

Desarrollo de una red telemática para proveer acceso a internet al municipio de A Illa de Arousa.



Roberto Otero López
Grado en Tecnologías de las Telecomunicaciones
Integración de redes telemáticas

Jose López Vicario
Pere Tuset Peiró

7 enero 2.018



Esta obra está sujeta a una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada [3.0 España de Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/)

FICHA DEL TRABAJO FINAL

Título del trabajo:	<i>Desarrollo de una red telemática para proveer acceso a internet al municipio de A Illa de Arousa</i>
Nombre del autor:	<i>Roberto Otero López</i>
Nombre del consultor/a:	<i>Jose López Vicario</i>
Nombre del PRA:	<i>Pere Tuset Peiró</i>
Fecha de entrega (mm/aaaa):	01/2018
Titulación:	<i>Grado en Tecnologías de las Telecomunicaciones.</i>
Área del Trabajo Final:	<i>Integración de redes telemáticas.</i>
Idioma del trabajo:	<i>Castellano.</i>
Palabras clave	<i>Redes inalámbricas, WiFi y WiMAX.</i>
<p>Resumen del Trabajo (máximo 250 palabras): <i>Con la finalidad, contexto de aplicación, metodología, resultados y conclusiones del trabajo.</i></p>	
<p>El presente proyecto va a proporcionar a todos los vecinos y visitantes del municipio de A Illa de Arousa un servicio de acceso a internet gratuito. La solución prevista se basa en implementar una arquitectura de red que integra dos tecnologías de comunicación inalámbrica: WiMAX y WiFi. Se utiliza como red troncal el WiMAX que reparte la señal a los puntos de acceso y estos últimos el WiFi para dar la conexión a los usuarios finales.</p> <p>El municipio de estudio tiene una extensión de 7 km², una población de 5000 habitantes y presenta unas características orográficas especiales, se trata de una isla con relieve llano y que alberga a su vez un parque natural. La ubicación de los nodos está condicionada a estas características orográficas y sus especificaciones técnicas a la normativa vigente y a los requisitos de red deseada. La zona para dar cobertura incluye todas las calles, plazas, parques y espacios públicos, además de las zonas de playas más visitadas por los turistas.</p> <p>El desarrollo del proyecto incluye el estudio de campo, el diseño de red a implantar, la normativa legal, la infraestructura de equipos y red, el estudio de cobertura y el presupuesto que refleja, de la forma más fiel posible, la viabilidad económica del proyecto, así como la posible financiación por parte del ente público.</p> <p>Una vez alcanzado el resultado final se puede afirmar que el proyecto es económica y técnicamente viable, además de ser flexible y escalable, permitiendo reconfiguraciones en futuras ampliaciones.</p>	

Abstract (in English, 250 words or less):

The present project will provide a free internet access service for the neighbors and visitors of the council of A Illa de Arousa. The planned solution is based on implementing a network architecture that integrates two wireless communication technologies, WiMAX and WiFi. The backbone uses the WiMAX technique and distributes the signal to the access points, and these access points uses the WiFi signal to connect to the end users.

The council of study has an area and population of 7 km² and 5000 inhabitants respectively, and has special orographical characteristics, the entire council is an island with a very flat relief and includes a natural park. The location of the nodes is conditioned to these orographical characteristics and to the current rules and the desired network requirements for their technical specifications. The areas to be covered include all streets, squares, parks and public spaces, besides the areas of beaches most visited by tourists.

The development of the project includes a field research, the design of the implemented network, the legal rules, the equipment and the network infrastructure, a coverage study and finally, a budget that will reflect, in the most faithfully way possible, the viability of the project, as well as a possible financial support by the public entity.

The final result allows to affirm that the project is economically and technically viable, as well as being flexible and scalable, allowing future set ups to expand the system.

Índice

1. Introducción	1
1.1 Contexto y justificación del Trabajo	1
1.2 Objetivos del Trabajo	1
1.3 Enfoque y método seguido.....	2
1.4 Planificación del Trabajo	2
1.5 Breve resumen de productos obtenidos.....	3
1.6 Breve descripción de los otros capítulos de la memoria	3
2. Zona de actuación.....	4
2.1 Localización.....	4
2.2 Orografía	4
2.3 Climatología	5
2.4 Demografía.....	6
2.5 Economía	7
2.6 Urbanismo	7
2.7 Aspectos más determinantes para el diseño de la red	8
3. Normativa legal	8
3.1 Organismos	9
3.2 Ley General de Telecomunicaciones	9
3.3 Real Decreto 1066/2.001	9
3.4 Circulares y otras normativas.....	10
3.5 Impacto de la normativa sobre los usuarios.....	10
3.6 Resumen de la normativa a aplicar en el proyecto	11
4. Diseño de red	11
4.1 Arquitectura de red.....	11
4.2 Modelo de capas OSI.....	12
4.3 Tipología de redes.....	12
4.4 Redes inalámbricas.....	13
4.5 Topología de redes	14
4.6 Topología de red adoptada	14
4.7 Ubicación de nodos.....	16
4.8 Servicios de la red.....	20
4.9 Cálculo del ancho de banda necesario	21
5. Tecnologías utilizadas.....	22
5.1 Solución híbrida WiFi y WiMAX.....	22
5.2 Estándar IEEE 802.11 WiFi.....	23
5.3 Estándar IEEE 802.16 WiMAX.....	25
6. Seguridad	26
6.1 <i>Firewall</i> y zona DMZ.....	27
6.2 Servidor de Seguridad con <i>Proxy</i> , antivirus y otro <i>software</i>	28
7. Infraestructura utilizada	28
7.1 Equipos de red	29
7.2 Antenas y principales parámetros	33
7.3 Infraestructura del CPD.....	35
8. Estudio de cobertura	41
8.1 RadioMobile	41
8.2 Simulación para la red troncal WiMAX.....	42

8.3 Análisis de resultados por RadioLink	46
8.4 Simulación para la red de acceso WiFi	51
9. Viabilidad económica	55
9.1 Presupuesto	56
9.2. Financiación	57
10. Conclusiones	58
11. Glosario	59
12. Bibliografía	62
13. Anexos	64

Lista de figuras

Tabla 1. Planificación.	2
Figura 1. Diagrama de Gantt.	3
Figura 2. Municipio de A illa de Arousa.	4
Figura 3. Mapa con altitudes de A Illa de Arousa.	5
Figura 4. Climograma y diagrama de temperatura de A Illa.	5
Tabla 2. Demografía y pirámide poblacional, datos extraídos del INE.	6
Tabla 3. Población por zonas.	6
Tabla 4. Población ocupada por sectores, fuente IGE.	7
Figura 5. Detalle del casco urbano y poste para AP en Ourense.	8
Tabla 5. Aspectos más relevantes para el diseño de la red.	8
Tabla 6. Normas UN.	10
Tabla 7. Resumen de la normativa.	11
Tabla 8. Características que debe de cumplir una arquitectura de red.	11
Figura 6. Modelo OSI y TCP/IP.	12
Tabla 9. Funciones de las capas del modelo OSI.	12
Tabla 10. Tipos de redes.	13
Figura 7. Estrella.	14
Figura 8. Bus.	14
Figura 9. Anillo.	14
Figura 10. Malla.	14
Tabla 11. Topologías de red.	14
Figura 11. Topología de la red troncal WiMAX sobre mapa con relieve.	15
Figura 12. Red de acceso WiFi desde los nodos con AP.	15
Figura 13. Topología de red adoptada.	16
Tabla 12. Alcance de antenas por ganancia.	16
Figura 14. Ubicación de los nodos.	17
Tabla 13. Localización de los nodos mediante coordenadas.	17
Figura 15. Ubicación de los nodos mediante RadioMobile.	19
Tabla 14. Distancias entre nodos.	20
Tabla 15. Ancho de banda necesario según usos de internet.	20
Figura 16. Evolución del uso de la administración electrónica.	21
Tabla 16. Equipamiento y uso de las TIC en los hogares, fuente INE.	21
Tabla 17. Determinación de anchos de banda por nodos.	22
Tabla 18. Comparativa distintas tecnologías de transmisión.	23
Tabla 19. Ventajas por utilizar redes inalámbricas frente a cableadas.	23
Tabla 20. Bandas de frecuencia y tasas de velocidad para protocolo 802.11.	23
Figura 17. Pila de protocolos del 802.11.	24
Tabla 21. Canales y frecuencias para 802.11.	24
Tabla 22. Técnicas de transmisión según estándares.	25
Tabla 23. Elementos físicos de una red WiFi.	25
Figura 18. Pila de protocolos del 802.16.	25
Tabla 24. Características del WiMAX.	25
Figura 19. Topología de red WiMAX.	26
Tabla 25. Elementos físicos de una red WiMAX.	26
Tabla 26. Técnicas de seguridad adoptadas.	27
Tabla 27. Políticas seguridad zona DMZ.	28
Tabla 28. Comparativa distintos equipos para red troncal.	28

Tabla 29. Equipos seleccionados para la implantación de la red.	29
Figura 20. Estación base Alvarion BreezeAccess.....	30
Figura 21. Unidad de cliente VL.	30
Figura 22. Módulo Alvarion BreezeAccess Wi2.	31
Figura 23. Radioenlace PtP Alvarion BreezeUltra.	32
Figura 24. Punto de acceso Tp-Link EAP-110 outdoor.....	32
Tabla 30. Características principales de los equipos de red seleccionados.	33
Tabla 31. Parámetros de una antena.	33
Figura 25. Patrón de radiación.	34
Tabla 32. Tipos de antenas según directividad.....	34
Figura 26. El <i>tilt</i> en las antenas.	34
Tabla 33. Características principales de las antenas integradas.	34
Figura 27. Esquema del CPD del ayuntamiento.	35
Figura 28. Sección de un rail <i>rack</i> con medidas U.....	36
Figura 29. Armario rack de 12U.	36
Tabla 34. Ventajas por usar armarios rack.	36
Figura 30. Modelo <i>router</i> de la compañía Movistar.....	37
Tabla 35. Direccionamiento IP de los equipos que integran la red.....	37
Tabla 36. Cortafuego CISCO ASA 5510.	38
Figura 31. Cortafuegos CISCO ASA 5510.	38
Tabla 37. Comandos para la instalación de las aplicaciones de seguridad.....	39
Figura 32. Cisco Catalyst 2960-CX 8 puertos.	39
Figura 33. Detalle del kit de montaje para el <i>switch</i> CISCO Catalyst.	39
Tabla 38. Switch Cisco Catalyst 2960-CX.....	40
Figura 34. Conexiones del <i>Wi2 Controller</i>	40
Tabla 39. <i>Wi2 Controller</i>	40
Figura 35. SAI APC Pro 1500.	40
Tabla 40. SAI APC Pro 1500.....	41
Figura 36. RadioMobile para Windows.	42
Tabla 41. Parámetros a tener en cuenta para la simulación de la red WiMAX.	42
Tabla 42. P.i.r.e. de cada equipo.	43
Tabla 43. P.i.r.e. de cada equipo ajustada a normativa vigente.	43
Tabla 44. Potencia recibida y margen de fading estimado.	43
Figura 37. Configuración de los sistemas en RadioMobile.	44
Figura 38. Configuración de los miembros con sus roles en RadioMobile.	44
Figura 39. Red troncal WiMAX con RadioMobile.	45
Figura 40. Cobertura ayuntamiento hacia la BS y BS hacia ayuntamiento.....	45
Figura 41. Cobertura polar de la red troncal secundaria.....	46
Figura 42. Radioenlace Ayuntamiento – O Piorno.	47
Figura 43. Radioenlace O Piorno – Revolta.	47
Figura 44. Radioenlace O Piorno – Regueiro.	48
Figura 45. Radioenlace O Piorno – Lagartiño.	48
Figura 46. Radioenlace O Piorno – Ponte 1.....	49
Figura 47. Radioenlace O Piorno – Ponte 2.....	49
Figura 48. Radioenlace O Piorno – Playa do Bao.....	50
Tabla 45. Comparativa de los valores estimados con los obtenidos.	50
Tabla 46. Resumen de resultados obtenidos en los enlaces de la red troncal.	51
Tabla 47. P.i.r.e. de cada punto de acceso ajustado a la normativa vigente.	51
Figura 49. Configuración de los sistemas para los puntos de acceso.	52
Figura 50. WiFi en A Revolta.	52

