para gestionar todos los puntos de acceso Wifi, así como otros servicios que se especifican en el siguiente apartado.
- ASN Gateway para la gestión centralizada de las estaciones Wimax y otras funciones.

Con este planteamiento se cumplen los requisitos de conectividad entre las distintas dependencias y zonas Wifi así como los de seguridad y control de accesos de toda la red.



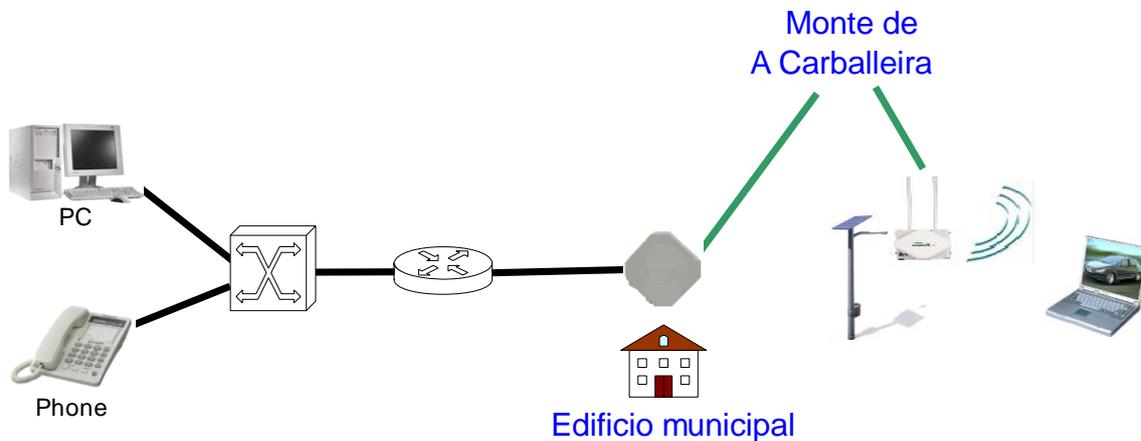
43. Esquema de la Casa do Concello y Redes Troncales

Esquema típico edificio municipal y zona WiFi

Todos los edificios municipales tendrán una instalación que se corresponde con el siguiente esquema:

- Estación suscriptorá Wimax para recibir la señal desde el monte de A Carballeira.
- Router principal que encaminará el tráfico procedente de todas las subredes hacia las otras subredes o hacia Internet.
- Switch para interconectar todos los dispositivos de este punto: equipo de enlace PaP, estación suscriptorá Wimax CPE y equipos de las subredes de terminales de la administración local (tanto equipos de trabajo como de telefonía IP).

En cuanto a los puntos de acceso Wifi, estos dispondrán de un equipo que realizará las dos funciones, por un lado será estación suscriptorá Wimax de la red troncal secundaria y por otro será un punto de acceso Wifi.



44. Esquema típico edificio municipal y zona wifi

5.7. Organización y direccionamiento

La red se organiza en distintas subredes virtuales VLAN, permitiendo de este modo que dispositivos conectados a segmentos de red diferentes se comporten como si estuvieran conectados a un mismo conmutador. En concreto, dispositivos para VoIP o equipos para el uso de los empleados de la administración formarán parte de redes lógicamente independientes y sin embargo podrán estar conectados a un mismo segmento físico de la red. Igualmente sucederá con el resto de dispositivos.

Las distintas subredes virtuales son:

VLAN 1 de los equipos que conformarán toda la gestión de la red por parte de los administradores de la red: routers, switches, estaciones base, suscriptoras, punto a punto, firewall, servidores, etc.

VLAN 10, 11, 12, de dispositivos de usuarios conectados a los puntos de acceso Wifi gratuito. Se creará una VLAN diferente para cada zona cubierta por cada punto de acceso.

VLAN 100 de dispositivos de la administración para el intercambio de datos entre las distintas interdependencias municipales.

VLAN 110 de dispositivos para tráfico de voz sobre IP (dispositivos y servidor de VoIP).

VLAN 200 de equipos servidores (de información turística, portal de acceso y autenticación).

Con esta disposición se separan lógicamente mediante subredes diferentes, a los usuarios de los hotspots y la subred de servidores a los que accederán estos usuarios, de las otras subredes de equipos de gestión y la de usuarios empleados de la administración junto con la de telefonía IP de estos mismos usuarios.

Cada interfaz asociada a los puntos de acceso (puntos de acceso a Internet gratuito de los ciudadanos o turistas) de las diferentes ubicaciones pertenecerá a distintas VLANs, puesto que para recibir la información turística correspondiente a cada lugar de acceso se distinguirá la procedencia de la petición en función de la VLAN desde la que se efectúe la petición. La asignación de IPs (privadas) dentro del rango de direcciones de estas VLANs se realizará por DHCP. Al resto de equipos que comportan la red se les asignará direcciones IP fijas.

Tablas de asignaciones:

Equipos de Gestión

EQUIPO	VLAN	SUBRED	DIRECCIÓN IP
Equipos de red Ayuntamiento			
Router principal	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.1
Switch Ayuntamiento	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.2
ASN-Gateway	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.3
Wi2 Controller	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.4
Servidor copias seg.	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.5
Firewall	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.6
Routers de acceso interior			
Router Obras/Recaudación	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.20
Router Conservatorio	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.21
Router Casa Dopeso	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.22
Router Policía Municipal	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.23
Router Conservatorio	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.24
Router Polideportivo	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.25
Router Escuela infantil	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.26
Router Casa Don Pedro	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.27
Router Servicio eléctrico	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.28

Router Nave Airios	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.29
Router Protección Civil	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.30
Router GRUMIR	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.31
Router Vivero de empresas	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.32
Switches de acceso interior			
Switch Obras/Recaudación	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.50
Switch Conservatorio	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.51
Switch Casa Dopeso	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.52
Switch Policia Municipal	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.53
Switch Conservatorio	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.54
Switch Polideportivo	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.55
Switch Escuela infantil	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.56
Switch Casa Don Pedro	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.57
Switch Servicio eléctrico	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.58
Switch Nave Airios	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.59
Switch Protección Civil	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.60
Switch GRUMIR	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.61
Switch Vivero de empresas	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.62
Enlaces PaP			
PaP-BreezeUltra Emisor Concello	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.80
PaP-BreezeUltra Receptor Carballeira	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.81
Estaciones base			
Breeze MAX Extreme 5000 BTS - A Carballeira	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.100
Estaciones suscriptoras			
Breeze MAX Extreme 5000 CPE - Concello	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.110
Breeze MAX Extreme 5000 CPE -Obras/Recaudación	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.111
Breeze MAX Extreme 5000 CPE -Conservatorio	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.112
Breeze MAX Extreme 5000 CPE -Casa Dopeso	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.113
Breeze MAX Extreme 5000 CPE -Policia Municipal	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.114
Breeze MAX Extreme 5000 CPE -Conservatorio	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.115
Breeze MAX Extreme 5000	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.116

CPE -Polideportivo			
Breeze MAX Extreme 5000 CPE -Escuela infantil	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.117
Breeze MAX Extreme 5000 CPE -Casa Don Pedro	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.118
Breeze MAX Extreme 5000 CPE -Servicio eléctrico	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.119
Breeze MAX Extreme 5000 CPE -Nave Airios	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.120
Breeze MAX Extreme 5000 CPE -Protección Civil	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.121
Breeze MAX Extreme 5000 CPE -GRUMIR	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.122
Breeze MAX Extreme 5000 CPE -Vivero de empresas	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.123
Breeze MAX Wi2 Parque municipal	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.124
Breeze MAX Wi2 Presa de A Ribeira	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.125
Breeze MAX Wi2 Playa del lago	VLAN 1	192.168.1.0/24	192.168.1.126

Acceso WiFi

EQUIPOS	VLAN	SUBRED	RANGO DE DIRECCIONES DISPONIBLES	GATEWAY
WiFi parque municipal	VLAN 10	192.168.10.0/24	192.168.10.2 - 192.168.10.254	192.168.10.1
WiFi Presa de A Ribeira	VLAN 11	192.168.11.0/24	192.168.11.2 - 192.168.11.254	192.168.11.1
WiFi Playa del lago	VLAN 12	192.168.12.0/24	192.168.12.2 - 192.168.12.254	192.168.12.1

Servicios Administración

EQUIPOS	VLAN	SUBRED	RANGO DE DIRECCIONES DISPONIBLES	GATEWAY
Intranet Administración	VLAN 100	192.168.100.0/24	192.168.100.2 - 192.168.100.254	192.168.100.1
VoIP	VLAN 110	192.168.110.0/24	192.168.110.2 - 192.168.110.254	192.168.110.1

Servidores

EQUIPOS	VLAN	SUBRED	RANGO DE DIRECCIONES DISPONIBLES	GATEWAY
Servidores	VLAN 200	192.168.200.0/24	192.168.200.2 - 192.168.200.254	192.168.200.1

Resumen de direccionamiento estático

Con esta organización del direccionamiento IP estático se dispone del espacio de direcciones necesario para albergar a todos los equipos de gestión, servidores y equipos de la administración, así como espacio suficiente para futuras ampliaciones. La organización de estas direcciones presenta la siguiente estructuración:

Equipos de la administración local..... 192.168.100.3 hasta 192.168.100.126

Rango de direcciones libres..... 192.168.100.127 hasta 192.168.100.254

Dispositivos telefonía IP..... 192.168.110.2 hasta 192.168.101.126

Rango de direcciones libres.....192.168.110.127 hasta 192.168.110.254

Servidores usuarios..... 192.168.200.2

Rango de direcciones libres.....192.168.200.3 hasta 192.168.200.254

Equipos de red del ayuntamiento..... 192.168.1.1 hasta 192.168.1.6

Rango de direcciones libres.....192.168.1.7 hasta 192.168.1.19

Routers de los accesos de interior.....	192.168.1.20 hasta 192.168.1.30
Rango de direcciones libres.....	192.168.1.31 hasta 192.168.1.49
Switches de los accesos de interior.....	192.168.1.50 hasta 192.168.1.62
Rango de direcciones libres.....	192.168.1.63 hasta 192.168.1.79
Enlaces PaP BreezeUltra.....	192.168.1.80 hasta 192.168.1.81
Rango de direcciones libres.....	192.168.1.82 hasta 192.168.1.99
BTS BreezeMax Extreme 5000.....	192.168.1.100
Rango de direcciones libres.....	192.168.1.101 hasta 192.168.1.109
CPE BreezeMax / BreezeMax Wi2.....	192.168.1.110 a la 192.168.1.126
Rango de direcciones libres.....	Las no ocupadas dentro del mismo rango

5.8. Control de accesos. Mecanismos de seguridad.

Control de accesos

Las modalidades de acceso al servicio serán tres:

- Empleados de la administración local.
- Ciudadanos residentes.
- Turistas.

Por un lado, los empleados de la administración local (en su lugar de trabajo) tendrán acceso a Internet, y a servicios de VoIP en todas sus dependencias municipales. Por otro lado, los ciudadanos residentes tendrán también acceso a Internet en las zonas de wifi público y por último, los turistas, también podrán hacer uso de este último servicio, así como acceder a Internet, en los mismos puntos y en las mismas condiciones que los ciudadanos residentes.

Para acceder a cada servicio en cada una de sus modalidades, el ayuntamiento otorgará a cada usuario un nombre de usuario y una contraseña, y este informará de la dirección MAC del terminal desde el que accederá al servicio (para empleados de la administración esta información se tomará directamente de los equipos de su propiedad). Para el caso de los turistas sólo se otorgarán accesos de un día de duración y se tramitarán a través de la oficina de Turismo.

Una vez otorgada la contraseña y nombre de usuario, se informará de las ubicaciones de prestación del servicio, así como de las limitaciones y restricciones de uso, que para el caso del servicio de acceso a Internet gratuito será diario de 17'00 a 20'00 h. de la tarde, limitado a 256 Kbps y con la prohibición de conexiones P2P.

Seguridad

Los equipamientos de la red troncal y de acceso ya implementan su propios mecanismos de seguridad en cuanto a cifrado AES, AES 128, WPA2, WPA-802.11i o WEP (sólo en los Wi2), autenticación Radius, filtrado IP/MAC o protección frente a situaciones o ataques de storm/flood que pueden degradar el servicio, entre otros. (Se pueden observar estos mecanismos en sus especificaciones técnicas, Anexo 1.)

Pero adicionalmente se establecerán para la red, mecanismos de seguridad propios consistentes en las siguientes medidas a adoptar:

- La conexión al portal de acceso se realizará mediante HTTP con capa de transporte segura SSL/TLS, y mediante mecanismos de autenticación con protocolo Radius. Este, es un protocolo de autenticación y autorización, y funciona mediante el envío de un nombre de usuario y contraseña a un servidor Radius que se encargará de aceptar o rechazar el acceso solicitado. Además, realizará un registro de los accesos con propósitos estadísticos para analizar los consumos o tiempos de conexión.
- Los servidores a los que se accederá para autenticarse se ubicarán a nivel lógico en otra VLAN, separada de las del resto, de modo que, en caso de ataque o intrusión, si se alcanza esta subred no se pueda alcanzar directamente a otros equipos que se encuentren en la misma subred.
- El router principal implementará filtrado de MAC para los accesos, listas ACLs que controlarán los permisos de accesos entre las distintas VLANs, y filtrado de ciertos tipos de tráfico y paquetes que impidan a los usuarios las conexiones P2P prohibidas por la normativa de la CMT para este tipo de redes.
- Con esta misma finalidad, el sistema de firewall implementará los mecanismos de seguridad necesarios para analizar y controlar el tráfico, de modo que controle el uso legítimo del servicio a la vez que desempeñe las tareas de prevención y detección de ataques o intrusiones.

- Se deberá mantener la red y controlar su seguridad mediante personal cualificado que la administre correctamente comprobando periódicamente los logs e informaciones referentes a la seguridad y a las estadísticas de uso. También contralará que se actualicen periódicamente los sistemas operativos y aplicaciones de los equipos de red y de los empleados de la administración, de modo que se garantice en la medida de lo posible la implementación de los sistemas y parches de seguridad nuevos que constantemente salen al mercado.
- Por último, se deberá informar e instruir a los usuarios sobre el uso del servicio en materia de seguridad, para evitar acciones que comprometan la seguridad del sistema, como no proteger adecuadamente sus contraseñas o el acceder a determinados sitios web que no sean de total confianza. También se deberá recomendar el óptimo mantenimiento de sus equipos terminales en cuanto a seguridad para así contribuir a resguardar la seguridad del sistema en todo su conjunto.

