

Implantación de red inalámbrica municipal en “El Berrueco” en Madrid

Raúl Gámez de las Heras

TRABAJO FINAL DE CARRERA

Consultor: José López Vicario

Agradecimientos:

A mis padres, por enseñarme a luchar y a esforzarme día a día para ser mejor persona. Todo lo que soy, y como soy, os lo debo a vosotros. Gracias por vuestra comprensión y apoyo incondicional.

A mi hermana Sonia, gracias por tu apoyo durante estos años y por compartir mis éxitos y fracasos como si fueran tuyos.

A todas esas personas que durante años me animaron y ayudaron a seguir estudiando y esforzándome cada día. Sin vosotros hubiera sido imposible.

A todos mis amigos/as que han sabido comprender la frase “No puedo, tengo que estudiar”.

Tabla de contenido

1. Introducción.....	6
1.1 Justificación.....	6
1.2 Objetivos	6
1.3 Contexto	7
1.4 Legalidad.....	9
1.5 Planing de Trabajo	11
1.6. Descripción	13
2. Punto de partida.....	13
2.1. Definición de zonas. Distancias y número estimado de usuarios.....	13
2.2 Arquitectura de la red:	15
2.3. Porque el uso de WiMAX	17
2.4. Características de WiMAX.....	17
2.5. Modulación WiMAX	18
2.6. WiFi frente a WiMAX.....	19
2.7. Tipos de antenas	20
2.7.1 Sectoriales.....	20
2.7.2 Omnidireccionales.....	21
2.7.3 Direccionales.....	21
2.8 Equipamiento.....	22
2.8.1 Conexión a la red pública de datos.....	22
2.8.2 Requisitos de seguridad.....	22
2.8.3 Condiciones ambientales	22
2.8.4 Especificaciones de la red	22
3.0 Red Troncal Primaria.....	23
3.1 Requerimientos.....	23
3.2 Situación de los puntos	24
4.0 Red Troncal Secundaria.....	25
4.1 Requerimientos.....	25
4.2 Situación de los puntos	27
5.0 Red de acceso	30
5.1 Requerimientos.....	30

5.2 Situación de los puntos	32
6.00 Dimensionado del sistema.....	33
6.1 Red Troncal Primaria.....	33
6.1.1 Interconexión de puntos	33
6.1.2. Distancias entre los puntos.....	34
6.1.3. Dimensionado del ancho de banda	34
6.2 Red Troncal Secundaria.....	37
6.2.1 Red Troncal Secundaria en Nodo 0 Ayuntamiento	37
6.2.2. Red Troncal Secundaria de nodo 1 Iglesia.....	38
6.2.3. Red Troncal Secundaria de nodo 2 Parque Camino del Pantano.....	40
6.2.4 Red Troncal Secundaria de nodo 3 Centro Cultural	42
6.2.5. Red Troncal Secundaria de nodo 4 Parque Atalaya.....	43
7.0. Resumen de equipos y elección del fabricante	45
7.1. Red troncal primaria, enlaces entre nodos:.....	45
7.2. Red troncal secundaria, para nodos	46
7.3. Red de Acceso.....	46
7.4. Sistema de Alimentación Ininterrumpida	46
7.5. Cableado necesario.....	47
8.0. Planificación radioeléctrica.....	47
8.1. Red Troncal Primaria.....	48
8.1.1. Enlace Nodo 1 Ayuntamiento-Iglesia	52
8.1.2. Enlace Nodo 2 Ayuntamiento-Parque del Pantano.....	54
8.1.3. Enlace Nodo 3 Ayuntamiento-Centro Cultural.....	55
8.1.4. Enlace Nodo 4 Ayuntamiento-Atalaya	57
8.1.5. Observaciones a los resultados	58
8.1.6. Gráficos de Coberturas Polares entre nodos de la Red Principal	59
8.2. Red Troncal Secundaria.....	60
8.2.1. Enlace del Nodo 0	60
8.2.2. Enlace s del Nodo 1	62
8.2.3. Enlace s del Nodo 2.....	68
8.2.4. Enlace s del Nodo 3.....	72
8.2.5. Observaciones a los resultados:	74
8.3. Red de Acceso WiFi.....	74

9. Emisiones radioeléctricas.....	77
9.1. Equipos de la Red Troncal Primaria y Secundaria.....	77
9.2. Equipos de la red de Acceso.....	78
10. Valoración económica	78
11. Conclusiones.....	79
12. Glosario.....	80
13. Bibliografía.....	82
14. Anexos.....	82

1. Introducción

1.1 Justificación

La idea del proyecto es definir la infraestructura y el equipamiento necesarios para la instalación de una red pública inalámbrica en el municipio madrileño de “El Berrueco”. Con el desarrollo de este proyecto se pretende en primer lugar dotar de conexión Wifi gratuita a sus ciudadanos y generar una pequeña infraestructura que conecte las distintas dotaciones municipales mediante una red privada.

En la actualidad el municipio no dispone de ningún espacio abierto con este servicio de acceso gratuito a internet, aunque si dispone de una pequeña aula de informática en la que se imparten cursos y sirve de fuente de acceso a internet para los estudiantes de la localidad y pedanías cercanas aunque lógicamente con horario reducido y solo en horario de mañana, por eso en parte se propone el desarrollo del proyecto. La localidad es punto de encuentro de turistas los fines de semana debido a una serie de casas rurales cercanas y a su proximidad con el pantano del Atazar lo que hace que en épocas festivas y veraniegas sea escogido como punto vacacional ya que se trata de un entorno rural pero bastante próximo a Madrid. Además debido al trazado de su carretera de acceso y alrededores suele ser un punto de encuentro de motoristas los fines de semana. Por ello se ha diseñado este proyecto como complemento de un entorno ideal que ayude a facilitar el estudio y acceso a internet a cualquier persona de la localidad, así como dotar al municipio de una imagen de gestión y modernidad que sirva para promover el turismo local en la zona y el desarrollo de la economía local.

1.2 Objetivos

El objetivo principal del proyecto será el diseño de una red telemática capaz de aportar una solución inalámbrica para proveer de los siguientes servicios a la localidad de “El Berrueco”:

- Acceso gratuito a internet con un ancho de banda limitado.
- Conectividad entre dependencias municipales y acceso a internet para los empleados municipales.

La red diseñada tendrá un control de accesos para garantizar el uso correcto de la red, además se pretende que se trate de una red segura por lo tanto se implementaran los mecanismos necesarios que garanticen la autenticidad y confidencialidad de los datos que por ella discurran. Se pretende crear una red de calidad pero no podemos olvidar que se trata de un municipio muy pequeño por lo tanto tendremos que minimizar los costes al máximo sin que ello influya en el resultado final para que se pueda tratar de un proyecto real y factible. Por último no debemos olvidar que la red diseñada debe estar enmarcada dentro de la normativa legal vigente. Tendremos especial cuidado 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, para ello se bloquearan las conexiones P2P y se utilizaran mecanismos de control de tráfico.

1.3 Contexto

El término municipal de El Berrueco se encuentra en el norte de la Comunidad de Madrid entre dos alineamientos montañosos que los separa de las provincias limítrofes de Segovia y Guadalajara en las últimas estribaciones de la sierra de Guadarrama.

Su núcleo poblacional se encuentra en un terreno llano, a las espaldas de la Sierra de la Cabrera y justo enfrente del Embalse del Atazar, ocupando éste grandes extensiones de terreno municipal. Sus coordenadas son 40° 53' 17" N, 3° 33' 38" W. Tiene una altura respecto al mar de 925 metros y se encuentra a una distancia de 67 km de Madrid. Su población actual es de 606 habitantes y cuanta con una extensión de 28,80 Km².



Las siguientes imágenes muestran la topografía del municipio en cuestión y sus alrededores. Como se puede observar el entorno en el que se desarrolla el trabajo es de una topografía bastante regular y sin obstáculos lo que facilitara el desarrollo del mismo.

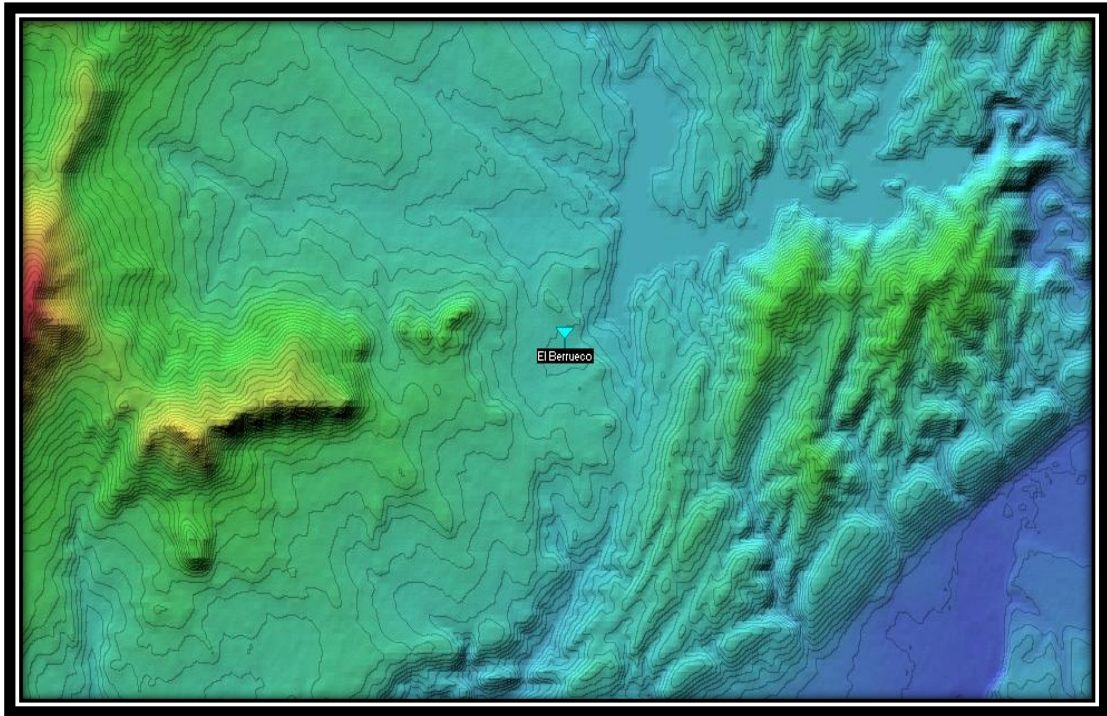


Figura S0: Plano topográfico con vista a 5 Km de altura.

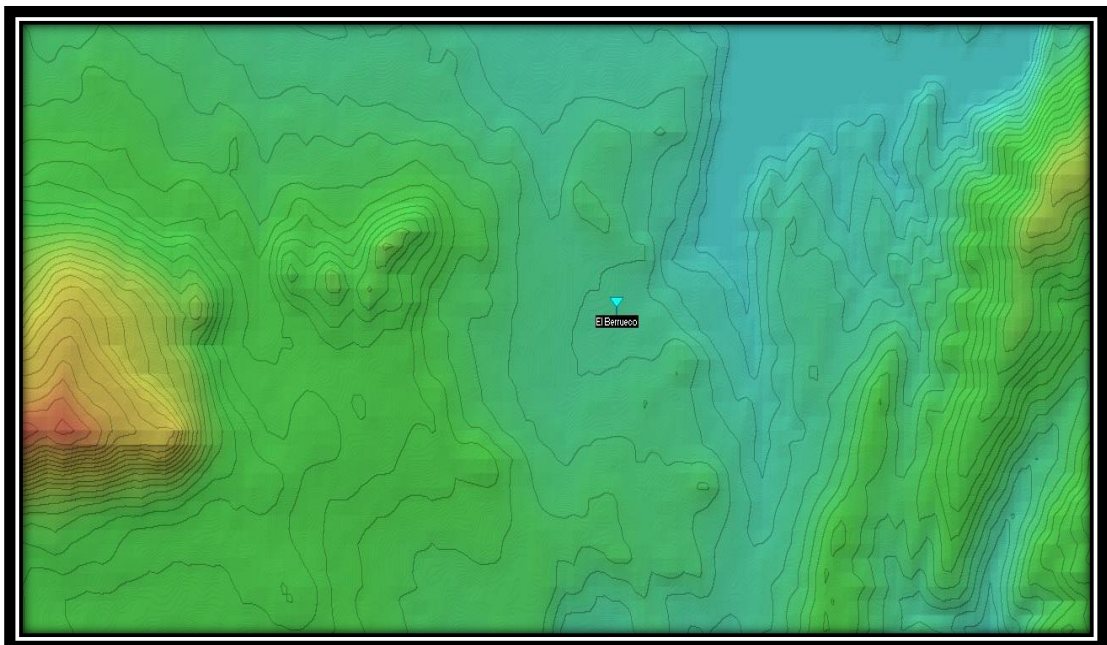


Figura S1: Plano topográfico con vista a 1,5 km de altura.

1.4 Legalidad

En España Comisión (CMT) tiene como objetivo el establecimiento y supervisión de las obligaciones específicas para cumplir con los operadores en los mercados de las telecomunicaciones y la promoción de la competencia en los mercados de servicios audiovisuales, conforme a lo previsto en su normativa reguladora del mercado de las telecomunicaciones.

El marco legal del proyecto relacionadas con la instalación de una red Wifi por una administración pública con el objetivo de proporcionar servicios a terceros conexión a Internet está incluido en el documento "[Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones](#)" relativos a la prestación de servicios de telecomunicaciones y definiciones en la circular 1/2010 de la Comisión de Mercado de las Telecomunicaciones, que regulan las condiciones de explotación de redes que proporcionan servicios de comunicaciones electrónicas para las administraciones públicas.

A modo de resumen se enumeran las condiciones que definen la red del proyecto según las reglas establecidas y recogidas en este [documento](#):

1) Notificación e inscripción en el registro de operadores

La circular recalca que las AA PP que exploten redes y servicios de comunicaciones electrónicas deberán notificarlo previamente a la CMT, tal como marca el artículo 6.2 de la [Ley General de Telecomunicaciones](#).

La inscripción en el registro de la CMT es gratuita y es un requisito que se exige a cualquier operador privado que ofrece servicios de telecomunicaciones en el mercado. Este es un requisito especialmente importante, ya que hasta el momento la mayoría de iniciativas han tenido en la inscripción su principal problema.

2) Sobre la autoprestación

Si los servicios de comunicaciones electrónicas se ofrecen en régimen de autoprestación, la circular propone que no sea necesario que se notifique a la CMT.

Se considera que hay autoprestación cuando la explotación de redes y la prestación de servicios de comunicaciones electrónicas están vinculadas al desempeño de las funciones propias del personal o los trabajadores al servicio de la Administración Pública.

En este supuesto se incluyen los centros de educación o formación como, entre otros, las escuelas, institutos, colegios y centros universitarios así como el área de sus campus, entendiéndose que tanto el personal docente como el alumnado forman parte del personal indispensable para el desempeño de las funciones tanto docentes como discentes.

Un caso distinto es una red Wifi que ofrezca servicios de acceso a páginas web municipales a sus ciudadanos. En ese caso, el Ayuntamiento debe notificarlo a la CMT (ver punto 5)

3) Principios generales de actuación

La propuesta de circular, que será sometida a consulta pública, establece como principios generales, que cualquier Administración Pública (o una empresa en cuyo capital participe mayoritariamente una Administración Pública) que pretenda explotar redes públicas o prestar servicios de comunicaciones electrónicas deberá:

- 1) actuar de conformidad con el principio del inversor privado en una economía de mercado. Esto significa que deberá existir un plan de negocio sólido, coherente y con hipótesis plausibles; generar un flujo de caja positivo durante el periodo relevante; financiar su actividad a través de sus propios ingresos sin recurrir a fondos públicos o mediante recursos obtenidos a través de la publicidad o el patrocinio (No podrán actuar como patrocinadores o anunciantes aquellas entidades que reciban algún tipo de fondos de las AAPP),
- 2) mantener cuentas separadas correspondientes a sus actividades de telecomunicaciones y actuar con arreglo a los principios de neutralidad, transparencia y no discriminación.

4) Actuación sin sujeción al principio de inversor privado

De acuerdo con la propuesta de la CMT, las AAPP que exploten redes y servicios sin sujeción al principio del inversor privado –es decir financiado exclusivamente por la AA PP-, sólo podrán hacerlo si:

- lo notifican a la Comisión Europea (CE) -salvo que el conjunto de las ayudas no supere el límite máximo de 200.000 € establecido por la propia CE-,
- lo autoriza la CMT tras la preceptiva notificación (que incluya las condiciones del servicio, el plazo de la gratuidad y el ámbito de la cobertura) y un análisis de sustituibilidad que certifique que no afecta negativamente al mercado o distorsiona la libre competencia.

5) Explotación de redes y servicios cuando no afecten a la libre competencia

Se entenderá que no afectan a la competencia, y que por lo tanto las AA PP pueden prestar por tiempo indefinido y de manera gratuita para el usuario (previa inscripción a la CMT), los siguientes servicios:

- El servicio de acceso a Internet limitado a las páginas web de las AA PP.
- El servicio general de acceso a Internet en bibliotecas y en centros de fomento de actividades docentes o educativo-culturales (diferentes a escuelas o centros universitarios, ya que en estos supuestos existe autoprestación, ver punto 2), siempre que los usuarios acrediten su vinculación con el servicio mediante algún documento que permita su identificación.
- La explotación y la prestación de servicios en redes inalámbricas que utilizan bandas de uso común (Wifi) siempre que la cobertura de la red excluya los edificios y conjuntos de edificios de uso residencial o mixto y se limite la velocidad red-usuario a 256 Kbps

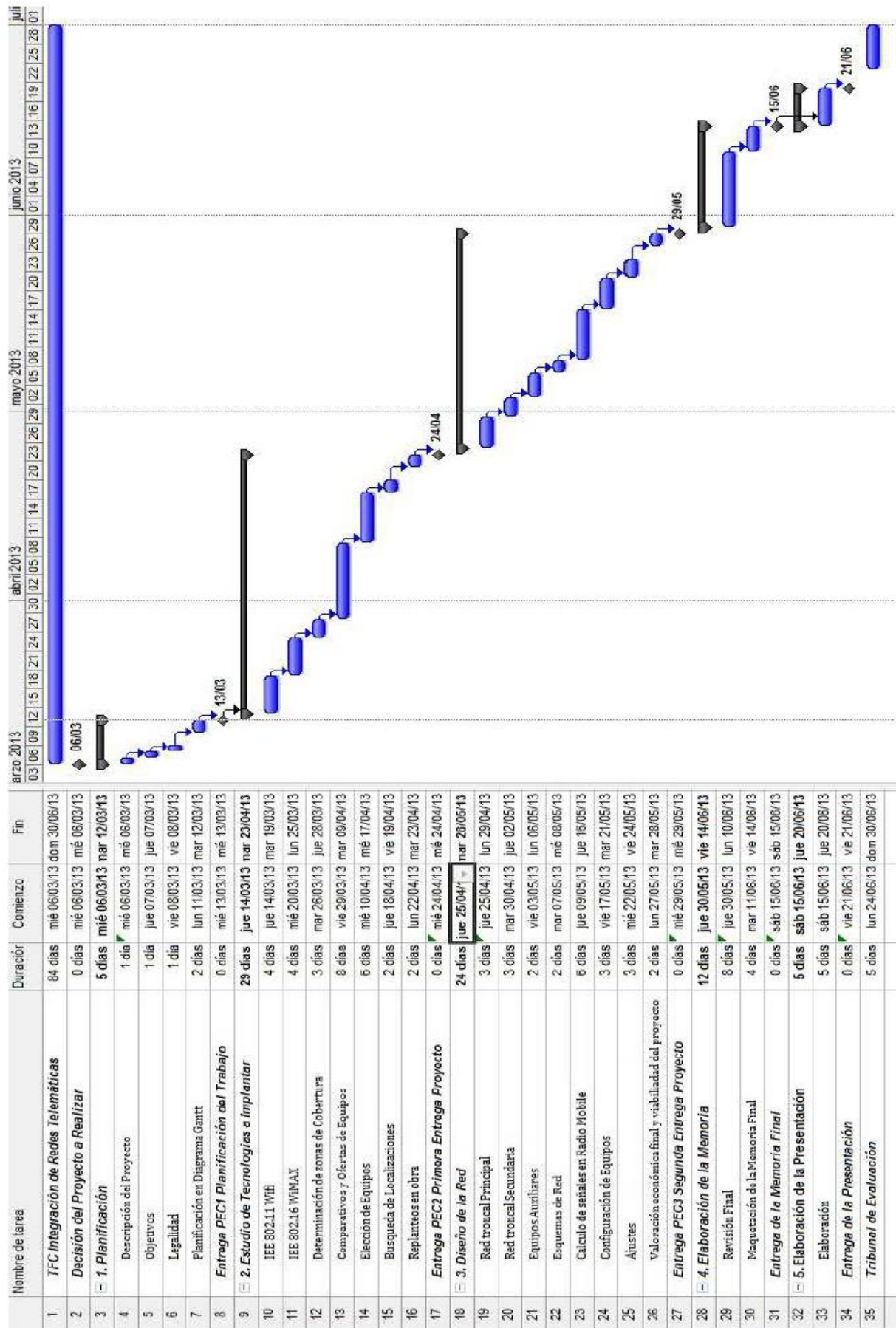
6) Otros supuestos

Explotación y prestación de servicios por debajo del coste con carácter transitorio, aunque sujetos al principio de inversor privado: Comunicación a la CMT, que fijará el plazo y las condiciones de la transitoriedad.

Una vez analizados los aspectos legales se nos plantean varios inconvenientes, ya que no podemos proporcionar cobertura de la red a los edificios y conjuntos de edificios de uso residencial o mixto y además se deberá limitar la velocidad red-usuario a 256 Kbps. Por lo tanto lo que realizaremos en una primera fase, que será el desarrollo de este proyecto, será realizar la comunicación entre edificios municipales dotándoles de una red inalámbrica capaz de soportar el tráfico de la infraestructura municipal, además de dotar de acceso Wifi a otros puntos municipales como pueden ser la plaza del ayuntamiento o el polideportivo.

Una segunda fase de este proyecto será aprovechar la infraestructura existente y dotar de cobertura a la población, pero para eso habría que darse de alta como operador en CMT y realizar una serie de gestiones y gastos los cuales serán analizados.

1.5 Planing de Trabajo



1.6. Descripción

Una vez analizado el territorio a cubrir, se definirán a continuación los distintos emplazamientos que tendrá nuestro diseño para dar acceso a los servicios previstos a los diferentes usuarios, en función de las estimaciones realizadas en cuanto el número de usuarios potenciales de cada servicio.

A continuación, se expondrán las tecnologías inalámbricas a emplear y sus características principales junto con las topologías de red adecuadas a los enlaces que se quieren proyectar incluyendo una justificación del porque de las mismas. Se realizará un dimensionado de la red para definir los requisitos de capacidad de los enlaces en referencia al ancho de banda que tiene que soportar cada uno de ellos, y a continuación, se mostrará un esquema de red final con los tipos de equipamientos presentes en la red.

Se realizara un estudio detallado de los posibles equipo a utilizar, se analizarán las características de los equipos propuestos para el diseño de la infraestructura de la red y se hará una propuesta de direccionamiento para toda la red.

Por último se mostrarán todos los resultados de la simulación de los distintos radioenlaces con el software Radio Mobile. También se expondrá un presupuesto aproximado del coste real que puede suponer la ejecución final de este proyecto.

2. Punto de partida

2.1. Definición de zonas. Distancias y número estimado de usuarios.

La idea principal de este proyecto es la creación de una red de acceso Wifi gratuita en varios espacios públicos como serán los parques, polideportivo, plaza del pueblo, lugares de interés turístico, etc. Además se dotara de acceso a internet para la administración local y servicio de VoIP entre las distintas dependencias municipales como: Ayuntamiento, Escuela Infantil, Colegio, Punto de Información y Turismo, etc.

La ubicación de la estación base y la instalación de la infraestructura, debe hacerse en un punto con conexión a internet de banda ancha que dé acceso a la red troncal principal, que mantenga una ubicación de cobertura visual con el resto de puntos troncales y con disposición de albergar el CPD de alta disponibilidad que se precisara. Por lo tanto el centro de datos, se situara en el ayuntamiento debido a su excelente ubicación. Desde allí se contratara un ancho de banda determinado de los cálculos que a continuación se desarrollan y será donde se encuentre el centro de gestión de la red con todo el equipamiento necesario.

A continuación se detallan las zonas a cubrir, distancias al centro de gestión y la elevación de los puntos:

Zona	Coordenadas	Int/Ext	NºUsuarios	Dist(m)	Elevación
Ayuntamiento	40°53'15.46''N 03°33'40.27''O	Int		0	937
Plaza del Pueblo	40°53'15.37''N 03°33'39.05''O	Ext		25	937
Escuela Infantil	40°53'14.08''N 03°33'36.43''O	Int		100	937
Polideportivo	40°53'12.07''N 03°33'44.98''O	Amb		155	937
Medico	40°53'17.20''N 03°33'37.71''O	Int		80	937
Turismo	40°53'14.01''N 03°33'33.61''O	Amb		165	932
Museo del Agua	40°53'12.90''N 03°33'31.11''O	Int		230	930
Parque Camino del Pantano	40°53'12.10''N 03°33'29.84''O	Ext		270	930
Atalaya	40°52'28.03''N 03°32'12.89''O	Ext		2500	1020
Centro Cultural	40°53'18.55''N 03°33'52.87''O	Int		310	942
Vivero de Empresas	40°53'27.46''N 03°33'32.89''O	Int		410	944
Iglesia	40°53'22.23''N 03°33'26.42''O	Amb		385	931
Merendero	40°53'47.49''N 03°33'04.55''O	Ext		1300	883
Parque Picachuelo	40°54'03.25''N 03°33'29.90''O	Ext		1500	911
Centro de la Naturaleza	40°54'15.50''N 03°33'18.04''O	Amb		1800	902

Tabla 1: Localización Puntos de la Red

Vista Aérea de los puntos de cobertura:

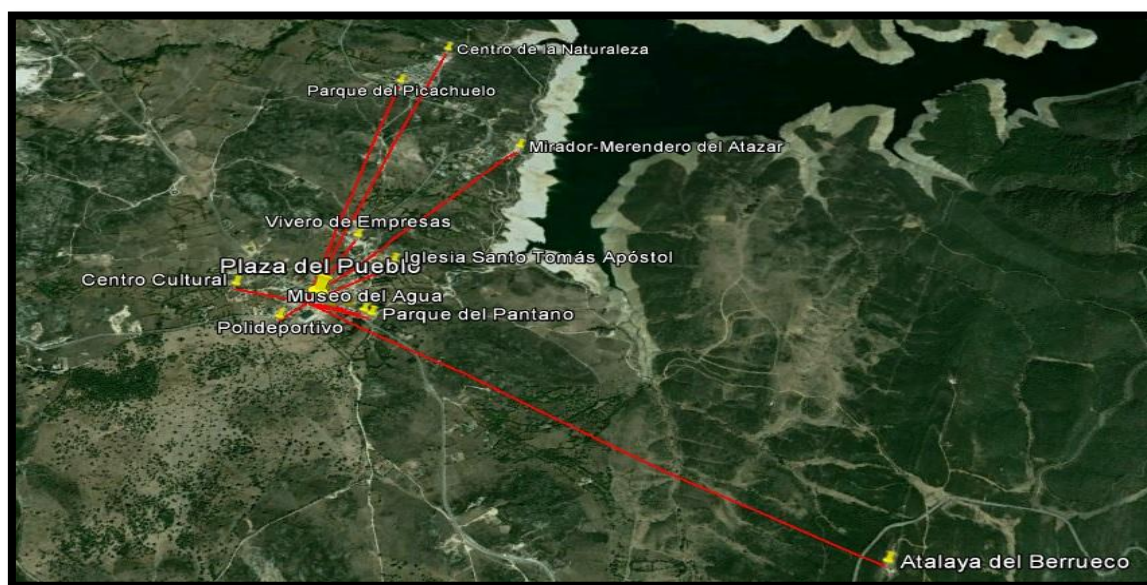


Figura 1: Puntos de la Red

Vista Aérea de los puntos de cobertura en la zona central del municipio:

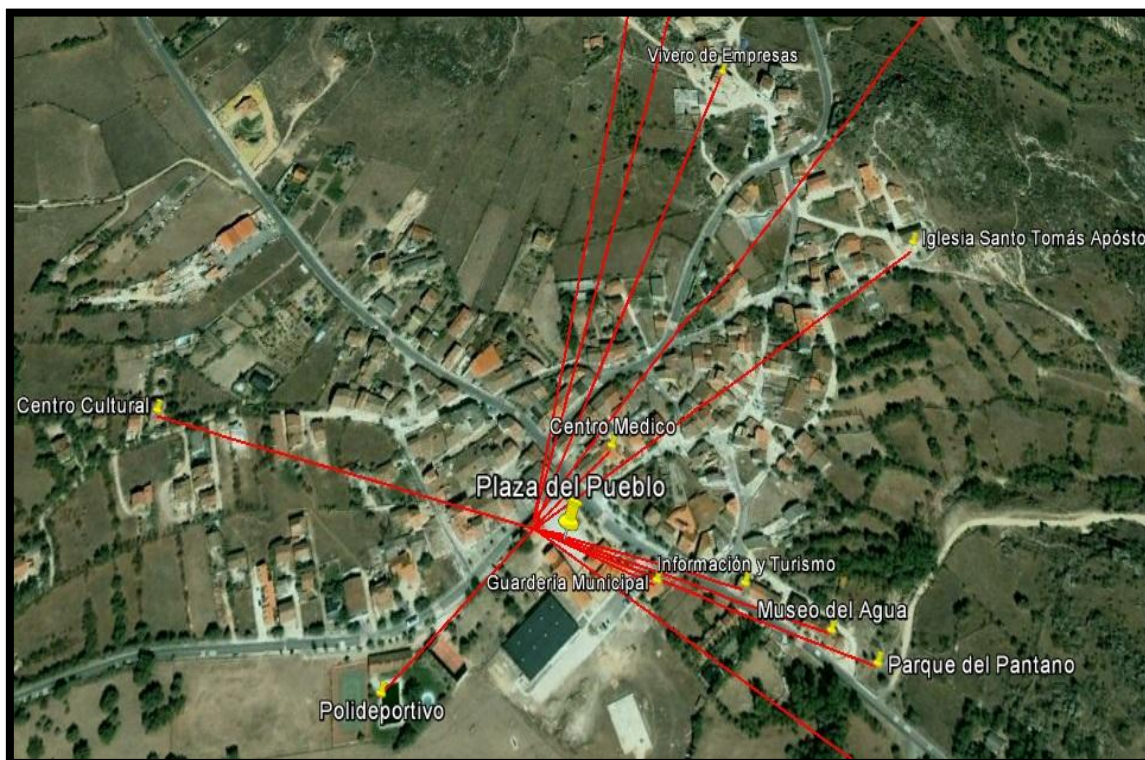


Figura 2: Puntos de la Red en la zona centro

2.2 Arquitectura de la red:

El proyecto consiste en interconectar mediante radioenlaces los edificios municipales y las principales zonas de ocio públicas ubicadas en el término municipal de El Berrueco. El punto principal será el Ayuntamiento, ya que en él se encuentra el Centro de Proceso de Datos (CPD) y el punto de interconexión con Internet. Se ha escogido la ubicación del CPD en el edificio del ayuntamiento ya que para el correcto funcionamiento de nuestra infraestructura necesitaremos de un punto central de distribución que disponga de una buena posición y visibilidad con el resto de elementos de nuestra red a conectar. Esta infraestructura de comunicaciones tiene como objetivo fundamental proporcionar comunicación entre los diferentes emplazamientos que el proyecto requiere cubrir. Adicionalmente, se proporcionará acceso a Internet a los ciudadanos situados en las zonas circundantes a los edificios municipales donde no haya disponibles otros servicios de banda ancha. El proyecto principal se divide en tres subproyectos:

Nivel 1: Red troncal principal: utilizaremos WIMAX de alta capacidad que soportará la transmisión de los datos procedentes de los diferentes emplazamientos. Esta capa estará formada por radioenlaces WIMAX Punto a Punto y dará soporte a la red de distribución.