Figura 51. WiFi en Praza Regueiro.	52
Figura 52. WiFi en Lagartiño.	53
Figura 53. WiFi en Avda. da Ponte 1.	53
Figura 54. WiFi en Avda. da Ponte 2.	53
Figura 55. WiFi en Playa do Bao.	53
Figura 56. WiFi en Ayuntamiento Tp-Link.	53
Figura 57. Detalle de cobertura en el casco urbano.	54
Tabla 48. Configuración de los canales WiFi.	54
Figura 58. Cobertura WiFi en el municipio, incluida la zona de playas.	55
Tabla 49. Presupuesto	56
Tabla 50. Tarifas de proveedores de fibra óptica.	57

1. Introducción

1.1 Contexto y justificación del Trabajo

Con este proyecto se intenta dar solución a una necesidad cada vez más demandada en nuestra sociedad, facilitar al conjunto de la población el acceso a internet en todo momento y lugar. Para lograrlo se implantará una arquitectura de red que aplique únicamente tecnologías inalámbricas, que facilitarán el objetivo planteado, garantizando así al usuario el acceso a dicha red independientemente de que el dispositivo sea fijo o móvil.

El municipio de estudio tiene una extensión y población aproximada de 7 km² y 5.000 habitantes, con unas características orográficas muy particulares, al tratarse de una isla que guarda en su interior un parque natural. Una vez ejecutado el proyecto, la red de comunicaciones será gestionada por el propio ayuntamiento que, sin coste alguno para los habitantes del municipio, ofrecerá el acceso a la red de redes. Respecto a la cobertura será completa y lo más eficiente posible dentro de las áreas establecidas, que incluirán las zonas públicas del casco urbano y las playas donde se concentra la mayor cantidad de visitantes en la época estival.

En la planificación del modelo a ejecutar se incluirán: un estudio de campo del área que se va a cubrir, el tipo de arquitectura de red y diseño a implantar, un estudio de cobertura, la normativa legal a aplicar, la infraestructura de equipos para conseguir el correcto funcionamiento de la red, la construcción civil necesaria, un presupuesto económico, que incluirá una estimación de costes que reflejarán, de la forma más fiel posible, la viabilidad del proyecto en todo su conjunto, y por último, en función de las necesidades detectadas y las peculiaridades de cada zona (orografía del terreno, dispersión poblacional, arquitectura y planificación urbanística), se determinará cuáles son las tecnologías más funcionales Wi-Fi o WiMAX. Una vez concluida la ejecución técnica, la red tendrá que estar plenamente operativa y garantizar el acceso a internet de todos sus usuarios.

1.2 Objetivos del Trabajo

- Dar acceso a internet sin coste alguno a la población del ayuntamiento de A Illa de Arousa.
- Establecer los servicios que se van a ofrecer a los usuarios (acceso web, ftp, mail, etc.), calcular el ancho de banda que cubra de forma satisfactoria sus necesidades, limitándolo para evitar un uso abusivo de la red y concretar el espectro radioeléctrico.
- Definir la arquitectura de red y tecnologías que se van a implementar.
- Planificar las zonas de actuación y realizar un estudio de coberturas.
- Realizar un estudio de mercado para seleccionar los equipos que mejor se adapten a la infraestructura de red elegida.
- Considerar cómo reducir el impacto medioambiental de las infraestructuras que se van a instalar.
- Adecuar el proyecto a la normativa legal vigente.
- Elaborar un presupuesto que se adapte a los recursos disponibles.

1.3 Enfoque y método seguido

En la evolución del proyecto se pueden diferenciar varios apartados, entre los que se incluyen un presupuesto económico que reflejará la viabilidad económica y un anexo con las características técnicas de los equipos.

Además de la propuesta que incluye la elección del título, la descripción y la planificación del mismo, se realizará un estudio técnico, tanto de la zona de actuación como de la infraestructura necesaria, que comprenderá el diseño de la red (topología, arquitectura, tecnologías elegidas, servicios e identificación de los potenciales usuarios), el análisis de cobertura y el estudio de mercado para la elección de los equipos.

1.4 Planificación del Trabajo

Este apartado se ha elaborado a través de la aplicación Ms. Project, facilitada por la UOC.

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
Propuesta de proyecto	11 días?	mié 20/09/17	mié 04/10/17	
Título, descripción, objetivos y aproximación a los apartados	4 días	mié 20/09/17	lun 25/09/17	
Planificación	6 días	mar 26/09/17	mar 03/10/17	2
Revisión y entrega PEC1	1 día?	mié 04/10/17	mié 04/10/17	3
Estudio técnico	30 días	jue 05/10/17	mié 15/11/17	
Municipio	5 días?	jue 05/10/17	mié 11/10/17	4
Localización, orografía y climatología	1 día	jue 05/10/17	jue 05/10/17	4
Demografía, economía y urbanismo	1 día?	vie 06/10/17	vie 06/10/17	7
Normativa legal	3 días	lun 09/10/17	mié 11/10/17	8
Diseño de la red	7 días	jue 12/10/17	vie 20/10/17	9
Arquitectura, modelode capas y topologías	3 días	jue 12/10/17	lun 16/10/17	9
Tecnologías	4 días	mar 17/10/17	vie 20/10/17	11
Infraestructura necesaria	11 días	lun 23/10/17	lun 06/11/17	12
Estudio Equipos	8 días	lun 23/10/17	mié 01/11/17	12
Solución	3 días	jue 02/11/17	lun 06/11/17	14
Estudio de cobertura	8 días?	mar 07/11/17	jue 16/11/17	15
Ancho de banda y zonas a cubrir	1 día	mar 07/11/17	mar 07/11/17	14
Ubicación nodos	2 días	mié 08/11/17	jue 09/11/17	17
Simulaciones	4 días	vie 10/11/17	mié 15/11/17	18
Entrega PEC 2	1 día?	jue 16/11/17	jue 16/11/17	19
Ejecución y viabilidad económica	25 días	vie 17/11/17	jue 21/12/17	20
CPD	7 días	vie 17/11/17	lun 27/11/17	20
Equipos	2 días	vie 17/11/17	lun 20/11/17	20
Seguridad	2 días	mar 21/11/17	mié 22/11/17	23
Configuraciones	3 días	jue 23/11/17	lun 27/11/17	24
Antenas y otros parámetros a considerar	7 días	mar 28/11/17	mié 06/12/17	25
Parámetros	5 días	mar 28/11/17	lun 04/12/17	25
Técnicas de reducción de impacto	2 días	mar 05/12/17	mié 06/12/17	27
Presupuesto	7 días	jue 07/12/17	vie 15/12/17	28
Anexo fichas técnicas	3 días	lun 18/12/17	mié 20/12/17	29
Entrega PEC 3	1 día	jue 21/12/17	jue 21/12/17	30
Entrega memoria	13 días?	vie 22/12/17	lun 08/01/18	31
Elaboración de la presentación	6 días?	mar 09/01/18	lun 15/01/18	32

Tabla 1. Planificación.

Tras realizar un estudio de mercado de los distintos equipos disponibles en el mercado y de hacer distintas pruebas de simulación, se ha llegado a la conclusión de que el proyecto inicial que consideraba dos fases para la ejecución o implantación del mismo se tiene que modificar y se suprimen dichas fases.

Se ha realizado una visita al municipio y se ha podido comprobar ‘in situ’ que lo más óptimo no es ubicar el nodo central, que retransmitirá la señal al resto de equipos, en el ayuntamiento, lo que implicaba realizar un despliegue inicial en el casco urbano y posteriormente a los barrios periféricos, sino que lo más adecuado es ubicar dicho nodo en una zona elevada y mejor ubicada estratégicamente y crear un radioenlace entre el ayuntamiento con ese nodo.

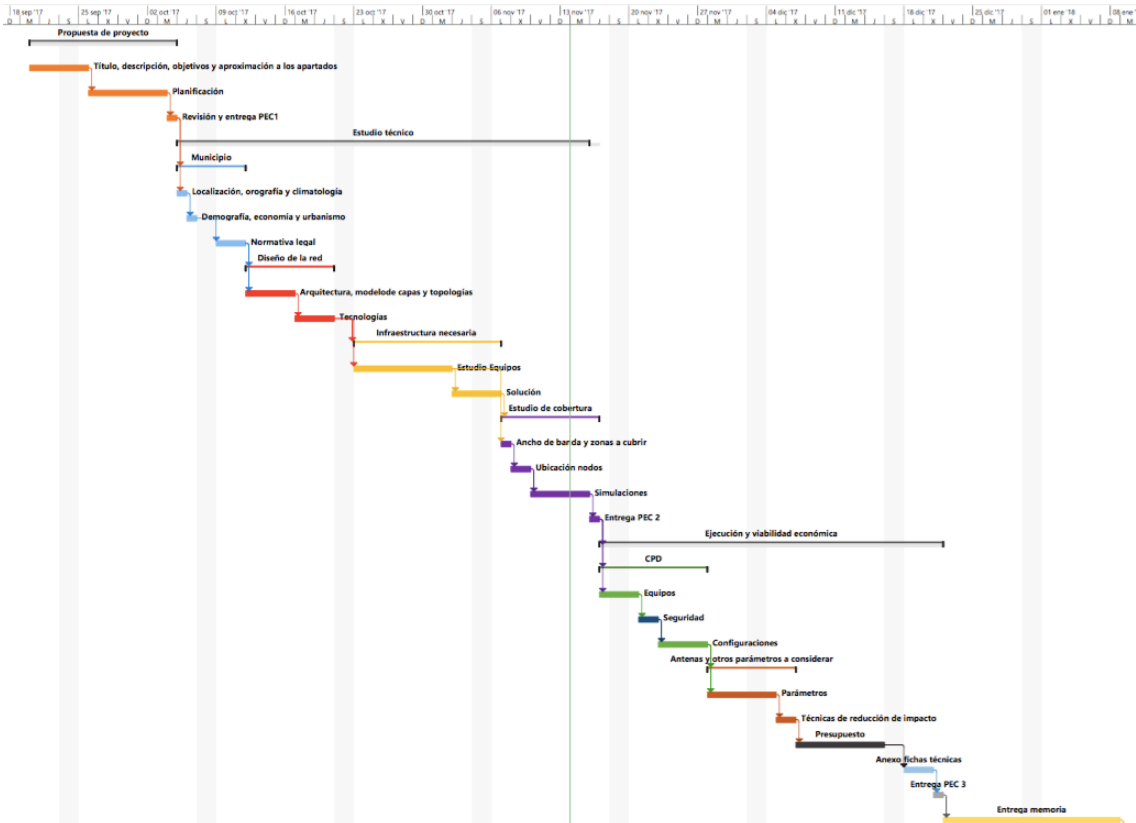


Figura 1. Diagrama de Gantt.