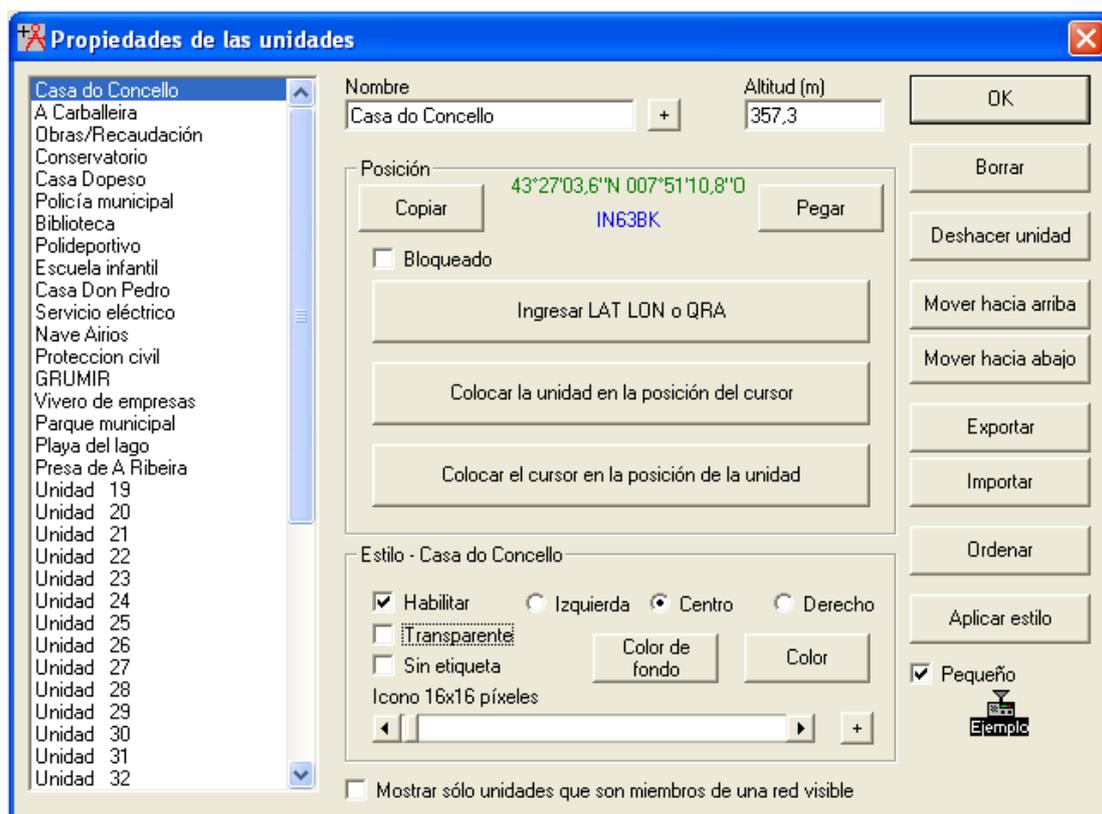
6. Simulación

Para realizar la simulación de los radioenlaces y comprobar su óptimo comportamiento se ha hecho uso del software gratuito Radio Mobile versión 11.4.7.

Con este programa se obtendrá un mapa de cobertura a partir de un modelo formado por la fusión de tres capas superpuestas:

- Modelo digital del terreno con datos de elevación obtenidos gratuitamente del proyecto de la NASA SRTM, en concreto del modelo GTOPO30/SRTM30.
- Mapa topográfico de Virtual Earth modelo híbrido de fotos y caminos.
- Mapa de cobertura proporcionado por Radio Mobile a partir del algoritmo de cálculo de propagación Longley-Rice.

En primer lugar se debe introducir las coordenadas (latitud y longitud) de todos los emplazamientos de los edificios municipales, zonas wifi a cubrir y repetidor de A Carballeira. Estos datos se obtienen de Google Earth y se introducen en Radio Mobile con el menú *Propiedades de las unidades*:



45. Detalle de configuración de Propiedades de las unidades

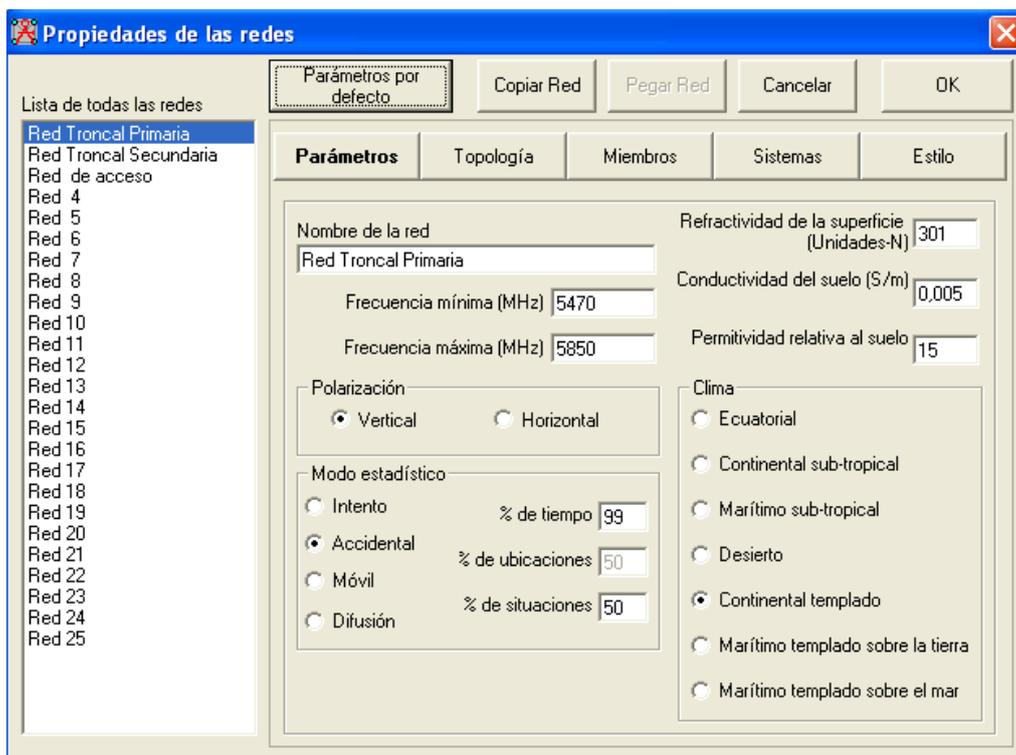
6.1. Parametrización de la red

Se simularán en total tres redes, agregadas a la lista de redes, las redes Wimax troncales tanto primaria como secundaria, y la red de acceso Wifi.

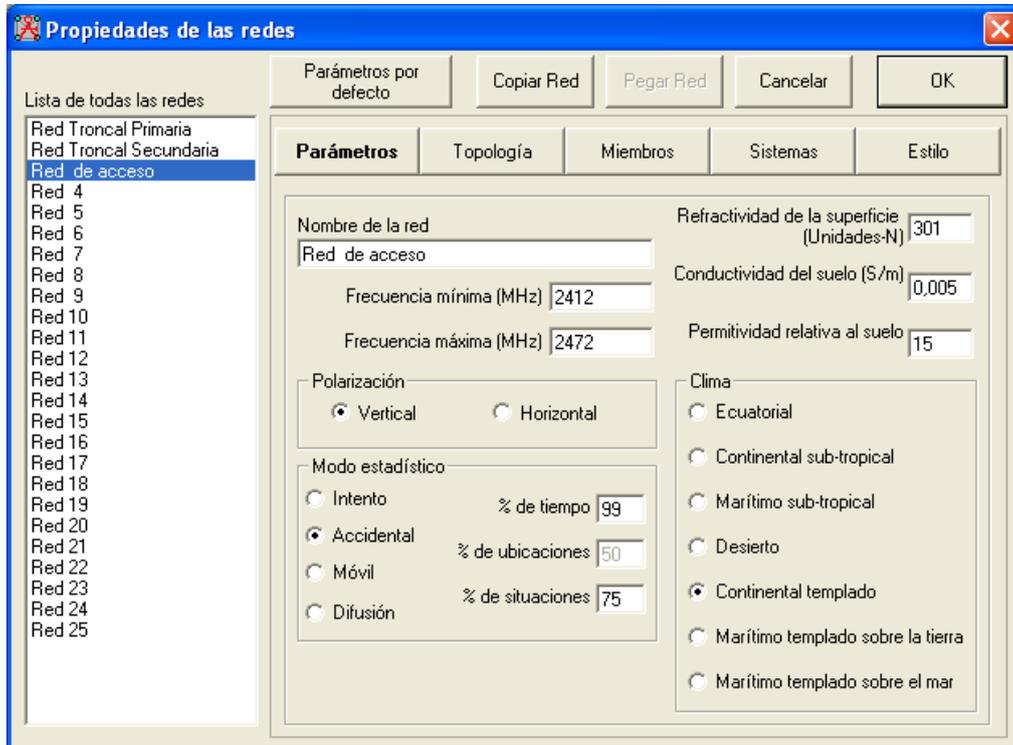
6.1.1. Parámetros globales

Estos parámetros son los referentes a la frecuencia de trabajo, características del terreno, clima, polarización de las antenas, modo de variabilidad y pérdidas adicionales.

- La banda de frecuencias para la red troncal primaria y secundaria es de 5470 a 5950 MHz, y de 2412 a 2472 para la red de acceso.
- La refractividad de la superficie y la conductividad y permitividad relativa al suelo tienen unos valores por defecto adecuados para este caso.
- La polarización de las antenas de los equipos la red troncal presenta polarización vertical, y los de la red de acceso también vertical.
- El clima que corresponde escoger para radioenlaces peninsulares o dentro del archipiélago balear es el Continental templado.
- El modo de variabilidad es accidental para evaluación de interferencias en un 99% del tiempo en ambas redes y en el 50% de situaciones para la red troncal y en un 75% para la de acceso (la banda de 2,4 GHz está más saturada).



46. Detalle de configuración de parámetros globales para las redes troncales



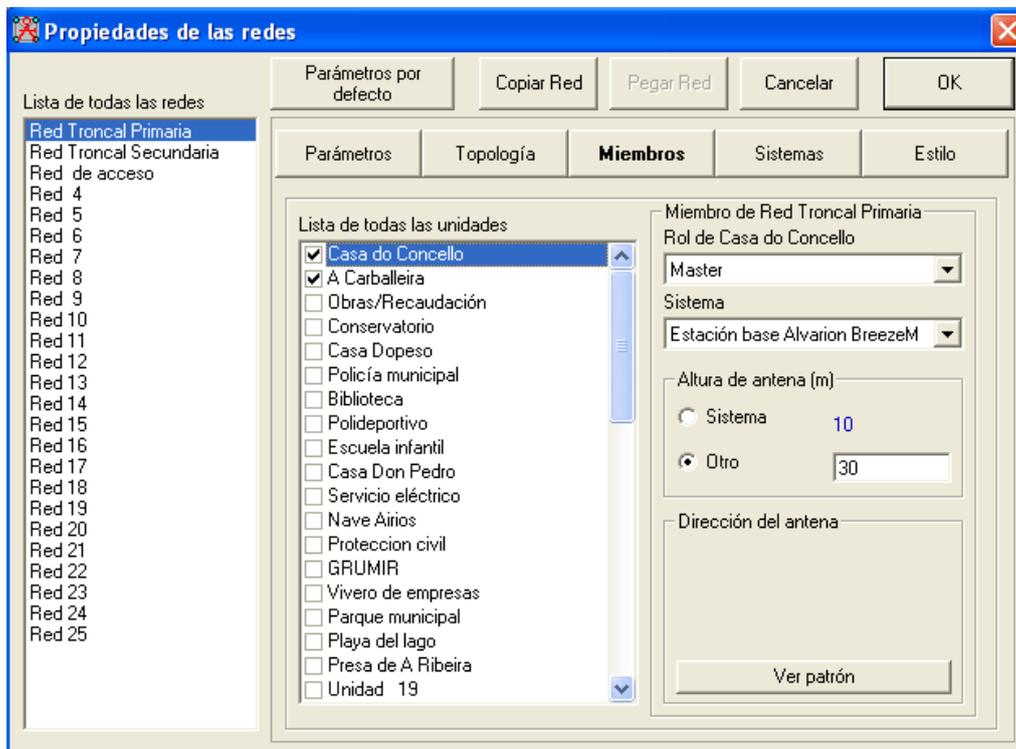
47. Detalle de configuración de parámetros globales para la red de acceso

6.1.2. Topología de la red

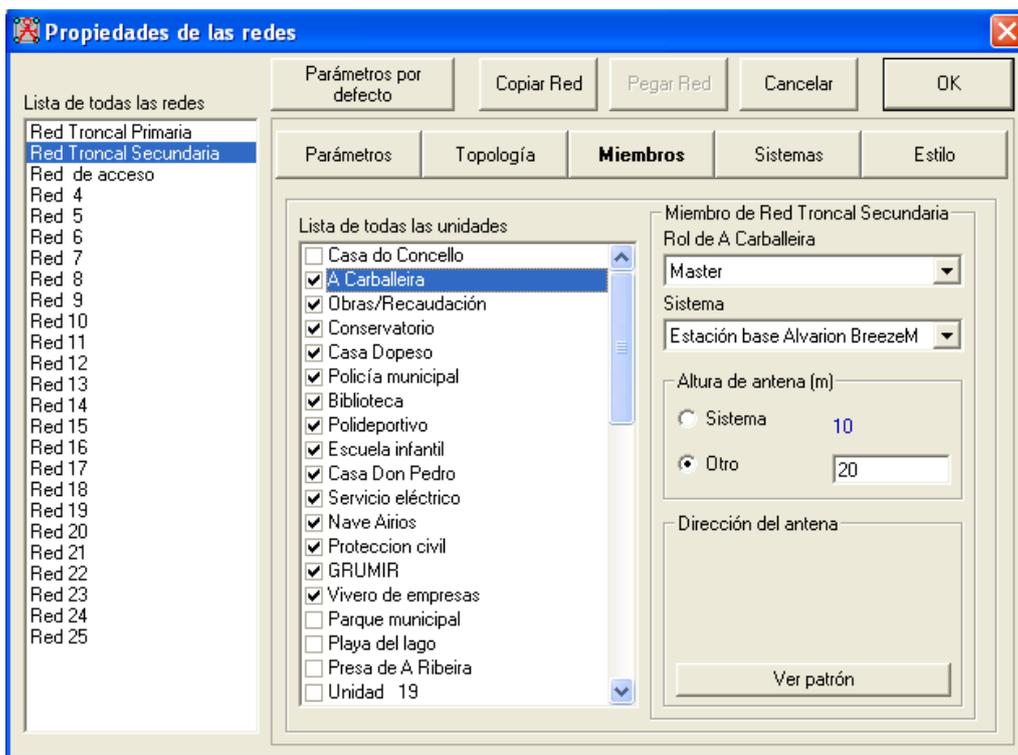
Red de datos, topología en estrella (Master/Esclavo), para ambos tipos de redes. De esta forma la unidad maestro se comunica con las unidades esclavo y éstas últimas no se comunican entre sí.