Nivel 2: Red troncal secundaria: servirá para realizar la Interconexión de los puntos principales. La interconexión se llevará a cabo usando equipos punto-multipunto de gama empresarial, también utilizando tecnología WiMAX en la banda libre de 5 GHz.

Nivel 3: Red de acceso Inalámbrico WIFI, Red de acceso mediante tecnología WiFi para los usuarios cercanos a los puntos previamente establecidos dentro de cada uno de los núcleos. En la red estará formada por puntos de acceso WiFi según el estándar 802.11g que se conectarán directamente a la red troncal principal o a la red troncal secundaria según el caso concreto.

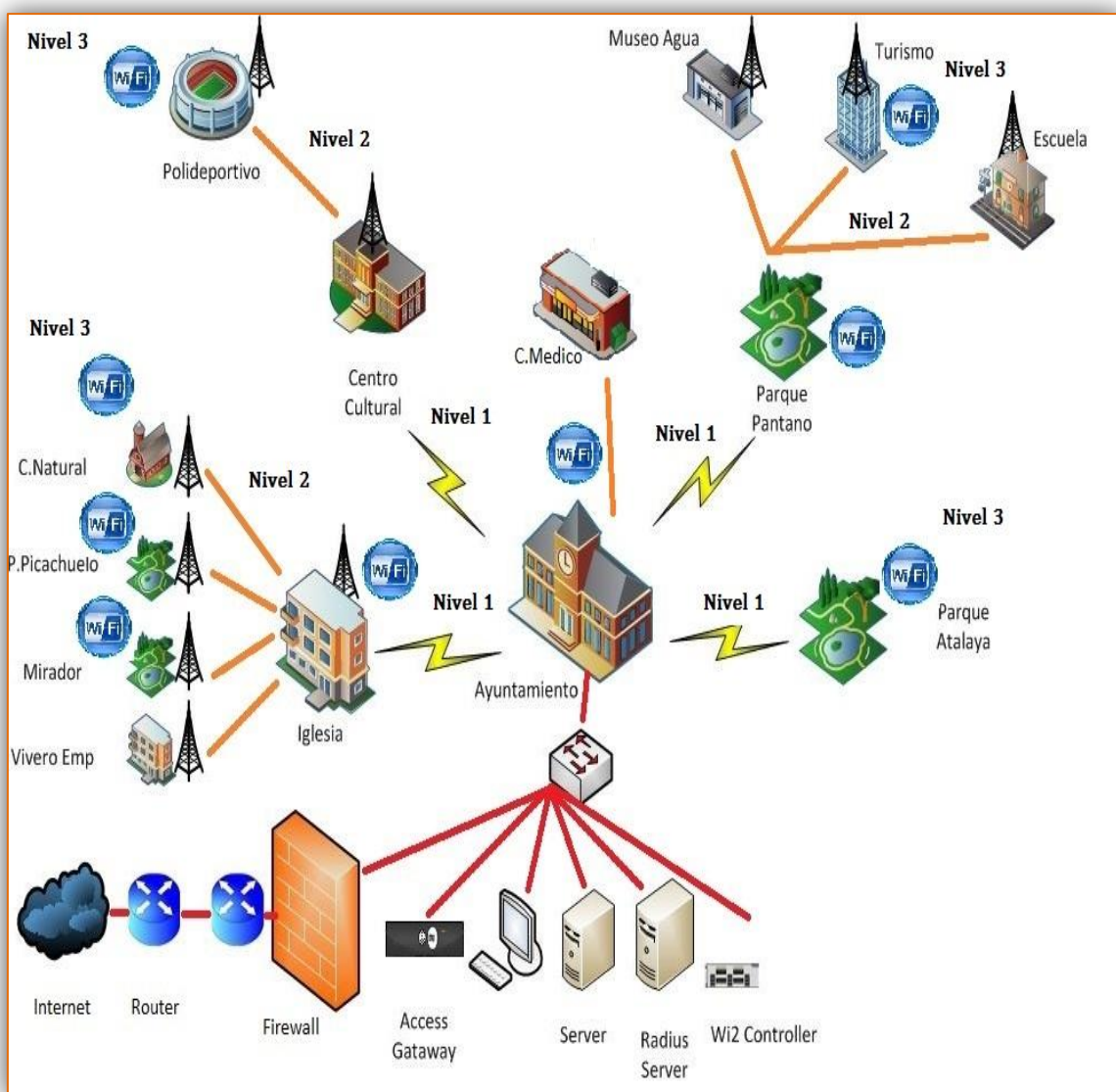


Figura 3: Esquema de Red

2.3. Porque el uso de WiMAX

WiMAX son las siglas de 'Worldwide Interoperability for Microwave Access', y es la marca que certifica que un producto está conforme con los estándares de acceso inalámbrico 'IEEE 802.16'. Estos estándares permitirán conexiones de velocidades similares al ADSL o al cablemódem, sin cables, y hasta una distancia de 50-60 km. Este estándar es compatible con otros anteriores, como el de WiFi (IEEE 802.11). Se ideó como una mejora a la tecnología WiFi para poder ofrecer mayor ancho de banda y soportar QoS.

Por sus características de ancho de banda y alcance generalmente se emplea para ofrecer conectividad en los siguientes casos:

- Solución de última milla para las conexiones entre el usuario final y una estación base.
- Conexiones punto a punto para interconectar sedes con banda ancha.
- Dar cobertura a zonas discriminadas a las que no llega el cableado de las operadoras telefónicas.

Dentro del área de las MAN, WiMAX se considera una WMAN. A diferencia de LMDS puede operar con líneas de visión LOS y NLOS, y trabaja a frecuencias menores pudiendo emplear bandas licenciadas y libres. WiMAX se desarrolla bajo la supervisión del grupo Wimaxforum. Se trata de una organización sin ánimo de lucro que certifica y promueve la compatibilidad e interoperabilidad de los productos de banda ancha sobre el estándar 802.16. Su principal objetivo es la adopción, despliegue y expansión de las tecnologías WiMAX alrededor del mundo. Los productos certificados por WiMAX Forum pueden operar entre ellos cualquier servicio de banda fija, portable, nómada o móvil.

2.4. Características de WiMAX

- **Mayor productividad a rangos más distantes (hasta 50 km).**
- Mejor tasa de transmisión de datos en distancias largas.
- Modulación adaptiva, que permite robustez y un uso eficiente de los recursos de frecuencias para los usuarios más alejados.
- **Sistema escalable**
- Fácil adición de canales: maximiza las capacidades de las celdas.
- Anchos de banda flexibles que permiten usar tanto bandas de frecuencias licenciadas y como libres.
- Fácil adición de estaciones base, lo que permite extender la red a medida de que sea necesario.
- Sistema interoperable, que permite la conexión con equipos de distintos fabricantes.
- **Cobertura**
- Soporte de mallas basadas en estándares y antenas inteligentes.

- Modulación adaptativa que permite sacrificar ancho de banda a cambio de mayor rango de alcance.
- **QoS (Calidad de Servicio)**
- Servicios de calidad asegurada permiten vídeo y voz sin interrupciones.
- Servicios de nivel diferenciados: E1/T1 para negocios, mejor esfuerzo para uso doméstico.
- **Seguridad**

	802.16	802.16a	802.16e
Espectro	10 - 66 GHz	< 11 GHz	< 6 GHz
Funcionamiento	Solo con visión directa	Sin visión directa (NLOS)	Sin visión directa (NLOS)
Tasa de bit	32 - 134 Mbit/s con canales de 28 MHz	Hasta 75 Mbit/s con canales de 20 MHz	Hasta 15 Mbit/s con canales de 5 MHz
Modulación	QPSK, 16QAM y 64 QAM	OFDM con 256 subportadoras QPSK, 16QAM, 64QAM	Igual que 802.16a
Movilidad	Sistema fijo	Sistema fijo	Movilidad pedestre
Anchos de banda	20, 25 y 28 MHz	Seleccionables entre 1,25 y 20 MHz	Igual que 802.16a con los canales de subida para ahorrar potencia
Radio de celda típico	2 - 5 km aprox.	5 - 10 km aprox. (alcance máximo de unos 50 km)	2 - 5 km aprox.
Características Principales			

Figura 4: Características WiMAX

2.5. Modulación WiMAX

La modulación se puede hacer empleando BPSK, QPSK, 16-QAM o 64-QAM. Todas estas modulaciones deben estar soportadas si se usan bandas licenciadas, en caso contrario el soporte de 64-QAM es opcional. En la siguiente imagen se muestran los distintos tipos de modulación. Las constelaciones se deben normalizar multiplicando el punto de la constelación por un factor c para obtener una media de potencia igual. Para cada una de las modulaciones, b_0 indica el bit de menor peso.

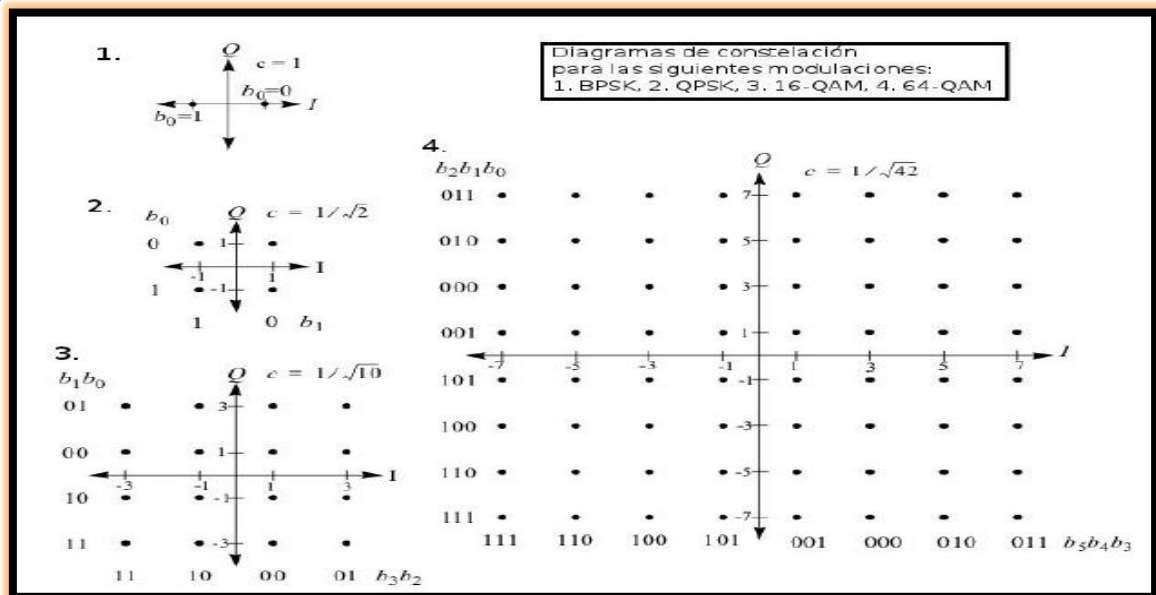


Figura 5: Tipos de Modulación WiMAX

2.6. WiFi frente a WiMAX

WiMAX es al estándar 802.16 lo que WiFi al 802.11. WiMAX no ha sido diseñado para ser competidor de WiFi sino más bien para complementar a WiFi en aquellas carencias que éste presenta. La primera norma inalámbrica (802.11) fue desarrollada como una alternativa al cableado estructurado de redes LAN. Esta norma fue diseñada para ofrecer “conexión Ethernet “inalámbrica””.

La certificación WiFi fue elaborada para ofrecer una garantía de interoperabilidad entre productos 802.11 de diferentes fabricantes. Para entender mejor las aplicaciones para la cuales WiFi fue diseñado, hay que imaginar una red Ethernet dentro de una oficina durante los años noventa.

El requerimiento era una red dentro de una oficina. WiFi fue diseñado para ambientes inalámbricos internos y las capacidades sin línea de vista (NLOS) son posibles únicamente para unos pocos metros. A pesar de este diseño y de todas las limitaciones, había muchos proveedores de Internet (ISP) que implementaban radios WiFi para servicio de Última Milla. Debido al diseño de WiFi, los servicios en estas redes eran bastante limitados.

En los últimos años hemos visto mucho desarrollo en WiFi y Ethernet para adaptarse a los cambios en las redes de datos. Esto incluye mejor seguridad (encriptación), redes virtuales (VLAN), y soporte básico para servicios de voz (QoS). En conclusión, WiFi fue diseñado para redes locales (LAN) para distancias cortas dentro de una oficina.

WiMAX está basado en la norma 802.16. Esta norma fue diseñada específicamente como una solución de Última Milla, y enfocada en los requerimientos para prestar servicio a nivel comercial. Para empezar, su diseño contempla la necesidad de varios protocolos de servicio.

Una conexión WiMAX soporta servicios paquetizados como IP y voz sobre IP (VoIP), como también servicios conmutados (TDM), E1/T1 y voz tradicional (clase-5); también soporta interconexiones de ATM y Frame Relay. WiMAX facilita varios niveles de servicio (MIR/CIR) para poder dar diferentes velocidades de datos dependiendo del contrato con el suscriptor. Además tiene la capacidad de entregar varios canales de servicio desde la misma conexión física. Esto permite que múltiples suscriptores estén conectados al mismo radio (CPE); cada uno con una conexión privada con el protocolo y nivel de servicio que éste requiera. Esta solución garantiza tener múltiples suscriptores que se encuentran en un mismo edificio (MDU).

Adicionalmente a los servicios que WiMAX puede ofrecer, la tecnología de transmisión OFDM es una solución robusta para operar en condiciones donde no hay línea de vista (N-LOS) a distancias de varios kilómetros. Esto es un requerimiento obligatorio para un caso de negocios de servicio inalámbrico en la Última Milla. WiMAX y WiFi son soluciones complementarias para dos aplicaciones bastante diferentes. WiMAX fue diseñado para redes metropolitanas (MAN),

también conocido como “Última Milla”. W-Fi fue diseñada para redes locales (LAN), también conocido como “Distribución en Sitio”.

Comparativa de Tecnologías

	3G	WIFI	WIMAX	Mobile-Fi
Velocidad	2 Mbps	54 Mbps	100 Mbps	16 Mbps
Cobertura	<6Km	0,5 m	70 Km	
Espectro	Licenciada	Uso Común	Ambas	Licenciada
Movilidad	Alta	Baja	Baja	Media Alta
Precio	Alto	Medio	Medio-Bajo	

Tabla 2: Características WiMAX

2.7. Tipos de antenas

Podemos definir antena como un dispositivo que sirve para transmitir y recibir ondas de radio. Su principal función es convertir la onda guiada por la línea de transmisión en ondas electromagnéticas que se pueden transmitir por el espacio libre. Existen antenas de distintos tipos, pero todas ellas cumplen la misma misión, servir de emisor-receptor de una señal de radio. Cuando la comunicación fluye en ambas direcciones, se denomina bidireccional. Si dicha comunicación no se efectúa simultáneamente, sino alternativamente, se denomina comunicación semiduplex. Todas las comunicaciones dentro del ámbito WiFi son bidireccionales semiduplex. Elegir el tipo de antena adecuado será determinante para que el sistema pueda rendir de una forma óptima, según las especificaciones del fabricante. Podemos diferenciar 3 tipos de antenas que podrían utilizarse en nuestro caso.

2.7.1 Sectoriales



Son la mezcla de las antenas direccionales y las omnidireccionales. Las antenas sectoriales emiten un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional. De igual modo, su alcance es mayor que una omnidireccional y menor que una direccional. Para tener una cobertura de 360° (como una antena omnidireccional) y un largo alcance (como una antena direccional) deberemos instalar, tres antenas sectoriales de 120° ó 4 antenas sectoriales de 80°. Este sistema de 360° con sectoriales se denomina “Array”. Las antenas sectoriales suelen ser más costosas que las antenas direccionales u omnidireccionales.

Al igual que las antenas omnidireccionales, su uso es para conexiones punto a multipunto. Estas sin embargo solo emiten en una dirección. La ganancia de estas antenas es mejor que las omnidireccionales (aproximadamente 23 dBi), y permiten orientarlas hacia la dirección que más nos interese.

2.7.2 Omnidireccionales



Orientan la señal en todas direcciones con un haz amplio pero de corto alcance. Si una antena direccional sería como un foco, una antena omnidireccional sería como una bombilla emitiendo luz en todas direcciones con menor alcance.

Las antenas Omnidireccionales “envían” la información teóricamente a los 360 grados por lo que es posible establecer comunicación independientemente del punto en el que se esté, ya que no requieren orientarlas. En

contrapartida, el alcance de estas antenas es menor que el de las antenas direccionales.

Se suelen colocar en espacios abiertos para emisión todas las direcciones. También se usan en espacios cerrados. En caso de colocarlas en el exterior es conveniente colocarle un filtro de saltos de tensión, para evitar problemas con tormentas eléctricas. Son baratas, fáciles de instalar y duraderas. Su ganancia está en torno a los 15 dBi.

2.7.3 Direccionales

Las antenas direccionales son aquellas que favorecen que la mayor parte de la energía sea radiada en una dirección en concreto. Por otra parte puede darse la situación en la que se desee emitir en varias direcciones, pero siempre se habla de un número de direcciones determinado donde se encontrarán el lóbulo principal y los secundarios.



Se componen de uno o más lóbulos principales, dependiendo del número de direcciones en las que queremos emitir, ya que en estos lóbulos es donde se proyecta la mayor energía. En la fabricación nos interesará que el lóbulo principal sea lo más estrecho posible, así ganamos en direccionalidad, aunque esto

repercute directamente en el coste económico de la antena ya que se necesita mayor tecnología y precisión en la fabricación.

Además de un lóbulo principal, tendremos unos lóbulos secundarios. Estos lóbulos proyectarán una pequeña parte de energía en direcciones que no son la deseada, o en caso de recepción nos captarán señales que no provienen directamente de nuestra fuente, captando ecos, reflexiones o interferencias de otras fuentes. Normalmente nos interesará una relación entre el lóbulo principal y los secundarios lo más grande posible.

2.8 Equipamiento

Para las redes troncales primaria y secundaria se usarán equipos WiMAX con topología punto a punto y punto a multipunto.

La red de acceso constará de puntos de acceso WiFi que soporten el estándar 802.11g. Estos puntos de acceso estarán además configurados para ofrecer encriptación avanzada (WPA) con clave dinámica por sesión y usuario (usando 802.1x y un servidor RADIUS). Los puntos de acceso se instalarán en el interior de los edificios y serán conectados a antenas de exteriores.

En los siguientes apartados y en los anexos se encuentra la información detallada sobre el equipamiento radio utilizado.

2.8.1 Conexión a la red pública de datos

Uno de los objetivos del proyecto es proporcionar acceso a Internet en diversos puntos del municipio, por lo tanto será necesario contar con una conexión a Internet que se ubicará en el Centro de Proceso de Datos (CPD) del Ayuntamiento.

2.8.2 Requisitos de seguridad

Todos los enlaces de la red troncal primaria y la red secundaria estarán encriptados mediante un esquema propietario de encriptación, al que se le añadirá además encriptación AES de 128 bits.

La red WiFi de acceso estará protegida usando WPA-TKIP con autenticación mediante 802.1x.

Todos los usuarios válidos dispondrán de un nombre de usuario y contraseña que les permitirá el acceso a la red y la encriptación de sus comunicaciones.

2.8.3 Condiciones ambientales

No existen limitaciones ambientales que destacar, salvo que los equipos de la red troncal, la red secundaria y las antenas WiFi estarán instalados en el exterior (estarán preparados para ello). También se preservarán en la medida de lo posible todos los condicionantes estéticos que se puedan dar.

2.8.4 Especificaciones de la red

La red global se compone de una red troncal primaria, red troncal secundaria y red de acceso WiFi. Las especificaciones de cada una de ellas se describirán en los siguientes subapartados.

3.0 Red Troncal Primaria

3.1 Requerimientos

Se debe implantar una red troncal inalámbrica de banda ancha para la interconexión del CPD del Ayuntamiento de El Berrueco con los puntos situados en los diferentes puntos del municipio a partir de los cuales se desplegará la red troncal secundaria. Los puntos que forman parte de la red troncal primaria son los siguientes:

- **Ayuntamiento El Berrueco:**
- **Iglesia Santo Tomas Apóstol:**
- **Parque del Pantano:**
- **Centro Cultural:**
- **Parque de la Atalaya**

El equipamiento de la red troncal debe cumplir las siguientes características técnicas mínimas:

Los equipos inalámbricos deben emitir en canales de banda libre según las normas de la Comisión del Mercado de Telecomunicaciones (CMT) y el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF).

- Se deben implementar caminos alternativos para la interconexión de los distintos puntos de manera que la red sea robusta y resistente a las posibles caídas de algunos de los enlaces principales.
- Los equipos utilizados deberán soportar los anchos de banda requeridos para proporcionar el servicio deseado. Los requerimientos de cada enlace de la red troncal vendrán impuestos por el ancho de banda que se ofrecerá a cada edificio municipal interconectado a través de la red troncal secundaria y por el ancho de banda requerido por los usuarios de la red de acceso WiFi. Además, se deberá dejar un margen de ancho de banda disponible para futuras expansiones de la red.
- Gestionable mediante protocolo SNMP (*Simple Network Managment Protocol*). Esto permitirá que la red completa sea monitorizada desde el CPD utilizando las herramientas software adecuadas.
- Los equipos deben disponer de un puerto Ethernet 10/100 Base T que permita la interconexión a otra electrónica de red o a otros equipos radio directamente.

- Los equipos deben poder ser configurables y actualizables utilizando el interfaz aire, con el fin de poder llevar a cabo estas acciones de manera remota.
- Los equipos deben disponer del marcado CE, el cual autoriza y asegura que cumplen las condiciones necesarias para ser utilizados de la Comunidad Económica Europea.
- Los equipos deben cumplir la normativa vigente para instalación en exteriores, incluyendo protección antirrayos. Todos los conectores deberán estar convenientemente sellados.
Los equipos deben cumplir la normativa vigente para instalación en exteriores, incluyendo protección antirrayos. Todos los conectores deberán estar fuertemente sellados.

3.2 Situación de los puntos

Según los datos de GPS (*Global Positioning System*), la situación geográfica de los puntos a interconectar son las siguientes:

Punto	Latitud	Longitud	Altura
Ayuntamiento	40°53'15.46''N	03°33'40.27''O	937
Iglesia	40°53'22.23''N	03°33'26.42''O	931
Parque del Pantano	40°53'12.10''N	03°33'29.84''O	930
Centro Cultural	40°53'18.55''N	03°33'52.87''O	942
Parque Atalaya	40°52'28.03''N	03°32'12.89''O	1020

Situación de los puntos de la red troncal principal:



4.0 Red Troncal Secundaria

4.1 Requerimientos

La red troncal secundaria está compuesta por los equipos que interconectan las estructuras o edificios municipales con la red troncal primaria a través de enlaces punto a multipunto. El ancho de banda soportado será menor que el soportado por la red troncal principal, pero estará dimensionado para soportar tanto el tráfico generado en el propio edificio municipal, como el generado por los usuarios que lleguen mediante la red de acceso WiFi (en los lugares donde se provea acceso mediante WiFi).

Los puntos que se interconectarán en cada núcleo son los siguientes:

- **Ayuntamiento**
 - o Plaza del Pueblo
 - o Centro Medico

- **Iglesia Santo Tomas Apóstol**
 - o Centro de la Naturaleza
 - o Parque del Picachuelo
 - o Mirador del Pantano
 - o Vivero de Empresas

- **Parque del Pantano**
 - o Museo del Agua
 - o Información y Turismo
 - o Escuela Infantil

- **Centro Cultural**
 - o Polideportivo

- **Parque de la Atalaya**

El equipamiento de la red troncal secundaria debe cumplir las siguientes características mínimas:

- Los equipos inalámbricos deben emitir en canales de banda libre según las normas de la Comisión del Mercado de Telecomunicaciones (CMT) y el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF).

- Los equipos utilizados deberán soportar los anchos de banda requeridos para proporcionar el servicio deseado. En la siguiente tabla se muestran los

requerimientos para los edificios municipales directamente a la red troncal secundaria. El ancho de banda asignado a cada edificio es resultado de un estudio previo sobre el número de usuarios que se van a conectar, del tipo de servicios que van a utilizar normalmente y de la importancia relativa de la ubicación.