1.5 Breve resumen de productos obtenidos

Se presenta una memoria, donde se exponen los distintas técnicas y equipos utilizados para lograr la viabilidad del proyecto y un estudio de cobertura de la zona de actuación. También se entrega una presentación donde se manifiestan las ideas más representativas de la memoria.

1.6 Breve descripción de los otros capítulos de la memoria

- Capítulo 2, se expone la zona de actuación junto con sus características.
- Capítulo 3, se estudia la normativa legal y cómo puede afectar a la ejecución del proyecto.
- Capítulo 4, se analiza el diseño de la red a implantar, se hace especial hincapié en la arquitectura de red y su topología, así como en la ubicación de los nodos y los servicios que prestará la red.
- Capítulo 5, se explican las distintas tecnologías utilizadas, WiMAX y WiFi, haciendo una breve descripción de cada una.
- Capítulo 6, se analiza la seguridad de la red y las técnicas que se aplicarán para garantizarla.

- Capítulo 7, se ejecuta el despliegue de la infraestructura de red, así como la del centro de procesado de datos.
- Capítulo 8, se realiza el estudio de cobertura comprobando la operatividad del sistema.
- Capítulo 9, se analiza la viabilidad económica y financiación.
- Capítulo 10, se presentan las conclusiones finales.
- Capítulo 11, se lista un glosario de términos empleados.
- Capítulo 12, se citan referencias y bibliografía.
- Capítulo 13, anexo donde se adjuntan las fichas técnicas (*datasheets*) de los equipos utilizados.

2. Zona de actuación

2.1 Localización

El municipio de A illa de Arousa está ubicado en la provincia de Pontevedra y presenta una peculiaridad diferenciadora respecto a otros municipios, se trata de una isla. Isla que está unida a tierra mediante un largo puente que la comunica con la localidad vecina de Vilanova de Arousa y de ahí al resto de la parte continental. Ocupa una superficie de 6,92km² de los que una parte no muy grande la ocupa el casco urbano en el istmo que se forma en la parte norte.

Una zona de la superficie de la isla está regulada por la RGEP (Red Gallega de espacios protegidos) y declarada como Humedal Protegido. Situada en la zona sur de la isla la superficie total que cubre alcanza los 123,92 Km², parte en tierra y parte en zona marítima. Este espacio está incluido en el complejo intermareal Umia-O Grove [1]. No será necesario revisar la normativa legal que afecta a zonas protegidas porque esta área no quedará afectada por el presente proyecto.

En el siguiente mapa se puede comprobar, en color rosa, la zona protegida ubicada en la zona sur de la isla.

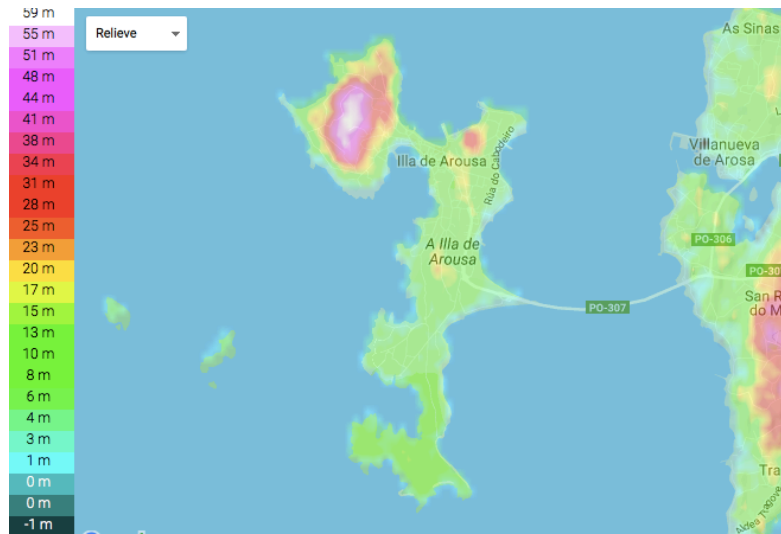


Figura 2. Municipio de A illa de Arousa.

2.2 Orografía

La mayor parte de la isla es llana y la altitud media es de 9 m. sobre el nivel del mar. A excepción de algún promontorio la única parte elevada de la isla está en la zona norte en O Monte, donde se registra la mayor altura con 66 metros. Este tipo de orografía va a influir a la hora de decidir cuál será la

ubicación idónea de los radioenlaces para poder distribuir la señal a todas las zonas afectadas, sobre todo a aquellas que presenten alguna sombra de cobertura y a las playas. Se podrán aprovechar las edificaciones para ubicar los puntos de acceso u otros elementos urbanos como son las farolas.



2.3 Climatología

A Illa de Arousa está ubicada en la ría del mismo nombre y disfruta de un clima atlántico, que se caracteriza por temperaturas suaves a lo largo del año y por abundantes precipitaciones en la época invernal, aunque cada vez son más habituales los veranos secos y calurosos, posible consecuencia del cambio climático.

Debido a su ubicación suelen sucederse grandes temporales con grandes rachas de viento, aunque también son usuales los fuertes vientos del oeste y del suroeste a lo largo de todo el año. Esta característica se tendrá en cuenta a la hora de elegir las antenas por lo que se comprobará el nivel de tolerancia al viento que presenten estas.

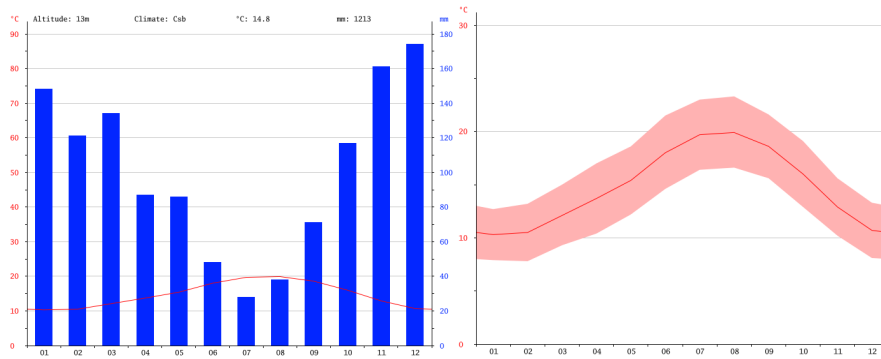


Figura 4. Climograma y diagrama de temperatura de A Illa.

La temperatura media es de 14,8°C (promedio de 19,9°C en agosto y de 10,3°C en enero). Las heladas son poco frecuentes debido a la influencia del mar y la variación en la temperatura anual está en torno los 9,6°C.

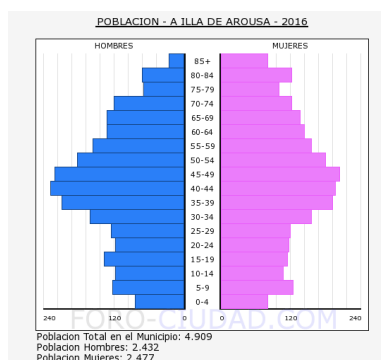
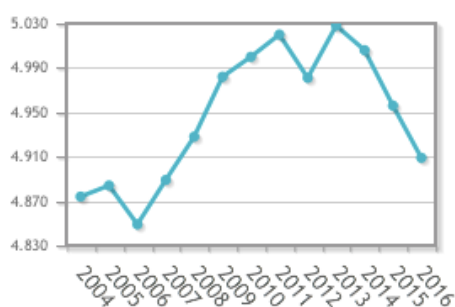
El mes más lluvioso es diciembre con 174mm. y el más seco julio con 28mm. En la instalación de los equipos exteriores habrá que tener en cuenta la

utilización de recintos estancos con protección IP, que garanticen el correcto funcionamiento bajo elevadas condiciones de humedad.

2.4 Demografía

Según el último registro del INE (Instituto Nacional de Estadística), la población total del ayuntamiento es de 4.909 habitantes, presentando una densidad de población de 709,39 hab./km², concentrándose prácticamente toda en el casco urbano lo que evidencia un reparto desigual.

Esta población se ha mantenido constante durante los últimos años, aunque se observa un ligero retroceso desde 2.014, que puede estar motivado por la tendencia, también en el conjunto de la autonomía gallega, de un envejecimiento que se manifiesta en unas tasas de nacimientos muy bajas.



Año	2.016	2.015	2.014	2.013	2.012	2.011	2.010
Población	4909	4.956	5.006	5.028	4.981	5.020	5.000

Tabla 2. Demografía y pirámide poblacional, datos extraídos del INE.

La pirámide de población muestra que el mayor grueso de población se centra en el tramo de 16 a 64 años, seguido por los mayores de 65, lo que se traduce en una media de 43 años que aún sigue siendo un índice inferior al que presenta Galicia con una media de 46 años [1].

La población del municipio se ve notablemente incrementada en la época estival, sobre todo en determinadas urbanizaciones próximas a la zona de playas, de ahí la idoneidad de ofrecer cobertura a las playas más visitadas.

Es determinante el poder determinar qué zonas están más concurridas y, por tanto, que harán un mayor uso de la red. Para ello se establecen tres niveles de ocupación de red en función del número de habitantes de cada barrio, se ha consultado al ayuntamiento el padrón municipal, con lo que se puede hacer la siguiente clasificación:

Nivel	Peso población	Zonas	Observaciones
1	60%	Alrededores del ayuntamiento. Plaza do Regueiro.	Zona donde hay más servicios públicos, ayuntamiento, biblioteca, información turística, parques y jardines, etc.
2	30%	Avda. da Ponte. Playa do Bao.	Zonas con variados servicios, tiendas, bares... y zona dormitorio.
3	10%	Resto de casco urbano.	Zonas residenciales y dormitorio o semi-rurales.

Tabla 3. Población por zonas.

2.5 Economía

La economía del municipio se asienta principalmente en la actividad pesquera y marisqueo, aunque muy seguida del sector terciario gracias al creciente turismo. Del total de población activa un 52% se dedica al sector primario, siendo el ayuntamiento gallego con más afiliación en dicho sector, un 14% al secundario y el resto, 34% al terciario [1]. Las empresas ubicadas en el municipio, salvo un par de cooperativas, se pueden considerar en su gran mayoría PYMES.

La red gratuita puede resultar de utilidad para los distintos sectores empresariales, sobre todo en aquellos que hacen sus labores en el exterior, como puede ser el sector primario, pudiendo acceder a internet, sin necesidad de desplazarse a una oficina, y realizar consultas puntuales como ver el correo o conversar mediante chats. Además, se plantea ofrecer por parte del ayuntamiento un servicio FTP para la consulta de documentos públicos, lo que implica un beneficio añadido para realizar las gestiones con la administración.

Afiliaciones en alta laboral por sectores	Dato
Agricultura e pesca	1.006
Industria	219
Construcción	87
Servizos	764

Tabla 4. Población ocupada por sectores, fuente IGE.

Al tratarse de una isla tiene 36 km. de costa de los que más de 11 km. se corresponden a playas. Este es uno de los principales motivos, junto con sus paisajes y gastronomía, de que sea uno de los destinos turísticos más demandados en Galicia y que también justifica el hecho de ofrecer el acceso a internet en sus playas.

Tras una entrevista con empleados de la oficina de información turística se llega a la conclusión de que la única playa frecuentada por turistas fuera del casco urbano es la Playa do Bao, ubicada en la zona sur a unos 2,5 Km de este. El resto de playas se consideran de uso local con muy poca afluencia de gente por lo que se acuerda no darles cobertura.