6.1.3. Definición de estaciones (Miembros)

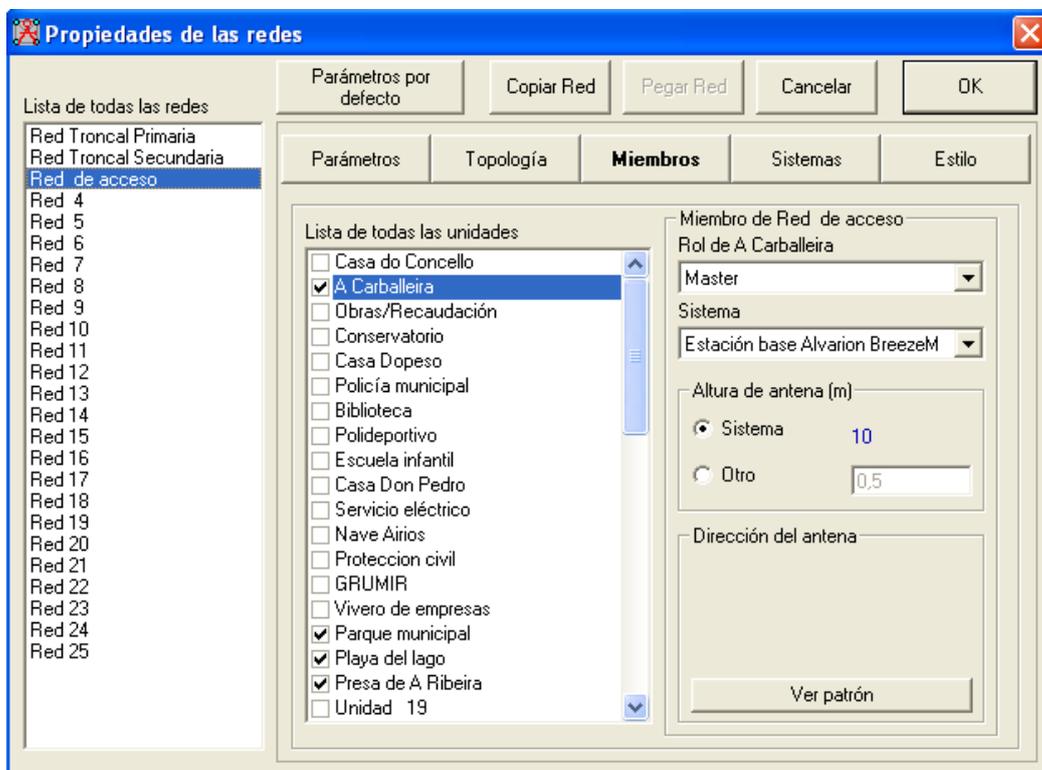
Se definen todas las unidades en todos los emplazamientos, asociadas a la red troncal y de acceso asignándoles un sistema (equipamiento adicionado a la lista de sistemas), un rol y una altura de antena específicos.



48. Miembros de la red troncal primaria



49. Miembros de la red troncal secundaria



50. Miembros de la red de acceso Wifi

6.1.4. Definición de equipos radio (Sistemas)

Contendrá la base de datos con los parámetros de cada tipo de estación agregada, las estaciones base y suscriptoras BreezeMAX, las estaciones punto a punto BreezeUltra y los puntos de acceso Wifi BreezeMAX Wi2.

Todos los parámetros de potencia de transmisión, umbral de recepción, tipo de antena, ganancia y altura, se toman de los manuales técnicos que incluyen los fabricantes en la distribución de estos equipos (disponibles en Anexo, Especificaciones Técnicas).

No obstante, aunque para la potencia máxima de transmisión de los equipos el fabricante indique una determinada, habrá que ajustarla de modo que se cumpla la normativa vigente en cuestión de emisiones radioeléctricas (CNAF UN-128, UN-143 y UN-85 para las bandas de 5, 5'8 y 2'5 GHz respectivamente).

El PIRE o potencia isotrópica radiada equivalente es una medida aproximada de la energía que radia una antena. Si una antena isótropa radia igual en todas sus direcciones, una antena real concentra la radiación en algunas direcciones más que en otras. Esta concentración de la potencia la mide la ganancia de la antena, por lo que en un transmisor conectado a una antena real, la PIRE en cierta dirección será la potencia que debería emitir una antena isótropa para producir el mismo efecto en esa dirección.

La PIRE se calcula (en dB) restando a la potencia neta de transmisión, las pérdidas en los cables de conexión de la antena:

En dB: $PIRE = Potencia + Ganancia - Pérdidas$

Teniendo en cuenta la normativa vigente:

- La norma CNAF UN-128 aplicable a la hora de regular la potencia de salida de los equipos punto a punto Alvarion BreezeUltra, exige una PIRE máxima, siempre que se cuente con técnicas de control de potencia, TCP, (Alvarion sí incluye en sus equipos mecanismos de control de potencia), de 1W (30 dBm).
- La norma CNAF UN-143 impone a las estaciones con TCP base y suscriptoras BreezeMAX Extreme que operarán en la banda de 5,8 GHz, una PIRE máxima de 4W (36 dBm).
- La norma CNAF UN-85 exige a su vez, para los puntos de acceso Wifi de los equipos BreezeMAX Wi2 (siempre que se cuente con TCP) una PIRE máxima de 100mW (20 dBm).

La potencia de transmisión de los equipos se ajustará por tanto a las siguientes potencias:

Estaciones BU y RB Alvarion Breeze Ultra..... 10 dBm

Aunque permiten una potencia máxima de salida de 24 dBm, se ajustará hasta 10 dBm (la ganancia de la antena es de 23 dBi pero se ajustará a 20 dBi).

En enlaces punto a punto como los de este caso es preferible emplear antenas lo más directivas posible y bajar la potencia de transmisión para que de este modo se aislen al máximo las interferencias y los ruidos de emisiones cercanas que operen en la misma banda de frecuencias.

Estaciones base Alvarion BreezeMAX Extreme 5000..... 21 dBm

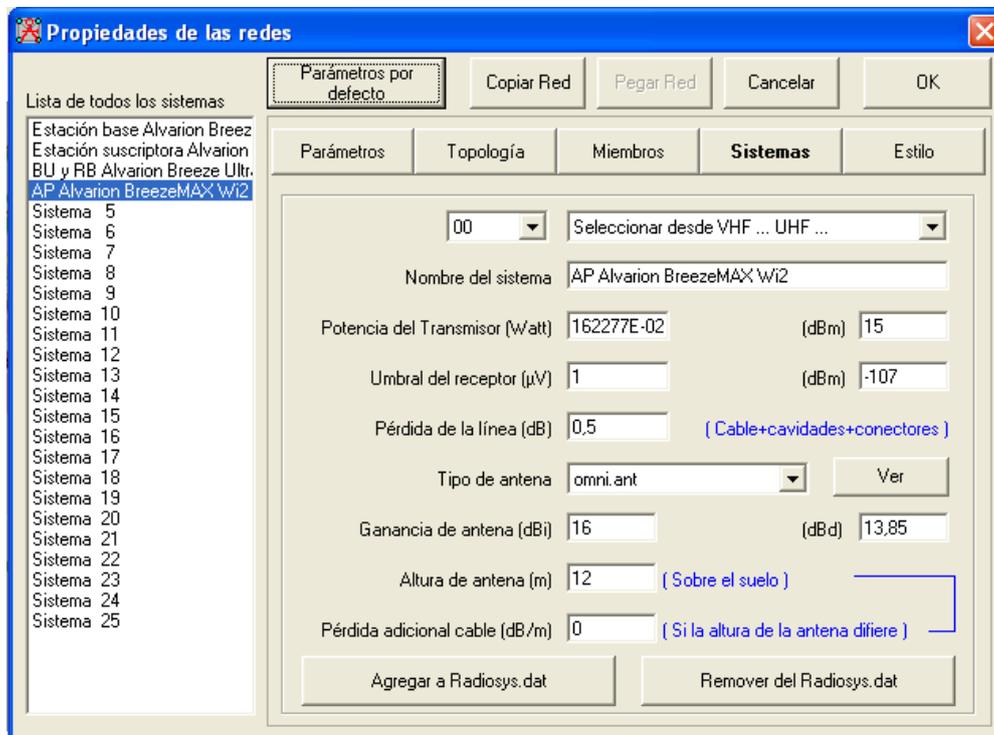
No es necesario ningún ajuste.

Estaciones suscriptoras Alvarion BreezeMAX Extreme CPE..... 20 dBm

Permiten una potencia máxima de salida de 21dBm y se ajustarán a 20 dBm.

Punto de acceso Alvarion BreezeMAX Wi2..... 15 dBm

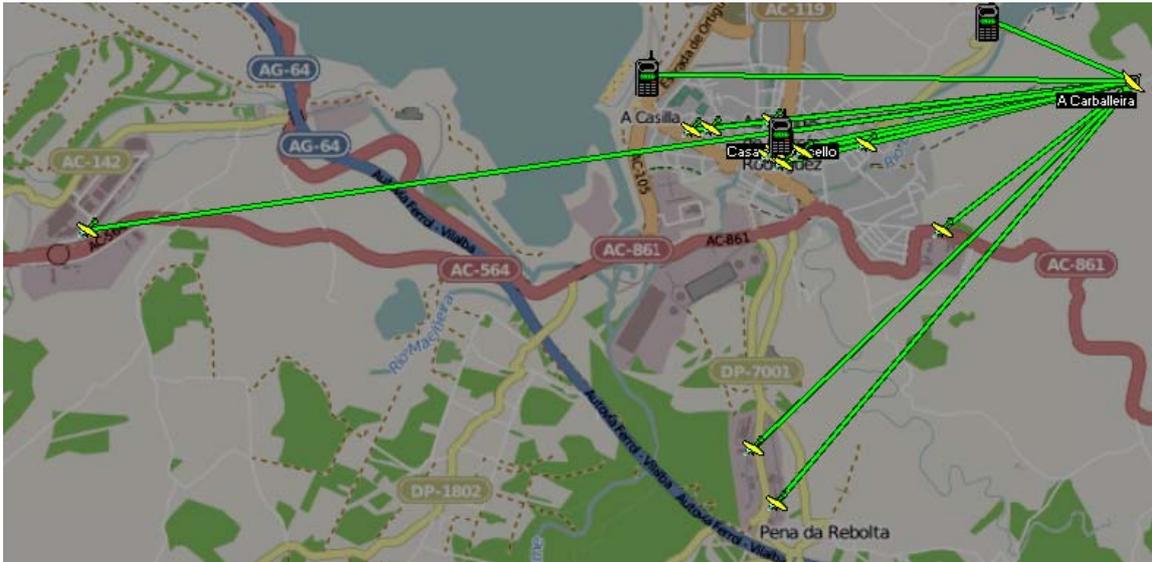
Permiten una potencia máxima de salida de 18 dBm y se ajustarán a 8 dBm.



51. Detalle de definición de equipos

6.2. Simulación de las Redes

Comprobaremos primero el funcionamiento de las tres redes juntas para posteriormente, en un análisis más detallado, comprobarlas una a una. Para ello se muestra una visión de la red completa en la que según Radio Mobile está todo bien así como la cobertura desde la estación base de A Carballeira.



52. Planta de la red completa



53. Cobertura desde la estación base de A Carballeira

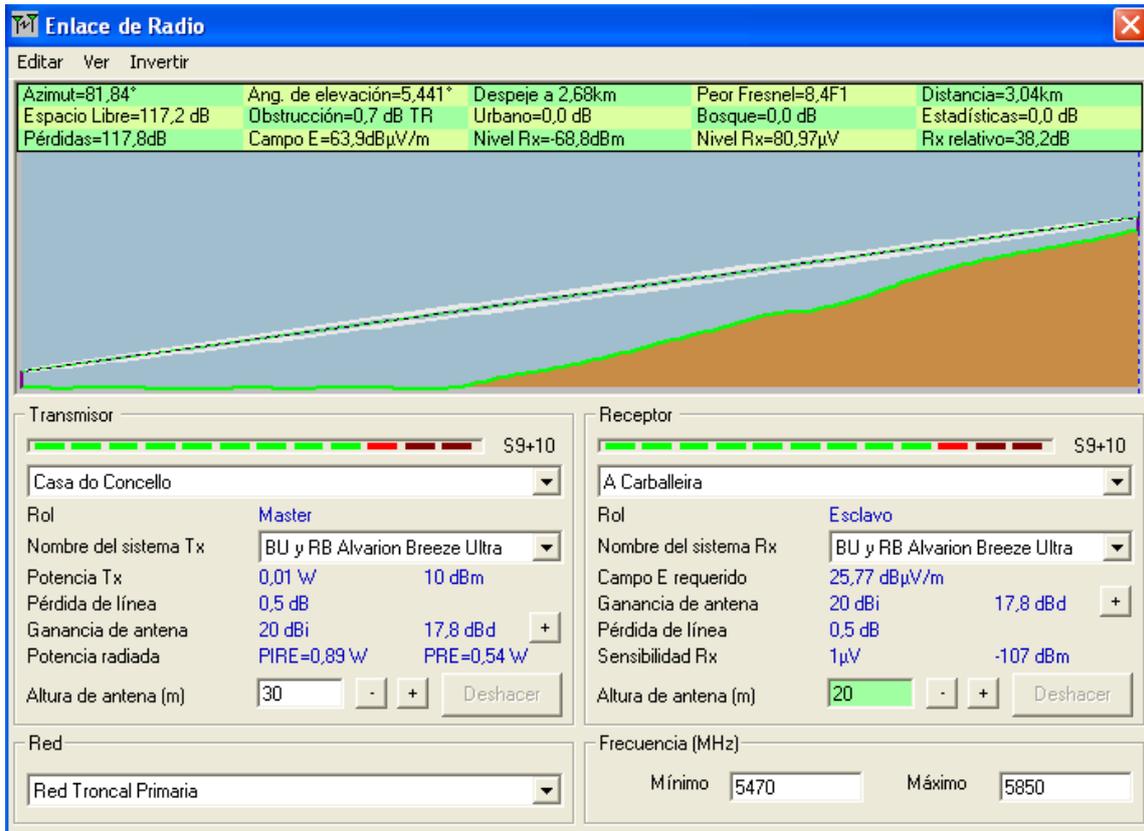
6.2.1. Enlaces PaP - Red Troncal Primaria

Para el primer enlace de transporte punto a punto desde el Ayuntamiento al monte de A Carballeira se obtiene buena conectividad y las siguientes características:



54. Planta del enlace Casa do Concello - A Carballeira

- La potencia radiada es de 0,89 W inferior a la de 1 W permitida.
- El peor fresnel es 8,4 del primero (se debe obtener un mínimo de 0,4F1).
- Para una distancia de 3,04 km con un ángulo de elevación de 5,441° se tiene una calidad de recepción S9+10 con un nivel de señal de -68,8 dBm (80,97 μ V).