Nodo	Punto	Ancho de Banda
Ayuntamiento	Ayuntamiento	10 Mbps
	Centro Médico	2 Mbps
	Plaza del Pueblo	-
Iglesia	Iglesia	1 Mbps
	Centro de Naturaleza	3 Mbps
	Parque Picachuelo	-
	Mirador Pantano	-
	Vivero Empresas	4 Mbps
Parque Pantano	Parque del Pantano	-
	Museo del Agua	2 Mbps
	Información Turismo	3 Mbps
	Escuela Infantil	3 Mbps
Centro Cultural	Centro Cultural	3 Mbps
	Polideportivo	2 Mbps
Atalaya	Parque Atalaya	-

Tabla 3: Requerimientos de ancho de banda en cada punto

- Los equipos deben soportar encriptación para así tener seguridad en las comunicaciones.
- Los equipos deben implementar el protocolo SNMP, con el fin de que puedan ser monitorizados remotamente utilizando las herramientas software adecuadas.
- Los equipos deben disponer de un puerto Ethernet 10/100 Base T que permita la interconexión a otra electrónica de red o a otros equipos radio directamente.
- Los equipos deben poder ser configurable y actualizados utilizando el interfaz aire, con el fin de poder llevar a cabo estas acciones de manera remota.
- Los equipos deben disponer del marcado CE, el cual autoriza y asegura que cumplen las condiciones necesarias para ser utilizados de la Comunidad Económica Europea.

- Los equipos deben cumplir la normativa vigente para instalación en exteriores, incluyendo protección antirrayos. Todos los conectores deberán estar convenientemente sellados.

4.2 Situación de los puntos

Según datos GPS, las coordenadas de los puntos a interconectar en cada uno de los nodos son las siguientes:

- **Ayuntamiento**

Punto	Latitud	Longitud	Altura (m)
Ayuntamiento	40°53'15.46"N	03°33'40.27"O	937
Plaza del Pueblo	40°53'15.37"N	03°33'39.05"O	937
Centro Medico	40°53'17.20"N	03°33'37.71"O	937

Tabla 4: Coordenadas de los puntos de la red secundaria en nodo Ayuntamiento

En la siguiente ortofoto se muestran la localización de los puntos, incluyendo el punto de la red troncal al que se conectan.



Figura 6: Situación de los puntos del nodo 0.

- **Iglesia Santo Tomas Apóstol**

Punto	Latitud	Longitud	Altura (m)
Iglesia	40°53'23.23''N	03°33'26.42''O	931
Centro de la Naturaleza	40°54'11.50''N	03°33'18.04''O	902
Parque Picachuelo	40°54'03.25''N	03°33'26.90''O	911
Merendero	40°53'47.49''N	03°33'04.55''O	883
Vivero Empresas	40°53'27.46''N	03°33'32.89''O	944

Tabla 5: Coordenadas de los puntos de la red secundaria en nodo Iglesia

En la siguiente ortofoto se muestran la localización de los puntos, incluyendo el punto de la red troncal al que se conectan.



Figura 7: Situación de los puntos del nodo 1.

- **Parque del Pantano**

Punto	Latitud	Longitud	Altura (m)
Parque Pantano	40°53'12.10''N	03°33'29.84''O	930
Museo del Agua	40°53'12.90''N	03°33'31.11''O	930
Inf-Turismo	40°53'14.01''N	03°33'33.61''O	932
Escuela Infantil	40°53'14.08''N	03°33'36.43''O	937

Tabla 6: Coordenadas de los puntos de la red secundaria en nodo Iglesia

En la siguiente ortofoto se muestran la localización de los puntos, incluyendo el punto de la red troncal al que se conectan.

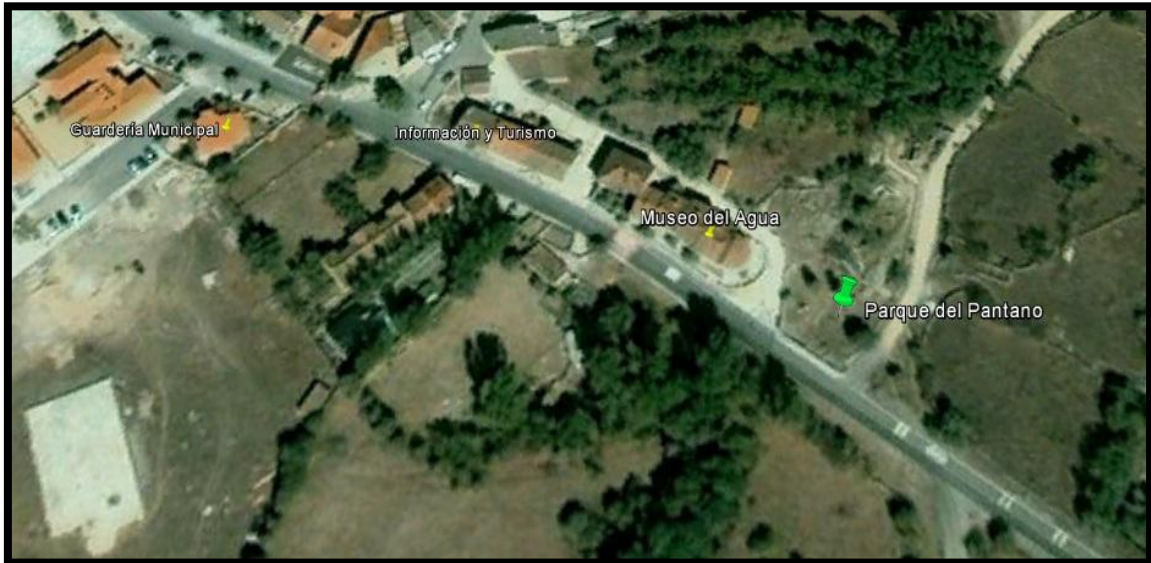


Figura 8: Situación de los puntos del nodo 2.

- **Centro Cultural**

Punto	Latitud	Longitud	Altura (m)
Centro Cultural	40°53'18.45''N	03°33'52.87''O	942
Polideportivo	40°53'12.07''N	03°33'44.98''O	937

Tabla 7: Coordenadas de los puntos de la red secundaria en nodo Centro Cultural.

En la siguiente ortofoto se muestran la localización de los puntos, incluyendo el punto de la red troncal al que se conectan.



Figura 9: Situación de los puntos del nodo 3.

- **Parque de la Atalaya**

Punto	Latitud	Longitud	Altura (m)
Ayuntamiento	40°52'28.03''N	03°32'12.89''O	1020

Tabla 8: Coordenadas de los puntos de la red secundaria en nodo Atalaya

En la siguiente ortofoto se muestran la localización de los puntos, incluyendo el punto de la red troncal al que se conectan.

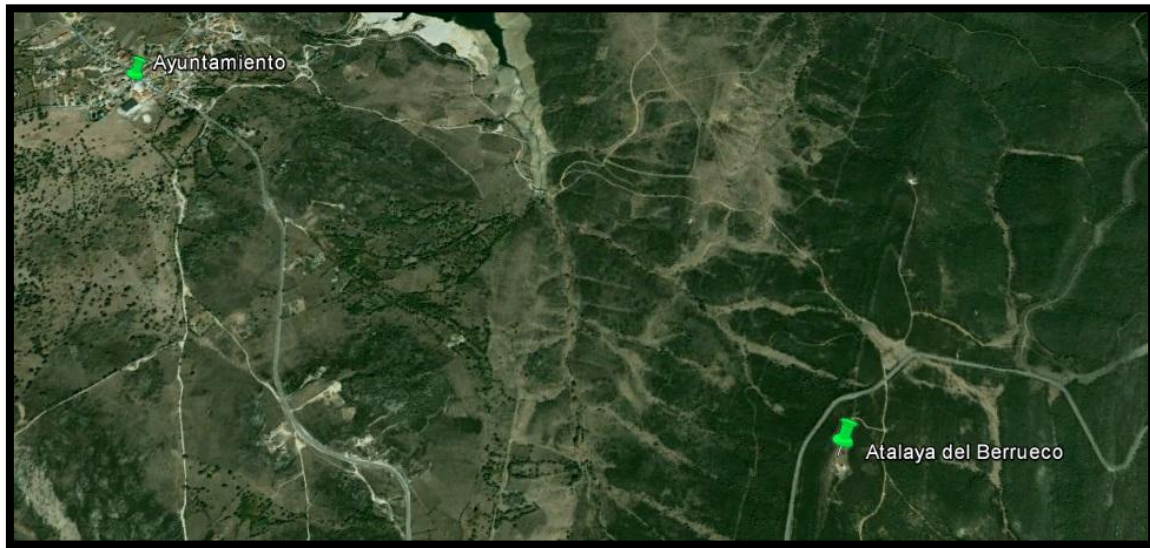


Figura 10: Situación del punto del nodo 4.

5.0 Red de acceso

5.1 Requerimientos

Se desea dotar de cobertura inalámbrica de acceso WiFi en algunos lugares donde no hay disponibles accesos de banda ancha. Esto sucede concretamente en las plazas y parques municipales así como en el polideportivo. Adicionalmente se dotará de cobertura WiFi la Oficina de Turismo.

Se dará la mayor cobertura posible alrededor de la estructura donde se lleve a cabo la instalación de los puntos de la red troncal principal y secundaria.

Inicialmente, se deberán poder conectar al menos 12 clientes simultáneos en cada punto, teniendo en cuenta que debe ser fácil la expansión de la red para soportar más usuarios en caso de que sea requerido.

La potencia de salida de los equipos se ajustará teniendo en cuenta la ganancia de la antena y las pérdidas de los cables, conectores y dispositivos antirrayos para no sobrepasar el límite legal de 100 mW (Norma UN-85).

Las características técnicas mínimas exigidas para el equipamiento de la red de acceso WiFi en cada uno de los anejos son las siguientes:

- Los equipos deben soportar los estándares 802.11b y/o 802.11g.
- El equipamiento han de ser gestionable mediante SNMP, lo que permitirá la monitorización y gestión remota de estos.
- Deben soportar seguridad WEP y WPA.
- El equipamiento debe disponer de un puerto Ethernet 10/100 Base T que permita conectarlo con otro equipamiento de red.
- Los equipos deben disponer conector para antena exterior, con el fin de que sea posible usar las antenas más apropiadas en cada situación.
- El tráfico agregado mínimo a repartir entre los usuarios conectados será de 2 Mbps en cada uno de los puntos, repartiendo esta capacidad de manera equitativa entre los usuarios que se encuentren asociados a los puntos de acceso. Y siempre respetando el límite establecido de velocidad red-usuario a 256 Kbps, para ello se utilizaran mecanismos de control de tráfico y se bloquearan las conexiones P2P.

Nodo	Punto	Ancho de banda agregado mínimo a repartir
Ayuntamiento	Ayuntamiento	-
	Centro Médico	-
	Plaza del Pueblo	3 Mbps
Iglesia	Iglesia	2 Mbps
	Centro de Naturaleza	2 Mbps
	Parque Picachuelo	2 Mbps
	Merendero Pantano	2 Mbps
	Vivero Empresas	-
Parque Pantano	Parque del Pantano	2 Mbps
	Museo del Agua	-
	Información Turismo	2 Mbps
	Escuela Infantil	-
Centro Cultural	Centro Cultural	-
	Polideportivo	2 Mbps
Atalaya	Parque Atalaya	2 Mbps

Tabla 9: Ancho de banda puntos de acceso WiFi.

- Los puntos de acceso, siempre que sea posible, se instalarán en el interior de los edificios y se conectarán a una antena omnidireccional de exteriores, eligiendo el tipo de antena más adecuado para minimizar las interferencias y maximizar la cobertura teniendo en cuenta las limitaciones de potencia citadas en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF).

- Los equipos deben cumplir la normativa vigente para instalación en exteriores, incluyendo protección antirrayos. Opcionalmente, equipos para interiores se pueden instalar dentro de cajas con grado de protección IP-65 para protegerlos ante agresiones externas. Todos los conectores deben estar fuertemente sellados.

Se deben incluir los equipos necesarios para la interconexión de los puntos de acceso WiFi a la red troncal.

5.2 Situación de los puntos

En la siguiente tabla se muestra la posición según los datos GPS y la altura de todos los puntos de acceso que formarán la red de acceso:

Punto	Latitud	Longitud	Altura (m)
Plaza del Pueblo	40°53'15.37"N	03°33'39.05"O	937
Iglesia	40°53'23.23"N	03°33'26.42"O	931
Centro de la Naturaleza	40°54'11.50"N	03°33'18.04"O	902
Parque Picachuelo	40°54'03.25"N	03°33'26.90"O	911
Merendero Pantano	40°53'47.49"N	03°33'04.55"O	883
Parque del Pantano	40°53'12.10"N	03°33'29.84"O	930
Inf/Turismo	40°53'14.01"N	03°33'33.61"O	932
Polideportivo	40°53'12.07"N	03°33'44.98"O	937
Parque Atalaya	40°52'28.03"N	03°32'12.89"O	1020

Tabla 10: Coordenadas de los puntos de acceso WiFi.



Figura 11: Ubicación de los puntos de acceso WiFi.

6.00 Dimensionado del sistema

6.1 Red Troncal Primaria

6.1.1 Interconexión de puntos

El diseño de la red troncal se ha acometido teniendo en cuenta que se necesita un ancho de banda grande y unos tiempos de respuesta bajos. Es por esta razón que se han buscado interconectar ubicaciones entre las que hubiera condiciones de línea de visión directa. Este requisito no es indispensable para tener conectividad, pero sí lo es si requieren unas condiciones óptimas de funcionamiento.

Otra de las condiciones es que las ubicaciones fueran propiedad del Ayuntamiento, con el fin de que fuese más económico el despliegue de la red. Además, en algunas ubicaciones ya hay disponibles torretas y mástiles donde fijar el equipamiento, lo que reduce aún más el coste del despliegue.

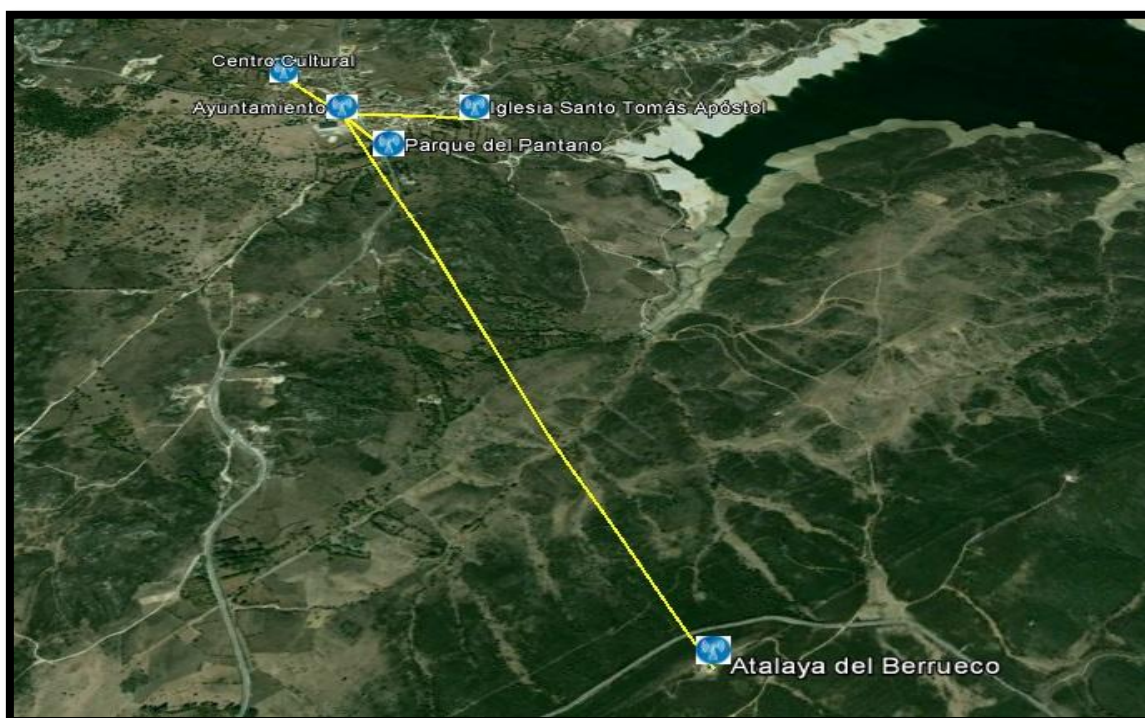


Figura 12: Interconexión de los puntos de la red troncal principal

6.1.2. Distancias entre los puntos

Las distancias entre los puntos son las siguientes:

Punto 1	Punto 2	Distancia (m)
Ayuntamiento	Iglesia	385
Ayuntamiento	Parque Pantano	268
Ayuntamiento	Centro Cultural	310
Ayuntamiento	Parque Atalaya	2500

Tabla 11: Distancias puntos red troncal primaria

6.1.3. Dimensionado del ancho de banda

La red troncal primaria debe soportar todo el tráfico generado por la red troncal secundaria, y esta, a su vez, el tráfico generado por la red de acceso. El ancho de banda que ha de soportar condiciona el equipamiento utilizado para llevar la interconexión entre los diferentes puntos.

En la siguiente tabla se recogen los datos de ancho de banda marcados como requisitos. También se muestra el ancho de banda total requerido en cada núcleo, el cual se calcula sumando el ancho de banda requerido por cada uno de los edificios municipales y de la red de acceso WiFi.

Nodo	Punto	Origen del Trafico	Trafico Agregado
Ayuntamiento	Ayuntamiento	WiFi	-
		Ed.Municipal	10
	Centro Médico	WiFi	-
		Ed.Municipal	2
	Plaza del Pueblo	WiFi	3
		Ed.Municipal	-
Total			15 Mbps
Iglesia	Iglesia	WiFi	3
		Ed.Municipal	1
	Centro de Naturaleza	WiFi	3
		Ed.Municipal	3
	Parque Picachuelo	WiFi	3
		Ed.Municipal	-
	Merendero Pantano	WiFi	3
		Ed.Municipal	-
	Vivero Empresas	WiFi	-
		Ed.Municipal	4
Total			20 Mbps
Parque Pantano	Parque del Pantano	WiFi	3
		Ed.Municipal	-
	Museo del Agua	WiFi	-
		Ed.Municipal	2
	Información Turismo	WiFi	3
		Ed.Municipal	3
	Escuela Infantil	WiFi	-
		Ed.Municipal	3
Total			14 Mbps
Centro Cultural	Centro Cultural	WiFi	-
		Ed.Municipal	3
	Polideportivo	WiFi	3
		Ed.Municipal	2
Total			8 Mbps
Atalaya	Parque Atalaya	WiFi	3
		Ed.Municipal	-
	Total		

Tabla 12: Anchos de Banda

En función de los resultados mostrados en la tabla anterior, se puede calcular el ancho de banda mínimo que se requiere en cada uno de los enlaces de la red troncal primaria. Para hacer el cálculo se ha de sumar el ancho de banda requerido por cada uno de los núcleos que hagan uso de dicho enlace para llegar al CPD, que es el lugar donde se encuentra la conexión a Internet. En la tabla 12 se reflejan estos resultados.

Los equipos usados en cada uno de los enlaces y que cumplen todos los requerimientos de funcionalidad y de ancho de banda descritos anteriormente son los siguientes:

- **Ayuntamiento – Iglesia:** Enlace punto a punto con dos equipos BreezeNET B28 de Alvarion con antena de 23 dBi integrada.
- **Ayuntamiento – Parque del Pantano:** Enlace punto a punto con dos equipos BreezeNET B28 de Alvarion con antena de 23 dBi integrada.
- **Ayuntamiento – Centro Cultural:** Enlace punto a punto con dos equipos BreezeNET B28 de Alvarion con antena de 23 dBi integrada.
- **Ayuntamiento – Parque Atalaya:** Enlace punto a punto con dos equipos BreezeNET B28 de Alvarion con antena de 23 dBi integrada.

En los siguientes apartados y en el anexo se describen los equipos utilizados y sus características técnicas.

Por otro lado, el ayuntamiento 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 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.

6.2 Red Troncal Secundaria

6.2.1 Red Troncal Secundaria en Nodo 0 Ayuntamiento

Interconexión de puntos

La red troncal secundaria del núcleo urbano llamada nodo 0 se compone de puntos que se interconectan con el punto central situado en el Ayuntamiento. Los enlaces se llevarán a cabo usando equipamiento punto a multipunto.

En el ayuntamiento se utilizará una antena sectorial de 120 °, mientras que en los puntos donde se encuentran suscriptores se utilizarán antenas direccionales. El uso de una antena sectorial reduce el rango de alcance, pero permitirá que se puedan establecer nuevas conexiones desde diversos puntos del pueblo.

Los puntos que a interconectar se especificaron en los requerimientos de la red troncal secundaria. Los enlaces a establecer quedarían como se muestra continuación.

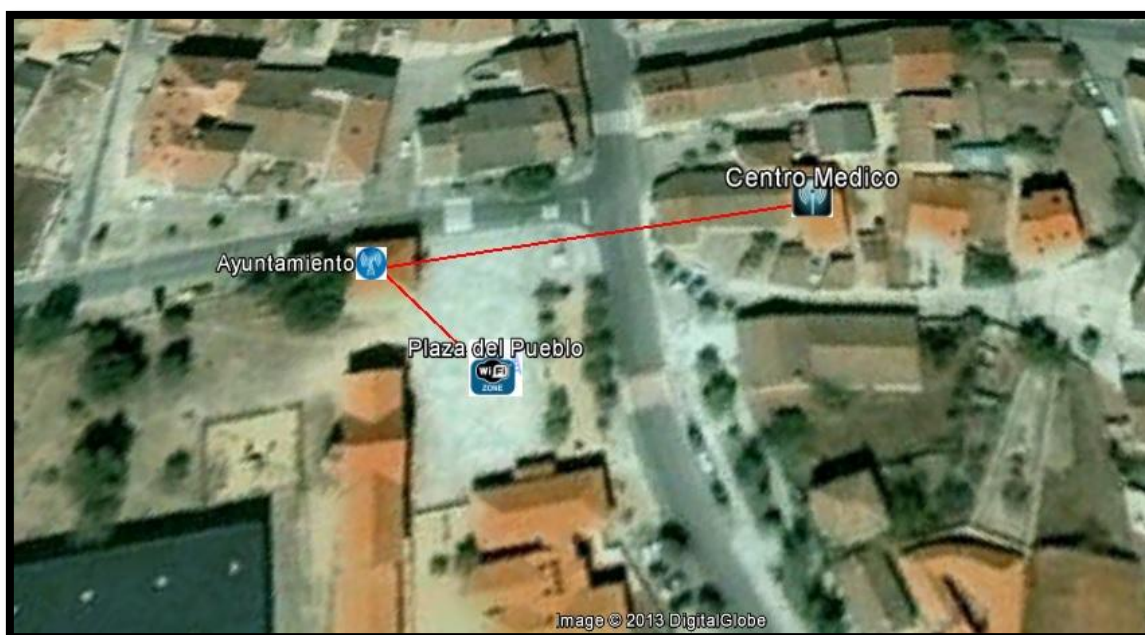


Figura 13: Enlaces red troncal secundaria Nodo 0 Ayuntamiento

Dimensionado del ancho de banda

Cada uno de los enlaces deberá soportar el ancho de banda generado en el edificio municipal, además en el caso de la plaza del pueblo será utilizado solamente para proporcionar acceso WiFi. En la siguiente tabla se especifica en ancho de banda efectivo requerido en cada enlace, tomando como partida los requerimientos previamente fijados.

Nodo 0	Punto	Origen del Trafico	Trafico Agregado	
Ayuntamiento	Ayuntamiento	WiFi	-	
		Ed.Municipal	10	
	Centro Médico	WiFi	-	
		Ed.Municipal	2	
	Plaza del Pueblo	WiFi	3	
		Ed.Municipal	-	
	Total			15 Mbps

Los equipos usados en cada uno de los enlaces y que cumplen todos los requerimientos de funcionalidad y de ancho de banda descritos anteriormente son los siguientes:

- **Ayuntamiento:** Estación base de Alvarion AU-D-SA-5.4-120-VL, con antena externa de 120 °
- **Centro Médico:** Cliente de Alvarion SU-A-5.4-3-BD-VL orientado hacia el Ayuntamiento.

6.2.2. Red Troncal Secundaria de nodo 1 Iglesia

Interconexión de puntos

La red troncal secundaria del nodo 1 “Iglesia” se compone de puntos que se interconectan con una topología en estrella con el punto central situado en el campanario de la Iglesia. Los enlaces se llevarán a cabo usando equipamiento punto a multipunto.

En lo alto del campanario se utilizará una antena de 120° de apertura, mientras que en los puntos donde se encuentran subscriptores se utilizarán antenas direccionales.

Los puntos que a interconectar se especificaron en los requerimientos de la red troncal secundaria. Los enlaces a establecer quedarán como se muestra continuación.

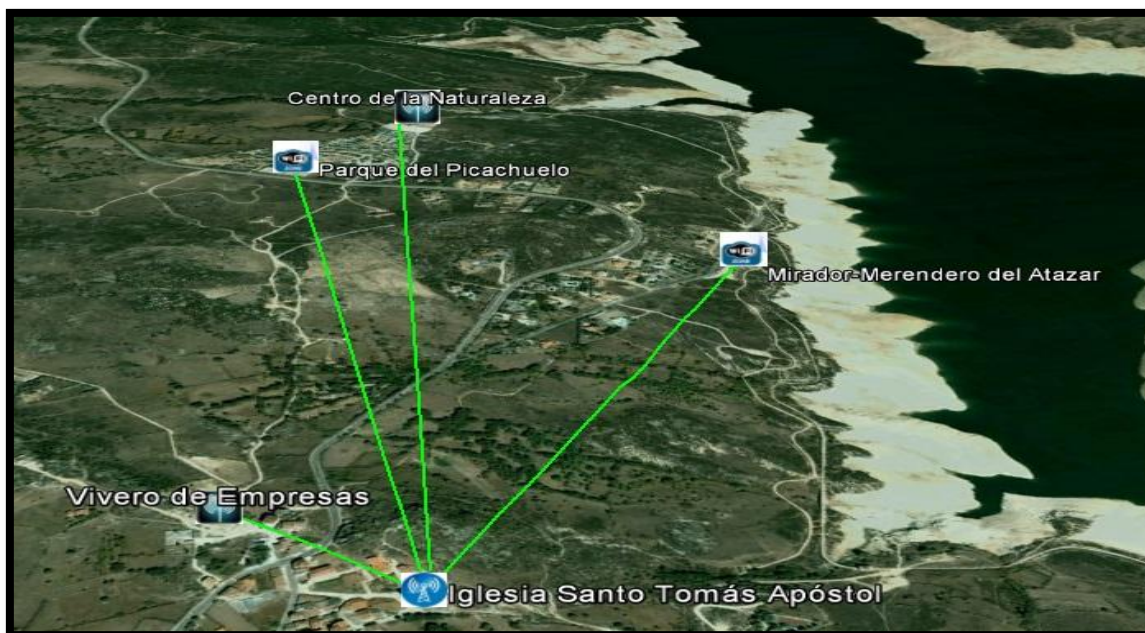


Figura 14: Enlaces red troncal secundaria Nodo 1 Iglesia

Dimensionado del ancho de banda

Cada uno de los enlaces deberá soportar el ancho de banda generado en el edificio municipal, excepto en el caso del Merendero del Pantano, lugar utilizado solamente para proporcionar acceso WiFi. Además en el caso de los edificios de la Iglesia y el Centro de la Naturaleza se proporcionará acceso WiFi.

En la siguiente tabla se especifica en ancho de banda efectivo requerido en cada enlace, tomando como partida los requerimientos previamente fijados.

Nodo 1	Punto	Origen del Trafico	Trafico Agregado
Iglesia	Iglesia	WiFi	3
		Ed.Municipal	1
	Centro de Naturaleza	WiFi	3
		Ed.Municipal	3
	Parque Picachuelo	WiFi	3
		Ed.Municipal	-
	Merendero Pantano	WiFi	3
		Ed.Municipal	-
	Vivero Empresas	WiFi	-
		Ed.Municipal	4
Total			20 Mbps

Los equipos usados en cada uno de los enlaces y que cumplen todos los requerimientos de funcionalidad y de ancho de banda descritos anteriormente son los siguientes:

- **Iglesia:** Estación base de Alvarion AU-D-SA-5.4-120-VL, con antena externa de 120º.
- **Centro de la Naturaleza:** Cliente de Alvarion SU-A-5.4-6-BD-VL orientado hacia la iglesia.
- **Parque del Picachuelo:** Cliente de Alvarion SU-A-5.4-3-BD-VL orientado hacia la iglesia.
- **Merendero del Pantano:** Cliente de Alvarion SU-A-5.4-3-BD-VL orientado hacia la iglesia.
- **Vivero de Empresas:** Cliente de Alvarion SU-A-5.4-6-BD-VL orientado hacia la iglesia.