2.6 Urbanismo

Respecto a la distribución urbana en el municipio se pueden diferenciar dos zonas, por un lado, el casco urbano típicamente marinero, ubicado en la parte norte de la isla y por otro, la zona rural que domina prácticamente toda la parte sur y centro del territorio.

Ambas zonas quedan totalmente integradas por la carretera PO-307, que atraviesa de norte a sur toda la isla y la comunica con la parte continental. A su vez, es el eje vertebrador del urbanismo del municipio, el casco urbano desarrolla sus arterias en torno a esta y las edificaciones no suelen sobrepasar las dos alturas.

El área rural se caracteriza por construcciones aisladas de una altura, con huerta y edificadas al borde de la carretera principal. El municipio tiene un plan urbanístico aprobado y publicado, adaptado a la Ley 1/997 con fecha de

aprobación 14 febrero de 2002 al que se le han ido añadiendo modificaciones posteriormente [2].



Figura 5. Detalle del casco urbano y poste para AP en Ourense.

Al tratarse de una zona tan llana los nodos deberán de instalarse, sobre construcciones ya existentes, en postes específicos como los utilizados en la ciudad de Ourense (figura 5) o sobre las farolas de alumbrado público.

2.7 Aspectos más determinantes para el diseño de la red

En la tabla siguiente se hace un resumen de los aspectos tratados y que más influyen en el diseño de red.

Aspectos más relevantes para el diseño de la red		
Orografía	Isla predominantemente llana.	Dificultad para transmitir la señal y realizar la cobertura adecuadamente. Bastantes zonas con sombra. Ubicación de los nodos en edificaciones ya existentes o farolas.
Climatología	Fuertes vientos y lluvia.	Equipos con protección IP67. Antenas con altos ratios de tolerancia al viento.
Demografía	La mayor parte de la población reside en el casco urbano y algunas zonas residenciales.	El ancho de banda se determinará en función de la densidad de población.
Economía	La economía se basa en el sector primario de la pesca y marisqueo, y las empresas tienen perfil PYME.	Ofrecer servicios de gestión con el ayuntamiento y servicio FTP para la consulta de documentos públicos
Urbanismo	Viviendas con un máximo de 3 alturas y unifamiliares.	Utilización de las azoteas para la instalación de las antenas.

Tabla 5. Aspectos más relevantes para el diseño de la red.

3. Normativa legal

Las redes inalámbricas públicas están sujetas a la normativa general, Ley 9/2014 General de las Telecomunicaciones y a otras más específicas. El despliegue de este tipo de redes conlleva unas determinadas restricciones técnicas y de modelo de negocio de obligado cumplimiento para poder dar el servicio.

3.1 Organismos

El organismo que asume las actividades reguladoras y que garantiza la libre competencia en España es la CNMC (Comisión Nacional de los Mercados y Competencia), antiguamente CMT (Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones).

Además de seguir la legislación emanada por el estado se tienen que tener en cuenta las directrices y normas emitidas por otros organismos internacionales como: la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) que asume actividades de estandarización de las redes y en las que se basa la misma Ley General de Telecomunicaciones; y la IETF (*Internet Engineering Task Force*) que es la responsable de publicar los documentos RFC donde se describen los estándares adoptados para cada tecnología y protocolos a utilizar.

Otros órganos a tener en cuenta son la ISO (Organización Internacional para la Normalización) que es la responsable de normalizar la arquitectura de comunicaciones para la interconexión de sistemas abiertos y de la estandarización del modelo de capas OSI; y AENOR (Asociación Española de Normalización) que desarrolla normas técnicas y concede certificaciones a productos, servicios y empresas.

3.2 Ley General de Telecomunicaciones

La principal norma a aplicar es la Ley 9/2014 de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones y consta de ochenta y cuatro artículos agrupados en ocho títulos, además de disposiciones y de dos anexos. Esta ley sustituye a la 32/2003 de 3 de noviembre que ha quedado derogada.

El título I establece el objeto de la ley y su ámbito, incluye la normativa respecto a la instalación de equipos, conservación de datos o la evaluación de los equipos utilizados, registro de operadoras y los requisitos para la explotación de una red pública. En el título II se hace mención al régimen general de explotación de redes y de la prestación de servicios, donde se hace hincapié a la liberación del sector. El título III trata de los derechos y obligaciones de las operadoras y usuarios, incluyendo asuntos como la seguridad e integridad de las comunicaciones o la protección de datos. En el título IV se regula la normalización de las instalaciones y equipos. En el V se profundiza en la administración del dominio público radioeléctrico. El título VI habla sobre las competencias de los distintos organismos públicos, como es la CNMC. En el título VII se regulan las tasas. Y, por último, el título VIII se centra en la inspección y las sanciones en caso de incumplir la normativa.

3.3 Real Decreto 1066/2001

El Real Decreto 1066/2001, de 28 de septiembre aprueba el reglamento que establece las condiciones de protección del dominio público radioeléctrico, restricciones a las emisiones radioeléctricas y medidas de protección sanitaria. En los anexos de este decreto se pueden localizar las limitaciones establecidas para las CEM (campos electromagnéticos) que sigue la Recomendación 1999/519/CE del Consejo de Ministros de Sanidad europeos donde se hace referencia a la exposición a dichos campos.

Es función de las operadoras el tomar las mediciones de los niveles de exposición en las instalaciones y de señalizarlas en caso de que estas superen los niveles establecidos por la ley. Además, las especificaciones técnicas de los aparatos deben tener en cuenta la normativa emanada de los distintos organismos internacionales o nacionales citados anteriormente.

3.4 Circulares y otras normativas

También hay que tener en cuenta la circular 1/2010 de la CMT, en la que se regula a las administraciones públicas como operadores de telecomunicaciones, diferenciando cuando prestan servicios de banda ancha a título de autoprestación, a sus propios edificios o instalaciones públicas, o cuando prestan servicios para el público, en cuyo caso están obligadas a notificarlo a la CNMC. En su anexo se detalla que se debe limitar el ancho de banda por usuario a 256 Kbps.

La Orden CTE/23/2002, de 11 de enero especifica las condiciones y los formatos de contenido para realizar estudios técnicos de niveles de exposición o certificaciones anuales de instalaciones y realiza una clasificación de las distintas estaciones radioeléctricas.

Por último, se tendrán en cuenta las notas UN del CNAF (Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias) de 2.013, actualizadas según orden IET/614/2015:

UN-85 RLAN y datos en 2.400 a 2.483,5 MHz.
Regula la potencia isotrópica radiada equivalente (p.i.r.e.) para las redes inalámbricas que trabajen en este rango de frecuencia, como es la red WiFi, y establece que esta será como máximo de 100mW (equivalente a 20dBm). Los equipos seguirán la norma técnica del estándar ETSI EN 300 328. La p.i.r.e. se calcula como $p.i.r.e. = P_T + G_a - L_c$ donde P_T es la potencia transmitida medida en dBm, G_a la ganancia de la antena medida en dBi y L_c las pérdidas ocasionadas por la línea medidas en dB.
UN-128 RLAN en 5 Ghz.
Afecta a las redes que trabajan con WiMAX y establece un p.i.r.e. máximo de 200mW (equivalente a 23 dBm) para la banda de 5150-5350 MHz destinada a interiores y para la banda de 5470-5725 MHz, destinada a exteriores, un p.i.r.e que no superará 1W (equivalente a 30dBm) siempre que se utilicen técnicas de control de potencia con factor de reducción de 3 dB a la salida, sino ese máximo sería de 500mW. Asimismo, se seguirá el standard definido en la norma EN 301 893.

Tabla 6. Normas UN.

Cualquier infraestructura que se tuviera que realizar en actuaciones urbanísticas no tiene ninguna norma de obligado cumplimiento, aunque se puede aplicar la norma UNE 133100 sobre infraestructuras para redes de telecomunicaciones.

3.5 Impacto de la normativa sobre los usuarios

El aplicar la normativa implica consecuencias sobre la percepción de la calidad de la red de cara al usuario final. La normativa intenta proteger la libre competencia con lo que reduce la capacidad de acceso de los usuarios a la red, lo que implica que su uso quede restringido a aplicaciones que no consuman un ancho de banda muy grande.

Al limitarse la descarga a 256Kbps determinados servicios como la reproducción *streaming* de videos, juegos *online*, videoconferencias y otros que se ejecuten en tiempo real se verán afectados seriamente y, en consecuencia, la experiencia de uso por parte del usuario no será plenamente satisfactoria, muchas veces incluso será imposible ejecutar algunos de estos servicios.

Como se puede observar en la tabla 15 del capítulo 4.8, en la actualidad los servicios más habituales en el uso de la red son justo los que más ancho de red requieren. Es por ello que, los servicios que se garantizarán serán los relacionados con consultas *web*, mensajería o correo y transferencias de archivos, de tamaño limitado, dentro de la red FTP del ayuntamiento.

3.6 Resumen de la normativa a aplicar en el proyecto

Resumen normativa	
Utilizar para WiMAX la banda de frecuencia 5440-5725MHz sin licencia y para exteriores.	
Cumplir la normativa UN-85 y UN-128 relativa a los máximos p.i.r.e. que obliga a limitarla a 30dBm para redes WiMAX y a 20dBm para redes WiFi, ajustando la potencia de transmisión de los equipos cuando sea necesario.	
Limitar la exposición de las emisiones radioeléctricas de los equipos, normalmente la distancia de seguridad afecta en unos pocos centímetros alrededor de estos y respecto a la normativa ambiental limitar el tamaño de las antenas, aunque tampoco afectará a estas pues las más grandes no superarán los 60cm.	
Cumplir las normas sobre libre competencia, condiciones de uso y capacidad contratada, ofrecer un ancho de banda inferior a 256Kbps.	
Notificar a la CNMC de la ejecución del proyecto, aunque el organismo público no tendrá que darse el alta como operador.	

Tabla 7. Resumen de la normativa.

4. Diseño de red

Para llevar a cabo un buen diseño de red se tiene que conocer el tipo de red que se va a implantar, su topología y la tecnología que se va a aplicar. Antes de determinar estos requisitos se definirá el concepto de arquitectura de red y el modelo de capas OSI inherente a esta.

4.1 Arquitectura de red

La arquitectura de red incluye las tecnologías que dan soporte a la infraestructura y servicios, así como a las reglas o protocolos para poder enviar y recibir los mensajes a través de la red.

Características que debe de cumplir una arquitectura de red.	
Tolerancia a fallos	Tiene que limitar el impacto de los errores, de tal modo que estos afecten al menor número de equipos posible. Para lograrlo se utiliza la técnica de la redundancia, que consiste en ofrecer una alternativa cuando una ruta falla.
Escalabilidad	Una red tiene que adaptarse ante incrementos de usuarios, equipos o aplicaciones sin que se vea afectado el rendimiento de la misma.
Calidad de servicio QoS	Son las tecnologías utilizadas que garantizan un determinado nivel de calidad de los servicios ofrecidos a través de la red. Por ejemplo, puede garantizar un ancho de banda constante a lo largo del tiempo, reducir los tiempos de espera o evitar la pérdida de paquetes. Los estándares publicados por la IETF sobre QoS son las RFC 2211 y RFC 2212.
Seguridad	Tiene que cumplir con tres objetivos principales: asegurar la confidencialidad mediante el acceso a los datos por parte de los usuarios autorizados, mantener la integridad de la comunicación a través de mecanismos que verifiquen que los datos no se han modificado en dicha comunicación y asegurar la disponibilidad de tal modo que los usuarios autorizados accedan al contenido de la comunicación de forma confiable.