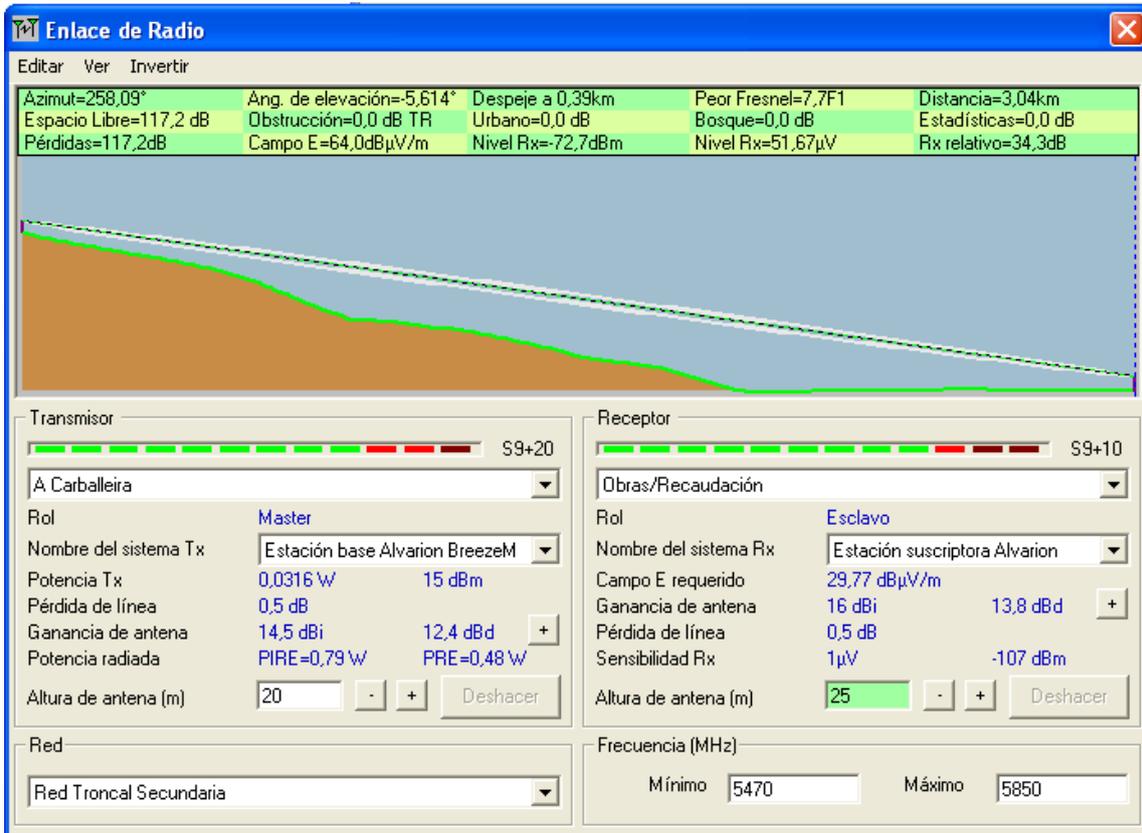
55. Enlace de radio Casa do Concello - A Carballeira

6.2.2. Enlaces PmP - Red Troncal Secundaria

Los enlaces punto a multipunto de la red troncal secundaria son 14, y para todos sus enlaces resultan viables los radioenlaces diseñados. Se reproducen 2 de ellos, uno el más alejado (Vivero de empresas) y otro en el centro del pueblo (Obras/Recaudación):

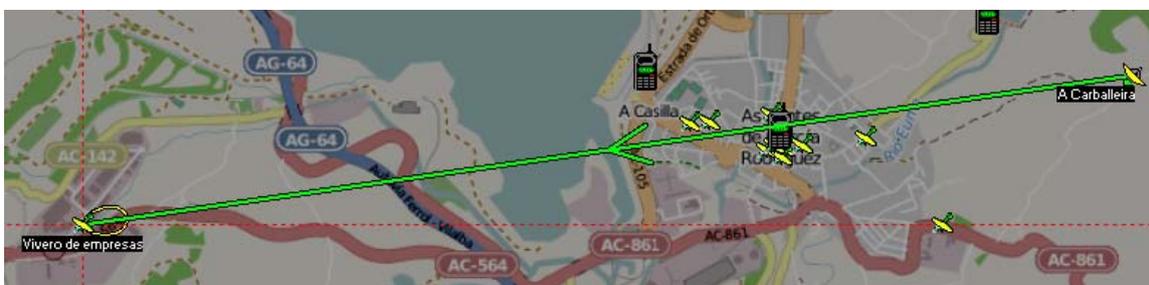


56. Planta del enlace A Carballeira - Obras/Recaudación

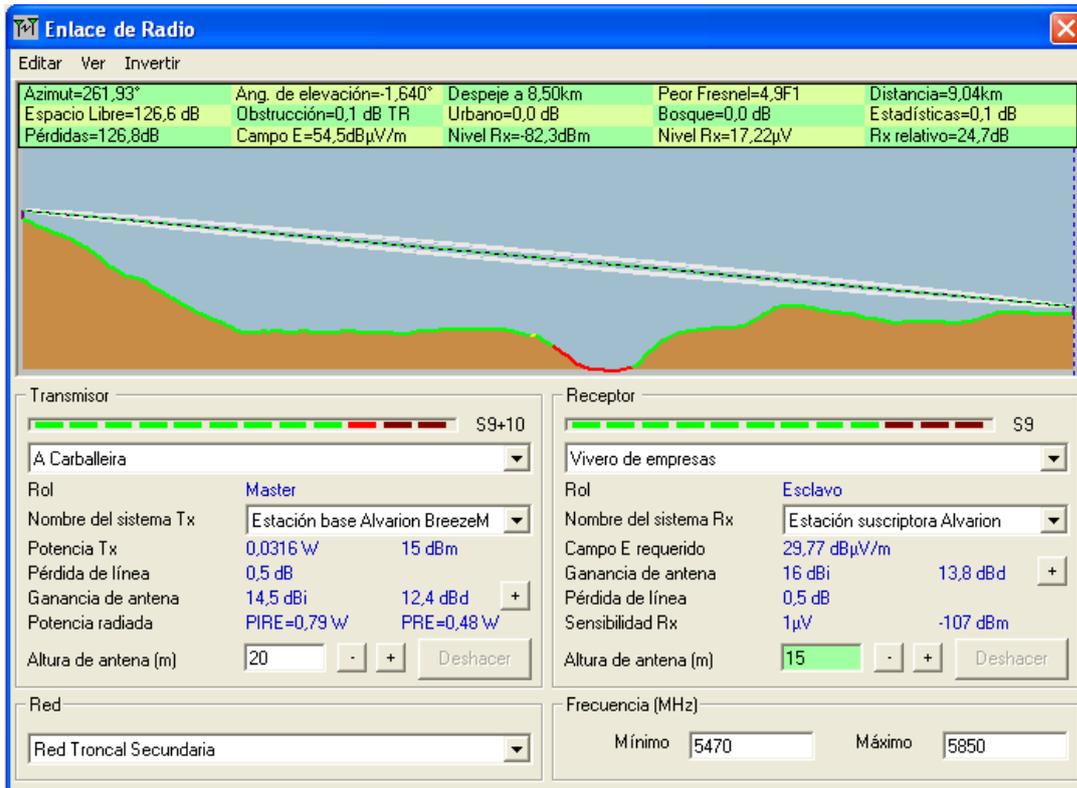


57. Enlace de radio A Carballeira - Obras/Recaudación

- La potencia radiada es de 0,79 W inferior a la de 1 W permitida.
- El peor fresnel es 7,7 del primero (se debe obtener un mínimo de 0,4F1).
- Para una distancia de 3,04 km con un ángulo de elevación de 5,614° se tiene una calidad de recepción S9+10 con un nivel de señal de -72,7 dBm (51,67 μV).



58. Planta del enlace A Carballeira - Vivero de empresas



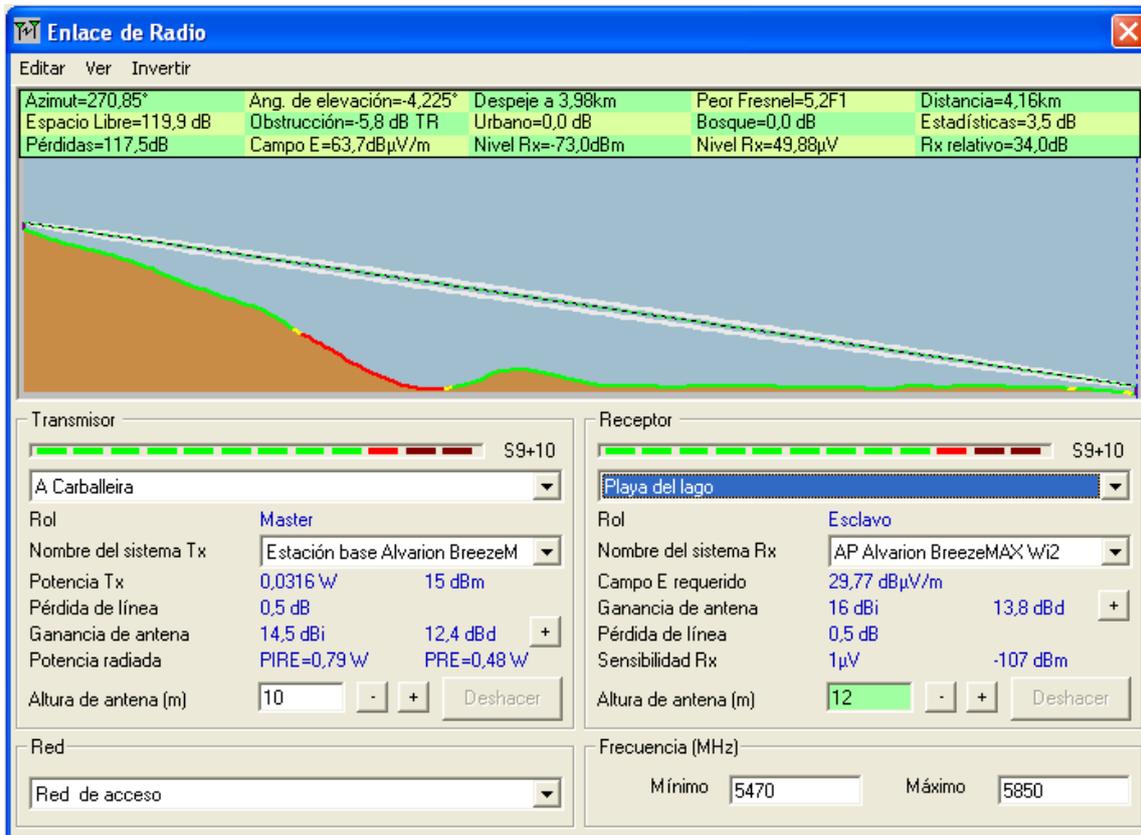
59. Enlace de radio A Carballeira - Vivero de empresas

- La potencia radiada es de 0,79 W inferior a la de 1 W permitida.
- El peor fresnel es 4,9 del primero (se debe obtener un mínimo de 0,4F1).
- Para una distancia de 9,04 km con un ángulo de elevación de -1,640° se tiene una calidad de recepción S9 con un nivel de señal de -82,3 dBm (17,22 μV).

6.2.3. Enlaces PmP - Red acceso WiFi



60. Planta del enlace A Carballeira - Playa del lago



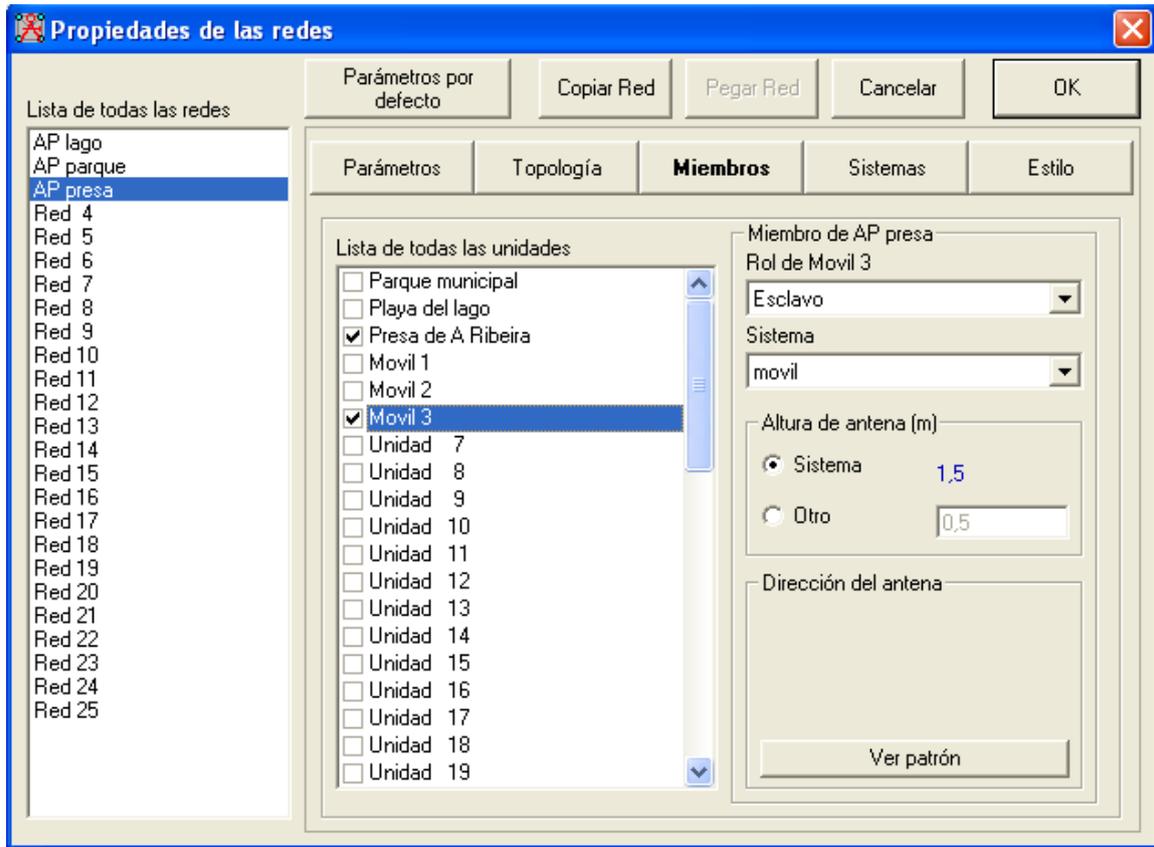
61. Enlace de radio A Carballeira - Playa del lago

- La potencia radiada es de 0,79 W inferior a la de 1 W permitida.
- El peor fresnel es 5,2 del primero (se debe obtener un mínimo de 0,4F1).
- Para una distancia de 4,16 km con un ángulo de elevación de $-4,225^\circ$ se tiene una calidad de recepción S9+10 con un nivel de señal de $-73,0$ dBm ($49,88 \mu\text{V}$).

6.3. Coberturas de las zonas WiFi

Para simular la cobertura WiFi se crea otra red con las características de los puntos de acceso y se simula el alcance con respecto a un terminal móvil. Se coloca un terminal móvil aproximadamente a 1 km.