6.2.3. Red Troncal Secundaria de nodo 2 Parque Camino del Pantano

Interconexión de puntos

La red troncal secundaria del nodo 2 se compone de puntos que se interconectan con una topología en estrella con el punto central situado en una torreta junto al parque. Los enlaces se llevarán a cabo usando equipamiento punto a multipunto.

En lo alto de la torreta se utilizará una antena de 60º de apertura, mientras que en los puntos donde se encuentran subscriptores se utilizarán antenas direccionales.

Los puntos que a interconectar se especificaron en los requerimientos de la red troncal secundaria. Los enlaces a establecer quedarán como se muestra continuación.



Figura 15: Enlaces red troncal Nodo 2 Parque Pantano

Dimensionado del ancho de banda

Cada uno de los enlaces deberá soportar el ancho de banda generado en el edificio municipal, excepto en el caso de la torreta del parque, lugar utilizado solamente para proporcionar acceso WiFi. Además en el caso del edificio de información y turismo se proporcionará acceso WiFi.

En la siguiente tabla se especifica en ancho de banda efectivo requerido en cada enlace, tomando como partida los requerimientos previamente fijados.

Nodo 2	Punto	Origen del Trafico	Trafico Agregado
Parque Pantano	Parque del Pantano	WiFi	3
		Ed.Municipal	-
	Museo del Agua	WiFi	-
		Ed.Municipal	2
	Información Turismo	WiFi	3
		Ed.Municipal	3
	Escuela Infantil	WiFi	-
		Ed.Municipal	3
Total			14 Mbps

Los equipos usados en cada uno de los enlaces y que cumplen todos los requerimientos de funcionalidad y de ancho de banda descritos anteriormente son los siguientes:

- **Parque del Pantano:** Estación base de Alvarion AU-D-SA-5.4-60-VL, con antena externa de 60 °.
- **Museo del Agua:** Cliente de Alvarion SU-A-5.4-3-BD-VL orientado hacia el Parque del Pantano.
- **Información y Turismo:** Cliente de Alvarion SU-A-5.4-6-BD-VL orientado hacia el parque del pantano.
- **Escuela Infantil:** Cliente de Alvarion SU-A-5.4-6-BD-VL orientado hacia el parque del pantano.

6.2.4 Red Troncal Secundaria de nodo 3 Centro Cultural

Interconexión de puntos

La red troncal secundaria del nodo 3 se compone de puntos que se interconectan con una topología en estrella con el punto central situado en el centro cultural. Los enlaces se llevarán a cabo usando equipamiento punto a multipunto.

En lo alto del centro se utilizará una antena de 30º de apertura, mientras que en los puntos donde se encuentran subscriptores se utilizarán antenas direccionales.

Los puntos que a interconectar se especificaron en los requerimientos de la red troncal secundaria. Los enlaces a establecer quedarán como se muestra continuación.



Figura 16: Enlaces red troncal secundaria Nodo 3 Centro Cultural

Dimensionado del ancho de banda

Cada uno de los enlaces deberá soportar el ancho de banda generado en el edificio municipal. Además en el caso del edificio del polideportivo se proporcionará acceso WiFi.

En la siguiente tabla se especifica en ancho de banda efectivo requerido en cada enlace, tomando como partida los requerimientos previamente fijados.

Nodo 3	Punto	Origen del Trafico	Trafico Agregado
Centro Cultural	Centro Cultural	WiFi	-
		Ed.Municipal	3
	Polideportivo	WiFi	3
		Ed.Municipal	2
Total			8 Mbps

Los equipos usados en cada uno de los enlaces y que cumplen todos los requerimientos de funcionalidad y de ancho de banda descritos anteriormente son los siguientes:

- **Centro Cultural:** Estación base de Alvarion AU-D-SA-5.4-60-VL, con antena externa de 60 °.
- **Polideportivo:** Cliente de Alvarion SU-A-5.4-6-BD-VL orientado hacia el Centro Cultural.

6.2.5. Red Troncal Secundaria de nodo 4 Parque Atalaya

Interconexión de puntos

La red troncal secundaria del nodo 3 se compone de un único punto WiFi que da cobertura a la zona del parque de la Atalaya. El enlace se llevará a cabo usando equipamiento punto a punto.

En lo alto de la Atalaya se utilizará una antena omnidireccional de 360° de apertura.

Los puntos que a interconectar se especificaron en los requerimientos de la red troncal secundaria. Los enlaces a establecer quedarán como se muestra continuación.

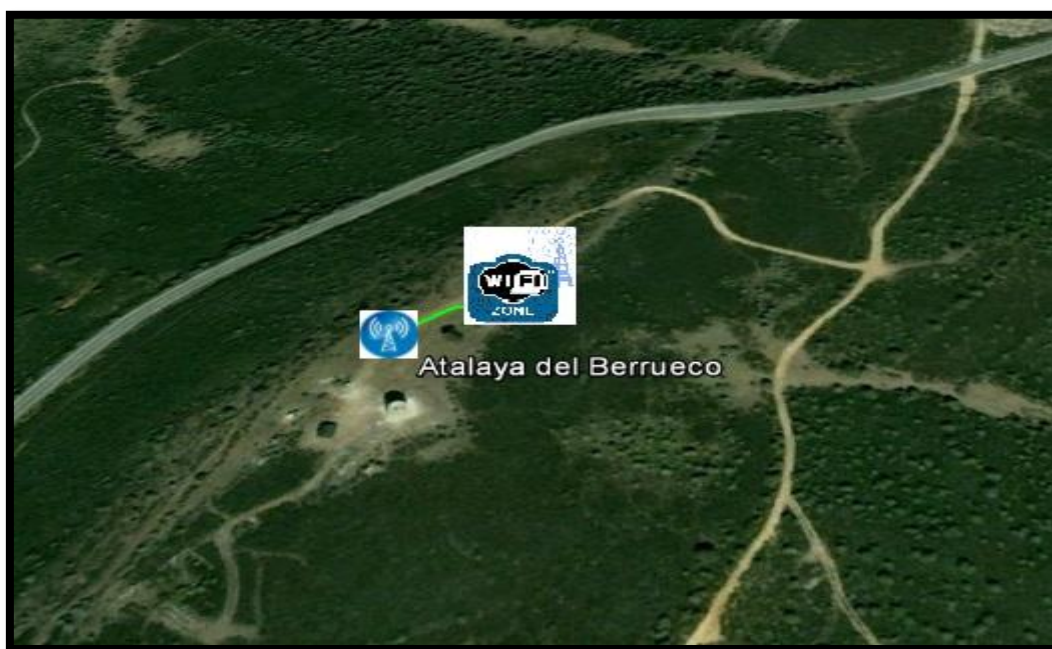


Figura 17: Enlaces red troncal secundaria Nodo 3 Centro Cultural

Dimensionado del ancho de banda

Este enlace deberá de ser utilizado solamente para proporcionar acceso WiFi al entorno del parque.

En la siguiente tabla se especifica en ancho de banda efectivo requerido en cada enlace, tomando como partida los requerimientos previamente fijados.

Nodo	Punto	Origen del Trafico	Trafico Agregado
Atalaya	Parque Atalaya	WiFi	3
		Ed.Municipal	-
Total			3 Mbps

Red de Acceso

Según los requerimientos descritos en el apartado 5.1, en cada ubicación podrá haber un mínimo de 12 clientes conectados simultáneamente. Este requerimiento se satisface instalando un solo punto de acceso por ubicación. Además, el ancho de banda efectivo que obtiene un cliente en caso de conectarse es 256 Kbps agregados, que es el requerimiento mínimo exigido en cuanto a ancho de banda, se bloquearan los accesos P2P y se utilizaran mecanismos de control del tráfico para no sobrepasar estos valores. Se dejarán puertos disponibles en el elemento que interconecta la red troncal secundaria con la red de acceso, para que sea fácil la

instalación de nuevos puntos de acceso en caso de que se pretenda ampliar el número de clientes que se conectarán de manera simultánea a la red. El punto será BreezeAccess Wi2.

7.0. Resumen de equipos y elección del fabricante

En la elección del fabricante me he decantado por Alvarion ya que he decidido apostar por un fabricante de primer nivel mundial. Fundada en 1992 en Tel Aviv Alvarion cuenta con más de 3 millones de unidades implantadas en 150 países, es el principal fabricante a nivel mundial de banda ancha inalámbrica dirigida a ISPs, operadoras de telecomunicaciones privadas y públicas, mercado empresarial y Administraciones Públicas.

Alvarion lidera la tecnología WiMAX, con un elevado número de proyectos en operación junto con el mayor portfolio de soluciones de la industria, que cubren todo el rango de frecuencias con soluciones tanto fijas como móviles. Su gama de productos permite el acceso de banda ancha para el mercado residencial y corporativo, VPNs corporativas, VoIP toll quality 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.

Alvarion tiene diversos acuerdos OEM firmados y trabaja con más de 200 partners especializados a nivel mundial para resolver los nuevos desafíos WiMAX. De hecho, como pionero en banda ancha inalámbrica, Alvarion trabaja permanentemente en la innovación desde hace más de 10 años para la obtención y promoción de estándares de mercado. Juega un importante papel en los comités de estandarización IEEE e HiperMAN y participa activamente en los Forums WiMAX más representativos.

Los equipos usados en cada uno de los enlaces y que cumplen todos los requerimientos de funcionalidad y de ancho de banda descritos anteriormente son los siguientes:

7.1. Red troncal primaria, enlaces entre nodos:

Enlace punto a punto con dos equipos **BreezeNET B28 de Alvarion** con antena de 23 dBi integrada. Son un sistema de puente inalámbrico de alto rendimiento, que proporcionan alta capacidad y alta velocidad en enlaces punto a punto. Al final del este proyecto se presenta tabla del fabricante con las principales características del equipo.

Las antenas utilizadas por los equipos de la red primaria son antenas integradas, con una ganancia de 23 dBi y 7º de apertura. En el anexo, se presenta tabla del fabricante con las principales características del equipo.

7.2. Red troncal secundaria, para nodos

Estación base de **Alvarion AU-D-SA-5.4-60-VL**, con antena externa de 60 °.

Estación base de **Alvarion AU-D-SA-5.4-90-VL**, con antena externa de 90 °.

Estación base de **Alvarion AU-D-SA-5.4-120-VL**, con antena externa de 120 °.

Clientes de **Alvarion SU-A-5.4-6-BD-VL**.

Clientes de **Alvarion SU-A-5.4-3-BD-VL**.

Los equipos BreezeAccess VL son un sistema de puente inalámbrico de alto rendimiento, que proporcionan alta capacidad y velocidad en enlaces punto a multipunto. En el anexo, se presenta tabla del fabricante con las principales características del equipo.

7.3. Red de Acceso

Alvarion BreezeAccess Wi2.

Se trata de una red convergente rentable que unifica los puntos de acceso inalámbricos WiFi con la red de transporte WiMAX para proporcionar los servicios de banda ancha personales. En el anexo, se presenta tabla del fabricante con las principales características del equipo.

7.4. Sistema de Alimentación Ininterrumpida

Para el correcto funcionamiento de la red es imprescindible un sistema de alimentación eléctrico seguro, por lo que se debería diseñar una alimentación secundaria centralizada de todos los equipos de la red.

Del sistema de alimentación de red se requieren las siguientes características básicas:

- Que sea inmune a los micro-cortes que las compañías eléctricas tienen en sus redes.
- Que tenga autonomía de media hora delante de un corte prolongado de la red eléctrica

El esquema correcto sería alimentar el sistema a partir de algunos SAIs (Sistema de Alimentación Ininterrumpida), dependiendo de su capacidad, montados en configuración paralelo redundante. Esta configuración asegura el suministro de

tensión y corriente a la salida incluso cuando uno de los SAIs falla. En funcionamiento normal los equipos se repartirían la carga, es decir, cada uno de ellos suministraría un tanto por ciento de la potencia necesaria.

7.5. Cableado necesario.

Con este proyecto se pretende crear una red completamente inalámbrica, y en lo que respecta al acceso a la red se refiere, este objetivo se ha cumplido. Sin embargo dos cableados son indispensables: la corriente eléctrica que necesitan los equipos de la red para su funcionamiento, y los latiguillos Ethernet que conectan algunos dispositivos con otros.

Cable eléctrico:

Los puntos de acceso libre de los parques, se encontrarán a la intemperie así que hay que decidir como llegarán hasta allí los cables. Dado que un cable de corriente es de instalación paralelo, es decir un mismo filar da corriente a todos los dispositivos, se puede realizar con la instalación eléctrica que se lleva a las farolas existentes en el parque, con una modificación mínima que elimine el rizado de la corriente y adopte las mayores medidas necesarias de seguridad existentes.

Cable Ethernet

También se han de tener en cuenta los cables que unen las unidades de acceso de WiMax con los switch conectados al router. Se consideran unos 2 metros como máximo cada conexión entre switch y router. También hay que contar con el cable que une cada unidad suscriptor con el WiMax correspondiente. Se considera que estos enlaces serán de aproximadamente 1 metro, ya que los dos dispositivos se situarán muy cerca entre ellos. Para la realización del presupuesto, se tomaran en referencia a los rollos de cable eléctrico de 2.5 mm y cables Ethernet Cat.6 en la cantidad de 3 bobinas de 100 m. cada uno.

8.0. Planificación radioeléctrica

Cálculo con el software Radio Mobile.

Radio Mobile es una aplicación de libre distribución que combina la utilización de mapas de elevación del terreno con las características de las unidades de radiotransmisión para la generación de modelos de viabilidad de la instalación de radioenlaces, así como para el cálculo de coberturas de una determinada zona. Su funcionamiento a nivel interno se basa en la aplicación de logaritmos basados en modelos de propagación de radio.

8.1. Red Troncal Primaria

Cálculos de los enlaces

Para cada uno de los enlaces se ha realizado un cálculo del nivel de señal esperado y el margen de desvanecimiento que se obtiene. El cálculo consiste en realizar un balance de potencia, empezando por el nivel de potencia con el que sale del transmisor y sumando o restando los distintos factores que le afectan, que son los siguientes:

- **P_t**: Potencia transmitida por el transmisor.
- **L₁**: Pérdidas en la línea de transmisión del transmisor. Hay que tener en cuenta que si la antena está integrada con el transmisor no habrá pérdidas asociadas a la línea de transmisión.
- **G_{ATX}**: Ganancia respecto a la antena isotrópica de la antena transmisora.
- **L_p**: Pérdidas por propagación.
- **G_{ARX}**: Ganancia respecto a la antena isotrópica de la antena receptora.
- **L₂**: Pérdidas en la línea de transmisión del receptor.
- **P_r**: Potencia recibida en el receptor.
- **S_r**: Sensibilidad del receptor.

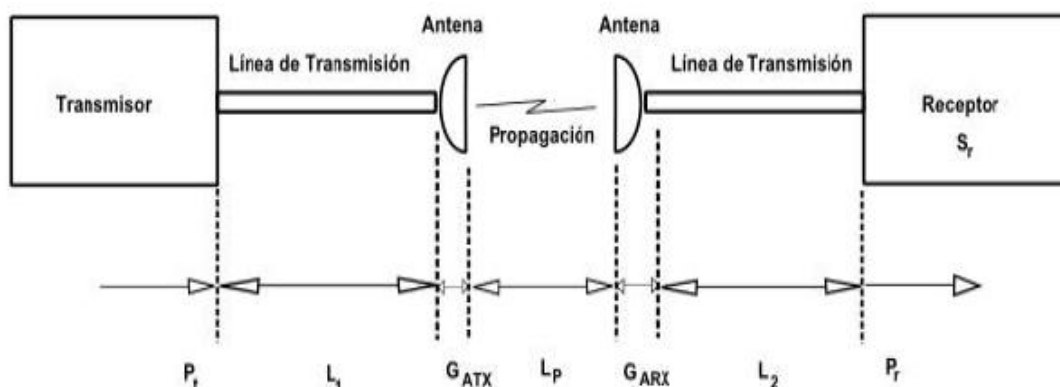


Figura 18: Cálculo del balance de potencias

La fórmula del balance de potencia sería la siguiente:

$$Pr (dBm) = Pt (dBm) - L1 (dB) + GATX (dBi) - Lp (dB) + GARX (dBi) - L2 (dB)$$

Se debe asegurar que PR es mayor que Sr para el correcto funcionamiento. Además se establece un *margen de desvanecimiento*, es decir, un margen de seguridad en el que la Pr debe superar a la Sr. Se establece que este valor debe ser mayor o igual que 10 dB.

$$\text{Margen de desvanecimiento} = Pr - Sr > 10 \text{ dB}$$

EL valor mínimo de 10 dB como margen de desvanecimiento es uno de los puntos cruciales para lograr obtener una instalación inalámbrica robusta y eficiente. Es decir, un enlace capaz de soportar las pérdidas de señal que pueden acarrear cambios climáticos severos. Esto es: lluvia o nieve y en caso de interferencias externas. El valor que se toma como norma es de **10dB de pérdida de señal** y aún así seguir teniendo el enlace activo. Es muy importante tener prevista esta condición en la instalación ya que un enlace de datos que se construye a partir de una recepción en el límite de las posibilidades, se transforma en un vínculo muy frágil que deja de funcionar con apenas un poco de lluvia. Y luego de invertir dinero y tiempo en el trabajo, una pérdida de enlace por cualquier circunstancia no prevista a tiempo será muy molesta e irritante.

Los equipos trabajan con varias modulaciones distintas (niveles de modulación), las cuales se van eligiendo dinámicamente en función de las condiciones del enlace. Así, para condiciones favorables, se usan modulaciones con un elevado número de símbolos, lo que permite conseguir anchos de banda mayores. Sin embargo, cuando las condiciones no son favorables, se opta por niveles de modulación con pocos símbolos, con los cuales se obtienen anchos de banda menores pero la transmisión es más fiable. El uso de niveles de modulación altos en condiciones poco favorables implicaría que se transmitiría mucha información, pero esta llegaría incorrectamente, siendo necesario numerosas retransmisiones, siendo por tanto la ancho de banda efectivo más reducido que si utilizásemos niveles de modulación más conservadores.

Cada nivel de modulación tiene asociada una sensibilidad, y a su vez cada nivel de modulación tiene asociado un determinado ancho de banda (datos que se encuentran en la hoja de características de los equipos). Por tanto, calculando la potencia recibida es posible estimar el ancho de banda que se obtendrá en el enlace.

Para calcular las pérdidas por propagación (L_p) se procede de la siguiente manera:

1. Cálculo del radio primera zona de Fresnel mediante la siguiente fórmula:

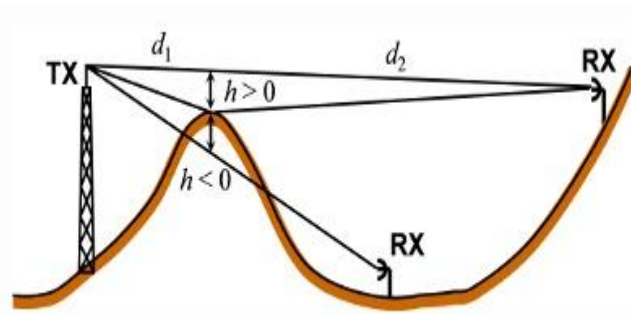
$$\text{Radio primera zona de Fresnel} = 547.723 \cdot \sqrt{\frac{d}{4 \cdot f}}$$

Donde:

d = distancia del radioenlace en Km

f = frecuencia del radioenlace en MHz

2. Verificación de que al menos el 60% de la zona de Fresnel se encuentra libre de obstáculos.



Las zonas de Fresnel son unos elipsoides concéntricos que rodean al rayo directo de un enlace radioeléctrico y que quedan definidos a partir de las posiciones de las antenas transmisora y receptora. Tienen la propiedad de que una onda que partiendo de la antena

transmisora, se reflejara sobre la superficie del elipsoide y después incidiera sobre la antena receptora, habría recorrido una distancia superior a la recorrida por el rayo directo en múltiplos de media longitud de onda. Es decir, la onda reflejada se recibiría con un retardo respecto al rayo directo equivalente a un desfase múltiplo de 180° . Precisamente este valor del múltiplo determina el n -ésimo elipsoide de Fresnel. De este modo, la primera zona de Fresnel ($n = 1$) se caracteriza por el volumen interior al elipsoide con diferencia de distancias igual a una semilongitud de onda o diferencia de fases de 180° .

Se observa que la atenuación desaparece cuando el despejamiento es igual al 60% del radio de la primera zona de Fresnel, criterio que suele utilizarse en la práctica para el diseño del radioenlace.

3. Una vez verificadas las condiciones de línea de visión directa, asumimos que la pérdidas por propagación son las del espacio libre, las cuales vienen dadas por la siguiente fórmula:

$$\text{Atenuación espacio libre (dB)} = 92.45 + 20 \cdot \log f + 20 \log d$$

Donde:

f = frecuencia del radioenlace en Ghz

d = distancia del radioenlace en Km

Los datos que se utilizan para el cálculo son:

- **Perfil cartográfico del enlace:** Permite comprobar la línea de visión entre los puntos
- **Zona de Fresnel:** Tamaño en metros del 60% de la zona de Fresnel en su punto máximo. También se indicará tras inspección visual si existen obstáculos en el área que debe dejarse libre.
- **Tipo y características de la antena utilizada:** éstas características influirán en el balance de potencia.
- **Tipo de cable utilizado, longitud y pérdidas en los cables:** Estas características influyen directamente en el balance de potencia.
- **Pérdidas en otros elementos (conectores, *splitters*, etc.):** Es posible que sea necesario incluir otros elementos que generarán pérdidas adicionales que se han de tener en cuenta en el balance de potencia.
- **Distancia del enlace (en kilómetros):** La distancia es uno de los factores a tener en cuenta en las pérdidas de propagación.
- **Frecuencia utilizada:** Influye directamente en las pérdidas de propagación.
- **Potencia de transmisión de los equipos:** Parámetro perteneciente al balance de potencia.
- **Nivel de señal recibido:** Según la potencia de transmisión, la ganancia de las antenas, las pérdidas en los cables, conectores, etc. y las pérdidas en espacio libre se calcula el nivel de señal esperado.
- **Sensibilidad de recepción:** En todos los casos se utilizará el nivel de sensibilidad de recepción de los equipos de -89 a -71 dBm dependiendo del tipo de modulación
- **Margen de desvanecimiento:** Margen (en dB) entre la potencia de señal recibida y la sensibilidad del equipo.

Configuración de parámetros que dependen de los equipos instalados.

Existen factores como potencia total transmitida, ganancia de las antenas y pérdidas en línea que son propios de cada instalación. Si bien la potencia total permitida en equipos WiMAX es de 21 dBm y de 20 dBm en WiFi, existe un valor de potencia máximo permitido según la legislación española.

Este valor se determina P.I.R.E. (potencia isotrópica radiada equivalente) y corresponde a la relación:

$PIRE = \text{Potencia máxima transmitida} + \text{ganancia de la antena} - \text{pérdidas.}$

Estos valores son de 1 W para WiMAX y 200 mW para WiFi.

Utilizando los valores máximos de emisión de potencia del fabricante se sobrepasan con creces los valores de PIRE, por lo que es necesario ajustar estas potencias, todo esto sin perjudicar a la calidad del enlace.

El valor de calidad de señal para Radio Mobile se encuentra entre S0 y S9, siendo éste último un valor óptimo.

8.1.1. Enlace Nodo 1 Ayuntamiento-Iglesia

A continuación se realizarán los cálculos de las simulaciones de los enlaces. Se obtendrá el resultado de la simulación tanto en perfiles de datos de Radio Mobile como en su exportación a perfiles de Google Earth. Además se incluirá una tabla con los principales valores técnicos del enlace proporcionados por Radio Mobile.



Figura 19: Resultado de la simulación en Google Earth del Nodo 1

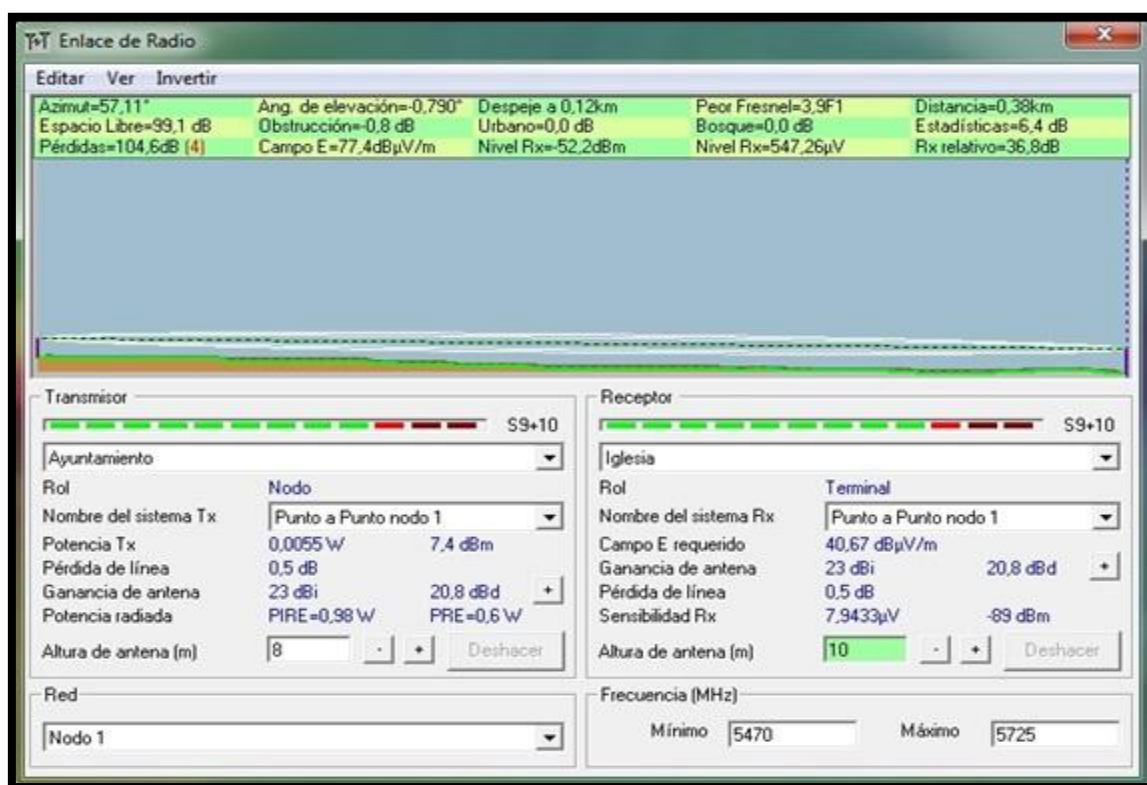


Figura 20: Tabla de resultados de enlaces del Nodo Ayuntamiento-Iglesia

Descripción	Datos Ayuntamiento	Datos Iglesia
Tipo de Antena	Integrada	Integrada
Ganancia de la Antena (dBi)	23	23
Tipo de Cable	UTP	UTP
Perdidas Cable (dB/100m)	0,0	0,0
Longitud Cable	0,0	0,0
Perdidas en el Cable (dB)	0,0	0,0
Perdidas conectores (dB)	0	0
Distancia (m)	380	
Frecuencia MHz	5470-5725	
Atenuación (dB)	104.6	
1ª Zona de Fresnel (m)	3.09	
60% 1ª Zona de Fresnel	1.85	
Dispositivo Comunicaciones		
Potencia Transmisión (dBm)	7.4	7.4
Nivel de señal recibido (dBm)	-52.2	-52.2
Sensibilidad (dBm)	-89	-89
Margen de desvanecimiento	36.8	36.8
P.I.R.E.	0.98 W	0.98 W