Tabla 8. Características que debe de cumplir una arquitectura de red.

4.2 Modelo de capas OSI

Una arquitectura de red se basa en el uso de protocolos estandarizados que siguen el modelo de capas OSI y TCP/IP (figura 6). En líneas generales un protocolo de red se centra en la codificación de los mensajes, en el tipo de formato utilizado, en la encapsulación, en el tamaño, en la temporización y en las opciones de entrega de cada mensaje.

Los protocolos de red se representan en capas, donde cada servicio de la capa superior depende de la funcionalidad que definen los protocolos de la capa inferior. De este modo tenemos el modelo OSI, que se basa en la utilización de siete capas [5].

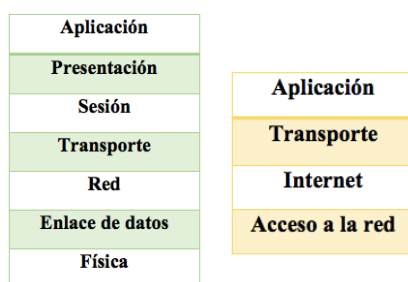


Figura 6. Modelo OSI y TCP/IP.

El modelo TCP/IP utiliza únicamente cuatro capas con lo que se simplifica el modelo anterior. Únicamente las capas de internet y de transporte se corresponden con las capas de red y de transporte del modelo OSI. El resto de capas no se pueden relacionar de forma directa entre ambos modelos.

	Funciones
Física	Se centra en la parte física de los medios utilizados para la conexión y en la forma en que se transmite la información. Topología de red y conexiones entre los equipos.
Enlace	Direccionamiento físico, acceso al medio, control del flujo de datos, distribución ordenada de tramas y detección de errores.
Red	Enrutamiento entre las redes.
Transporte	Uso de protocolos para transportar los datos.
Sesión	Controla la conexión entre los equipos.
Presentación	Representa la información.
Aplicación	Define los protocolos que utilizan las aplicaciones para poder intercambiar los datos.

Tabla 9. Funciones de las capas del modelo OSI.

Las tecnologías inalámbricas WiFi y WiMAX con las que se va a trabajar en el presente proyecto utilizan únicamente las capas más inferiores del modelo OSI, es decir, la física y la de enlace de datos.

4.3 Tipología de redes

Cuando se habla de redes se puede realizar una clasificación según la extensión que abarcan, así se puede hablar de redes de área local LAN, redes extensas WAN, de área metropolitana MAN, inalámbricas WLAN y redes de área de almacenamiento SAN [6].

LAN	Dan servicio a áreas geográficamente pequeñas, normalmente entre 200 m. a 5 km. Suelen tener velocidades de acceso elevadas pudiendo alcanzar los 1.000 Mbps. Las redes inalámbricas WLAN se engloban dentro de las LAN y son similares en características, salvo que para la conexión se utilizan medios inalámbricos.
MAN	Cubren áreas más extensas que las anteriores y que proporcionan acceso a otras redes, habitualmente cubren superficies de entre 10 a 50 km. Las velocidades de acceso son muy elevadas pudiendo llegar hasta los 10 Gbps.
WAN	De ámbito estatal o mundial gestionadas por empresas privadas que ofrecen servicios públicos para acceder a otras redes LAN o a proveedores de servicios de internet (ISP). Utilizan los estándares internacionales desarrollados por la ITU-T y la más extensa es internet. Las velocidades de acceso son muy variables, desde los pocos kbps hasta Mbps.
SAN	Diseñadas para admitir servidores de archivos y proporcionar almacenamiento, recuperación y replicación de datos.

Tabla 10. Tipos de redes.

En el proyecto se combinan, una red de tipo LAN para el CPD ubicado en las dependencias del ayuntamiento y una red de tipo WLAN, formada por la red troncal que provee la señal a los puntos de acceso y por la red de acceso que ofrece el acceso a internet a los dispositivos finales de los usuarios.

4.4 Redes inalámbricas

Tal como se ha mencionado, la red se basará en utilizar técnicas inalámbricas. Estas redes transmiten y reciben los datos utilizando ondas electromagnéticas a través del aire proporcionando conectividad de igual a igual (*peer to peer*). Las características que presentan estas redes son movilidad, facilidad de instalación y flexibilidad, permitiendo el acceso de los usuarios a la red sin tener que instalar tendidos de cable, ni ejecutar obras, llegando a aquellos lugares donde el cable no puede o es muy costoso.

La información se transmite de un punto a otro mediante las portadoras de onda donde se incorporan los datos mediante la técnica de modulación. El receptor empleará la misma frecuencia que el emisor y una vez que reciba la señal extraerá la información contenida en las ondas portadoras.

En una red inalámbrica (*wireless network*) se trabaja con distintos elementos: el punto de acceso (AP) desde donde se accede a la red cableada y que proporciona el servicio a internet a través de una antena; y las estaciones que son los equipos que reciben la señal. En las redes inalámbricas las topologías más utilizadas son las de punto a punto (PtP), punto a multipunto (PMP) y las que utilizan puntos de acceso o modo infraestructura (capítulo 4.5).

Un AP soporta múltiples usuarios y crea una zona de cobertura, normalmente tiene un alcance de hasta 100 metros, aunque con el uso de antenas y en función de la ganancia de estas se puede extender hasta unos centenares de metros en redes Wi-Fi y decenas de kilómetros en redes WiMAX.

Para cubrir un municipio, como el de A Illa de Arousa, se hará necesario disponer de un determinado número de puntos de acceso que garanticen la cobertura de todo el territorio. Hay que tener en cuenta que en teoría un punto de acceso basado en un estándar IEEE802.11N puede dar servicio a un máximo de 255 dispositivos, aunque en realidad a partir de un número de dispositivos mucho menor comienza una caída en el rendimiento de la red. A medida que aumenta el número de usuarios el punto de acceso se sobrecarga y disminuye el rendimiento por equipo, es por ello que los mismos fabricantes recomiendan conectar un número de dispositivos muy inferior al indicado en las *datasheets*.

4.5 Topología de redes

La topología de redes [7] hace referencia a la forma de la red, es decir a cómo están unidos los distintos nodos.

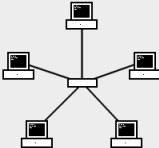

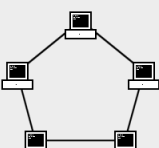

Punto a punto (PtP)	
Es la más simple y se caracteriza por tratarse de un enlace entre dos equipos de forma directa.	
Punto a multipunto (PMP)	
En la que varios equipos se conectan a uno sólo. Se pueden diferenciar las siguientes configuraciones: estrella, bus, anillo y malla.	
 <p>Figura 7. Estrella.</p>	Todos los equipos están conectados directamente a un nodo central por el que pasan todas las comunicaciones. Presenta como ventaja que ante caídas de equipos o averías del cableado el resto de la red no se ve afectada, como desventaja que si el nodo central falla entonces cae toda la red.
 <p>Figura 8. Bus.</p>	Hay un canal al que están conectados todos los equipos de la red. Presenta como ventajas que es fácil de implementar y que es muy escalable, como inconvenientes que está limitada a un número determinado de equipos en función del ancho de banda y que su eficiencia disminuye a medida que la red aumenta.
 <p>Figura 9. Anillo.</p>	Los equipos están conectados de tal modo que reciben y transmiten la señal a la vez. Presenta un grave inconveniente, cuando un equipo deja de funcionar cae toda la red.
 <p>Figura 10. Malla.</p>	Cada equipo está conectado a todos los demás, de tal forma que se incrementa la posibilidad de que un mensaje llegue a su destino pues existen múltiples alternativas para comunicarse y ante la caída de un nodo siempre habrá otra ruta disponible. Por tanto, es una topología que ofrece una total redundancia y tolerancia a fallos.

Tabla 11. Topologías de red.

4.6 Topología de red adoptada

En la actualidad la mayoría de los dispositivos móviles vienen preparados para poder conectarse a redes inalámbricas WiFi pero no a WiMAX. Este hecho implica, o bien utilizar adaptadores de red o receptores específicos para poder conectarse mediante WiMAX, o bien utilizar la tecnología WiFi presente prácticamente en todos los equipos. Se adopta la decisión de hacer un uso combinado de las dos tecnologías.

Por un lado, utilizar la red WiMAX como una red troncal que redistribuya la señal a través de los distintos puntos ubicados a lo largo del municipio y, por otro lado, desde estos puntos hacer uso de la tecnología WiFi para facilitar el acceso a internet a los usuarios finales.

Con esta decisión, además de evitar las incompatibilidades del WiMAX, se evita tener que hacer un desembolso extra por parte de los usuarios para que se adapten a dicha tecnología. Por tanto, siguiendo esta propuesta, la red WiMAX hará la función de una red de distribución y la WiFi de una red de acceso.

Tal como se ha comentado en el capítulo 2.2, la mayor parte de la isla es llana, aunque existen barrios ubicados en zonas más elevadas, lo que dificulta

el envío de la señal de la red troncal a los nodos receptores. La idea inicial era establecer la estación base en el ayuntamiento y desde ahí proporcionar la señal a todos los nodos. Sin embargo, se ha comprobado que, si se utilizaba el ayuntamiento como nodo central para la red troncal WiMAX, las zonas alejadas como la Playa do Bao, quedarían sin servicio y que, la misma orografía de la isla generaba grandes zonas de sombra en los barrios ubicados en la zona este. Para evitar esta situación se decide crear un radioenlace PtP entre el ayuntamiento y una zona ubicada en la parte este que a su vez sea elevada para poder repartir de forma más eficiente la señal por toda la isla. En concreto, se elige el Hotel O Piorno, que es la construcción más alta en esa zona.



Figura 11. Topología de la red troncal WiMAX sobre mapa con relieve.

En este nodo estará ubicada la estación base que recibirá la señal de acceso a internet desde el nodo ubicado en el ayuntamiento, y que posteriormente la redistribuirá al resto de CPE. Por tanto, los nodos CPE tendrán que orientar sus antenas hacia el nodo de O Piorno para poder recibir la señal. Este enlace hará de red primaria y dará señal a todos los CPE ubicados en el municipio. Al adoptar este modelo tendremos una topología PtP entre el ayuntamiento y la BS y otra PMP o de estrella desde la BS hacia los nodos donde estén localizados los CPE.

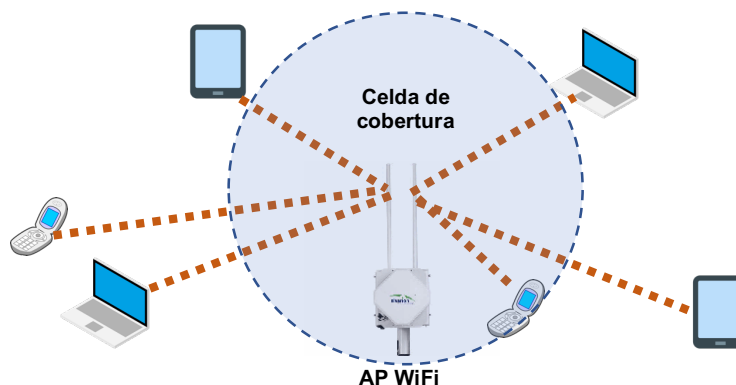


Figura 12. Red de acceso WiFi desde los nodos con AP.