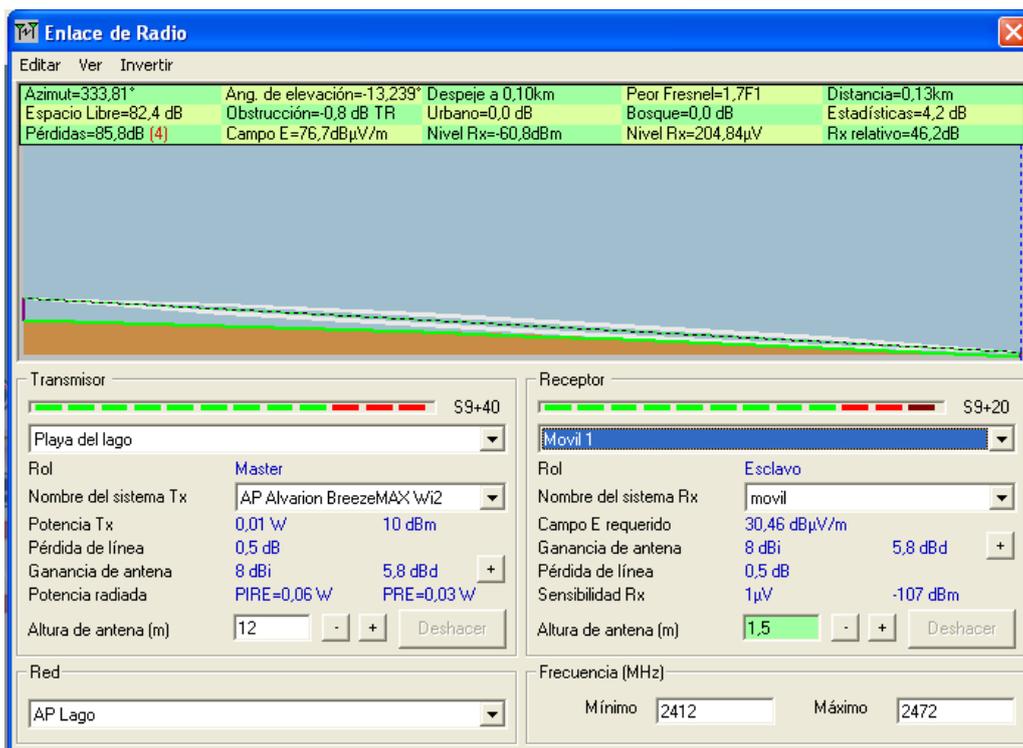
Se tiene entonces que en cada uno de los emplazamientos la cobertura WiFi es la mostrada en la figura siguiente. Como se puede apreciar la cobertura se solapa con lo que, para evitar interferencias, se obliga a que cada una de las zonas funcione en uno de los canales 1, 6 o 11 (cada zona en un canal distinto).



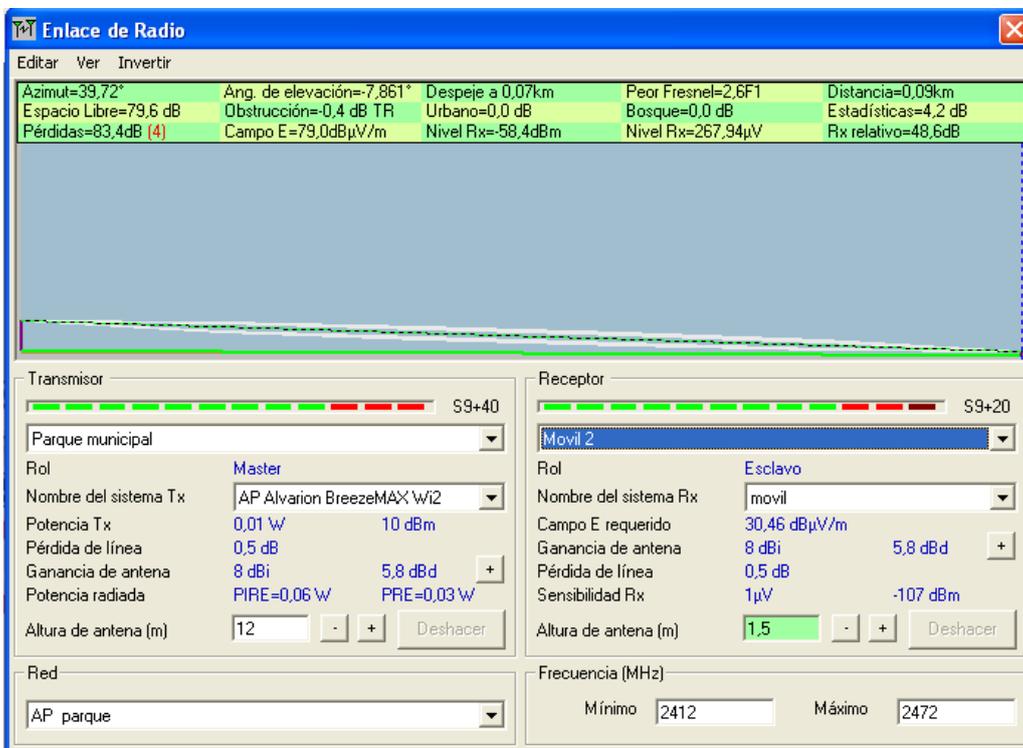
62. Redes para la cobertura WiFi



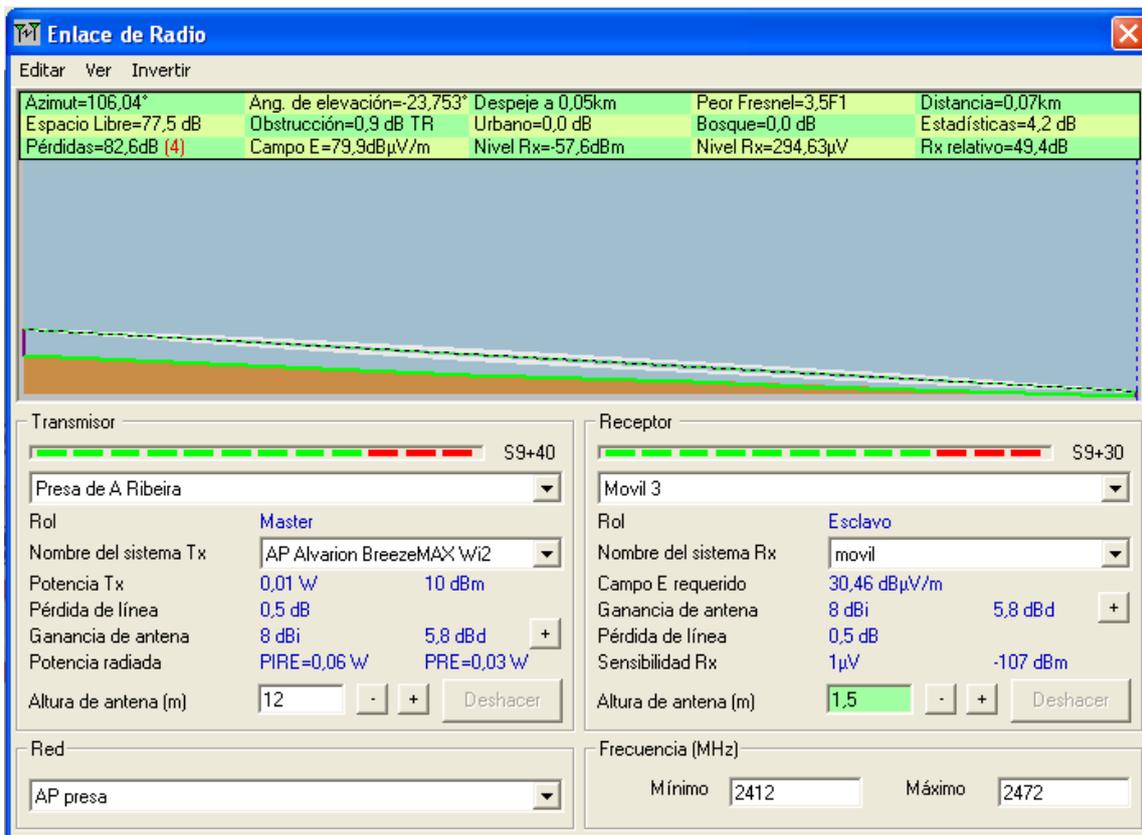
63. Cobertura de las zonas de WiFi gratuito



64. Enlace de radio Playa del lago - móvil wifi



65. Enlace de radio Parque municipal - móvil wifi



66. Enlace de radio Presa de A Ribeira - móvil wifi

El resumen de las tres zonas es:

- La potencia radiada es de 0,06 W inferior a la de 100 mW permitida.
- El peor fresnel es 1,7 del primero (se debe obtener un mínimo de 0,4F1).
- Para una distancia entre 90 y 130 m se tiene una calidad de recepción mínima de S9+20 con un nivel de señal mínimo de -60,8 dBm (204,84 μV).

Además de su hoja de especificaciones se obtiene:

Wi-Fi Access Point Specifications								
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)	-91	-90	-89	-88	-84	-80	-75	-73
802.11b	1 Mbps	2 Mbps	5.5 Mbps	11 Mbps				
TX power (dbm)	20	20	20	20				
RX sensitivity (dbm)	-96	-93	-93	-90				

67. Especificaciones de los AP WiFi

Que quiere decir que en el peor de los casos (-60,8 dBm) puede transmitir 54 Mbps en la configuración 802.11g o 11 Mbps en la 802.11b superior a las necesidades de 12,80 Mbps calculadas en el punto 3.3 para la zona wifi de la playa del lago.

Por lo tanto queda demostrado que se puede obtener una señal óptima Wifi en todos los emplazamientos. Incluso se podría ampliar el radio de cobertura en alguno de ellos para ofrecer mayores distancias de señal WiFi puesto que no existirán problemas de interferencias al estar en los canales 1, 6, 11.

7. Valoración económica

7.1. Mediciones y presupuesto de ejecución material

Cantidad	Concepto	Precio Unitario	Precio Total
2	BreezeULTRA P6000-350, BU/RB-B350-5X-P6000, ODU with integrated 23 dBi 8 degrees dual pol. antenna, Single GigE Ethernet interface, IDU Input AC power 110VAC-220VAC, 4.9-5.9GHz, up to 250 Mbps, TX power 24dBm	1.850,00	3.700,00
1	XTRM-BS-1DIV-5.4-Ext, BreezeMAX Extreme BTS, single sector, 2nd order diversity, 5.47-5.95GHz band. Mounting kit included. Indoor Unit (IDU), External antenna/s, and indoor to outdoor cable are NOT included	4.955,00	4.955,00
14	VSU 5000 XTRM-K2-1D-4.9, BreezeMAX Extreme Vehicular Outdoor Subscriber Radio Unit 4.9-5.9GHz with 2 N-Type connectors for external antenna. Input power range of 10-32VDC, 7m power cable is included. Antenna kit and ethernet cable sold separately	740,00	10.360,00
3	Alvarion 858700 BreezeMAX Wi2 Wireless Access Point	1.155,00	3.465,00
15	Indoor AC/DC PoE standard power for the BreezeMAX Extreme base-station unit. 110/220 VAC INPUT. 70W, 55V/1.27A DC OUTPUT. AC power cord NOT INCLUDED	78,00	1.170,00
15	IOC LMR(R)195-1-80, Indoor unit to Outdoor unit Cable, for use with BreezeMAX models that include outdoor units Terminating connectors: TNC-male / TNC-male. Length: 80 m	185,00	2.275,00
3	ANT BS, 2.4-2.5GHz, 8dBi Omni-directional vertical polarity antenna, N-Male connector	90,00	270,00
3	Apoyos metálicos de 12 metros	450,00	1.350,00
1	Cableado, conectores, tornillería, mástiles, sujeciones.	1.500,00	1.500,00
1	Router CISCO ISR G2 2911	1.000,00	1.000,00
1	Switch CISCO 2960G-48TC-L	1.280,00	1.280,00
1	Firewall CISCO ASA 5512-X Security Plus	2.000,00	2.000,00
1	Wi-Fi Extensions, Wi2 Controllers, Wi2-CTRL-40, Wi2 controller that can manage up to 40 Wi2 APs, 500 Concurrent users. Located in the central office / NOC. The controller supplies centralized network management system, OSS, authentication, security	2.775,00	2.775,00
1	ASN - Gateway Alvarion BreezeMax ASN-GW	3.600,00	3.600,00

1	SAI Eaton EX 3000 3U Torre	2.485,00	2.485,00
1	Servidor Radius, DHCP, DNS, HTTP HP ProLiant DL 160 Gen8 E5-2620 8 GB	2.350,00	2.350,00
1	Servidor VoIP Alcatel Lucent OmniPCX XL	3.700,00	3.700,00
95	Terminales VoIP Alcatel Lucent 4008	100,00	9.500,00
15	Router acceso interior CISCO ISR G2 1921	725,00	10.875,00
1	Switch acceso interior Casa do Concello CISCO 2960G-48TC-L	1.238,00	1.238,00
3	Switch acceso interior CISCO 2960-24TC-L	575,00	1.725,00
11	Switch acceso interior CISCO 2960-8TC-L	275,00	3.025,00
500	Mano de obra	50,00	25.000,00
		SUMA	99.598,00
		Gastos no previstos y pequeño material (2% de suma)	1.992,00
		Total Presupuesto de Ejecución Material	101.590,00

7.2. Presupuesto de ejecución por contrata

Presupuesto de Ejecución Material	101.590,00
Proyecto + Dirección de Obra + Coordinación de Seguridad y Salud (10% PEM)	10.159,00
Gastos generales + Beneficio industrial (19% PEM)	19.302,10
Suma	131.051,10
IVA (21%)	27.520,73
Presupuesto de ejecución por contrata	158.571,83

Por lo tanto asciende el Presupuesto de ejecución por contrata a la cantidad de CIENTO CINCUENTA Y OCHO MIL QUINIENTOS SETENTA Y UN EUROS CON OCHENTA Y TRES CENTIMOS (158.571,83 €)

7.3. Rendimiento económico de la inversión

Al coste de la obra se le tiene que añadir la cuota de alta de la operadora (567,43 €) lo que nos da un coste total de la inversión de 159.139,26 euros.

Según la información recabada en el Ayuntamiento la factura mensual de telefonía e internet asciende a unos 5.000 euros al mes, lo que significa 60.000 € anualmente.

La cuota mensual de la operadora será de 551,79 € al mes, lo que es lo mismo que 6.621,48 € anuales. Este coste se le resta al coste actual para comprobar cuál sería el ahorro y posteriormente calcular el retorno de la inversión.

$$\text{Retorno de la inversión} = \frac{\text{Gastos}(\text{€})}{\text{Ahorro}(\text{€}/\text{año})} = \frac{159.139,26}{60.000 - 6.621,48} = 2,98 \text{ años}$$

Lo que quiere decir que en unos 3 años se amortizará la inversión pasando a partir de esta fecha a ahorrar 53.378,52 euros anuales.