8.1.2. Enlace Nodo 2 Ayuntamiento-Parque del Pantano



Figura 21: Resultado de la simulación en Google Earth del Nodo 2

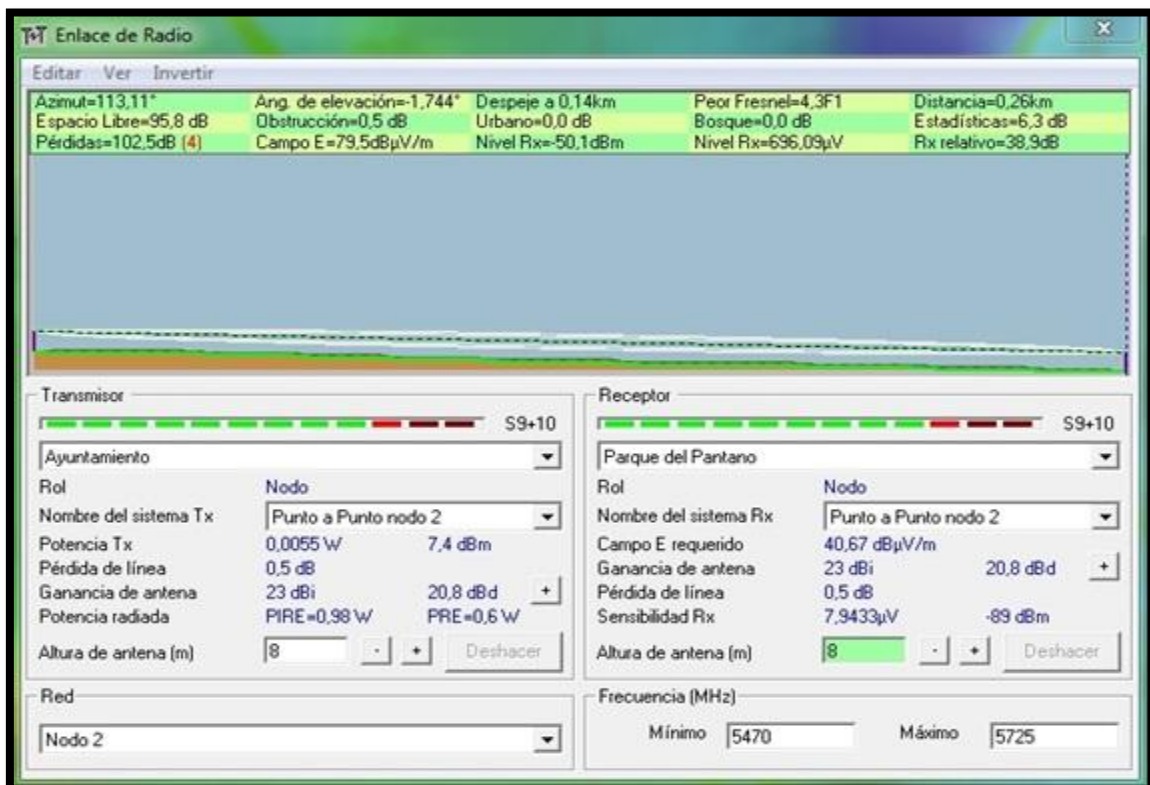


Figura 22: Tabla de resultados de enlaces del Nodo 2

Descripción	Datos Ayuntamiento	Datos Parque Pantano
Tipo de Antena	Integrada	Integrada
Ganancia de la Antena (dBi)	23	23
Tipo de Cable	UTP	UTP
Perdidas Cable (dB/100m)	0,0	0,0
Longitud Cable	0,0	0,0
Perdidas en el Cable (dB)	0,0	0,0
Perdidas conectores (dB)	0	0
Distancia (m)	260	
Frecuencia MHz	5470-5725	
Atenuación (dB)	102.5	
1ª Zona de Fresnel (m)	4.30	
60% 1ª Zona de Fresnel	2.58	
Dispositivo Comunicaciones		
Potencia Transmisión (dBm)	7.4	7.4
Nivel de señal recibido (dBm)	-50.1	-50.1
Sensibilidad (dBm)	-89	-89
Margen de desvanecimiento	38.9	38.9
P.I.R.E.	0.98 W	0.98 W

8.1.3. Enlace Nodo 3 Ayuntamiento-Centro Cultural



Figura 23: Resultado de la simulación en Google Earth del Nodo 3

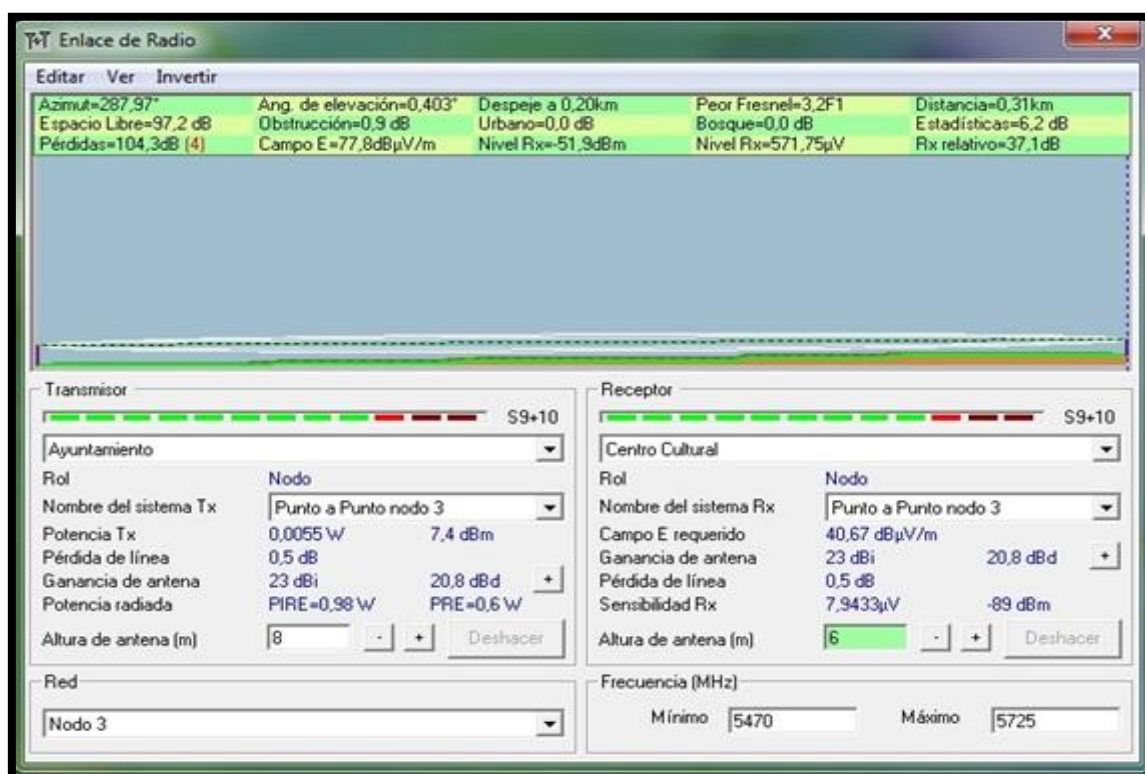


Figura 24: Tabla de resultados de enlaces del Nodo 3

Descripción	Datos Ayuntamiento	Datos Centro Cultural
Tipo de Antena	Integrada	Integrada
Ganancia de la Antena (dBi)	23	23
Tipo de Cable	UTP	UTP
Perdidas Cable (dB/100m)	0,0	0,0
Longitud Cable	0,0	0,0
Perdidas en el Cable (dB)	0,0	0,0
Perdidas conectores (dB)	0	0
Distancia (m)	310	
Frecuencia MHz	5470-5725	
Atenuación (dB)	104.3	
1ª Zona de Fresnel (m)	3.2	
60% 1ª Zona de Fresnel	1.92	
Dispositivo Comunicaciones		
Potencia Transmisión (dBm)	7.4	7.4
Nivel de señal recibido (dBm)	-51.9	-51.9
Sensibilidad (dBm)	-89	-89
Margen de desvanecimiento	37.1	37.1
P.I.R.E.	0.98 W	0.98 W

8.1.4. Enlace Nodo 4 Ayuntamiento-Atalaya

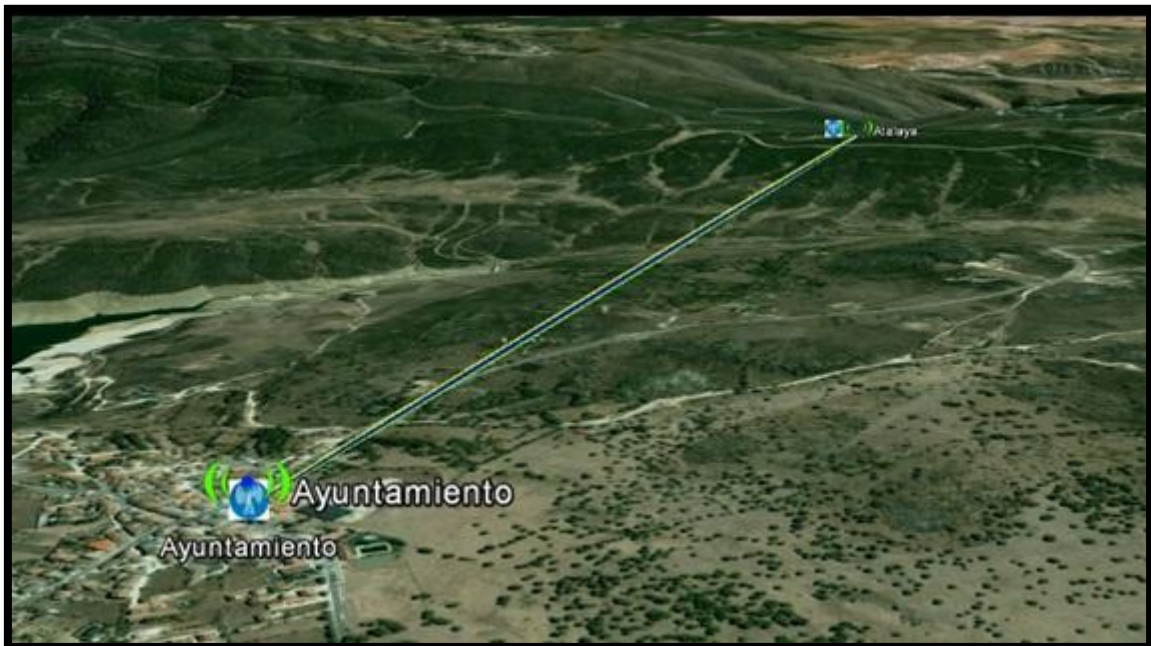


Figura 25: Resultado de la simulación en Google Earth del Nodo 4



Figura 26: Tabla de resultados de enlaces del Nodo 4

Descripción	Datos Ayuntamiento	Datos Centro Cultural
Tipo de Antena	Integrada	Integrada
Ganancia de la Antena (dBi)	23	23
Tipo de Cable	UTP	UTP
Perdidas Cable (dB/100m)	0,0	0,0
Longitud Cable	0,0	0,0
Perdidas en el Cable (dB)	0,0	0,0
Perdidas conectores (dB)	0	0
Distancia (m)	2490	
Frecuencia MHz	5470-5725	
Atenuación (dB)	122.9	
1ª Zona de Fresnel (m)	2.2	
60% 1ª Zona de Fresnel	1.32	
Dispositivo Comunicaciones		
Potencia Transmisión (dBm)	7.3	7.3
Nivel de señal recibido (dBm)	-68.3	-68.3
Sensibilidad (dBm)	-89	-89
Margen de desvanecimiento	20.7	20.7
P.I.R.E.	1 W	1 W

8.1.5. Observaciones a los resultados: Del estudio y análisis de las tablas de resumen y de los resultados de las simulaciones de los enlaces de la red troncal en Radio Mobile, podemos definir todos los enlaces como correctos. Se han obtenido unos valores de calidad del enlace de valores 9+10, 9+10, 9+10 y 8. Teniendo en cuenta que el valor de calidad de señal para Radio Mobile se encuentra entre S0 y S9, siendo éste último un valor óptimo.

Además obtenemos unos niveles de señal recibida de -52.2, -50.1, -51.9 y -68.3 dBm siendo este uno de los valores más importantes en el cálculo de radio enlaces, cuanto menor sea, mejor calidad tendrá el enlace, lo ideal es que se encuentre entre -40 y -80 dBm.

El margen de desvanecimiento varía entre 36.8, 38.9, 37.1 y 20.7 siendo siempre superior a los 10 dB mínimos recomendados para este apartado.

En todos los casos se ha respetado el cálculo del 60% de la primera zona de Fresnel y se ha ajustado la potencia total transmitida para no superar los valores máximos permitidos de 1 W en tecnologías WiMAX.

8.1.6. Gráficos de Coberturas Polares entre nodos de la Red Principal

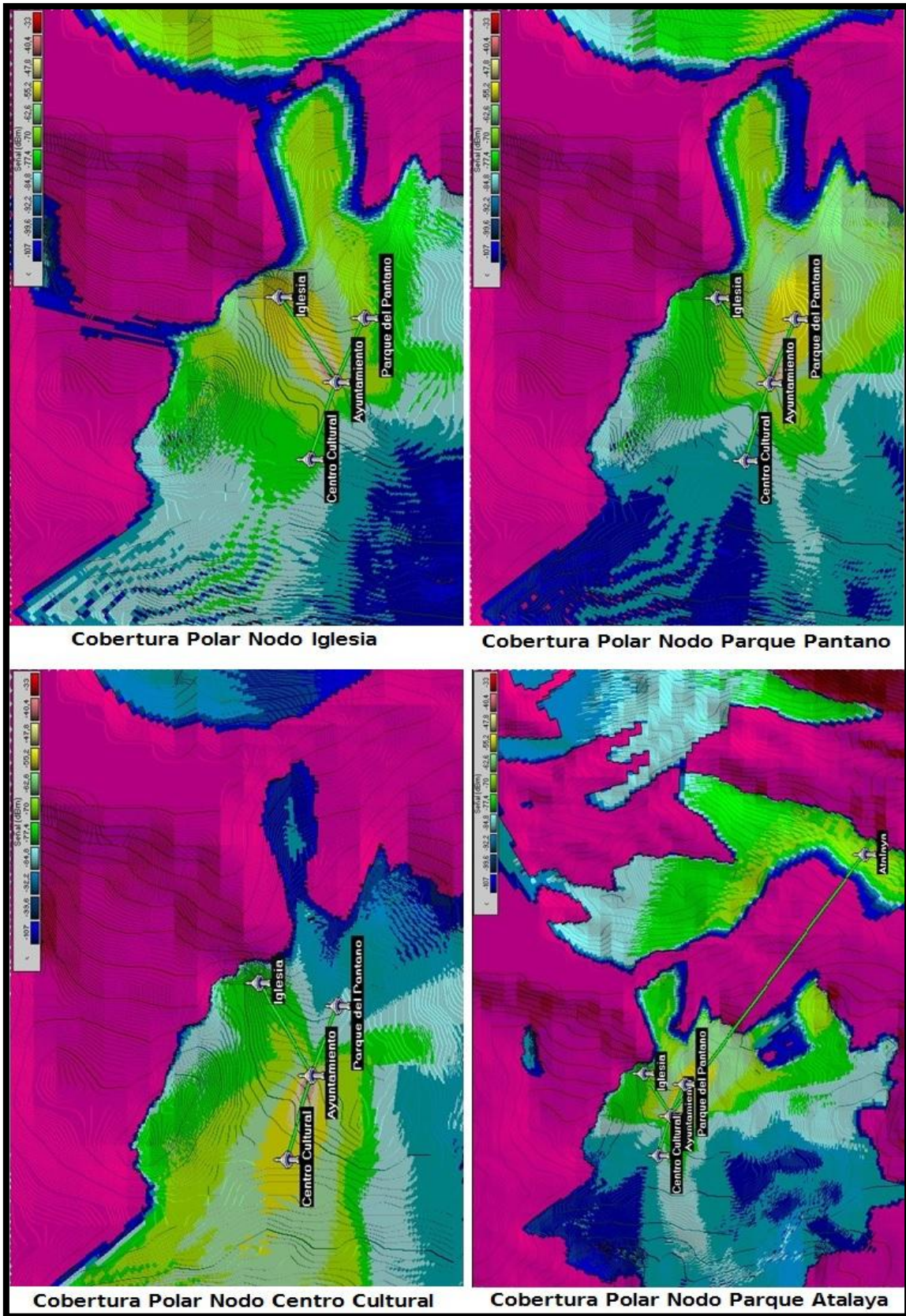


Figura 27: Resultados de la simulación de cobertura polar.

8.2. Red Troncal Secundaria

Cálculos de los enlaces

Los cálculos que han de realizarse para la red troncal secundaria están basados en los mismos principios que los de la red troncal primaria. Los detalles de cómo realizar estos cálculos se encuentran en el apartado 8.1.

Se ha de notar que los equipos utilizados en el diseño de esta parte son distintos a los de la red troncal primaria y que por tanto sus características (ganancia de las antenas y sensibilidad de la radio) difieren.

En el apartado 7.1 se puede encontrar un resumen de las características de los equipos utilizados en cada una de las redes.

A continuación se realizarán los cálculos de las simulaciones de los enlaces en la red troncal secundaria. Se obtendrá el resultado de la simulación tanto en perfiles de datos de Radio Mobile como en su exportación a perfiles de Google Earth. Además se incluirá una tabla con los principales valores técnicos del enlace proporcionados por Radio Mobile.

8.2.1. Enlace del Nodo 0

Ayuntamiento-Centro Medico

- **Ayuntamiento:** Estación base de Alvarion AU-D-SA-5.4-120-VL, con antena externa de 120 °
- **Centro Médico:** Cliente de Alvarion SU-A-5.4-3-BD-VL orientado hacia el ayuntamiento.



Figura 28: Resultado de la simulación en Google Earth del enlace Ayuntamiento-Medico

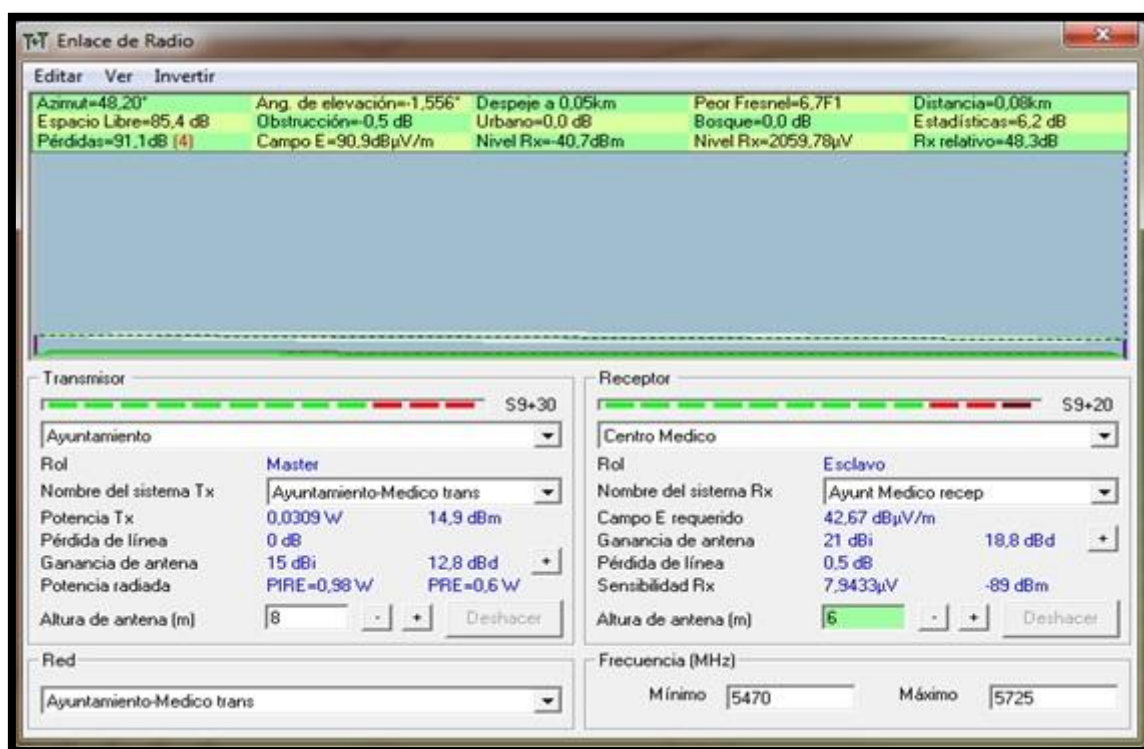


Figura 29: Tabla de resultados del enlace Ayuntamiento-Medico

Descripción	Datos Ayuntamiento	Datos Centro Medico
Tipo de Antena	Externa 120°	Integrada
Ganancia de la Antena (dBi)	15	21
Tipo de Cable	LMR 400	Ethernet
Perdidas Cable (dB/100m)	34,0	0,0
Longitud Cable	6,0	0,0
Perdidas en el Cable (dB)	204	0,0
Perdidas conectores (dB)	1	0
Distancia (m)	80	
Frecuencia MHz	5470-5725	
Atenuación (dB)	91.1	
1ª Zona de Fresnel (m)	6.7	
60% 1ª Zona de Fresnel	4.02	
Dispositivo Comunicaciones	AU-D-SA-5.4-120-VL	SU-A-5.4-3-BD-VL
Potencia Transmisión (dBm)	14,9	21
Nivel de señal recibido (dBm)	-40.7	-40.7
Sensibilidad (dBm)	-89	-89
Margen de desvanecimiento	48.3	48.3
P.I.R.E.	0.98 W	0.98 W

8.2.2. Enlace s del Nodo 1

8.2.2.1 Iglesia-Centro de la Naturaleza



Figura 30: Resultado de la simulación en Google Earth del enlace Iglesia-Centro Nat

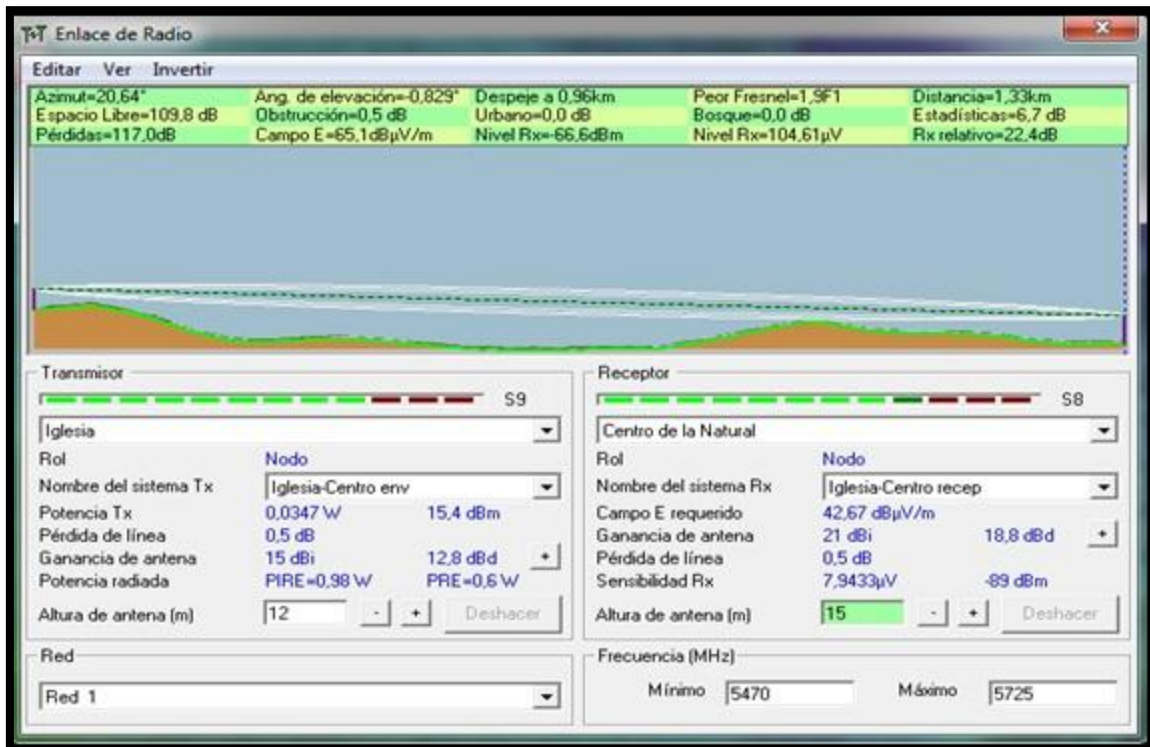


Figura 31: Tabla de resultados del enlace Iglesia-Centro de la Naturaleza

Descripción	Datos Iglesia	Datos Centro Naturaleza
Tipo de Antena	Externa 120º	Integrada
Ganancia de la Antena (dBi)	15	21
Tipo de Cable	LMR 400	Ethernet
Perdidas Cable (dB/100m)	34,0	0,0
Longitud Cable	6,0	0,0
Perdidas en el Cable (dB)	204	0,0
Perdidas conectores (dB)	1	0
Distancia (m)	1330	
Frecuencia MHz	5470-5725	
Atenuación (dB)	117.0	
1ª Zona de Fresnel (m)	1.9	
60% 1ª Zona de Fresnel	1.14	
Dispositivo Comunicaciones	AU-D-SA-5.4-120-VL	SU-A-5.4-6-BD-VL
Potencia Transmisión (dBm)	15.4	21
Nivel de señal recibido (dBm)	-66.6	-66.6
Sensibilidad (dBm)	-89	-89
Margen de desvanecimiento	22.4	22.4
P.I.R.E.	0.98 W	0.98 W

8.2.2.2. Iglesia-Parque del Picachuelo

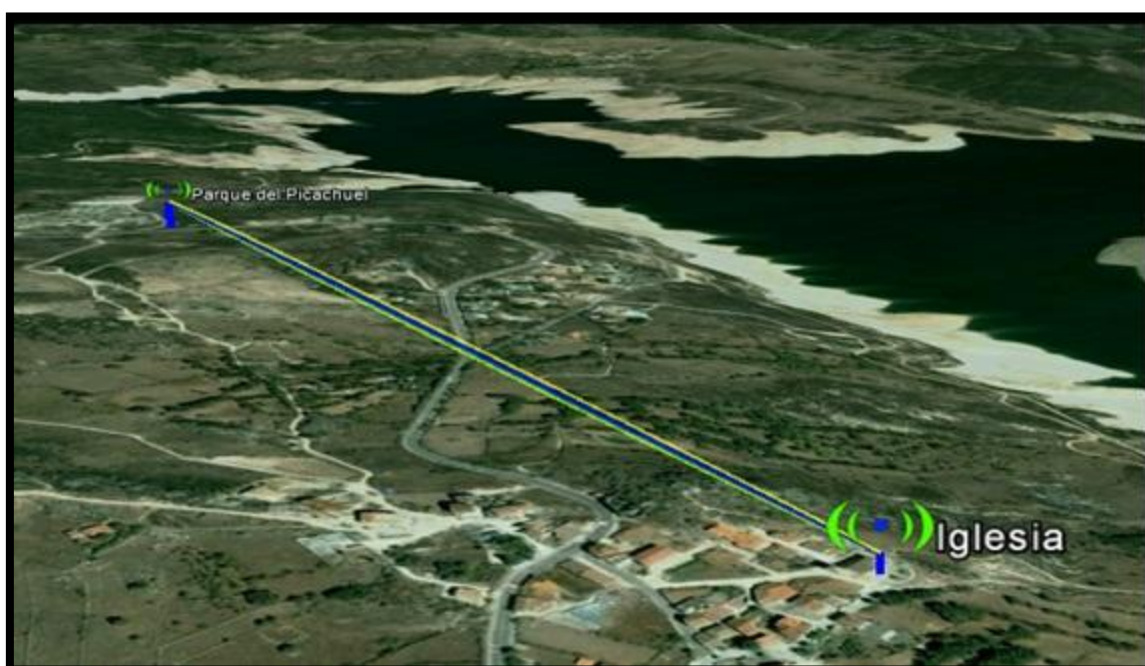


Figura 32: Resultado de la simulación en Google Earth del enlace Iglesia-P.Picachuelo