Por último, los puntos de acceso WiFi, localizados en los mismos nodos CPE, darán soporte a los usuarios finales a través de celdas de cobertura con diámetros de hasta unos cientos de metros (figura 12).

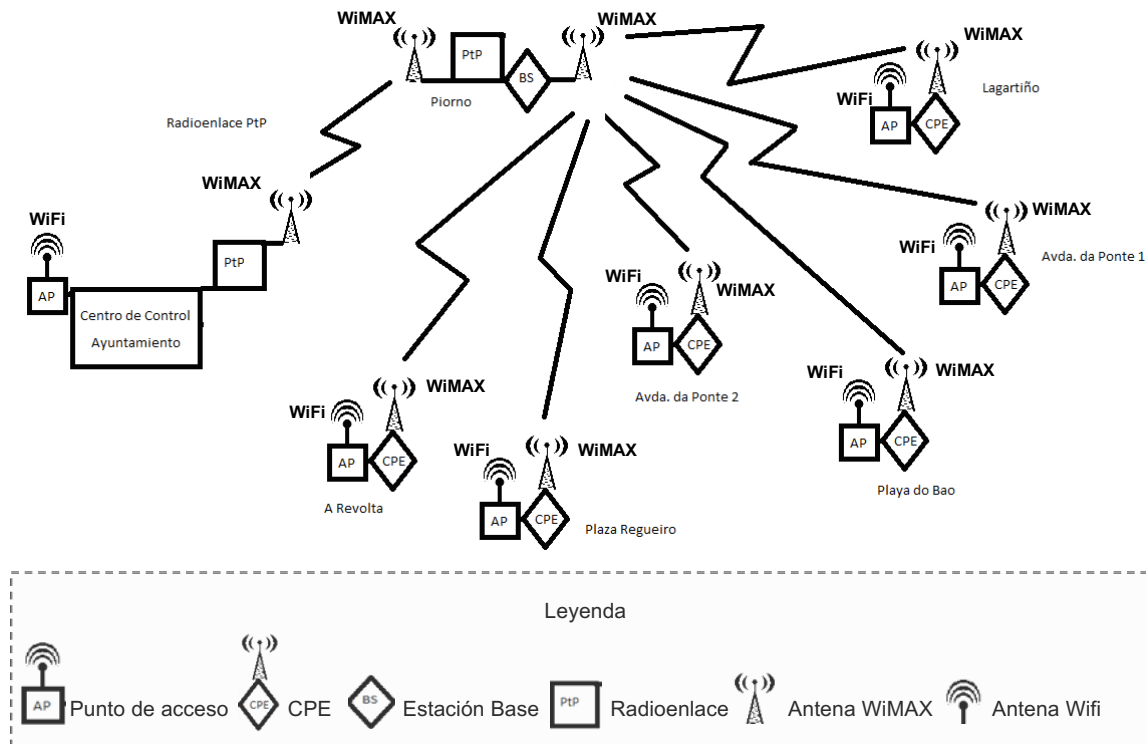


Figura 13. Topología de red adoptada.

4.7 Ubicación de nodos

Para la localización de los nodos de la red troncal primaria, topología PtP, se ha tenido en cuenta la especial orografía del municipio y se ha optado por ubicar el nodo emisor o unidad base (BU), que entronca con los servicios de internet proporcionados por el ISP, en el edificio del ayuntamiento donde también estará el centro de procesado de datos (CPD). Para la ubicación de la unidad remota (RB) se han realizado varias simulaciones con el *software* RadioMobile llegando a la conclusión de que la mejor opción es situarlo en el Hotel O Piorno, ubicado en una zona elevada y desde donde se logra dar cobertura a todos los CPE que conforman la red troncal secundaria.

Ganancia de la antena	Alcance inalámbrico	Esta tabla es apenas una guía de referencia, en tanto que las condiciones de un sitio a otro pueden variar enormemente. Acá se asume que no existen obstáculos entre los extremos de cada punto (nada de árboles, construcciones o colinas). Cuando se agregan dichas obstrucciones, el alcance puede bajar dramáticamente. Por ejemplo, en un edificio de muros de concreto el alcance puede disminuirse entre 30 a 50m.
	100mW dispositivo + antena	
0dB	200m	
4dB	440m	
7dB	620m	
10dB	1.2Km	
13dB	2.8Km	
16dB	5.0Km	
20dB	12.5Km	
24dB	31Km	

Tabla 12. Alcance de antenas por ganancia.

Para el caso de los nodos de la red troncal secundaria en estrella, se tuvo en cuenta la optimización de la cobertura WiFi en el casco urbano y zona de influencia hasta las playas. Los puntos de acceso Wi2 utilizan antenas con ganancia de 8dBi, con lo que se puede hacer una aproximación de la cobertura a modo teórico y determinar la localización de los nodos que conforman esta red.

En la tabla 12, que ya tiene en cuenta el límite de potencia máxima establecido por la normativa (100mW), se puede comprobar que cada celda tiene un alcance de cobertura aproximado de 600 m. Si se tienen en cuenta las atenuaciones y las particularidades propias de una zona urbana, este alcance pasaría a ser de unos 400 m. Por tanto, utilizando esta aproximación se pueden identificar las zonas a cubrir por los puntos de acceso WiFi donde la ubicación de cada nodo estará en el centro de cada circunferencia.

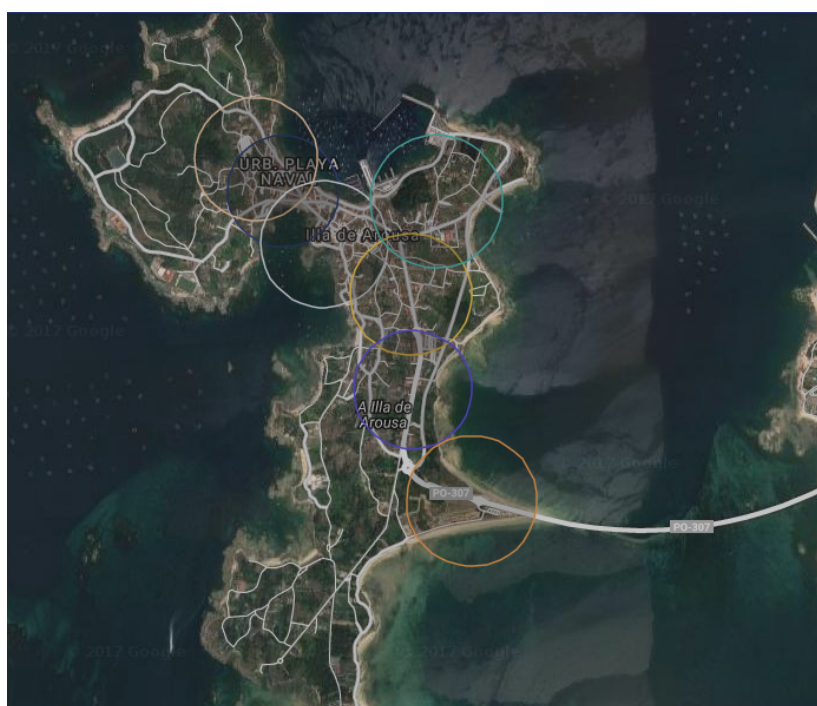


Figura 14. Ubicación de los nodos.

Una vez identificadas las zonas de cobertura y la ubicación de los nodos asignamos a cada uno de ellos sus correspondientes coordenadas.

	Identificación	Latitud	Longitud	Sistema geodésico mundial WGS84	
				Latitud	Longitud (-)
1	Ayuntamiento	42°33'49.767"N	8°52'26.448"W	42.5638242	8.874013333333334
2	Piorno	42°33'41.673"N	8°51'55.24"W	42.56157587562074	8.865344524383545
3	Revolta	42°33'58.912"N	8°52'35.1"W	42.56636450585434	8.876416683197021
4	Regueiro	42°33'40.042"N	8°52'10.989"W	42.56112280916151	8.869719207286835
5	Lagartiño	42°33'48.87"N	8°51'45.854"W	42.56357513392676	8.86273741722107
6	Avda. da Ponte I	42°33'30.294"N	8°51'51.957"W	42.55841486221007	8.864432573318481
7	Avda. da Ponte II	42°33'14.646"N	8°51'51.88"W	42.55406820729601	8.864411115646362
8	Playa do Bao	42°32'50.712"N	8°51'35.677"W	42.54741993564381	8.859910368919373

Tabla 13. Localización de los nodos mediante coordenadas.

Nodo 1 Ayuntamiento

Se ubicará el centro de procesado de datos (CPD) que garantizará el acceso a internet a través de un *router* ofrecido por un operador ISP y que, a su vez contará con un servidor, dos equipos *firewall* para crear una zona desmilitarizada DMZ que mantenga protegida la red interna, un equipo para gestionar los puntos de acceso WiFi (*Wi2 Controller*) y dos *switch* para la interconexión de los equipos.

Para dar salida a la red troncal se utilizará la unidad base BU del equipo PtP, que irá sujeta a un mástil de 2 metros, en la azotea del edificio del ayuntamiento, situada aproximadamente a una altura de 9 metros. De este modo, se consigue que la antena direccional orientada hacia la unidad remota de O Piorno, esté a una altura de 11 metros sobre el nivel del suelo, consiguiendo una línea de visión directa con este. Por otro lado, en el mismo mástil se colocará el AP de Tp-Link, parte de la red de acceso, que ofrecerá la cobertura WiFi alrededor del ayuntamiento.

Nodo 2 Hotel Piorno

Aquí se ubicarán la unidad remota del radioenlace PtP de la red troncal primaria y la estación base que dará servicio a todos los CPE que conformarán la red troncal secundaria.

El equipamiento exterior estará ubicado sobre la azotea del hotel, una construcción de tres plantas más bajo, que hace un total de 12 metros de altura a la que se le añadirá un mástil de 2 metros donde estarán sujetas la unidad remota con su antena orientada hacia el ayuntamiento y la unidad externa ODU de la BS con su correspondiente antena omnidireccional. Respecto a la unidad interna IDU de la BS se podría instalar, o bien dentro de una caja estanca en la misma azotea con acceso a alimentación eléctrica o en un armario *rack* con acceso limitado para los administradores de red en el caso de que el hotel facilitara una ubicación interior. Se opta por la primera opción.

Nodo 3 Revolta

Este nodo estará formado por un módulo BreezeAccess Wi2, con unidad suscriptor WiMAX y un punto de acceso WiFi, que estará sujeto a un mástil de un metro sobre el tejado de un edificio de dos plantas más bajo, aproximadamente de 9 metros de altura. El CPE ya incluye una antena unidireccional que estará orientada hacia la antena ubicada en O Piorno. El punto de acceso WiFi tiene dos antenas omnidireccionales que radiarán la señal alrededor de estas creando una celda circular de cobertura.

Nodo 4 Regueiro

Se ubica otro módulo integrado de CPE y AP como el del nodo anterior, que recibe la señal directamente de la estación base O Piorno y que estará sujeto a un mástil de dos metros en la parte superior de un edificio de tres plantas más bajo, sobre 12 metros de altura, que hacen un total de 14 metros. La antena del equipo suscriptor WiMAX estará orientada al Piorno.

Nodo 5 Lagartiño

Configuración similar al nodo de Regueiro, con un suscriptor WiMAX cuya antena estará orientada al Piorno y un punto de acceso WiFi, sujeto a un mástil en la misma fachada de un edificio de dos plantas, ático y bajo con una altura aproximada de 12 metros.