8. Conclusiones

Como conclusión se puede afirmar que es viable, técnica y económicamente, la creación de una infraestructura de red como la propuesta como objetivo al principio de este documento, consiguiéndose implantar como resultado una red inalámbrica capaz de ofrecer distintos servicios a los usuarios del municipio.

Los resultados de la simulación de los radioenlaces diseñados con el programa Radio Mobile avalan esta afirmación, al tiempo que ofrecen un soporte virtual sobre el que añadir nuevos elementos a la red o introducir las modificaciones oportunas según las necesidades de cada momento.

Dotando además a la red de los mecanismos de seguridad que necesita para garantizar su fiabilidad y robustez, se consigue crear una red inalámbrica de calidad y enmarcada dentro de la legislación vigente.

También se puede concluir que es posible el acceso vía inalámbrica a zonas hasta hace no mucho inaccesibles, para darles servicio de conexión a la red externa de datos, mediante las tecnologías Wifi-Wimax empleadas en este proyecto.

Por último, como posible línea de ampliación, gracias a la escalabilidad y flexibilidad de los equipamientos elegidos para la creación de esta infraestructura, se podría ampliar la red a otras zonas o incluso a otros municipios limítrofes, para los que una ampliación de ésta les pudiese suponer una mejora o incluso paliar algunas de sus necesidades.

9. Anexos

9.1. Referencias

1. Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones (BOE - 264):

http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/lssi/normativa/docnormativa/1.%20leyes/ley_32_2003.pdf

2. Circular 1/2010 de la CMT referente a las condiciones que deben cumplir las Administraciones Públicas para prestar servicios y explotar las redes de comunicaciones electrónicas:

<https://www.boe.es/boe/dias/2010/08/09/pdfs/BOE-A-2010-12831.pdf>

3. Ley Orgánica 15/1999 de 13 de diciembre de Protección de Datos de Carácter Personal:

<http://www.boe.es/boe/dias/1999/12/14/pdfs/A43088-43099.pdf>

4. Cuadro nacional de atribución de frecuencias (CNAF):

<http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/espectro/paginas/cnaf.aspx>

5. Notas de utilización nacional (UN):

<http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/Espectro/CNAF/notasUN2013.pdf>

6. Publicación de Endesa sobre el lago de As Pontes

<http://www.lagodeaspontes.com/images/html/target0.html>

7. Northwest Trimán

http://www.lavozdegalicia.es/noticia/deportes/2014/04/08/ironman-debutantes/0003_201404F8C11993.htm

8. ¿1.5 Mbps es una velocidad de Internet suficiente?

http://www.ehowenespanol.com/15-mbps-velocidad-internet-suficiente-info_185061/

9. Voz sobre IP - Consumo de ancho de banda por llamada

http://www.cisco.com/cisco/web/support/LA/7/73/73295_bwidth_consume.html#topic1

10. GigADSL

https://www.movistar.es/operadores/bandaancha/acceso_indirecto_urbano/ficha/PRO_GigADSL

9.2. Glosario

3G: Tercera generación de telefonía móvil

AAA: *Authentication, Authoritation and Accounting* (Autenticación, autorización y tarificación)

AES: *Advanced Encryption Standard* (Estándar de Encriptación Avanzada)

ADSL: *Asymmetric Digital Subscriber Line* (Línea de abonado digital asimétrica)

ATM: *Asynchronous Transfer Mode* (Modo de transferencia asíncrona)

Backbone: Red troncal

CATV: Televisión por Cable

CMT: Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones

CNAF: Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias

CPD: Centro de Proceso de Datos

CSMA/CD: *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* (Acceso múltiple con detección de portadora y de colisiones)

EDGE/EGPRS: *Enhaced Datarates for GSM Evolution / Enhaced GPRS* (Protocolos de transferencia mejorados para la evolución de GSM)

FTP: *File Transfer Protocol* (Protocolo de Transferencia de Ficheros)

FCC: Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos

GHz: Gigahercio

GPRS: *General Packet Radio Service* (Servicio general radio de paquetes)

GSM: Global System for Mobile Communications (Sistema Global para las comunicaciones Móviles).

HFC: Híbrido fibra y coaxial

HSDPA: *High Speed Downlink Packet Access* (Acceso descendente de paquetes de alta velocidad)

HSUPA: *High Speed Uplink Packet Access* (Acceso ascendente de paquetes de alta velocidad)

IEEE: *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos)

IP: *Internet Protocol* (Protocolo de Internet)

ISM: *Industry, Scientific and Medical band* (Bandas del espectro radioeléctrico reservadas internacionalmente para uso industrial, científico y médico.

ISP: *Internet Service Provider* (Proveedor de servicios de Internet)

Kbps: Kilo bits por segundo (mil bits por segundo)

Latencia: Suma de retardos temporales dentro de una red.

LMDS: *Local Multipoint Distribution System* (Sistema de Distribución Local Multipunto)

Mbps: Mega bits por segundo (Millón de bits por segundo)

MHz: Megahercio

Multiplexación: Combinación de dos o más flujos de información en un solo medio de transmisión.

mW: miliwatio (milésima de watio)

OFDM: *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (Multiplexación por división de frecuencias ortogonales)

P2P: *Peer to Peer*. Red de pares en el cada nodo actúa simultáneamente como cliente y servidor

PIRE: Potencia Isotrópica Radiada Equivalente

PLC: *Power Line Communication* (Comunicación mediante la red eléctrica)

RF: Radio frecuencia

SAI: Sistema de Alimentación Ininterrumpida

SNMP: *Simple Management Network Protocol* (Protocolo Simple de Gestión de Red)

Switch: Conmutador

Telnet: Protocolo para acceso a máquinas remotas

TIC: Tecnologías de la Información y Comunicaciones

UMTS: *Universal Mobile Telecommunications System* (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles)

VOIP: Voz sobre IP

WAN: *Wide Area Network* (Red de área extensa)

WCDMA: *Wideband Code Division Multiple Access* (Acceso multiple de banda ancha por división de código)

WEP: *Wired Equivalent Privacy* (Privacidad Equivalente al Cableado). Mecanismo de seguridad de redes inalámbricas

WIFI: *Wireless Fidelity* (Fidelidad Inalámbrica). Estándar de transmisión de datos sin cables.

WiMAX: *Worldwide Interoperability for Microwave Access* (Interoperabilidad Mundial para enlaces por Microondas). Estándar de transmisión de datos sin cables.

WLAN: *Wireless Local Area Network* (Red de área local inalámbrica)

WLL: *Wireless Local Loop* (Bucle local inalámbrico)

WMAN: *Wireless Metropolitan Area Network* (Red de área metropolitana inalámbrica)

WPAN: *Wireless Personal Area Network* (Red de área personal inalámbrica)

XDSL: *Digital Subscriber Line* (Línea de abonado digital).

9.3 Catálogos técnicos

9.3.1. Alvarion BreezeULTRA P6000-350

9.3.2. Alvarion BreezeMAX Extreme 5000

9.3.3. Alvarion BreezeMAX Wi2

BreezeULTRA™

Capacidad Ilimitada.

BreezeULTRA



BreezeULTRA

Capacidad Ilimitada.



Vivir en un Mundo Hiperdinámico

Vivimos en un mundo hiperdinámico de acceso “inmediato”, en “cualquier momento y en cualquier lugar”.

Un mundo donde la capacidad lo es todo: la capacidad para compartir ideas con nuevos amigos y socios de negocios; la capacidad para aprovechar nuevas oportunidades de negocios, y la capacidad para entrar en contacto y cumplir compromisos. Pero en las comunidades rurales desde Kansas hasta Kenia, entre el 60% y 90% de las personas no tienen acceso de banda ancha debido a los altos costos y bajas ganancias de tender cableado.

Además en las áreas metropolitanas, demasiada gente compete por una cantidad finita de ancho de banda, la cual es afectada por árboles, edificios altos e interferencia eléctrica.

El reto para los operadores, los negocios y los consumidores es encontrar el balance apropiado entre conectividad, capacidad y cobertura; un balance que sea práctico, rentable y de costo accesible.

BreezeULTRA: Capacidad Ilimitada.

Para ayudar a cumplir con los retos del mundo hiperdinámico de hoy, Alvarion trae la familia de productos de BreezeULTRA, lo último en soluciones inalámbricas de banda ancha para el mercado de soluciones en bandas no licenciadas. BreezeULTRA te ofrece una atrevida combinación de multiplicidad, desempeño, crecimiento orgánico y simplicidad.



Multiplicidad

Benefíciate de una multiplicidad de opciones para crear la solución de acceso inalámbrico de banda ancha que mejor se adapta a sus particulares necesidades de negocio. Ya sea que se necesite una solución de punto a punto, de punto a multipunto o de una solución híbrida con backhaul y Punto a multipunto, BreezeULTRA cumple sus necesidades.



Desempeño

Supera los retos de despliegue inalámbrico con capacidad superior y procesamiento de paquetes para voz, video y datos. BreezeULTRA te ofrece una capacidad de hasta 300 Mbps de throughput por radio y un alcance de hasta 75 km (46 mi).



Crecimiento Orgánico

Paga por su red conforme sus necesidades vayan creciendo. Habilita sectores adicionales con una licencia de software. Da soporte a hasta 150 CPEs (Equipos Locales del Cliente) por sector*.



Simplicidad

Fácil de adquirir, instalar y operar, el equipo BreezeULTRA de Alvarion es una solución robusta que reduce los gastos de operación. Utiliza los CPEs (Equipos Locales del Cliente) de BreezeULTRA o el creciente ecosistema de dispositivos compatibles con WiFi, para que de forma rápida y fácil puedas expandir tu red.

*En Roadmap

Aspectos Sobresalientes del Producto

- Transmite voz, video y datos a 300 Mbps por radio (gross)
- Procesa paquetes a 80,000 PPS
- Da soporte a cobertura sin línea de vista y mitiga la interferencia con OFDM, MIMO, Técnicas de Diversidad y DFS
- Optimiza el desempeño de voz, video y datos mediante el uso de Calidad del Servicio (QoS)
- Cumple con precisión las necesidades de ancho de banda con enlaces ascendente y descendente (uplink/downlink) completamente flexibles
- Aumenta la capacidad en forma rápida al adquirir licencias de software adicionales

Mercados	Aplicaciones	Beneficios a los negocios
 Ciudades Inteligentes	<ul style="list-style-type: none"> • Voz, video y datos para autoridades municipales • Suministrar Internet de alta velocidad a escuelas y comunidades • Video vigilancia para espacios públicos • Monitoreo y control de Tráfico 	<ul style="list-style-type: none"> • Elimina la costosa renta de líneas de E1/T1 • Transforma a los municipios, de ser consumidores de servicios a proveedores de servicios • Reactiva los centros de las ciudades • Incrementa la calidad de vida y satisfacción
 Seguridad Pública	<ul style="list-style-type: none"> • Video vigilancia para espacios públicos • Monitoreo y control de Tráfico • Voz, video y datos para departamentos y policía 	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementa la sensación de seguridad pública • Mejora la seguridad en instalaciones sensibles • Elimina el alto costo de renta de líneas E1/T1
 Educación	<ul style="list-style-type: none"> • Crea redes de educación de alta velocidad • Cumple con iniciativas de inclusión digital • Mejora las comunicaciones entre planteles y se comparten recursos 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora los servicios educativos • Reduce la brecha digital • Da acceso a recursos remotos para e-Learning
 Corporate & Enterprise	<ul style="list-style-type: none"> • Voz, video y datos para todas las oficinas • Acceso a aplicaciones remotas • Entrenamiento remoto y por video conferencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Incrementa la comunicación entre oficinas • Reduce el OPEX con VoIP • Elimina el alto costo de renta de líneas E1/T1
 Transportación	<ul style="list-style-type: none"> • Da soporte a Sistemas de Tráfico Inteligentes (ITS) • Ofrece acceso de Internet en las estaciones • Da soporte a Sistemas de Información a Pasajeros (PIS) • Suministra voz, video y datos para apoyo administrativo 	<ul style="list-style-type: none"> • Reduce el consumo de combustible • Mantiene a los usuarios conectados y satisfechos • Agiliza ventas y procesos de negocio • Elimina el alto costo de renta de líneas E1/T1
 Servicios Inteligentes	<ul style="list-style-type: none"> • Video vigilancia para proteger activos • Datos de Backhaul SCADA para subestaciones • Da soporte de AMR para servicios de agua, gas y electricidad • Envía voz, video y datos a personal con movilidad 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora la seguridad y detecta fugas más rápidamente • Mejor operación de las subestaciones • Empodera a los consumidores e incrementa su satisfacción • Incrementa la productividad de los trabajadores con movilidad
 Minería	<ul style="list-style-type: none"> • Monitorea la integridad estructural de los recolectores • Radar Doppler de flujo en el sitio de la oficina • Monitorea las casas de bombas, electricidad y mas • Suministra voz, video y datos al sitio 	<ul style="list-style-type: none"> • Mejora la seguridad y el bienestar • Permite estar prevenido de la condiciones cambiantes • Mejor manejo de los recursos y reducción de tiempo de inactividad • Elimina el alto costo de renta de líneas E1/T1
 Petroleo & Gas	<ul style="list-style-type: none"> • Da soporte a conexiones de la embarcación a la perforadora y de la perforadora al muelle • Monitorea bombas, corriente y mas • Habilita comunicaciones de voz, video y datos 	<ul style="list-style-type: none"> • Suministra comunicaciones seguras y en todas las condiciones climáticas • Mejor manejo de los recursos y reduce el tiempo de inactividad • Reduce las costosas cuotas de comunicación satelital
 Reproductores Wi-Fi (WISP)	<ul style="list-style-type: none"> • Gran throughput para áreas urbanas y rurales • Da soporte a aplicaciones múltiples con diferentes necesidades de uplink/downlink • Soporta hasta 3 sectores (hasta 450 CPEs) 	<ul style="list-style-type: none"> • Da soporte a servicios de alta calidad en áreas de baja rentabilidad • Ajusta el ancho de banda para que cumpla con las necesidades de sus aplicaciones • Reduce el CAPEX y el OPEX

Especificaciones

Oficinas Centrales Corporativas a nivel Internacional
Alvarion Ltd.
21a HaBarzel Street
P.O. Box 13139
Tel Aviv, Israel 69710