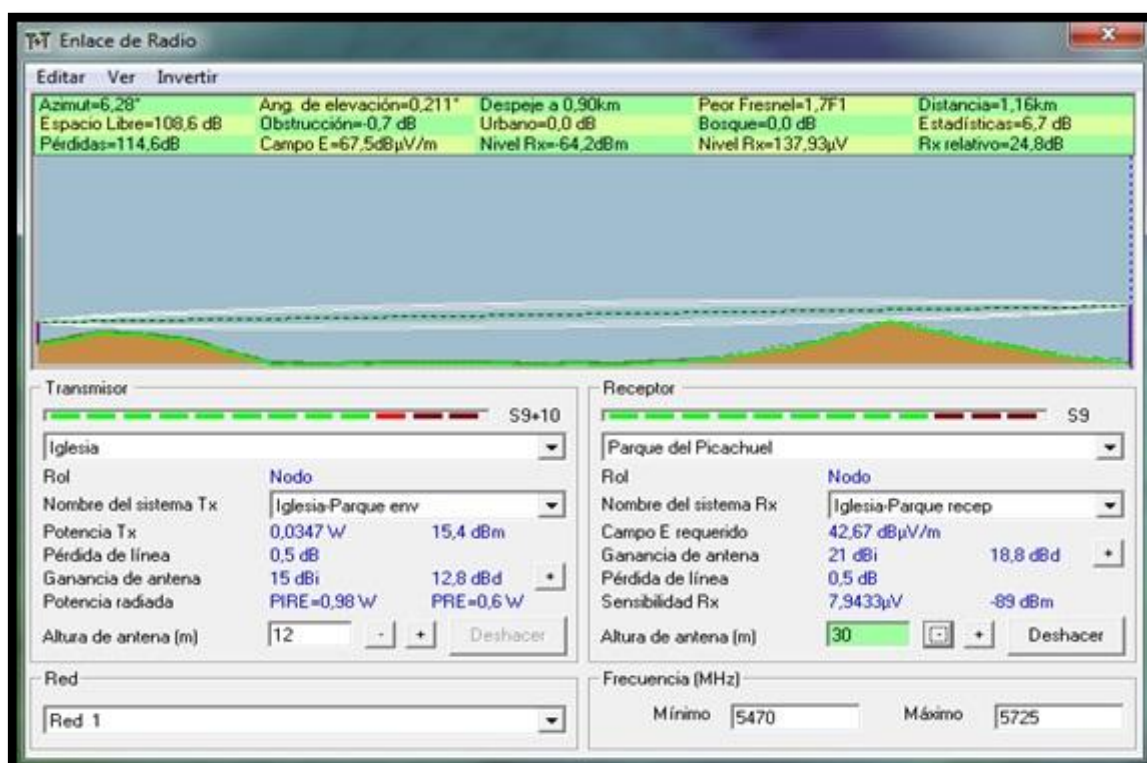


Figura 33: Tabla de resultados del enlace Iglesia-P.Picachuelo

Descripción	Datos Iglesia	Datos Parque Picachuelo
Tipo de Antena	Externa 120 ^º	Integrada
Ganancia de la Antena (dBi)	15	21
Tipo de Cable	LMR 400	Ethernet
Perdidas Cable (dB/100m)	34,0	0,0
Longitud Cable	6,0	0,0
Perdidas en el Cable (dB)	204	0,0
Perdidas conectores (dB)	1	0
Distancia (m)	1160	
Frecuencia MHz	5470-5725	
Atenuación (dB)	114,6	
1ª Zona de Fresnel (m)	1,7	
60% 1ª Zona de Fresnel	1,02	
Dispositivo Comunicaciones	AU-D-SA-5.4-120-VL	SU-A-5.4-3-BD-VL
Potencia Transmisión (dBm)	15,4	21
Nivel de señal recibido (dBm)	-64,2	-64,2
Sensibilidad (dBm)	-89	-89
Margen de desvanecimiento	24,8	24,8
P.I.R.E.	0,98 W	0,98 W

8.2.2.3 Iglesia-Merendero del Pantano



Figura 34: Resultado de la simulación en Google Earth del enlace Iglesia-Merendero

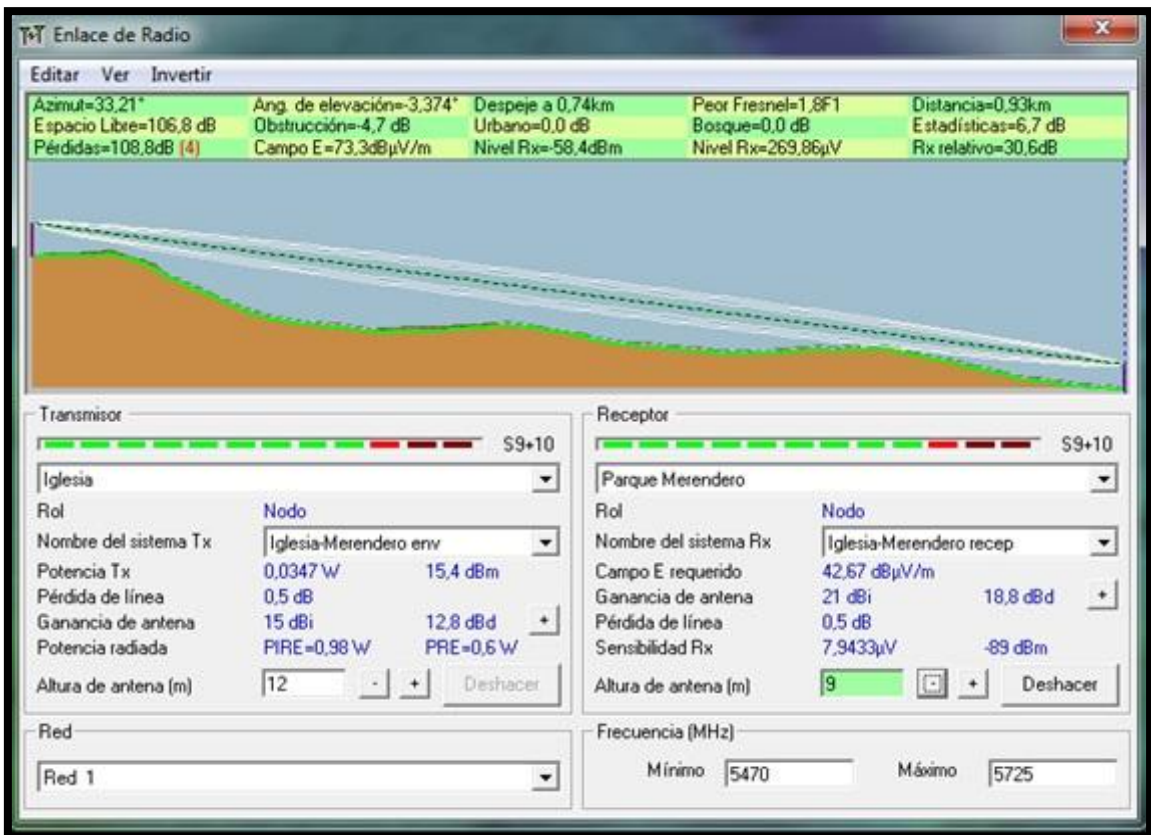


Figura 35: Tabla de resultados del enlace Iglesia-Merendero

Descripción	Datos Iglesia	Datos Parque Merendero
Tipo de Antena	Externa 120°	Integrada
Ganancia de la Antena (dBi)	15	21
Tipo de Cable	LMR 400	Ethernet
Perdidas Cable (dB/100m)	34,0	0,0
Longitud Cable	6,0	0,0
Perdidas en el Cable (dB)	204	0,0
Perdidas conectores (dB)	1	0
Distancia (m)	930	
Frecuencia MHz	5470-5725	
Atenuación (dB)	108.8	
1ª Zona de Fresnel (m)	1.8	
60% 1ª Zona de Fresnel	1.08	
Dispositivo Comunicaciones	AU-D-SA-5.4-120-VL	SU-A-5.4-3-BD-VL
Potencia Transmisión (dBm)	15.4	21
Nivel de señal recibido (dBm)	-58.4	-58.4
Sensibilidad (dBm)	-89	-89
Margen de desvanecimiento	30.6	30.6
P.I.R.E.	0.98 W	0.98 W

8.2.2.4. Iglesia-Vivero de Empresas



Figura 36: Resultado de la simulación en Google Earth del enlace Iglesia-Vivero

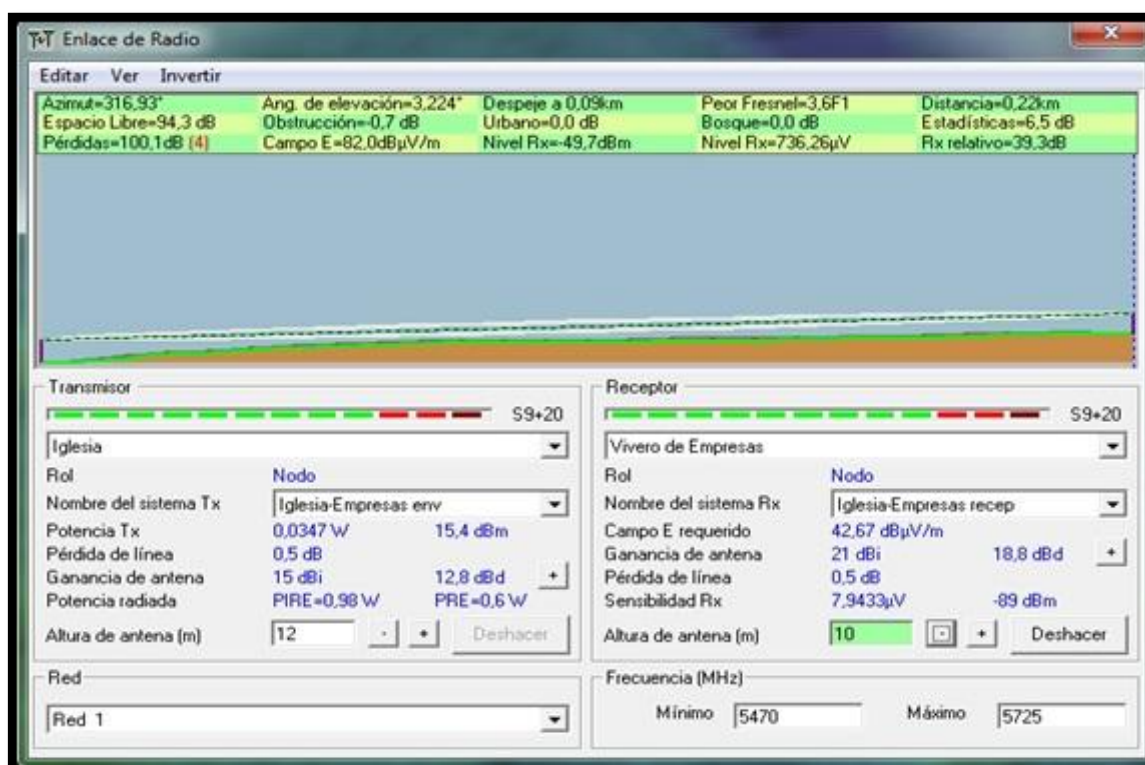


Figura 37: Tabla de resultados del enlace Iglesia-Vivero de Empresas

Descripción	Datos Iglesia	Datos Vivero de Empresas
Tipo de Antena	Externa 120º	Integrada
Ganancia de la Antena (dBi)	15	21
Tipo de Cable	LMR 400	Ethernet
Perdidas Cable (dB/100m)	34,0	0,0
Longitud Cable	6,0	0,0
Perdidas en el Cable (dB)	204	0,0
Perdidas conectores (dB)	1	0
Distancia (m)	220	
Frecuencia MHz	5470-5725	
Atenuación (dB)	100.1	
1ª Zona de Fresnel (m)	3.6	
60% 1ª Zona de Fresnel	2.16	
Dispositivo Comunicaciones	AU-D-SA-5.4-120-VL	SU-A-5.4-6-BD-VL
Potencia Transmisión (dBm)	15.4	21
Nivel de señal recibido (dBm)	-49.7	-49.7
Sensibilidad (dBm)	-89	-89
Margen de desvanecimiento	39.3	39.3
P.I.R.E.	0.98 W	0.98 W

8.2.3. Enlace s del Nodo 2

8.2.3.1 Parque del Pantano-Museo del Agua



Figura 38: Resultado de la simulación en Google Earth del enlace P.Pantano-Museo Agua

Enlace de Radio				
Editar Ver Invertir				
Azimet=309,67°	Ang. de elevación=-6,194°	Despeje a 0,03km	Peor Fresnel=11,3F1	Distancia=0,04km
Espacio Libre=79,1 dB	Obstrucción=-0,2 dB	Urbano=0,0 dB	Bosque=0,0 dB	Estadísticas=6,1 dB
Pérdidas=85,1dB (4)	Campo E=97,0dBμV/m	Nivel Rx=-34,7dBm	Nivel Rx=4142,79μV	Rx relativo=54,3dB

Transmisor		Receptor	
Parque Pantano		Museo del Agua	
Rol	Nodo	Rol	Nodo
Nombre del sistema Tx	P.Pantano-Museo env	Nombre del sistema Rx	P.Pantano-Museo recep
Potencia Tx	0,0275 W 14,4 dBm	Campo E requerido	42,67 dBμV/m
Pérdida de línea	0,5 dB	Ganancia de antena	21 dBi 18,8 dBd
Ganancia de antena	16 dBi 13,8 dBd	Pérdida de línea	0,5 dB
Potencia radiada	PIRE=0,98 W PRE=0,6 W	Sensibilidad Rx	7,9433μV -89 dBm
Altura de antena (m)	10	Altura de antena (m)	6
Red	Red 1	Frecuencia (MHz)	Mínimo 5470 Máximo 5725

Figura 39: Tabla de resultados del enlace P.Pantano-Museo Agua

Descripción	Datos P.Pantano	Datos Museo Agua
Tipo de Antena	Externa 60º	Integrada
Ganancia de la Antena (dBi)	16	21
Tipo de Cable	LMR 400	Ethernet
Perdidas Cable (dB/100m)	34,0	0,0
Longitud Cable	6,0	0,0
Perdidas en el Cable (dB)	204	0,0
Perdidas conectores (dB)	1	0
Distancia (m)	45	
Frecuencia MHz	5470-5725	
Atenuación (dB)	85.1	
1ª Zona de Fresnel (m)	11.3	
60% 1ª Zona de Fresnel	6.78	
Dispositivo Comunicaciones	AU-D-SA-5.4-60-VL	SU-A-5.4-3-BD-VL
Potencia Transmisión (dBm)	14.4	21
Nivel de señal recibido (dBm)	-34.7	-34.7
Sensibilidad (dBm)	-89	-89
Margen de desvanecimiento	54.3	54.3
P.I.R.E.	0.98 W	0.98 W

8.2.3.2. Parque del Pantano-Inf y Turismo



Figura 40: Resultado de la simulación en Google Earth del enlace P.Pantano-Inf/Turismo

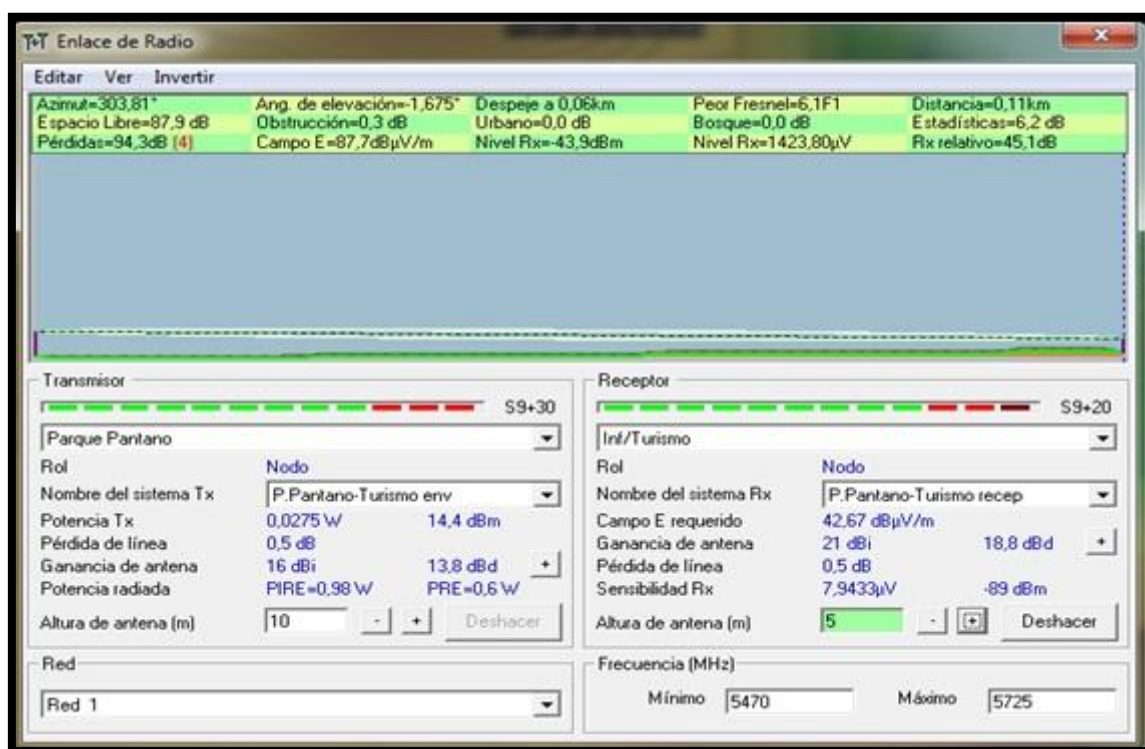


Figura 41: Tabla de resultados del enlace P.Pantano-Inf/Turismo

Descripción	Datos P.Pantano	Datos Turismo
Tipo de Antena	Externa 60º	Integrada
Ganancia de la Antena (dBi)	16	21
Tipo de Cable	LMR 400	Ethernet
Perdidas Cable (dB/100m)	34,0	0,0
Longitud Cable	6,0	0,0
Perdidas en el Cable (dB)	204	0,0
Perdidas conectores (dB)	1	0
Distancia (m)	110	
Frecuencia MHz	5470-5725	
Atenuación (dB)	94,3	
1ª Zona de Fresnel (m)	6,1	
60% 1ª Zona de Fresnel	3,66	
Dispositivo Comunicaciones	AU-D-SA-5.4-60-VL	SU-A-5.4-6-BD-VL
Potencia Transmisión (dBm)	14,4	21
Nivel de señal recibido (dBm)	-43,9	-43,9
Sensibilidad (dBm)	-89	-89
Margen de desvanecimiento	45,1	45,1
P.I.R.E.	0,98 W	0,98 W

8.2.3.3. Parque del Pantano-Escuela Infantil



Figura 42: Resultado de la simulación en Google Earth del enlace P.Pantano-Esc.Infantil

Enlace de Radio				
Editar Ver Invertir				
Azimut=265,86°	Ang. de elevación=0,465°	Despeje a 0,15km	Peor Fresnel=4,6F1	Distancia=0,22km
Espacio Libre=94,3 dB	Obstrucción=-0,8 dB	Urbano=0,0 dB	Bosque=0,0 dB	Estadísticas=6,3 dB
Pérdidas=99,8dB (4)	Campo E=82,3dBμV/m	Nivel Rx=-49,4dBm	Nivel Rx=759,6μV	Rx relativo=39,6dB

Transmisor		Receptor	
Parque Pantano		Escuela Infantil	
Rol	Nodo	Rol	Nodo
Nombre del sistema Tx	P.Pantano-Escuela env	Nombre del sistema Rx	P.Pantano-Escuela recep
Potencia Tx	0,0275 W 14,4 dBm	Campo E requerido	42,67 dBμV/m
Pérdida de línea	0,5 dB	Ganancia de antena	21 dBi 18,8 dBd
Ganancia de antena	16 dBi 13,8 dBd	Pérdida de línea	0,5 dB
Potencia radiada	PIRE=0,98 W PRE=0,6 W	Sensibilidad Rx	7,9433μV -89 dBm
Altura de antena (m)	10	Altura de antena (m)	5
Red	Red 1	Frecuencia (MHz)	Mínimo 5470 Máximo 5725

Figura 43: Tabla de resultados del enlace P.Pantano-Esc.Infantil

Descripción	Datos P.Pantano	Datos Esc.Infantil
Tipo de Antena	Externa 60º	Integrada
Ganancia de la Antena (dBi)	16	21
Tipo de Cable	LMR 400	Ethernet
Perdidas Cable (dB/100m)	34,0	0,0
Longitud Cable	6,0	0,0
Perdidas en el Cable (dB)	204	0,0
Perdidas conectores (dB)	1	0
Distancia (m)	220	
Frecuencia MHz	5470-5725	
Atenuación (dB)	99.8	
1ª Zona de Fresnel (m)	4.6	
60% 1ª Zona de Fresnel	2.76	
Dispositivo Comunicaciones	AU-D-SA-5.4-60-VL	SU-A-5.4-3-BD-VL
Potencia Transmisión (dBm)	14.4	21
Nivel de señal recibido (dBm)	-49.4	-49.4
Sensibilidad (dBm)	-89	-89
Margen de desvanecimiento	39.6	39.6
P.I.R.E.	0.98 W	0.98 W

8.2.4. Enlace s del Nodo 3

8.2.4.1 Centro Cultural-Polideportivo



Figura 44: Resultado de la simulación en Google Earth del enlace C.Cultural-Polideportivo

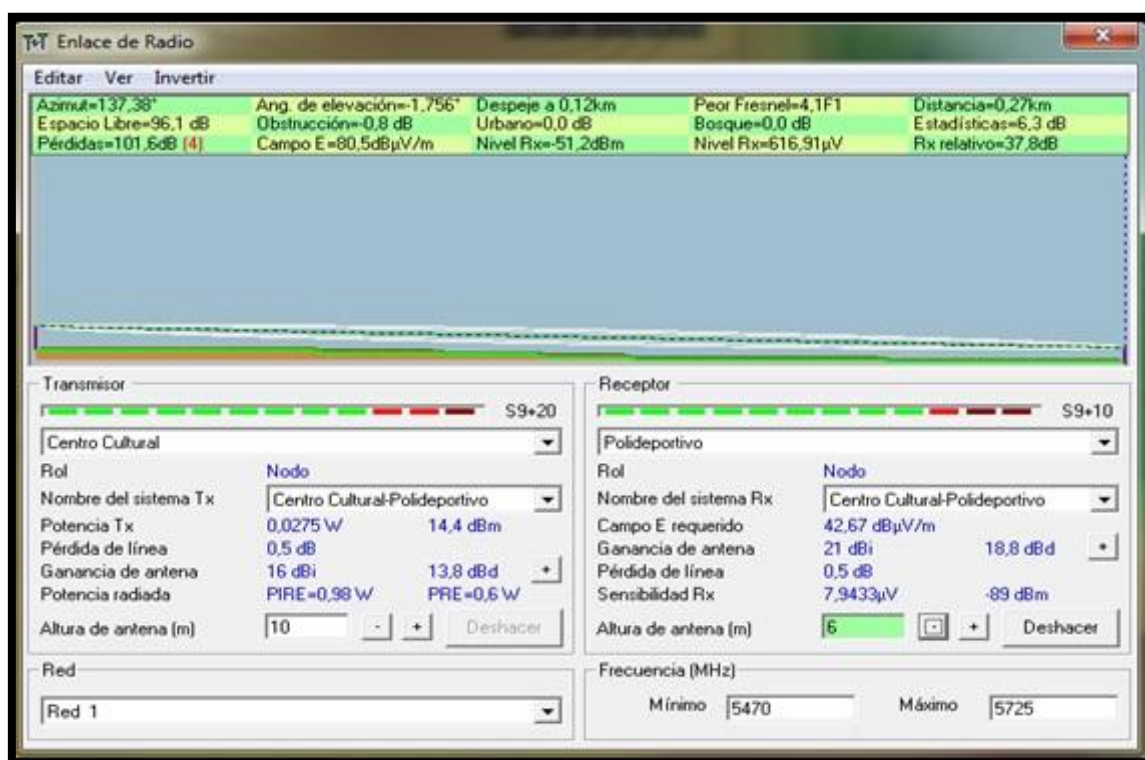


Figura 45: Tabla de resultados del enlace C.Cultural-Polideportivo

Descripción	Datos C.Cultural	Datos Polideportivo
Tipo de Antena	Externa 60º	Integrada
Ganancia de la Antena (dBi)	16	21
Tipo de Cable	LMR 400	Ethernet
Perdidas Cable (dB/100m)	34,0	0,0
Longitud Cable	6,0	0,0
Perdidas en el Cable (dB)	204	0,0
Perdidas conectores (dB)	1	0
Distancia (m)	270	
Frecuencia MHz	5470-5725	
Atenuación (dB)	101.6	
1ª Zona de Fresnel (m)	4.1	
60% 1ª Zona de Fresnel	2.46	
Dispositivo Comunicaciones	AU-D-SA-5.4-60-VL	SU-A-5.4-6-BD-VL
Potencia Transmisión (dBm)	14.4	21
Nivel de señal recibido (dBm)	-51.2	-51.2
Sensibilidad (dBm)	-89	-89
Margen de desvanecimiento	37.8	37.8
P.I.R.E.	0.98 W	0.98 W

8.2.5. Observaciones a los resultados:

- **Enlaces del Nodo 0:** Del análisis en Radio Mobile, obtenemos unos valores de calidad del enlace de valores 9+20. Teniendo en cuenta que el valor de calidad de señal para Radio Mobile se encuentra entre S0 y S9, siendo éste último un valor óptimo. El nivel de señal recibida es de -40.7 dBm siendo este un valor muy positivo. Además se mantiene el valor del P.I.R.E. por debajo de 1 Watio (0.98 W) y obtenemos un valor del margen de desvanecimiento >10 dB, más concretamente 48.3 dB.
- **Enlaces del Nodo 1:** Del análisis en Radio Mobile, obtenemos unos valores de calidad del enlace de valores 9, 9, 9+10 y 9+20. Teniendo en cuenta que el valor de calidad de señal para Radio Mobile se encuentra entre S0 y S9, siendo éste último un valor óptimo. El nivel de señal recibida es de -66.6, -64.2, -58.4 y -49.7 dBm siendo este un valor muy positivo, ya que el margen ideal se encuentra entre -40 y -80 dBm . Además se mantiene el valor del P.I.R.E. por debajo de 1 Watio (0.98 W) y obtenemos un valor del margen de desvanecimiento >10 dB, más concretamente de 22.4, 24.8, 30.6 y 39.3 dB.
- **Enlaces del Nodo 2:** Del análisis en Radio Mobile, obtenemos unos valores de calidad del enlace de valores 9+40, 9+30, 9+20 y 9+20. Teniendo en cuenta que el valor de calidad de señal para Radio Mobile se encuentra entre S0 y S9, siendo éste último un valor óptimo. El nivel de señal recibida es de -34.7, -43.9, y -49.4 dBm siendo este un valor muy positivo, ya que el margen ideal se encuentra entre -40 y -80 dBm . Además se mantiene el valor del P.I.R.E. por debajo de 1 Watio (0.98 W) y obtenemos un valor del margen de desvanecimiento >10 dB, más concretamente de 54.3, 45.1, 39.6 dB.
- **Enlaces del Nodo 3:** Del análisis en Radio Mobile, obtenemos unos valores de calidad del enlace de valor 9+20. Teniendo en cuenta que el valor de calidad de señal para Radio Mobile se encuentra entre S0 y S9, siendo éste último un valor óptimo. El nivel de señal recibida es de -51.2 dBm siendo este un valor muy positivo, ya que el margen ideal se encuentra entre -40 y -80 dBm . Además se mantiene el valor del P.I.R.E. por debajo de 1 Watio (0.98 W) y obtenemos un valor del margen de desvanecimiento >10 dB, más concretamente de 37.8 dB.

8.3. Red de Acceso WiFi

En la siguiente página se puede observar el resultado de las simulaciones en Radio Mobile de los puntos de acceso WiFi. Como norma podemos definir la zona roja y amarilla como la ideal respecto a la calidad de la señal.