Nodo 6 Avenida da Ponte 1

Como el anterior y estará sujeto a un mástil de dos metros sobre el tejado de un edificio compuesto de bajo y dos plantas que suman un total de 12 metros de altura. La antena del suscriptor WiMAX estará orientada hacia el Piorno.

Nodo 7 Avenida da Ponte 2

Similar al nodo de Avenida da Ponte 1 pero ubicado sobre la azotea de un edificio de tres plantas más bajo, en un mástil de 2 metros con una altura total de 14 metros. La antena del CPE estará orientada al Piorno.

Nodo 8 Playa do Bao

Este nodo será el que facilite el acceso a internet a los usuarios de la playa más concurrida del municipio. El área de cobertura deseada incluye los aparcamientos, la zona de bares y todo el arenal. En este caso se hará uso de una farola del alumbrado público próxima al parking para colocar el modulo integrado, compuesto del suscriptor y el punto de acceso, a una altura de tan sólo 3,5 metros. La antena del suscriptor estará orientada hacia el Piorno.

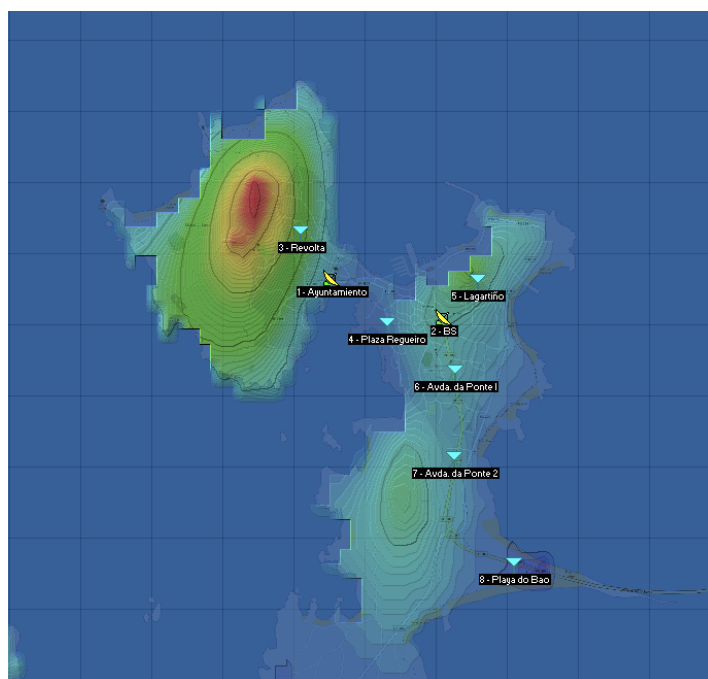


Figura 15. Ubicación de los nodos mediante RadioMobile.

#	Enlace	Distancia
Red troncal primaria Punto a Punto		
1	Ayuntamiento - BS O Piorno	750 m
Red troncal secundaria Punto a Multipunto		
2	BS - Revolta	1050 m
3	BS - Regueiro	360 m
4	BS - Lagartiño	310 m
5	BS - Avda. da Ponte 1	360 m
6	BS - Avda. da Ponte 2	900 m
7	BS - Playa do Bao	1630 m

Tabla 14. Distancias entre nodos.

4.8 Servicios de la red

Los usos más habituales de internet son las consultas web, la mensajería instantánea, el comercio *online*, la reproducción de videos y música, las descargas de contenido multimedia P2P, juegos *online*, videoconferencias o consultar el correo electrónico. Según la actividad de que se trate se va a necesitar una determinada velocidad de conexión o ancho de banda. Normalmente los niveles de ancho de banda para que la comunicación pueda considerarse aceptable [8] son los que se muestran en la tabla 15.

Debido a la limitación impuesta por la normativa legal (capítulo 3) los servicios se van a ver perjudicados, provocando latencias importantes según el uso que estén haciendo los usuarios. Los servicios que podrán ser utilizados sin demoras importantes serán los de navegación *web*, correo electrónico, *chats* como *Whatsapp* o *Telegram*, compras *online* y otras gestiones que demanden un ancho de banda bajo.

Por el contrario, aquellas actividades que demanden tasas de transmisión altas de *bits*, como reproducción de contenido multimedia o *streaming* y jugar vía *online* no serán factibles, por lo que se considera bloquear los puertos que dan acceso a estos servicios y evitar así una mala experiencia de uso por parte de los usuarios.

Navegación web	512Kbps
Navegación interactiva	1Mbps
Correo	512Kbps
Chat	256Kbps
Comercio online	512Kbps
Streaming radio	512Kbps
Streaming video	700Kbps
Streaming películas online	1,5Mbps
Streaming películas HD	4Mbps
Juegos online	1Mbps
Juegos online HD	4Mbps
Videoconferencia	1Mbps
Videoconferencia HD	4Mbps
Telefonía IP	512Kbps

Tabla 15. Ancho de banda necesario según usos de internet.

Además, se ofrecerá un servicio FTP para compartición de archivos en la nube. El ayuntamiento podrá disponer de almacenamiento en el servidor para compartir archivos y documentos que pueda considerar de utilidad pública y a los que podrán acceder todos los usuarios que lo soliciten mediante una dirección URL que se les facilitará en la *web* del ayuntamiento. Este servicio se justifica por la alta demanda que hay entre los usuarios para descargar y enviar

formularios oficiales de la administración, tal como se puede desprender de la siguiente gráfica facilitada por el INE [3].

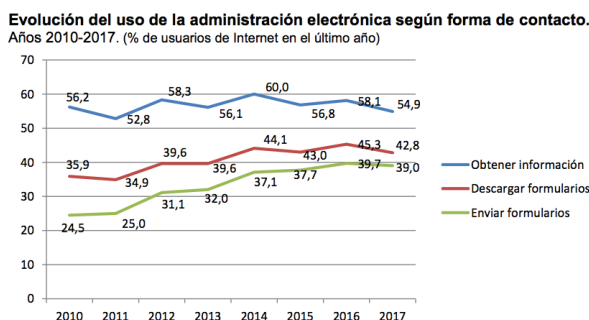


Figura 16. Evolución del uso de la administración electrónica.

4.9 Cálculo del ancho de banda necesario

Si observamos la estadística del INE [3] sobre equipamiento y uso de las TIC en los hogares para el año 2.017 (tabla 16), la población que ha hecho uso de internet en los últimos meses supone un 84% del total, lo que si se extrapola a la población de A Illa se traduce en que más de 4.150 personas pueden ser potenciales usuarios de la futura red municipal.

Además, para el caso de Galicia, 3 de cada 10 personas hacen uso de internet para realizar compras *online*, lo que implica 1.950 posibles usuarios y 5 de cada 10 para realizar gestiones con la administración pública, que se traduce en 2.550 usuarios. Este hecho justifica, por un lado, los servicios asignados a la red (capítulo 4.8), y por otro, que la red sea de carácter gratuita, entendiéndola como un servicio social. Aunque el ancho de banda esté limitado a 256kbps por usuario, es más que suficiente para cubrir las tareas mencionadas.

Equipamiento y uso de TIC en los hogares - Año 2017		
	Valor	Variación
Hogares con conexión a internet	1 83,4 ¹	1,5 ²
Hogares con conexión de banda ancha	1 82,7 ¹	1,5 ²
Personas que han usado Internet (últimos 3 meses)	2 84,6 ¹	4,0 ²
Usuarios frecuentes de Internet (al menos una vez por semana en los últimos 3 meses)	2 80,0 ¹	3,5 ²
Personas que han comprado por Internet (últimos 3 meses)	2 40,0 ¹	5,1 ²

Valor en porcentaje. Variación: diferencia respecto a la tasa del año anterior
 1. Hogares con al menos un miembro de 16 a 74 años de edad
 2. Personas de 16 a 74 años de edad

Tabla 16. Equipamiento y uso de las TIC en los hogares, fuente INE.

Si seguimos extrapolando los datos facilitados por el INE [3] también se comprueba que un 91,7% de los encuestados dice conectarse fuera del hogar, es decir, que sobre unos 4.500 vecinos podrían conectarse en las calles o plazas públicas. Si de estos se estima que sobre un 10% harían uso de la red de forma simultánea y que en la época estival se podría incrementar esa cifra hasta el doble, se podría estar asumiendo un máximo de 1.000 usuarios potenciales de forma concurrente en la época del año con más demanda y un mínimo de 500 en la época de menor demanda.

Por tanto, si se tiene en cuenta el número de usuarios potenciales y la circular 1/2010 de la CMT donde se especifica que únicamente se podrá ofrecer una tasa de bits máxima de 256Kbps, se podrá realizar el cálculo del ancho de banda necesario para poder dar un servicio eficiente.

Esto se traduce en aproximadamente un ancho de 128Mbps en la época de demanda más baja y en unos 256Mbps para la época estival. Para evitar que la red no se quede escasa en capacidad se podrá contratar un proveedor de servicios que garantice como mínimo un ancho de banda de 300Mbps. Muchas operadoras, como por ejemplo Movistar o Vodafone, ofertan fibra simétrica a 300 Mbps, que se considera la opción más adecuada para este proyecto.

Siguiendo la tabla 3 del capítulo 2.4 podemos determinar en función del peso de la población para las distintas zonas establecidas, el reparto del ancho de banda contratado para cada nodo de acceso a internet.

Nivel	Peso población	Zonas	Nodos	Ancho de banda	Usuarios 256Kbps
1	60% 180Mbps	Alrededores del ayuntamiento. Plaza do Regueiro.	Ayuntamiento	126 Mbps	490
			Plaza Regueiro	54 Mbps*	210
2	30% 90Mbps	Avda. da Ponte.	Avda. da Ponte 1	45 Mbps	175
			Avda. da Ponte 2	45 Mbps	175
3	10% 30 Mbps	Resto de casco urbano.	Revolta	10 Mbps	40
			Lagartiño	10 Mbps	40
			Playa do Bao	10 Mbps	40
				Total usuarios simultáneos	1.170

Tabla 17. Determinación de anchos de banda por nodos.

*Se limita a un máximo de 54Mbps, que es la tasa máxima que ofrecen los equipos AP de Alvarion en el estándar 802.11n. El AP Tp-Link ubicado en el ayuntamiento permite hasta 300Mbps.

Con esta distribución se lograría dar servicio de forma simultánea a unos 1.170 usuarios, lo que representa un 26% del total de usuarios potenciales, cubriendo holgadamente la época estival con mayor demanda.

5. Tecnologías utilizadas

5.1 Solución híbrida WiFi y WiMAX

Las redes inalámbricas serán las que se utilizarán en el presente proyecto debido a la facilidad de implementación y al menor coste que presentan frente a las redes cableadas utilizadas habitualmente. Dentro de estas, las redes Wi-Fi y WiMAX son la solución de banda ancha preferida para dar cobertura a municipios, polígonos industriales o áreas de tamaño similar, ya que también permiten trabajar con bandas de frecuencia con licencia libre.

La red WiMAX será utilizada como la red troncal que facilite a los puntos de acceso la conexión a internet, tal como se verá en el capítulo 5.3 estas redes ofrecen conexiones con muy buenos alcances. Las posibles alternativas a este tipo de red inalámbrica podrían ser, el uso de cableado, bien cable coaxial o fibra óptica, o una conexión vía satélite.