Contáctanos en:
sales@alvarion.com

Para información local en su área,
por favor ingrese a
www.alvarion.com

PTP (P6000)	
Configuraciones	
No. de Radios	P6000-350: 1 Radio P6000-600: 2 Radios* P6000-LE: 2 Radios*
Radio & Modem	
Caudal Bruto	P6000-350: 300Mbps P6000-600: 600Mbps* P6000-LE: 2x300Mbps*
Alcance	Hasta de 50Km / 31 millas 120 km / 75 millas* (c/alta ganancia de antena) Nota: Para P6000-LE el alcance es por dirección
Frecuencia	4.9 GHz*, 5.1-5.9 GHz
Tipo de Radio	MIMO (2x2), OFDM TDD
Modulación	OFDM, BPSK, QPSK, QAM16, QAM64
Canal BW	5*, 10*, 20, 40 MHz
Potencia de Salida (en el puerto de la antena)	Hasta de 24 dBm (depende de la regulación) (Hasta de 27dBm dos cadenas Tx)
Antena	Antena Interna: 4.9 -5.9 GHz, 8° polarización dual, 23 dBi Antena Externa: 4.9-5.9 GHz, 8°/ 6°, polarización dual, 23 / 28 dBi, Tipo N 50 ohm
Operación en Red & Gestión	
Estándares	Estándares 802.1p/Q, IEEE 802.3 CSMA/CD, 802.3at (PoE Fuera), SNMP v2, MIB II, WMM DSCP, procesamiento rápido de paquetes, MIR por dirección (UL/DL), concatenación, modo burst, optimización de paquetes pequeños para dar soporte a voz, QoS, Tipo Ethernet, Puerto TCP/UDP, VLAN-ID
Seguridad	Autenticación: ESSID, protección de Contraseña, Clave previamente compartida (PSK) Codificación de Datos: WPA2 AES 128 bit - 802.11i
Gestión	Local/monitoreo remoto vía interfaz de la Web, Telnet, CLI, SNMP y configuración de la carga/descarga (upload/download)
Gestión Remota	Vía LAN o liga inalámbrica
Control de acceso	Contraseña de niveles múltiples, configuración de dirección remota (Solo desde Ethernet, solo inalámbrica, o ambos lados)
Actualización & Configuración	Vía TFTP, Web
Físicas & Ambientales	
Dimensiones	44 x 38 x 13 cm (17.32 x 14.96 x 5.12 in.)
Peso	P6000-350: 7 kg (15.43 lbs.); todos los otros: 6.2 kg (13.67 lbs.)
Temperatura	-40°C a 55°C (-40°F a 130°F)
Humedad	5% - 95% sin condensación, protegido contra inclemencias ambientales
Eléctricas	
Consumo de Energía	40W
Potencia de entrada	100-240 VAC, 50-60Hz
Interfaces	1 x 10/100/1000BaseT (PoE In), 1 x 10/100/1000BaseT 802.3at (PoE fuera)
Cumplimiento	
Radio	FCC P15.247, FCC P15.407, ETSI: EN 302 502 (v1.2.1), EN 301 893 (v1.5.1), IC RSS-210 (Canadá)
EMC	FCC P15 Clase B, EN55022 Clase B, ETSI: EN 301 489-1/-17
Seguridad	EN 60950-1, EN 60950-22
Ambiental	EN 300 019 parte P2-4 Class4.1E, IP67

* En Roadmap

Acerca de Alvarion

Alvarion Ltd. (NASDAQ:ALVR) suministra soluciones inalámbricas optimizadas de banda ancha enfocadas a los retos de conectividad, cobertura y capacidad de los operadores de telecomunicaciones, ciudades inteligentes, seguridad, y clientes empresariales. Nuestras innovadoras soluciones están basadas en tecnologías múltiples para espectros licenciados y no licenciados. (www.alvarion.com)



www.alvarion.com

© Copyright 2012 Alvarion Ltd. Todos los derechos reservados. Alvarion® su logo y todos los nombres, productos y nombres de servicio a que se refiere el presente documento son ya sea marcas registradas, marcas, nombres comerciales o marcas de servicio de Alvarion Ltd en ciertas jurisdicciones. Todos aquellos otros nombres son o podrían ser las marcas comerciales de sus respectivos propietarios. El contenido del presente documento está sujeto a cambio sin previo aviso. Cualquier orden de compra ingresada y surtimiento real de productos y/o otorgamiento de licencias están sujetas a los Términos y Condiciones Generales de Alvarion y/o a cualquier otro acuerdo efectivo entre las partes. La información del manual es suministrada solamente para propósitos de información, y no representa un compromiso para enviar ningún producto, características y/o funcionalidades.



BreezeMAX[®] Extreme 5000

Primera solución WiMAX móvil 802.16e en banda no licenciada de 5,4 GHz en el mercado



QoS Private Networks Secure Data
WiMAX 16e video WISP Fast QoS Fast W
ordable Secure Secure Fast Fixed WISP Mobile
Fast Carrier Class Voice Video Private Networks F

WiMAX 16e para el mercado de bandas no licenciadas

BreezeMAX Extreme 5000 forma parte de la familia BreezeMAX de productos CARRIER CLASS y probados en la práctica, y es la primera solución de banda ancha inalámbrica que proporciona tecnología WiMAX 16e al mercado de 5 GHz de frecuencias exentas de licencia. Esta estación base líder en su categoría está diseñada para diversas aplicaciones y modelos de negocio y ofrece funciones avanzadas de protocolo de radio, un rendimiento superior y soporte de los protocolos estándar.

BreezeMAX Extreme 5000 es una estación base totalmente integrada y completamente exterior diseñada para permitir un despliegue sencillo y un coste total de propiedad reducido. Concebida pensando en el cliente, esta solución ofrece una configuración fácil y un ecosistema automantenido, especialmente adecuado para los Proveedores de Servicios de Internet Inalámbrico (WISP), ayuntamientos, compañías de servicios, empresas y redes públicas seguras.



Principales prestaciones y aspectos destacados

Solución WiMAX 16e CARRIER CLASS para el mercado de 5 GHz de bandas exentas de licencia

BreezeMAX Extreme 5000 proporciona tecnología puntera y estandarizada al mercado de banda no licenciada, ofreciendo Calidad de Servicio (QoS) WiMAX y una cobertura y capacidad mejoradas. BreezeMAX Extreme 5000 destaca por su interoperabilidad y está diseñado para soportar la certificación y cumplir con las directrices del WiMAX Forum®, lo cual permite que los ecosistemas se beneficien de las economías de escala que proporciona WiMAX 16e.

Solución "all-in-one, all outdoor" para servicios rentables de fácil instalación

El diseño compacto del BreezeMAX Extreme 5000 ofrece un gasto de capital y operativo reducido para lograr un bajo coste total de propiedad (TCO) y un retorno de la inversión (ROI) acelerado. Esta solución todo en uno integra la estación base, la antena, ASN-gateway y el receptor GPS para proporcionar una solución totalmente exterior fácil de desplegar en torres de comunicaciones, azoteas y postes de calle.

Aproveche la calidad de servicio WiMAX para ofrecer servicios de triple play rápidos y mejorados

Al incorporar la calidad de servicio (QoS) inherente a WiMAX, BreezeMAX Extreme 5000 permite soportar simultáneamente múltiples aplicaciones y utilizar la diferenciación de servicios para las aplicaciones de triple play (voz, vídeo y datos) en tiempo real y no real.

BreezeMAX Extreme 5000 soporta una amplia gama de aplicaciones



Técnicas potentes de mitigación de interferencias para superar obstáculos

BreezeMAX Extreme 5000 soporta MIMO y proporciona técnicas avanzadas de antena STC y MRC en la estación base y en los dispositivos del usuario final. Diseñado con las últimas técnicas de la corrección de errores que utilizan la capa física (PHY) 16e (1024 FFT, HARQ, repetición MAP), BreezeMAX Extreme 5000 ofrece el mejor rendimiento en despliegues sin línea de vista (NLOS) con OFDMA, así como Selección Dinámica y Automática de Frecuencias (AFS y DFS).

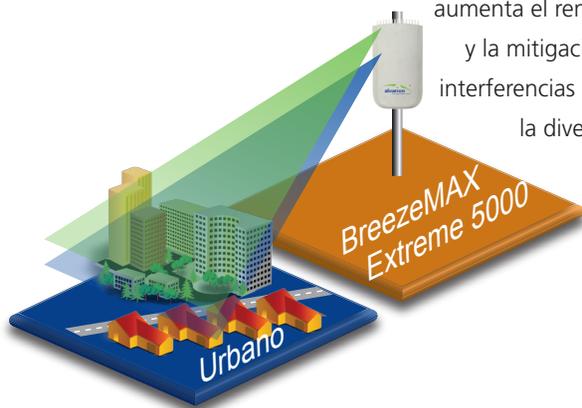
Suministro eficiente de aplicaciones de banda ancha en cualquier entorno

BreezeMAX Extreme 5000 soporta una variedad de capacidades de sector, coberturas y despliegues sin precedentes para una implementación mejorada de aplicaciones fijas, nomádicas y móviles en entornos rurales y urbanos. BreezeMAX Extreme 5000 es la elección ideal para los WISP, ayuntamientos, compañías de servicios, empresas y redes públicas seguras, porque gracias a los modelos SISO/MIMO de sector único o dual puede aumentar la capacidad en detrimento del alcance o viceversa, para adaptarse mejor a las necesidades del despliegue.

Modelos de BreezeMAX Extreme 5000

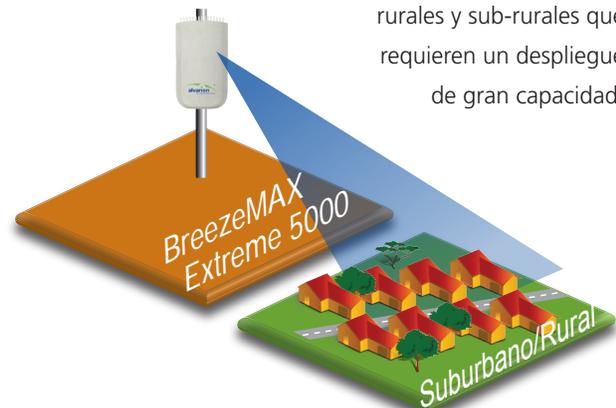
MIMO de sector único 2x2

Recomendado para despliegues urbanos de alta capacidad, enfocados al vídeo y sin línea de vista. Esta configuración aumenta el rendimiento y la mitigación de las interferencias mediante la diversidad de 2º orden.



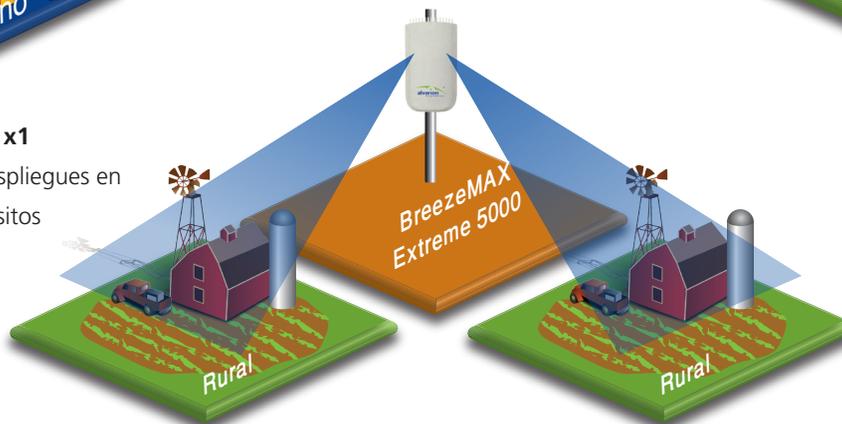
SISO de sector único 1x1

Recomendado para áreas rurales y sub-rurales que requieren un despliegue de gran capacidad.



SISO de sector dual 1x1

Recomendado para despliegues en áreas rurales con requisitos de cobertura elevados y baja demanda de capacidad por sector.



Ventajas de BreezeMAX Extreme 5000

- Calidad de servicio WiMAX 16e para frecuencias exentas de licencia
- Técnicas avanzadas de mitigación de interferencias para un óptimo rendimiento y fiabilidad
- Soporta MIMO A/B para ofrecer mayor cobertura y capacidad
- HARQ para una reducción significativa de los errores en el nivel de la capa física PHY
- Unidad única, compacta y totalmente exterior, fácil de instalar
- Conectividad segura con mecanismos de cifrado integrados
- Infraestructura fiable y resistente para condiciones exteriores extremas
- Retorno de la inversión rápido con un coste total de propiedad reducido, al usar una plataforma única todo en uno con ASN-gateway y soporte de sector dual
- Servicios móviles, portátiles y fijos

Sede central

Sede corporativa internacional
Tel: +972.3.645.6262
Email: corporate-sales@alvarion.com

Sede Norteamérica
Tel: +1.650.314.2500
Email: n.america-sales@alvarion.com

Contactos de ventas

Australia:
anz-sales@alvarion.com

Asia Pacífico:
ap-sales@alvarion.com

Brasil:
brazil-sales@alvarion.com

Canadá:
canada-sales@alvarion.com

Caribe:
caribbean-sales@alvarion.com

China:
cn-sales@alvarion.com

República Checa:
czech-sales@alvarion.com

Francia:
france-sales@alvarion.com

Alemania:
germany-sales@alvarion.com

Italia:
italy-sales@alvarion.com

Irlanda:
uk-sales@alvarion.com

Japón:
jp-sales@alvarion.com

América Latina:
lasales@alvarion.com

México:
mexico-sales@alvarion.com

Nigeria:
nigeria-sales@alvarion.com

Filipinas:
ph-sales@alvarion.com

Polonia:
poland-sales@alvarion.com

Portugal:
sales-portugal@alvarion.com

Rumanía:
romania-sales@alvarion.com

Rusia:
info@alvarion.ru

Singapur:
asean-sales@alvarion.com

Sudáfrica:
africa-sales@alvarion.com

España:
spain-sales@alvarion.com

Reino Unido:
uk-sales@alvarion.com

Uruguay:
uruguay-sales@alvarion.com

Para consultar la información de contacto más reciente de su zona, visite:
www.alvarion.com/company/locations

TELCOM
www.telcomsa.es
Tel. (+34) 91 103 30 00

alvarion
Your Open WiMAX Choice

www.alvarion.com

© Copyright 2009 Alvarion Ltd. Todos los derechos reservados. Alvarion® y todos los nombres, productos y nombres de servicios mencionados son marcas comerciales registradas, marcas comerciales, nombres comerciales o marcas de servicios de Alvarion Ltd en determinadas jurisdicciones. El contenido de este documento está sujeto a cambios sin aviso previo. "WiMAX Forum" es una marca comercial registrada de WiMAX Forum. "WiMAX" el logotipo de WiMAX Forum, "WiMAX Forum Certified" y el logotipo WiMAX Forum Certified son marcas comerciales de WiMAX Forum.