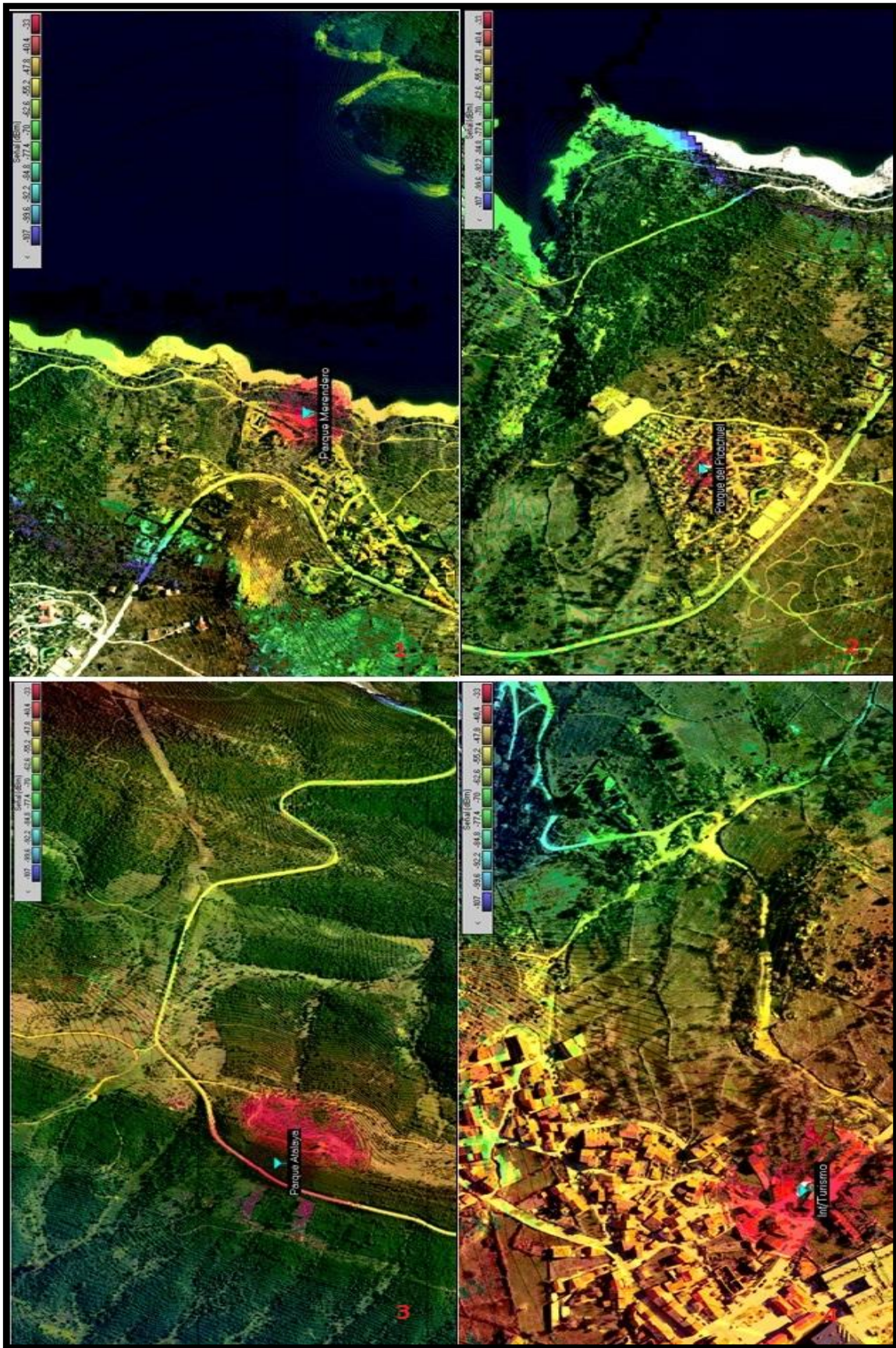


Figura 46: Mapa de cobertura WiFi en Parque Merendero, Parque Picachuelo, Parque Atalaya e Inf/Turismo

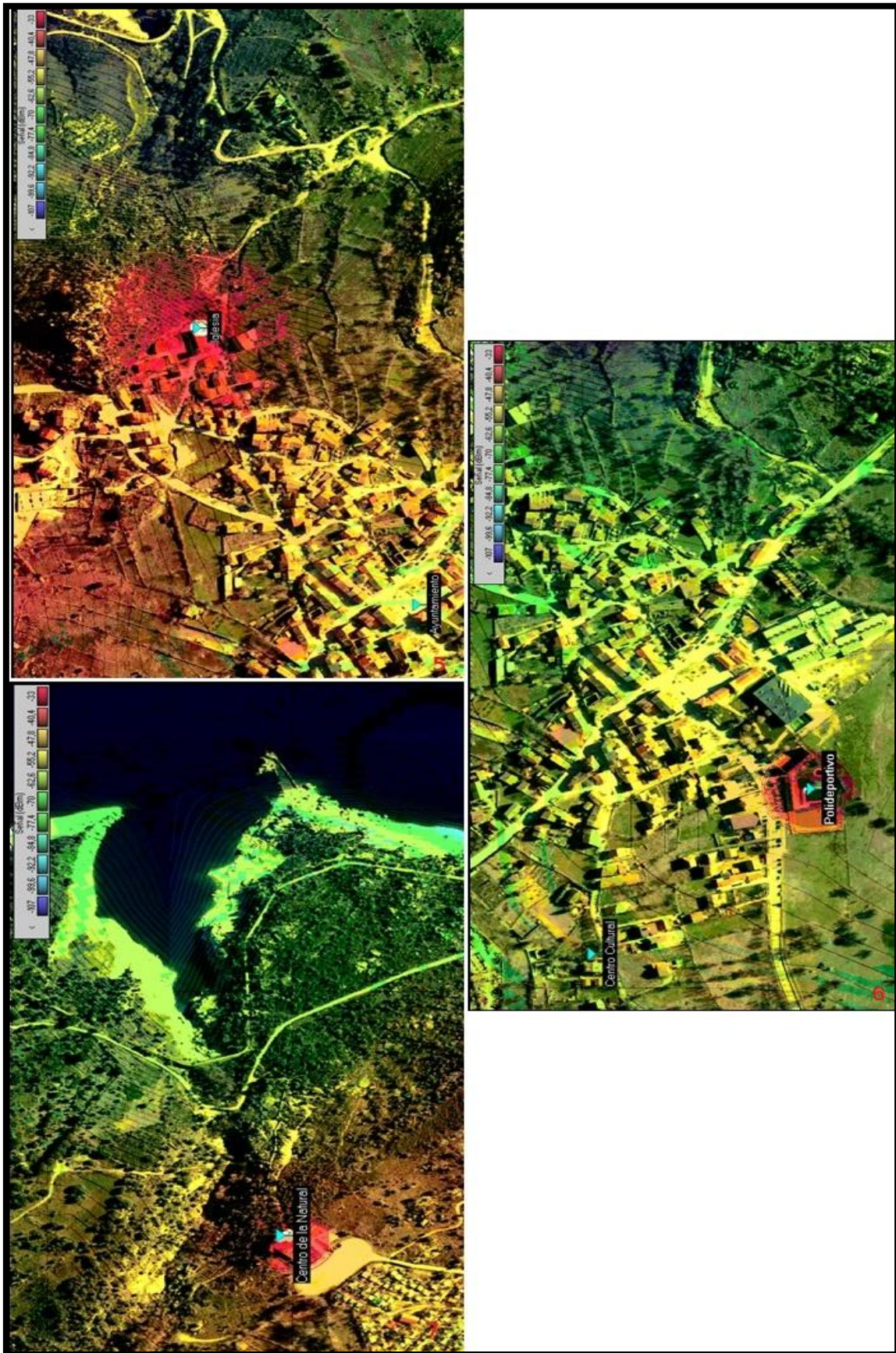


Figura 47: Mapa de cobertura WiFi en Iglesia, Polideportivo y Centro de la Naturaleza.

9. Emisiones radioeléctricas

En el Real Decreto 1066/2001 del 28 de Septiembre de 2001 y en la Orden CTE/23/2002 del 11 de Enero de 2002 se especifican la densidad máxima de potencia en la banda de 2 a 300 GHz a la que puede estar expuesto un ser humano. En base a los valores de densidad máxima de potencia, se calcula la llamada distancia de seguridad, que es la distancia mínima que debe haber entre el elemento radiante del dispositivo y las personas circundantes. La distancia de seguridad se calcula con la fórmula que se muestra a continuación:

$$\text{Distancia de seguridad} = \sqrt{\frac{M \cdot P_{\text{PIRE}}}{4 \cdot \pi \cdot S_{\text{max}}}}$$

Donde:

- PPIRE: Potencia PIRE en W
- M: es el factor de reflexión, y su valor es 4 si se considera reflexión total de un rayo, 2,56 si se consideran las condiciones de reflexión, y es 1 si no se considera reflexión (tomaremos 4 como valor más restrictivo)
- Smax: Densidad de potencia máxima permitida del servicio en W/m². Para equipos que emiten entre 2 y 300 GHz, el nivel de referencia es de 10 W/m² (R.D. 1066/2001).

En los apartados que siguen se calculará la distancia de seguridad para todos los equipos utilizados en el despliegue.

9.1. Equipos de la Red Troncal Primaria y Secundaria

La mayoría de los equipos instalados utilizan antenas integradas de 23 dBi, sin pérdidas en los cables, excepto la estación base que usa una antena externa de 15 o 16dBi. En cualquier caso, la PIRE en ningún caso sobrepasa los 30 dBm (1 W) por lo que se utilizará este valor para el cálculo de la distancia de seguridad.

Parámetro	Valor
Nivel de referencia (Smax permitida)	10 (W/m ²)
P.I.R.E.	1 W
Factor de reflexión	4
Distancia de seguridad	18 cm

Tabla 13: Datos para cálculo de distancia de seguridad en 5 Ghz

La distancia de seguridad resultante de 18 cm quedará garantizada, ya que los equipos se ubicarán en zonas altas y exteriores de los edificios donde no hay personas habitualmente.

9.2. Equipos de la red de Acceso

Los equipos WiFi instalados utilizan antena externa de 8 dBi, con cableado LMR-400, conectores N y antirrayos. En ningún caso se superan los 20 dBm (100 mw) que permite la norma, por lo que se usará este valor para calcular la distancia de seguridad:

Parámetro	Valor
Nivel de referencia (Smax permitida)	10 (W/m ²)
P.I.R.E.	100 mW
Factor de reflexión	4
Distancia de seguridad	6 cm

Tabla 14: Datos para calculo de distancia de seguridad en 2.4 GHz

La distancia de seguridad resultante de 6 cm quedará garantizada, ya que los equipos se ubicarán en zonas altas y exteriores de los edificios y parques donde no existe acceso fácil para personas.

10. Valoración económica

Cantidad	Concepto	Unitario €	Total €
8	Equipo de radioenlace PaP.Breeze Net B (BU) y Equipo de radio enlace remoto (RB)Breeze Net B (BU).	1523.36	12186.88
2	Equipo PaM Alvarion AU-D-SA-5.4-60-VL, con antena externa de 60 °	3407.96	6815.92
2	Equipo PaM Alvarion AU-D-SA-5.4-120-VL, con antena externa de 120 °	3407.96	6815.92
4	Cliente de Alvarion SU-A-5.4-3-BD-VL	386.24	1544.96
5	Cliente de Alvarion SU-A-5.4-6-BD-VL	386.24	1931.20
8	Alvarion Wi2 Access Point	385.75	3086.00
1	Alvarion Wi2 CTRL-40	2123.00	2123.00
8	ANT BS, 2.4-2.5GHz, 8dBi Omni-directional	92.00	736.00
1	Mástiles y torretas de diferentes alturas.	3500.00	3500.00
1	Cableado y Accesorios de Conexión	980.00	980.00
1	Router principal CISCO ISR G2 2911	798.00	798.00
1	Switch principal CISCO 2960G-48TC-L	2095.46	2095.46
1	Firewall CISCO ASA 5512-X Security Plus	1898.55	1898.55
1	SAI APC SMART UPS XL 3000VA +	2123.14	2123.14

	Pack 3 baterías 48V.		
1	Servidor Radius, DHCP, DNS, HTTP HP ProLiant DL 160 Gen8 E5-2620 8 GB	2115.00	2115.00
250	Instalación (horas)	30.00	7500.00
100	Diseño de la Red	25.00	2500.00
20	Verificación de Resultados y Ajustes	25.00	500.00
		Subtotal	59250.03 €
		I.V.A.	12442.50 €
		TOTAL	71692.53 €

11. Conclusiones

Mediante la elaboración de este proyecto se ha desarrollado el despliegue de una red municipal sobre la cual se implementarían servicios para la administración pública y la ciudadanía.

Como conclusión se puede afirmar que es viable 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.

Se han proporcionado 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.

Por último, como posible línea de ampliación, gracias a la escalabilidad y flexibilidad de los equipamientos escogidos para la creación de la red, esta se podría ampliar a otras zonas o incluso a otros municipios para los que una ampliación de esta les pudiese suponer una mejora en su entorno y necesidades.

Con respecto a la viabilidad económica del proyecto debemos señalar la difícil situación económica en la que se encuentran los municipios españoles. No obstante se ha tenido en cuenta una financiación 75% directamente de las arcas municipales y 25% a través de los beneficios generados por los alquileres del área de empresas y del centro de la naturaleza. Al reducir de esta forma el aporte directo del capital por parte del Ayuntamiento se considera más viable la realización del proyecto. Teniendo en cuenta estos hechos se considera un periodo de amortización de la instalación de 6 años.

12. 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: *Enhanced Data rates for GSM Evolution / Enhanced 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

SMNP: *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 múltiple 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).

13. Bibliografía

Utilización del espectro radioeléctrico en España

http://www.igipuzkoa.net/upload/documentos/descargas/es/Necesidades_y_Oportunidades_acceso_inalambrico_en_Gipuzkoa.pdf

Aplicaciones móviles en banda libre:

<http://albentia.wordpress.com/2009/09/30/aplicaciones-moviles-en-banda-libre-por-que-WiMAX-movil-en-banda-libre-es-WiMAXfijo/>

<http://bandaancha.eu/articulo/3571/WiMAX-banda-libre>

<http://www.albentia.com/productos.php?familyID=WiMAX5GHz>

Fichas de características de los equipos empleados Alvarion.

<http://www.alvarion.com/index.php/es-ES/home>

Seguridad WPA, de la Wikipedia:

http://es.wikipedia.org/wiki/Wi-Fi_Protected_Access

Documento sobre Potencia Radiada Isotrópica, de la Universidad de Valencia:

http://www.upv.es/satelite/trabajos/pract_4/radio/uplink3.htm

Página oficial del software Radio Mobile:

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

Video Tutorial de Radio Mobile, en YouTube:

http://www.youtube.com/watch?v=TePhfN6j_I4

Organismo oficial de certificación productos WiMAX

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

Normativa IEEE

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

Página Oficial CMT

<http://www.cmt.es>

14. Anexos

BreezeACCESS® VL

Acceso Inalámbrico de Banda Ancha con Alta Calidad de Voz

BreezeACCESS VL, la plataforma inalámbrica de banda ancha de Alvarion en la frecuencia de 5 GHz, es parte de la familia BreezeACCESS, la plataforma de banda ancha inalámbrica más desplegada en el mundo. Características superiores, tales como enlace fuera de la línea de visión (NLOS), alcance extendido, alta capacidad en todos los tamaños de paquete, cifrado y Calidad del Servicio (QoS) de extremo a extremo para aplicaciones donde el tiempo es crítico, son la clave de su éxito en los despliegues, a escala mundial.

El incremento de beneficios producido por la oferta de voz con alta calidad de voz sobre IP (VoIP), y otros servicios de triple capacidad mediante el uso de algoritmos de calidad del servicio (QoS), priorización de aplicación multimedia (MAP) para la priorización de enlace inalámbrico, y una alta capacidad sin precedentes en todos los tamaños de paquete. BreezeACCESS VL soporta cientos de llamadas simultáneas por sector.

Con BreezeACCESS VL, los operadores ofrecen una amplia gama de servicios y aplicaciones, incluyendo VoIP, línea arrendada inalámbrica, puntos de acceso público alimentando servicios de juego, VPN seguros, vigilancia por vídeo y xDSL inalámbrica en entornos urbanos y rurales, y todo ello con un capital y un costo de operación reducidos en comparación con las alternativas alámbricas.





Extensivas características de Acceso

- Funcionalidad de puente – configuración simple y rápida instalación de soporte VLAN 802.1Q con modos troncal, acceso, y 802.ad híbrido y QinQ.
- QoS – QoS de extremo a extremo con MAP utilizando priorización de paquetes.
- Refuerzo de SLA – soporta las velocidades de información comprometidas (CIR) y las velocidades de información máximas. (MIR) por usuario, por dirección; priorización de paquetes con clasificación de gama de puertos IP TOS, VLAN, DiffServ y UDP/TCP, y una degradación elegante en el caso de congestión.

Opciones de Seguridad y Filtrado

- Opciones de cifrado AES 128 y WEP 128 – y el nuevo modo de cifrado FIPS-197, certificado de acuerdo con los Estándares de Procesamiento de Información Federales (Federal Information Processing Standards), lista de acceso/denegación que permite conectarse solamente a las CPE autorizadas.
- Control de acceso con protocolo de dirección IP y filtrado basado en MAC, ofreciendo un mejor control capaz de limitar el número autorizado de direcciones IP, posibilitando una fuente adicional de beneficios, o para evitar que las transmisiones locales invadan el enlace inalámbrico.

Flexibilidad y Modularidad

- Topología flexible que permite configuraciones autónomas o basadas en chasis para soluciones modulares y capaces de crecer en escala permitiendo el “pague según crezca” . Desplegable en múltiples sectores usando diversas selecciones de antenas.
- Opciones de alimentación CA y CC.
- Soporta velocidades de CPE de 3, 6 y 54 Mbps con opciones de antena incorporada o externa.
- Ancho de banda de CPE actualizado sobre el aire.

La Solución “Espectro Completo”™

- Cubre toda la banda de 5 GHz y se integra fácilmente con las bandas de 900 MHz, 2.4 GHz, 3.5 y 4.9 GHz de BreezeACCESS usando la misma infraestructura y gama de tecnologías.
- Soporta la concurrencia de LOS, NLOS y multi-frecuencias con velocidades de abonado de 3 a 54 Mbps.
- Permite a los operadores personalizar redes para diversos segmentos del mercado, para lograr el máximo beneficio por celda.

Robustez y Confiabilidad

- Modulación adaptativa con 8 esquemas de velocidades y una suave transición entre velocidades en respuesta a las condiciones del enlace, facilitando la robustez del enlace, establecido a la máxima velocidad por abonado posible.
- Control automático de potencia de transmisión (ATPC) – la unidad de acceso mide automáticamente y ajusta la potencia de transmisión de la unidad del abonado, permitiendo una instalación más fácil y optimizando el funcionamiento de la red.
- Soporta varias opciones de redundancia.
- Corrección de Error Adelantada incorporada y retransmisión corrigiendo bits dañados o perdidos.
- Opción de equipo totalmente apto para exterior con OPS-AC-HD.

Componentes del Sistema

La solución BreezeACCESS VL consta de una estación base y unidades de abonados en sitios del cliente (CPE). Las estaciones base están disponibles ya sea como elementos modulares o como unidades de micro celda autónomas. Las CPE están disponibles en diversos modelos para los diferentes anchos de banda y las configuraciones de usuario simple o múltiple.

Unidades de Acceso (AU)

Instaladas en el sitio de la estación base, cada AU incluye una unidad interna y una externa. La interna se conecta con la red mediante una interfaz estándar Ethernet 10/100 BaseT (RJ-45), y la unidad externa se conecta con la unidad interna mediante un cable CAT-5. Alvarion ofrece dos tipos de estaciones base.

- La estación base modular de estante (BS-SH-VL) de chasis universal de 19” 3U alojando hasta 6 módulos AU. En un chasis BS-SH-VL pueden usarse dos módulos de fuente de alimentación (ya sea CC o CA) para una operación libre de fallas. El conjunto AU-D-BS incluye una unidad interna basada en chasis, una unidad externa montada sobre mástil y antenas de sector.
- El conjunto de la micro estación base autónoma (AU-D-SA) incluye una pequeña unidad interna, una unidad externa montada sobre mástil y una antena de sector.



Con la estación base pueden utilizarse diversas antenas: 360, 120, 60 y 90 grados.

Unidades de Abonado (SU)

La unidad de abonado (SU) le permite al cliente la conexión con la estación base, y puede soportar un usuario único o múltiples usuarios. Las SU proveen una plataforma eficiente para Internet e Intranet de alta velocidad siempre conectado, VoIP, VPN y otros servicios. Cada SU se conecta con la red mediante una interfaz estándar Ethernet 10/100 BaseT (RJ-45), y se conecta con la unidad interna mediante un cable CAT-5. Cada conjunto de SU incluye una unidad interna con un único puerto de datos, cable CAT-5 interior-externo, unidad externa de montaje sobre mástil y antena integrada en la mayoría de los casos. Existe una serie de módulos que se pueden añadir a la unidad de abonado, incluyendo el gateway de red que ofrece a los abonados residenciales, SOHO y SME una gama flexible de servicios de red alámbricos e inalámbricos, y el gateway de voz que ofrece el suministro eficaz de voz y datos.



Existen varios modelos de CPE disponibles (ff – banda de frecuencias).

El SU-A-ff-3-1D-VL soporta una velocidad bruta de hasta 3 Mbps para un usuario único, incluye antena integrada.

El SU-A-ff-6-BD-VL soporta una velocidad bruta de hasta 6 Mbps para usuarios múltiples, incluye antena integrada.

El SU-A-ff-54-BD-VL soporta una velocidad bruta de hasta 54 Mbps para usuarios múltiples, incluye antena integrada.

El SU-E-ff-54-BD-VL soporta una velocidad bruta de hasta 54 Mbps para usuarios múltiples, no incluye antena.



Elija BreezeACCESS VL para:

- Calidad de servicio extremo a extremo en voz y vídeo, soportando un número inigualado de cientos de llamadas con calidad de voz convencional por sector.
- Conexión de comunidades – para un acceso eficaz en cuanto a costos en comunidades, municipalidades e institutos educacionales.
- Alimentación de puntos de libre acceso (hotspots) – alto rendimiento, servicio confiable.
- Seguridad y vigilancia – cámaras inalámbricas transmitiendo vídeo necesitando mayor ancho de banda, que requiere servicios seguros y confiables.
- Acceso de última milla – servicios tanto para usuarios residenciales como comerciales con capacidades NLOS para todos los entornos, rurales y urbanos.
- Redes de empresa reemplazo de línea arrendada por una conectividad eficaz en cuanto a costos, proveyendo servicios de VoIP y de datos en empresas y campus universitarios.

Razones para Elegir BreezeACCESS VL

Ventajas Económicas

- Más beneficios, mediante el suministro a los abonados de servicios de vídeo y de voz con alta calidad, con paquetes de tarifas diferenciadas para las diferentes velocidades y opciones de actualización.
- Menor inversión en infraestructura hoy – NLOS, alta capacidad, cobertura sobresaliente, perfiles multi-abonado en el mismo sector y red, “pague-según-crezca” modular y flexible, posibilitan reducir la necesidad de construcción de estaciones base y sitios.
- Menor CAPEX mañana – protege su inversión por la coubicación de sistemas WiMAX futuros. Ambos conjuntos de CPEs (BreezeACCESS VL y BreezeMAX™), son capaces de operar en el mismo sector. La herramienta de gestión AlvariSTAR™ soportará todas las plataformas Alvarion WiMAX, BreezeACCESS VL y BreezeNET B®, con una migración de gestión fluida.
- Bajo costo de instalación fuera-de-la-caja -
 - Barra de presentación de SNR con 10 LED en la unidad exterior para una rápida alineación de la antena sin herramientas externas o monitores, y el mejor modo AU para una rápida asociación.
 - Óptimas prestaciones mediante la modulación adaptativa siempre-on y el control automático de potencia de transmisión (ATPC).
 - Actualización de software sobre-el-aire, para una instalación fácil y económica.
- Menor OPEX – menos estaciones base, gestión remota y actualización de memoria fija (firmware) remota, herramientas de diagnóstico eficaces, adaptación automática a los cambios ambientales.



Ventajas Tecnológicas

- Amplia cobertura, más clientes con menos estaciones base
- Priorización de Aplicaciones Multimedia (MAP) utilizando priorización de enlace inalámbrico para una QoS de extremo a extremo.
- Exclusivo protocolo de asignación de recursos dinámica (DRAP) con gateways de acceso Alvarion asegurando elevada calidad de voz, al tiempo que se mantiene capacidad residual para los servicios de datos de “mejor esfuerzo”.
- Muy elevada capacidad y procesamiento de paquetes para las mejores prestaciones de la red y un alto número de llamadas VoIP.
- DFS+ (Selección Dinámica de Frecuencia) para los países que la requieren, más un algoritmo exclusivo de Alvarion para mejorar la gestión del canal bajo ciertas condiciones de baja actividad de radar.
- Selección de la mejor unidad de acceso (AU) – para una rápida y simple asociación SU con la mejor AU detectada, actúa también como un mecanismo de redundancia que selecciona automáticamente la segunda mejor AU, si la mejor AU falla.
- Planificación flexible de red – Soporta opciones de subcanal de 10 y 20 MHz para planificación de radio y para evitar interferencias, con búsqueda de subcanal automática.
- Solución robusta, reforzada y ampliamente desplegada en 5 GHz.

Ventajas de la Gestión

- AlvariSTAR – una exhaustiva herramienta de soporte para la gestión de la red con arquitectura capaz de crecer en escala, gestión de la topología, configuración y monitoreo, gestión de las fallas, y monitoreo de las prestaciones.
- BreezeCONFIG – una utilidad de configuración y monitoreo que se utiliza en forma simple e intuitiva y permite la mejora simultánea del firmware para múltiples CPEs.

Oficinas Centrales

Oficina Central Internacional de la Compañía
Tel: +972.3.645.6262
Email: corporate-sales@alvarion.com

Oficina Central en EE.UU
Tel: +1.650.314.2500
Email: n.america-sales@alvarion.com

Contactos de Ventas

América Latina y Caribe
Email: lasales@alvarion.com

Australia
Email: australia-sales@alvarion.com

Brasil
Email: brazil-sales@alvarion.com

China
Email: china-sales@alvarion.com

República Checa
Email: czech-sales@alvarion.com

Francia
Email: france-sales@alvarion.com

Alemania
Email: germany-sales@alvarion.com

Hong Kong
Email: hongkong-sales@alvarion.com

Italia
Email: italy-sales@alvarion.com

Irlanda
Email: uk-sales@alvarion.com

Japón
Email: japan-sales@alvarion.com

México
Email: mexico-sales@alvarion.com

Nigeria
Email: nigeria-sales@alvarion.com

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

Polonia
Email: poland-sales@alvarion.com

Rumania
Email: romania-sales@alvarion.com

Rusia
Email: info@alvarion.ru

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

Sudáfrica
Email: africa-sales@alvarion.com

España
Email: spain-sales@alvarion.com

Gran Bretaña
Email: uk-sales@alvarion.com

Uruguay
Email: uruguay-sales@alvarion.com

Para la información más actualizada sobre contactos en su área, visite por favor:
www.alvarion.com/company/locations



www.alvarion.com

© Copyright 2006 Alvarion Ltd. Todos los derechos reservados Alvarion® y todos los nombres, productos y nombres de servicios a los que aquí se hace referencia son ya sea marcas comerciales registradas, marcas comerciales, nombres comerciales o marcas de servicios de Alvarion Ltd. Todos los otros nombres son o pueden ser las marcas comerciales de sus propietarios respectivos. El contenido está sujeto a cambio sin previo aviso.

Especificaciones

Radio

Frecuencia	4.900 - 5.100 GHz, 5.15 - 5.35 GHz, 5.47 - 5.725 GHz, 5.725 - 5.850 GHz								
Método acceso a radio	Dúplex por División de Tiempo (TDD)								
Canal	10 MHz, 20 MHz								
Resolución frecuencia central	5 MHz, 10 MHz								
Potencia de salida máx. (en puerto de antena)	AU: -10 dBm a 21 dBm, en pasos de 1 dB SU: -10 dBm a 21 dBm, ajustada automáticamente por ATPC La potencia real puede verse limitada por regulaciones locales								
Sensibilidad, típica (dBm en puerto de antena)	Modulación	1	2	3	4	5	6	7	8
	Nivel* (20 MHz)	-89	-88	-86	-84	-81	-77	-73	-71
	Nivel* (10 MHz)	-92	-91	-89	-87	-84	-80	-76	-74
* El Nivel de Modulación combina esquema de modulación y ganancia de codificado									
Esquema de Modulación (adaptiva)	OFDM: BPSK, QPSK, QAM 16, QAM 64								
Puerto de antena (AU-RE)	Tipo N, 50 ohm								
Antena integrada de abonado	21 dBi, (19 dBi en banda de 4.9-5.1 GHz), 10.5°H/V, panel plano integrado								
Antenas AU	60°: 16 dBi, Sector 60° horizontal, 10° vertical 90°: 16 dBi, Sector 90° horizontal, 6° vertical 120°: 15 dBi, Sector 120° horizontal, 6° vertical 360°: 8 dBi, Sector 360° horizontal, 9° vertical (AU-SA only)								

Comunicación de Datos

Soporte de VLAN	Basado en IEEE 802.1q, QinQ 802.3ad
Priorización de tráfico estrato-2	Basada en IEEE 802.1p
Priorización de tráfico estrato-3	IP ToS según RFC791 y DSCP según RFC 2474
Priorización de tráfico estrato-4	Gama de puerto UDP/TCP
Seguridad	Autenticación WEP 128 bit, AES 128, WEP 128, y cifrado incorporado de modo FIPS-197 certificado

Configuración y Gestión

Gestión Local y Remota	NMS basada en SNMP y utilidad de configuración basada en Windows, Telnet
Acceso remoto a gestión	Desde LAN alámbrica o enlace inalámbrico
Protección de acceso a gestión	Contraseña de múltiple nivel Configuración de dirección remota (sólo desde Ethernet, sólo inalámbrica, o ambas) Configuración de direcciones IP de estaciones autorizadas
Mejoras del software IP	A través de TFTP y FTP
Carga/descarga de configuración	A través de TFTP y FTP
Agente SNMP	Cliente SNMP V1, MIB II, MIB Puente, MIB BreezeACCESS VL privada

Características Físicas y Eléctricas

Tipo	Conectores		Eléctrica
SU-NI, AU-NI	Ethernet	10/100Base T RJ-45, 2 LED incluidos	Consumo 25w Entrada CA: 100-240 VCA, 50/60 Hz
	Radio	10/100Base T RJ-45	
SU-RA, AU-RE	Entrada CA	Conector macho CA 3 clavijas	54 VCC de interior a exterior
	Interior	10/100Base RJ-45, con conjunto de sellado a prueba de agua	
AU-BS	Ethernet	10/100Base T RJ-45, 2 LED incluidos	Consumo 30w (módulo más unidad exterior Entrada CA: 100-240 VCA, 47-65 Hz 3.3 VCC, 54 V de la fuente en la placa posterior
	Radio	Ethernet 10/100 Base T RJ-45	
BS-PS AC (fuente de CA)	Entrada CA	Conector macho 3 clavijas	Consumo 240w chasis completo (1 P5, 6 AU) Entrada CA: 85-265 VCA, 47-65 Hz Salida CC: 54 V, 3.3 V
BS-PS-DC (fuente de CC)	-48 VDC	Conector Amphenol de 3 clavijas Tipo D de CC	Consumo 240w chasis completo (1 P5, 6 AU) Entrada CC: -48 VCC nominal (-34° -72), 10 A máx. Salida CC: 54 V, 3.3 V

Cumplimiento de Estándares

Tipo	Estándar	
EMC	FCC parte 15 clase B, CE ETSI EN 301 489-1/4	
Seguridad	UL 60950-1, EN 60950-1	
Ambiental	Operación	ETS 300 019 parte 2-3 clase 3.2E para unidad interior ETS 300 019 parte 2-4 clase 4.1E para unidad exterior
	Almacenado	ETS 300 019-2-1 clase 1.2 E
Protección contra rayos	Transporte	ETS 300 019-2-2 clase 2.3
	Radio	EN 61000-4-5, Clase 3 (2 kV) FCC parte 15 EN 301 753 EN 301 021 EN 301 893 (V 1.3.1)

Nota: no todas las opciones están disponibles en todas las regiones y algunas características requieren una clave de licencia de software. Por favor consulte a su agente local para mayor información.

BreezeNET[®] B

Soluciones punto a punto

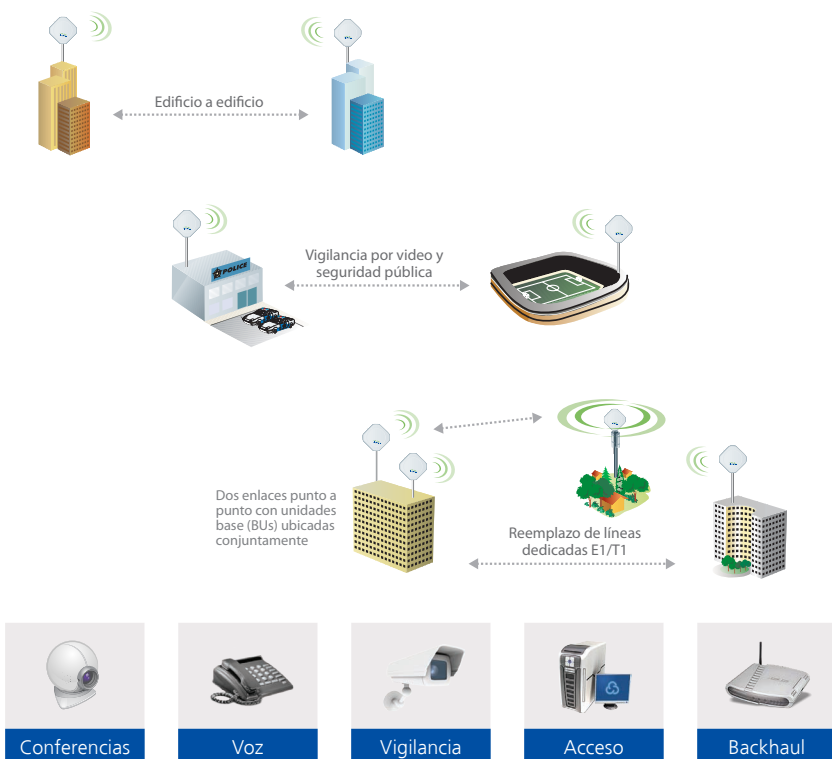
BreezeNET B es una familia de bridges inalámbricos punto a punto para bandas de frecuencia libres. BreezeNET B proporciona una solución eficiente y segura para varias aplicaciones: acceso de banda ancha, conectividad entre edificios, y servicios de redireccionamiento (backhaul) a ubicaciones lejanas. BreezeNET B es también un enlace poderoso y rentable para backhaul de punto a multipunto, y elimina la necesidad de líneas alquiladas o dedicadas caras en lugar de infraestructuras inalámbricas.



Gran variedad de opciones

BreezeNET B es ofrecido en varias configuraciones, lo que asegura una solución de coste/rendimiento óptimo para cualquier tipo de instalación.




Configuración	Tasa de frecuencia	Ancho de banda	Rendimiento neto (FTP)	Opciones de actualización	Antena	Información adicional
BreezeNET B10	5.4 y 5.8 GHz	Canales de 10 y 20 MHz	Hasta 10 Mbps (up to 5 Mbps uplink (hasta 5 Mbps en el enlace ascendente y hasta 5 Mbps en el enlace descendente))	Ninguna	Antena integrada entre 16/20dBi	Enlace completo en una unidad (unidad base y puente remoto)
BreezeNET B14	2.4 GHz, 5.x GHz	Canales de 10 y 20 MHz	Hasta 14 Mbps (hasta 7 Mbps en el enlace ascendente y hasta 7 Mbps en el enlace descendente)	B28 y B100	Antena integrada entre 16/20dBi	Hasta dos enlaces E1/T1 (opcional)
BreezeNET B28	5.x GHz	Canales de 10, 20 y 40 MHz	Hasta Mbps (hasta 20 Mbps en el enlace ascendente y hasta 20 Mbps en el enlace descendente)	B100	o antena externa entre 24/28 dBi	Hasta dos enlaces E1/T1 (opcional)
BreezeNET B100	5.x GHz	Canales de 10, 20 y 40 MHz	Hasta 73 Mbps (hasta 70 Mbps en el enlace ascendente y hasta 70 Mbps en el enlace descendente)			Hasta cuatro enlaces E1/T1 (opcional)



Aplicaciones de BreezeNET B en el mercado

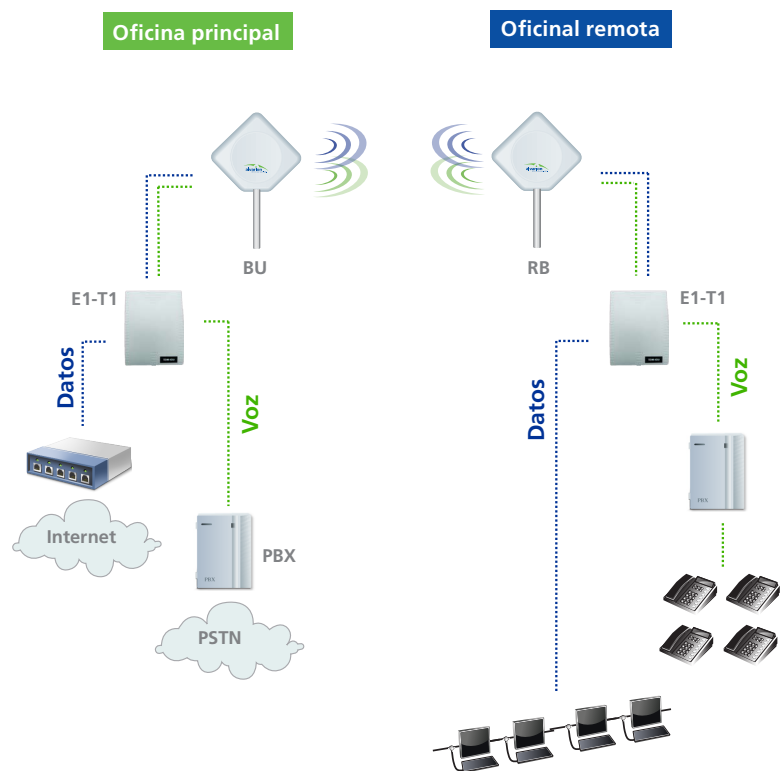
- Acceso de banda ancha inalámbrico – alternativa a ADSL para conectar edificios lejanos
- Servicios de backhaul para reemplazar líneas dedicadas a WISPs
- Conectividad de redes privadas
- Recuperación de desastres
- Vigilancia por video
- Telefonía IP
- Videoconferencia, e-educación, e-salud
- SCADA (control, supervisión y adquisición de datos) y redes ITN (inteligentes de tráfico)

Componentes del sistema BreezeNET B

<p>Unidad base (BU)</p> 	<p>La unidad base es instalada en un extremo del enlace punto a punto y conectada a un servidor central o a Internet. La unidad base consiste en dos partes: una unidad universal de interiores (IDU), y una unidad de exteriores (ODU). La integración de la radio y el módem en la unidad de exteriores hace de BreezeNET B un dispositivo verdaderamente de exteriores sin pérdida de potencia relacionada con cables RF caros de interiores/exteriores.</p>
<p>Equipo remoto (RB)</p> 	<p>El equipo remoto está ubicado en el extremo distante del enlace punto a punto, conectando al usuario al BU ubicado centralmente. Consiste en dos partes: una unidad universal de interiores idéntica (IDU) y una unidad de exteriores (ODU).</p>
<p>BreezeNET B E1/T1</p> 	<p>La unidad de transporte BreezeNET B E1/T1 permite hacer un túnel punto a punto con tráfico de E1/T1 a través de dispositivos Ethernet inalámbricos, llevando así grandes ahorros en comparación al coste de líneas alquiladas comunes. BreezeNET B E1/T1 soporta todas las frecuencias BNB, es fácil de instalar, soporta NLOS (soluciones sin línea de visión), y calidad de servicio (QoS) para aplicaciones de voz y video. La unidad BreezeNET B E1/T1 puede recuperarse de pérdidas de datos (utilizando un mecanismo de corrección de errores de envío (FEC), sin propagar errores a las tramas siguientes. La opción "pague a medida que crece" permite que BreezeNET B E1/T1 sea actualizado con una licencia de software desde un enlace E1/T1 hasta un máximo de cuatro enlaces E1/T1.</p>

Características principales de BreezeNET B

- Solución punto a punto resistente, de exteriores, y de alta capacidad
- Opciones flexibles de tasas: B10, B14, B28 y B100, llegando hasta 108 Mbps
- Largo alcance: hasta 50 km
- Óptima tecnología de radio OFDM
- Excelente rendimiento en entornos NLOS
- Fácil de instalar, con modulación adaptativa y control automático de potencia de transmisión (ATPC), gestión y mantenimiento
- Calidad de servicio para datos, voz y video (establecimiento de prioridades en enlaces inalámbricos)
- AES, WEP y FIPS seguros



Especificaciones

Sede central

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

Sede central en América del Norte
Tel: +1.650.314.2500
Email: n.america-sales@alvarion.com

Contactos de venta

Alemania
Email: germany-sales@alvarion.com

América Latina
Email: lasales@alvarion.com

Australia
Email: anz-sales@alvarion.com

Brasil
Email: brazil-sales@alvarion.com

Canadá
Email: canada-sales@alvarion.com

Caribeño:
caribbean-sales@alvarion.com

China
Email: cn-sales@alvarion.com

España
Email: spain-sales@alvarion.com

Filipinas
Email: ph-sales@alvarion.com

Francia
Email: france-sales@alvarion.com

Irlanda
Email: uk-sales@alvarion.com

Italia
Email: italy-sales@alvarion.com

Japón
Email: jp-sales@alvarion.com

Méjico
Email: mexico-sales@alvarion.com

Nigeria
Email: nigeria-sales@alvarion.com

Polonia
Email: poland-sales@alvarion.com

Portugal
Email: sales-portugal@alvarion.com

Reino Unido
Email: uk-sales@alvarion.com

República Checa
Email: czech-sales@alvarion.com

Rumania
Email: romania-sales@alvarion.com

Rusia
Email: info@alvarion.ru

Singapur
Email: asean-sales@alvarion.com

Sudáfrica
Email: africa-sales@alvarion.com

Uruguay
Email: uruguay-sales@alvarion.com

Para obtener información actualizada de contactos en su zona, visite :
www.alvarion.com/company/locations



© Copyright 2008 Alvarion Ltd. Todos los derechos reservados. Alvarion® y todos los nombres de productos y servicios referenciados en este documento son marcas registradas, marcas comerciales, nombres comerciales o marcas de servicios de Alvarion Ltd. Todos los demás nombres son o pueden ser marcas de sus respectivos dueños. El contenido de este documento está sujeto a cambios sin notificación previa. "WiMAX Forum" es una marca registrada del WiMAX Forum. "WiMAX" y el logotipo del WiMAX Forum. "WiMAX Forum Certified" y el logotipo del WiMAX Forum Certified son marcas registradas del WiMAX Forum.

213695 rev.K

Radio

Frecuencia 2.400-2.4835 GHz, 5.15-5.35 GHz, 5.47-5.725 GHz, 5.725-5.875 GHz*	Modulación BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM	Resolución central de frecuencia 5 MHz
Tipo de radio OFDM, TDD	Ancho de banda de canal 10/20/40 (40 MHz en modo turbo sólo para BNB14, BNB28 y BNB100)	Output Power (at antenna port) Up to 21 dBm (dependent upon regulation)

Sensibilidad típica (dBm en el puerto de la antena)

Modulación	1	2	3	4	5	6	7	8
Nivel* (20 MHz)	-89	-88	-86	-84	-81	-77	-73	-71

- El nivel de modulación combina el esquema de modulación y la ganancia de código
- Cuando se usa 10 MHz, la sensibilidad aumenta 3 dB
- Cuando se usa 40 MHz, la sensibilidad disminuye 3 dB

Antena

BU y RB 2.4 GHz Antena integrada	BU y RB 5 GHz Antena integrada	BU y RB 2.5 GHz Antena independiente	BU y RB 5 GHz Antena independiente
16 dBi 20° horizontal x 20° vertical plana	21 dBi, 10.5° horizontal x 10.5° vertical, plana	BNB 10: 24 dBi, 6° horizontal x 10° vertical plana	23 dBi, 9° plana 28 dBi, 4.5° plana

Comunicaciones de datos

Cumplimiento con normas
IEEE 802.3 CSMA/CD

VLAN Support
Based on 802.1q

QoS
Wireless Link Prioritization (WLP)

802.1p
DRAP

IP TOS/DSCP

Fast Packet Processing

Configuración y gestión

Opciones de gestión
Monitoreo vía Telnet, SNMP y configuración carga/descarga

Acceso a gestión remota
De LAN alámbrico, enlace inalámbrico

Asignación de parámetros IP
Configurable o automática (cliente DHCP)

Características eléctricas – RB, BU e IDU E1/T1

Consumo de energía
25W

Energía de entrada
RB y BU: CA, 100-240 V CA, 50-60 Hz (CD 10.5-32 UDC con el agregado del módulo OPS-DC)
IDU E1/T1: 00 a 260 V CA, 47 a 63 Hz, 24 Watios

Cable de interiores/exteriores
Cable blindado CAT-5 de 90 m máx.

Especificaciones físicas y ambientales

Medidas – RB / BU
Unidad de interiores: 16x9x6 cm (0.55 kg)
Unidad de exteriores con antena integrada en 2.4 GHz: 43.2 x 30.2 x 5.9 cm (2.9 kg)
Unidad de exteriores con antena integrada en 5 GHz: 30.5 x 30.5 x 6.2 cm (3.3 kg)

Normas y reglamentos

Radio
FCC parte 15.247, FCC P15.407, ETSI: EN 302 502, EN 301 893 (1.3.1), EN 300 440-1/2, EN 300 328

EMC
FCC parte 15 Clase B, ETSI: EN 301 489-1

Nota: No todas las opciones están disponibles en todas las regiones. Contacte a su representante local para obtener más información. * 5.15-5.35 GHz – disponible solamente para B14 y B28 (no para B100)

Puerto de antena (modelo independiente) tipo N, 50 Ohm

Puertos de comunicaciones E1/T1 IDU
Tres 10/100Base T.
Cumple con IEEE 802.3 LAN, WAN, y con normas locales.
Cuatro T1/E1: RJ-45. Cumple con ANSI T1.403, ITU-T G.703; AT&T TR-62411.

Protección de acceso a gestión
a. Contraseña de niveles múltiples.
b. Configuración de dirección remota (solamente Ethernet, solamente inalámbrico, o de los dos lados)
c. Configuración de direcciones IP de estaciones autorizadas.

Indicadores
Unidad de interiores: indicadores de energía, enlace y Ethernet.
Unidad de exteriores: indicadores de estado, Ethernet y enlace inalámbrico, indicadores SNR 10, indicador de barra (sólo RB)
IDU E1/T1: panel delantero: estado (sirve como panel delantero para suministrar condiciones de operación de toda la unidad), panel trasero: conexión local,

Unidad de exteriores independiente (sin antena): 30.6 x 12 x 4.7 cm (1.85 kg)
Medidas - IDU E1/T1
4 cm x 18 cm x 5.9 cm (0.36 kg)
Temperatura de operación
Unidad de exteriores: -40 °C a 55 °C
Unidad de interiores: 0 °C a 40 °C

Antena BNB 10 Sólo antena integrada

Seguridad
a. Protocolo de asociación - ESSID
b. WEP 128, AES 128, FIB 197
c. Nivel de filtrado IP para direcciones de usuarios o protocolos.
d. Dirección de acceso y filtrado de dirección IP para gestión.

Actualización de software
Vía TFTP y FTP
Configuración de carga/descarga
Vía TFTP y FTP
Agentes SNMP
Cliente SNMP v1, MIB II, MIB puente, MIB privado de BreezeACCESS VL

LAN y WAN/actividad del enlace, E1/T1 (DS1, 1, 2, 3, 4), señal presente/actividad
Potencia CA
Unidad de interiores: enchufe de suministro CA de 3 pines
IDU E1/T1: fuente de alimentación tipo ladrillo suministra 56 V CD a la unidad
Conectores
RJ-45

Humedad de operación
Unidad de exteriores: 5 -95 no condensante, protegida de la intemperie
Unidad de interiores: 5 -95 no condensante

Transporte
ETS 300 019-2-2 Clase 2.3t

Ambiental
Operación: ETS 300 019 parte 2-3 Clase 3.2E para la unidad de interiores y el IDU E1/T1, ETS 300 019 parte 2-4 Clase 4.1E para la unidad de exteriores

BreezeMAX[®] Wi² BreezeACCESS[®]

Combined WiMAX and Wi-Fi end-to-end broadband solutions

Wi² offers the ultimate IP wireless broadband solution for a variety of applications and services – anytime, anywhere.

Wi² provides the best of both worlds:

- Easy-to-deploy outdoor Wi-Fi mesh access solution integrated with built-in management and OSS support
- Readiness for immediate connection with the robust QoS capabilities of a BreezeMAX/BreezeACCESS backhauling network providing Personal Broadband services

Services delivered with Wi² range from basic public Internet access to public safety, traffic management, video surveillance, indoor coverage and other advanced voice, video and mobile applications.



Deploy mesh networks easily and cost effectively

Answering the need for outdoor Wi-Fi connectivity, Wi² offers localized mesh networks with a Wi-Fi AP-rich feature set. Furthermore, it enables immediate connection with WiMAX star backhauling networks. This results in a high performance, low complexity, easy-to-deploy network, which can be easily tailored to specific operational and budget demands. Consequently, Wi² enables operators to work according to their specific needs and enjoy mesh benefits such as self-healing and lower network costs while still maintaining a robust, simple and high QoS network.

Integrate a complete, robust end-to-end solution

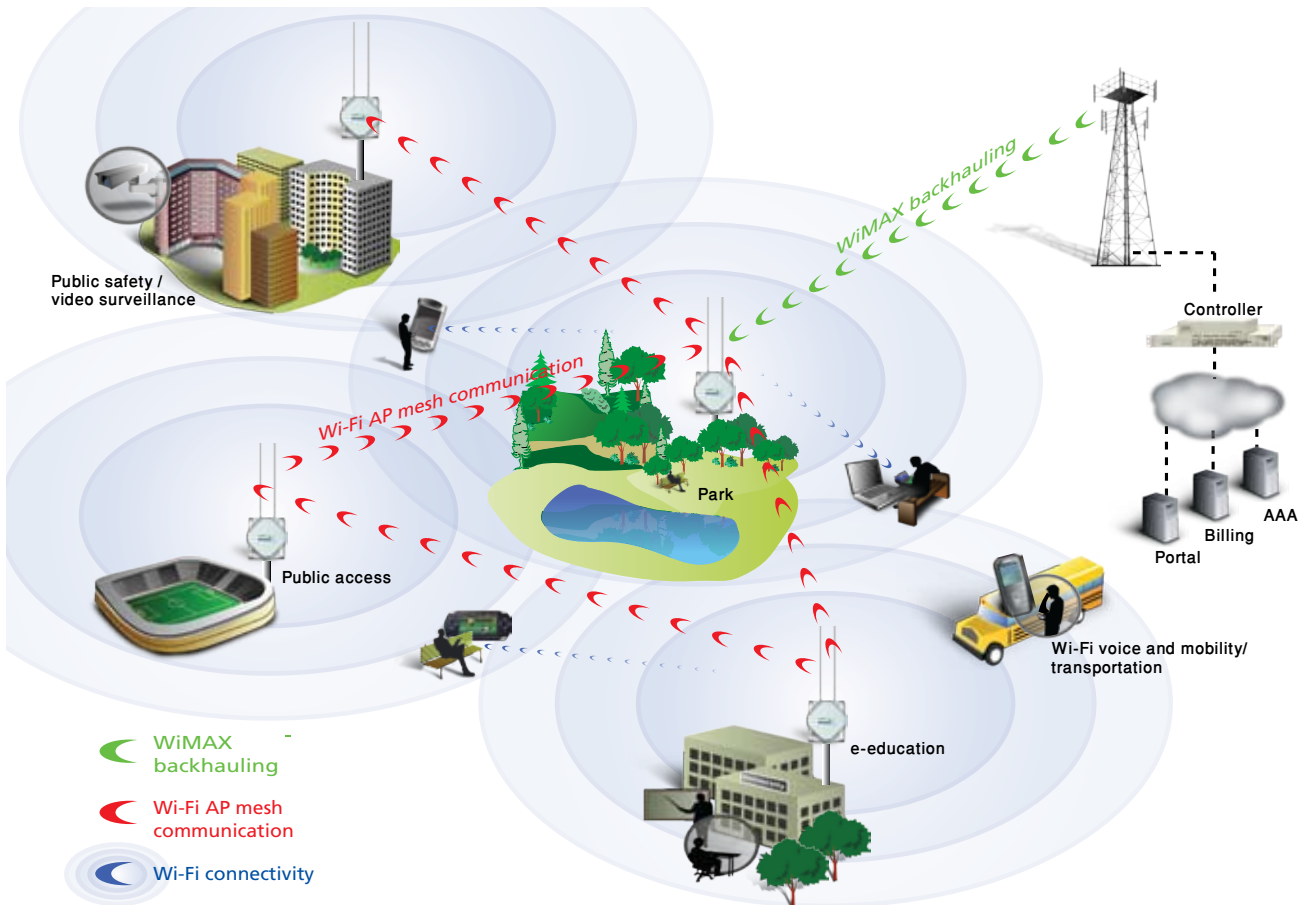
Wi² offers a wide range of important features. These include extensive network management with detailed statistics and diagnostics capabilities for easy evaluation of network performance and behavior; embedded OSS abilities with RADIUS servers, captive portals and accounting information; self-healing; powerful QoS for voice and video support; and extensive security features.

Increase revenue with multiple application network support

Deliver a variety of independent services through the simultaneous operation of up to 16 different virtual networks (16 SSIDs) on the same infrastructure. Each network retains unique QoS, security, authentication, guest access services, management attributes and billing rates, allowing for revenue generation according to customer service level agreements (SLAs).

Key Wi² applications

- Public Internet access
- Voice
- Video surveillance
- Traffic management
- Indoor Wi-Fi coverage
- Outdoor workers
- Public safety
- Homeland security
- Transportation
- Nomadic and mobile applications



Improve ROI by extending the service offering to Wi-Fi end users

Capture revenues from both Wi-Fi and WiMAX clients – existing wireless IP broadband operators can generate additional revenues from Wi-Fi end users using standard laptops, PDAs and Wi-Fi phones, while leveraging existing WiMAX networks.

Support advanced mobile applications

The roaming and rapid handover support offered by Wi² enables the deployment of advanced mobile applications such as voice networks and transportation, as well as readiness for migration to a complete Mobile WiMAX network.




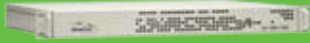
Reduce costs through easy plug and play installation anywhere, anytime

The Wi² solution can be installed in any rugged outdoor conditions – including roofs, walls and light poles, thereby reducing site installation, acquisition and rental costs. Furthermore, plug and play installation enables operators to literally just connect the units to the power, with authentication, software updates and configuration performed automatically by the Wi² controller.

Support and manage networks with thousands of APs

Wi² is a completely scalable solution which can easily support and manage deployments from tens to thousands of APs. This scalable network architecture enables operators to pay as they grow and minimize risks, without any additional or incremental costs.

Wi² system components

 <p>Wi²</p>	<p>Ruggedized solution which connects to all Alvarion outdoor CPEs, irrespective of frequency</p> <p>Deployment - outdoor</p> <p>Supports Wi-Fi AP 802.11b/g, WiMAX connectivity, security and QoS</p>
 <p>Wi² Extender</p>	<p>Extends Wi-Fi network, uses the same Wi² AP (software and hardware), and includes indoor unit (IDU) for power and connectivity</p> <p>Deployment - outdoor</p> <p>Supports Wi-Fi AP 802.11b/g, security and QoS</p>
 <p>Wi² Controller (optional)</p>	<p>Centralized network management and control (recommended for all deployments), with optional mobility support</p> <p>Deployment - NOC</p> <p>Supports security, QoS, OSS, mobility, plug and play installation and network management (for all APs)</p>
 <p>Wi² NMS (optional)</p>	<p>Manages all controllers in network and provides additional alerts and statistical information</p> <p>Deployment - NOC</p> <p>Supports network management (also for controllers)</p>

Specifications

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: jar.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 2008 Alvarion Ltd. All rights reserved. Alvarion® and all names, product and service names referenced herein 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.

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

TX Power and RX Sensitivity

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

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

Software Features

Access Control
Integrated HTML login/captive portal
Integrated RADIUS authentication
Configurable min./max. connect speed
Scalable to thousands of users

Centralized Management
Full plug and play AP configuration, upgrade and control
Centralized system monitor for thousands of APs
Full, secure GUI configuration and monitoring

Management
SNMP, CLI, web-based
Selectable RF channel and transmit power
Packet capture on WLAN or LAN interface (diagnostics)

Multiservice
Support for 16 virtual networks, hidden and broadcast SSIDs
Unique SSID, Mac address, authentication, encryption, VLANs and QoS
Per-user bandwidth management
User account profiles using embedded/external AAA
Full virtual AP configuration, including authentication, DTIM, QoS

Mobility
Full voice quality L2 and L3 mobility for clients roaming between APs
Service transparency through fast roaming and handovers

QoS and Other
Support for 802.11i, WMM, RADIUS, 802.1q, 802.1p, IP TOS/DSCP
Mesh (DWDS), self-healing, self-optimizing

Security
802.1x, AES, WPA2, Radius, WEP, Firewall
SSH/SSL, IPSec encapsulated SNMP, XML
Wireless MAC/IP filter, NAT, CIDR Layer-2 wireless client isolation
DHCP: Server; Client; Relay, Option 82, Rogue AP detection and prevention

Physical Dimensions

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

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