215533 ver.a

Especificaciones

Radio y Módem

Tipo de unidad	Estación base totalmente exterior	
Opciones de configuración	MIMO de sector único – antena integrada / externa SISO de sector único – antena integrada / externa + SISO de sector dual – antena externa* +	
Frecuencia	Estación base 4900-5350 GHz 5470-5950 GHz	CPE 4900-5950 GHz
Ancho de banda de canal	5 MHz, 10 MHz, 2x10 MHz*	5 MHz, 10 MHz
Número de canales	MIMO: 2Rx, 2Tx SISO: 1Rx, 1Tx	2Rx, 1Tx
Método de acceso a radio	IEEE 802.16-2005 (16e OFDMA)	
Modo operativo	TDD	
Resolución de la frecuencia central	2.5 MHz (para canal 5 MHz), 5 MHz (para canal 10,2x10 MHz)	
Tamaño FFT	512/1024	
Modulación soportada	QPSK 1/2, 3/4 + Rep QAM16 1/2, 3/4 QAM64 2/3, 3/4, 5/6	
Soporte de optimización enlace de radio	HARQ, CTC, mapas DL / UL comprimidos.	
Diversidad	2x2, matriz MIMO A, MRC, matriz MIMO B*	

Potencia de transmisión

Potencia de transmisión	Estación base 0-21 dBm, 1dB de resolución	CPE QAM64: 18 dBm QAM16: 20 dBm QPSK: 21 dBm ATPC de 20 dB, 1 dB de resolución 16 dBi
Ganancia de la antena integrada	14.5 dBi	

Seguridad

Autenticación	Centralizada sobre RADIUS, MS chap v.2 EAP TTLS sobre RFC-2865
Cifrado de datos	AES WiMAX 16e

Interfaces

Red	IEEE 802.3 CSMA/CD
Conformidad estándar	10/100 Mbps, dúplex total/medio con auto-negociación
Interfaz de datos	PoE (55V DC), 48V DC
Alimentación	Antena (TNC), receptor integrado en la unidad
GPS	

Mecánica

Dimensiones	Estación base (L x A x F) 51 x 28 x 14.7 cm	CPE 23 x 23 x 6.3 cm
Peso	11 kg	2 kg
Unidad Extreme 5000	5 kg	
Kit de montaje		

Entorno

Temperatura operativa	-40°C a 55°C
Humedad operativa	5%-95% sin condensación, protegida del tiempo

Conformidad estándar

EMC	ETSI EN 301 489-1, FCC p15
Seguridad	CE EN 60950-1/22, UL 60950-1/22
Medioambiente	ETS 300 019 parte 2-1, 2-2, 2-4, IP67
Radio	ETSI EN 302 326, ETSI EN 301 390 ETSI EN 301 893, ETSI EN 302 502 FCC parte 15.247, FCC parte 15.407 ETSI 300 019-2-4 Class T4.1E (IEC-60068-2-56) ROHS
Humedad	
Conformidad normativa	
* Conformidad normativa	
+ No disponible en Norteamérica	

Acerca de Alvarion

Alvarion (NASDAQ: ALVR) es el principal fabricante de tecnología WiMAX a nivel mundial, con la mayor base de clientes WiMAX y más de 250 despliegues en operación comercial a nivel mundial. Comprometida con el crecimiento del mercado WiMAX, la compañía ofrece soluciones para una amplia gama de bandas de frecuencias, que cubren una gran variedad de modelos de negocio. A través de su estrategia Open WiMAX, su conocimiento superior de las tecnologías IP y OFDMA, y su demostrada capacidad para el despliegue de proyectos WiMAX punto-a-punto llave en mano, Alvarion está definiendo la nueva experiencia inalámbrica de banda ancha.

BreezeMAX™ Wi² & BreezeACCESS® Wi²

Personal Broadband Solution

Today's lifestyles mean an ever-growing thirst to receive data, voice and multimedia services anytime, anywhere. And to meet this demand, operators of all types are building advanced broadband networks using various technologies—from Wi-Fi and WiMAX—to provide Personal Broadband services.

But regardless of the specific technology chosen, the ideal infrastructure must be robust and sufficiently flexible to deliver Personal Broadband services today while giving the ability to transition to future technologies. The goal is to offer end users improved productivity, lifestyles, and convenience over a sustained period.

For deploying a Personal Broadband network today, Alvarion's combination of the best of Wi-Fi access with the robust and quality-of-service of WiMAX, is the perfect solution.





Personal Broadband services, or the convenience of having all your communication services delivered to you on a handheld device anytime, anywhere, is the ultimate in method to increase user productivity and convenience. Personal Broadband can best be provided today by a combination of Wi-Fi for access and WiMAX for backhaul.

Alvarion's WiMAX / Wi-Fi hybrid system does just that in being a powerful, yet cost-effective converged network that unites Wi-Fi hotspots with WiMAX backhaul to provide Personal Broadband services. As a converged system, it also gives operators the ability to migrate to a fully Mobile WiMAX network with managed services for Personal Broadband users.

Operating in both licensed and licensed-exempt frequencies, the BreezeMAX Wi² and BreezeACCESS Wi² leverage the availability of Wi-Fi technology – along with the power and robustness of WiMAX quality-of-service (QoS)—to answer critical public and private sector needs. Applications include traffic management, video surveillance, public Internet access, homeland security, and nomadic services.

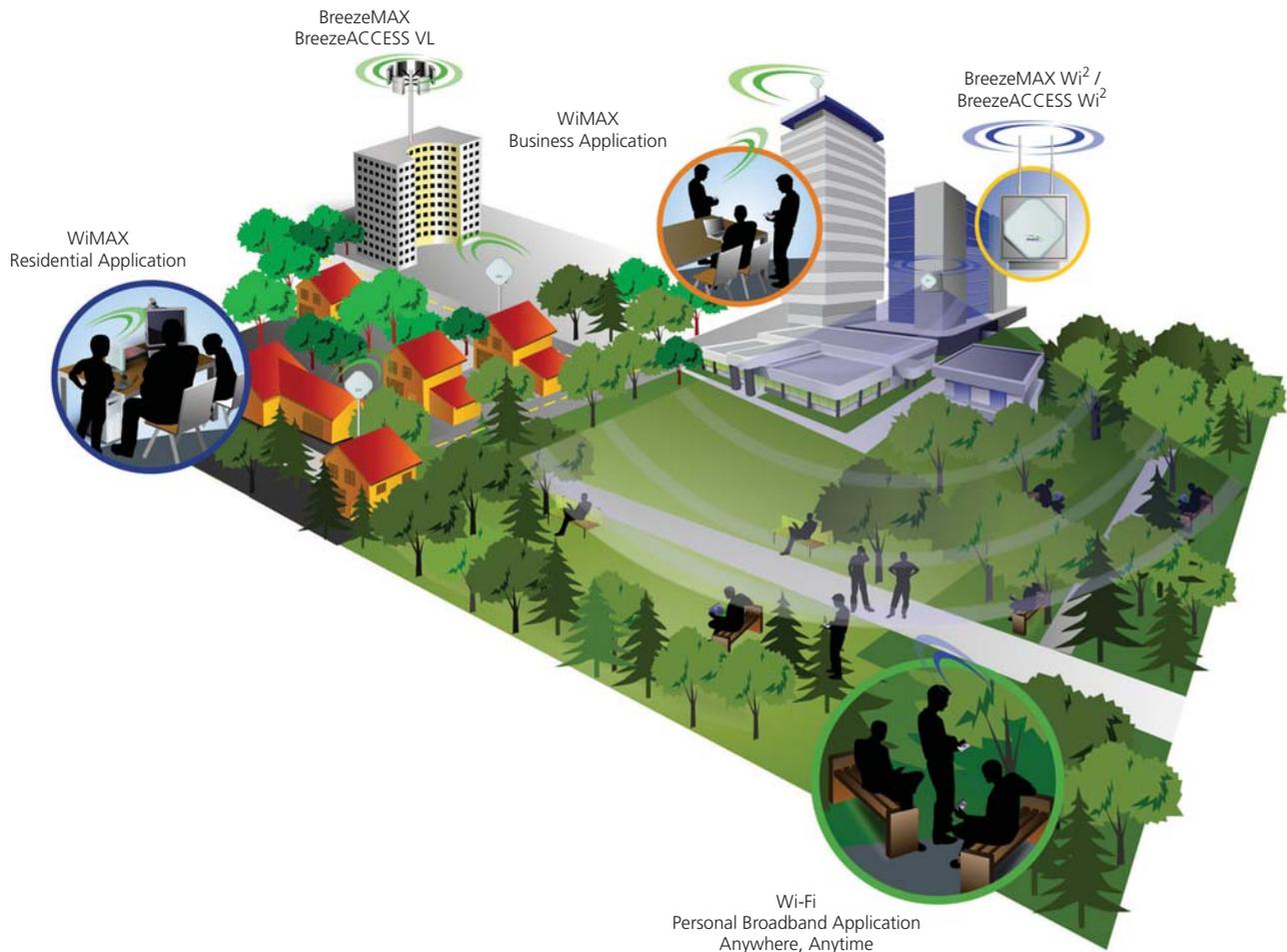
All Outdoor Combined WiMAX / Wi-Fi solution

The system combines a fully ruggedized, outdoor Wi-Fi access point with a WiMAX CPE for backhaul. With its advanced software, BreezeMAX Wi² and BreezeACCESS Wi² can be deployed almost anywhere to provide broadband access to standard Wi-Fi (IEEE 802.11 b/g) end user devices.

Used in conjunction with Alvarion's market-leading BreezeMAX or BreezeACCESS VL base stations, it can be used to expand the existing capabilities of WiMAX at 2.X, 3.X and 5.X GHz. Using BreezeMAX Wi² and BreezeACCESS Wi², a WiMAX or pre-WiMAX network can be used to provide Personal Broadband services to high-end business as well as residential users equipped with Wi-Fi enabled devices such as laptops, PDAs, smart phones, and portable gaming devices.



BreezeMAX Wi² and BreezeACCESS Wi² are self-contained, robust all-outdoor systems that require only a single connection to either AC or DC power. With its easy installation and operation, high performance, and rich security and QoS features, BreezeMAX Wi² and BreezeACCESS Wi² are ideal solutions for operators, municipalities and communities looking to build metropolitan broadband networks or to integrate Wi-Fi hot zone capabilities into their existing WiMAX and pre-WiMAX networks. The result is Personal Broadband services ranging from public Internet access to public safety and Intranet applications.



Economic Advantages

- Converged network serving mobile Wi-Fi users using WiMAX/pre-WiMAX networks yielding significant installation and operations savings
- Rich set of secure differentiated service levels enabling Intranet, public access, and homeland security applications over one network
- Migration path to a 802.16e Mobile WiMAX network
- Low maintenance costs using comprehensive AlvariSTAR network management system with high service availability and optional OSS for user management

Technical Advantages

- Future-ready modularity and flexibility to integrate new technologies such as 802.16e and MIMO
- Supports WiMAX/pre-WiMAX operation in 2.X, 3.X and 5.X GHz
- Rich features including end-to-end QoS, virtual AP, VLAN and VLAN mapping, and 802.11i and 802.1x security
- Comprehensive full solution combining BreezeACCESS VL or BreezeMAX for backhauling with a robust high power and feature rich Wi-Fi 802.11 b/g access point

Headquarters

International Corporate Headquarters
Tel: +972.3.645.6262
Email: corporate-sales@alvarion.com

North America Headquarters
Tel: +1.650.314.2500
Email: n.america-sales@alvarion.com

Sales Contacts

Australia
Email: australia-sales@alvarion.com

Brazil
Email: brazil-sales@alvarion.com

Canada
Email: canada-sales@alvarion.com

China
Email: china-sales@alvarion.com

Czech Republic
Email: czech-sales@alvarion.com

France
Email: france-sales@alvarion.com

Germany
Email: germany-sales@alvarion.com

Hong Kong
Email: hongkong-sales@alvarion.com

Italy
Email: italy-sales@alvarion.com

Ireland
Email: uk-sales@alvarion.com

Japan
Email: japan-sales@alvarion.com

Latin America
Email: lasales@alvarion.com

Mexico
Email: mexico-sales@alvarion.com

Nigeria
Email: nigeria-sales@alvarion.com

Philippines
Email: far.east-sales@alvarion.com

Poland
Email: poland-sales@alvarion.com

Romania
Email: romania-sales@alvarion.com

Russia
Email: info@alvarion.ru

Singapore
Email: far.east-sales@alvarion.com

South Africa
Email: africa-sales@alvarion.com

Spain
Email: spain-sales@alvarion.com

U.K.
Email: uk-sales@alvarion.com

Uruguay
Email: uruguay-sales@alvarion.com

For the latest contact information in your area, please visit:

www.alvarion.com/company/locations



www.alvarion.com

© Copyright 2007 Alvarion Ltd. All rights reserved.
Alvarion® and all names, product and service names referenced here in are either registered trademarks, trademarks, tradenames or service marks of Alvarion Ltd.
All other names are or may be the trademarks of their respective owners. The content herein is subject to change without further notice.

Specifications

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

Maximum Channels

FCC/IC: 1-11
ETSI: 1-13
Japan: 1-14

Maximum Clients

128 for the radio interface set to access point mode

Modulation Types

802.11g: CCK, BPSK, QPSK, OFDM
802.11b: CCK, BPSK, QPSK

Operating Frequency

802.11b/g:
2.4 ~ 2.4835 GHz (US, Canada, ETSI)
2.4 ~ 2.497 GHz (Japan)

Network Management

Web-management, Telnet, SNMP

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)

Safety

UL/CUL (CSA60950-1, UL60950-1)
CB (IEC 60950-1)
UL/GS (EN60950-1)

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)

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)

Standards

IEEE 802.3 10BASE-T, IEEE 802.3u
100BASE-TX,
IEEE 802.11 b, g

Antenna Specifications

2x 8 dBi Omni directional (2.4-2.5GHz)

Wi-Fi Access Point Specifications

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)	-91	-90	-89	-88	-84	-80	-75	-73

802.11b	1 Mbps	2 Mbps	5.5 Mbps	11 Mbps
TX power (dbm)	20	20	20	20
RX sensitivity (dbm)	-96	-93	-93	-90

SW Features

Layer 2 Features

Bridge mode
VLAN (Guest, Default, Dynamic
RADIUS-based)
Spanning Tree (802.1D and 802.1W)

Security Features

WEP, AES
WPA/TKIP over 802.1x & PSK
802.11i /WPA2
802.1x supplicant mode
Rogue AP Prevention via 802.1x
Static Port Security (MAC-based) (Mac 1024)

Close System - Hiding SSID from Beacon
RADIUS authentication
Access Control List (Mac SA, DA, Ether Type)
Multiple SSID (BSSID, Virtual AP's) - 4 per Wireless Interface

QoS

WRR (Weighted Round Robin)
Strict Priority scheduling
802.11e (WMM baseline)

Hotspot

Prevent Communication between

Wireless Clients
RADIUS Accounting (AAA)
Background Scan & Rouge AP detection
802.11f - IAPP Roaming (draft 2.2)
802.11d Broadcast Country Code

Management

SNMP (v1, v2c, v3)
Web access + HTTPS and SSL (Secured Web)
Telnet + SSH V1.5 & V2 (Secured Telnet session)
SNTP

Physical Dimensions

Physical Size

32.9 x 27.8 x 21.1 cm (13.0 x 11.0 x 8.3 in) H x W x D

Weight

7.0 kg (49.37 lbs)

Temperature

Operating: -40 to 60°C (-40 to 140°F)
Storage: -55 to 80°C (-67 to 176°F)

Humidity

5% to 95% (non-condensing)

EMC Compliance (Class B)

FCC Class B (US)
RTTED 1999/5/EC
DGT (Taiwan)

*For backhaul specifications, please see BreezeMAX or BreezeACCESS VL documentation as appropriate

*For further information, please contact your local Alvarion sales representative