Las redes cableadas ofrecen algunas ventajas como tener menores atenuaciones o pérdidas, pero también presentan inconvenientes en términos económicos y de ejecución de obra. Así pues, el coste es mucho mayor, al tener que desplegar una cantidad extensa de cable en las calles de las zonas afectadas que implica ejecutar obras como el levantamiento de zanjas, que conlleva un alto coste económico y de duración de plazos.

Una red vía satélite podría ser una buena alternativa en términos económicos y de plazos, pero también presenta algún inconveniente respecto al WiMAX como es el ancho de banda que ofrece, mucho menor, y los problemas de retardo de la señal ocasionado por las enormes distancias que hay entre las estaciones base y los satélites.

	Rango de frecuencia	Ancho de banda máximo
Satélite	1GHz-100GHz Ku(14 – 17,8GHz) C(3,4 – 6,4GHz)	155Mbps
Cable coaxial	1KHz-1GHz	100Mbps
Cable par trenzado	10Hz-100MHz	1Gbps (cat6)
Fibra óptica	100THz-1000THz (luz visible)	100Gbps
WiMAX	2GHz-66GHz	300Mbps

Tabla 18. Comparativa distintas tecnologías de transmisión.

La red WiFi será utilizada como la red de acceso que conectará a los usuarios finales a internet. Obviamente, esta será la mejor alternativa si se quiere ofrecer la conexión a equipos móviles.

Ventajas por utilizar redes inalámbricas frente a cableadas
Menor coste de instalación.
Menores plazos de ejecución.
Despliegue más rápido.
Única alternativa para poder conectar dispositivos finales móviles.
Recomendado para zonas rurales (como es el caso de A Illa).

Tabla 19. Ventajas por utilizar redes inalámbricas frente a cableadas.

5.2 Estándar IEEE 802.11 WiFi

El estándar que define las redes inalámbricas WiFi es el IEEE 802.11, publicado en 1.997. Trabaja en las dos capas inferiores del modelo OSI, la capa de enlace y la capa física, y define las topologías que utiliza, PtP (capítulo 4.5) y modo infraestructura.

Protocolo	Frecuencia	Ancho del canal	MIMO	Velocidad de datos máxima (en teoría)
802.11ac wave2	5 GHz	80, 80+; 80, 160 MHz	Usuario múltiple (MIMO-MU)	1,73 Gbps ¹
802.11ac wave1	5 GHz	80 MHz	Un solo usuario (SU-MIMO)	866,7 Mbps ¹
802.11n	2,4 o 5 GHz	20, 40 MHz	Un solo usuario (SU-MIMO)	450 Mbps ²
802.11g	2,4 GHz	20 MHz	No se aplica	54 Mbps
802.11a	5 GHz	20 MHz	No se aplica	54 Mbps
802.11b	2,4 GHz	20 MHz	No se aplica	11 Mbps
Tradicional 802.11	2,4 GHz	20 MHz	No se aplica	2 Mbps

Tabla 20. Bandas de frecuencia y tasas de velocidad para protocolo 802.11.

Este estándar ha ido mejorándose a través de los años y ha sido objeto de revisiones por parte de distintos equipos de trabajo con sus consiguientes versiones.

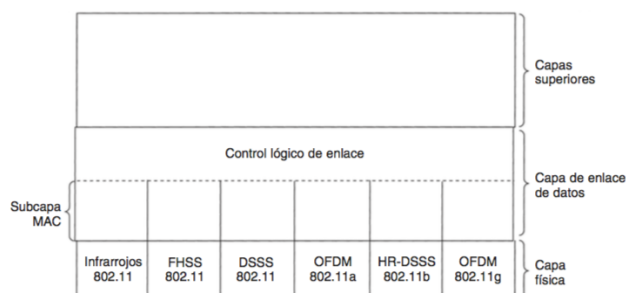


Figura 17. Pila de protocolos del 802.11.

Espectro radioeléctrico

El estándar 802.11 trabaja en las bandas de frecuencia de 2,4 y 5GHz asignadas por la ITU-R (*international telecommunication union radio*). Estas bandas no necesitan licencia para poder ser utilizadas, únicamente se deben de ajustar a las regulaciones impuestas en cada país sobre la limitación de la potencia de transmisión.

En la banda de frecuencia de 2,4GHz donde trabaja el estándar 802.11b/g para el ámbito regional que incluye Europa se definen 13 canales. Estos canales no son independientes uno de otro, sino que se superponen y producen interferencias hasta 4 canales de distancia. Como el ancho de banda que utiliza el estándar, de 22MHz, es superior a la separación entre canales consecutivos, que es de 5MHz, se hace necesario separar al menos en 5 canales cada red WiFi para evitar interferencias. En Europa se utiliza la combinación de canales 1-5-9-13. La asignación de los canales se hace en los puntos de acceso, los clientes ya detectan automáticamente el canal en el que trabaja la red.

Identificador de Canal	Frecuencia en MHz	Dominios Reguladores				
		América (-A)	EMEA (-E)	Israel (-I)	China (-C)	Japón (-J)
1	2412	x	x	—		x
2	2417	x	x	—	x	x
3	2422	x	x	x	x	x
4	2427	x	x	x	x	x
5	2432	x	x	x	x	x
6	2437	x	x	x	x	x
7	2442	x	x	x	x	x
8	2447	x	x	x	x	x
9	2452	x	x	x	x	x
10	2457	x	x	—	x	x
11	2462	x	x	—	x	x
12	2467	—	x	—	—	x
13	2472	—	x	—	—	x
14	2484	—	—	—	—	x

Tabla 21. Canales y frecuencias para 802.11.

Técnicas de transmisión y modulación

La modulación hace referencia a las técnicas que se aplican para trasladar la información de una banda de frecuencia a otra, su uso soluciona los problemas de interferencias o de velocidades reducidas en las transmisiones y establece la velocidad máxima que podrán alcanzar. Las técnicas de modulación utilizadas en WiFi son PSK (desplazamiento de fase), DPSK (diferencial por desplazamiento de fase) y GFSK (desplazamiento de frecuencia gaussiana).

Versión IEEE 802.11	Frecuencia (GHz)	Velocidad (Mbps)	Tipo de técnica
a	5	54	OFDM
b	2,4	11	DSSS
g	2,4	54	OFDM, DSSS
n	2,4 y 5	150	OFDM

Tabla 22. Técnicas de transmisión según estándares.

Elementos físicos de la arquitectura 802.11

Cualquier red basada en el estándar 802.11 está formada por cinco componentes físicos:

Sistema de distribución	<i>Backbone</i> de la red que se encarga de conducir las tramas hasta su destino, es decir, entre los distintos puntos de acceso. Por parte del estándar 802.11 no se establece ninguna tecnología en concreto.
Punto de acceso (AP)	Estación provista de acceso al sistema de distribución capaz de proveer servicios a este. Es el elemento esencial de la red pues es el transmisor y el receptor de la señal que se transmite por el aire y por tanto el que proporciona cobertura a las estaciones de la red WLAN. Comunica todos los terminales inalámbricos y hace de puente de conexión con la red fija e internet.
Cliente	Equipos como ordenadores que incorporan una interfaz de red inalámbrica (tarjeta PCI, adaptadores USB) o dispositivos móviles como <i>tablets</i> , teléfonos, portátiles, ...
Controlador de los puntos de acceso	Dispositivo necesario para gestionar redes en las que se utilizan varios AP. Sus funciones son varias, puede hacer de <i>firewall</i> , de <i>router</i> , de punto de acceso, de cliente VPN, etc.
Medio inalámbrico	Por donde se transmiten las señales con las tramas y que en este caso es el aire.

Tabla 23. Elementos físicos de una red WiFi.

5.3 Estándar IEEE 802.16 WiMAX

El WiMAX utiliza bandas de frecuencia muy altas (entre 2 y 66 GHz) con lo que se obtienen velocidades de transmisión muy altas y unas coberturas más extensas, de hasta 70 km.

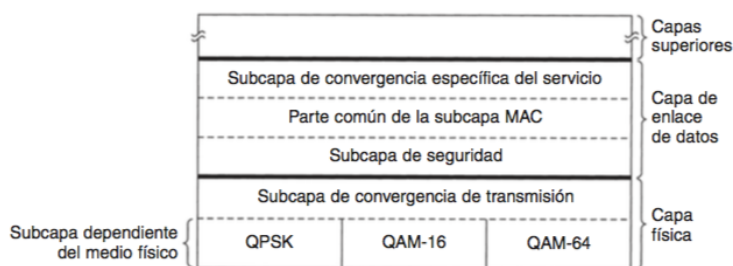


Figura 18. Pila de protocolos del 802.16.

El órgano que certifica el estándar es IEEE para 802.16 y WiMAX Forum para 802.16a/d, este último fundado en abril de 2.001 por empresas como Intel, Airspan, Alvarion, Proxim o Fijitsu. Como en el caso del WiFi ya se han registrado diversas versiones y soporta varios tipos de multiplexión (TDD y FDD) y de modulación adaptable.

Características del estándar WiMAX
Orientado a un servicio de distribución y para conexión de redes entre sí (<i>backhaul</i>).
Escalable y puede acoplarse a otras tecnologías como la WiFi.
Soporta video y audio en un mismo canal.
Utiliza antenas inteligentes que mejoran la eficiencia espectral.
Soporta encriptación 3DES a 128 bits, RSA hasta 1.024 bits o autenticación de usuarios.

Tabla 24. Características del WiMAX.

Utiliza las técnicas de modulación en función de la distancia. QAM-64 se utiliza para estaciones suscriptoras cercanas, QAM-16 para suscriptores ubicados a distancias medias y QPSK para suscriptores localizados a grandes distancias. Cuanta más distancia haya entre la estación base y la estación suscriptora la tasa de bits será más baja.

Elementos físicos de la arquitectura 802.16

En WiMAX hay dos topologías: PtP o PMP, donde la estación base es el centro del sistema y a la que se conectan todas las estaciones cliente y de malla (*mesh*) que permite la comunicación directa entre las estaciones suscriptoras sin necesidad de tener que pasar por la estación base. Cada elemento físico que la conforma se denomina nodo: estación base, repetidor o equipo cliente.

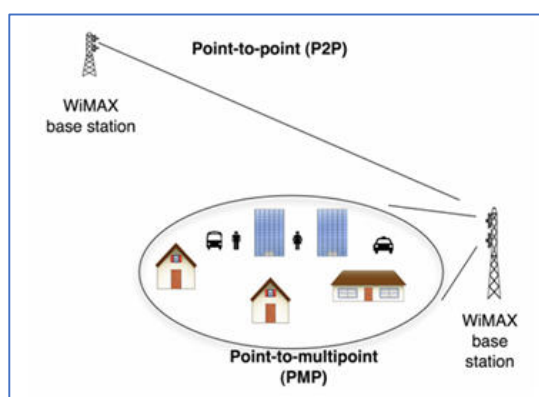


Figura 19. Topología de red WiMAX.

Estación base (BS)	Elemento central de la red que incluye un transmisor y un receptor. Trabaja con una determinada banda de frecuencia en la que también tendrán que trabajar los equipos suscriptoras.
Equipo local de cliente (CPE)	Es el receptor. Suelen ser equipos que dentro de una caja integran un receptor y una antena, aunque también pueden ser tarjetas PCMCIA.
Repetidor	Puede pasar la señal de un dispositivo a otro y se utiliza para dar cobertura a aquellos suscriptores que no alcanzan visión directa con la BS. A estas redes intermedias de repetidores se les conoce como <i>backhaul</i> .

Tabla 25. Elementos físicos de una red WiMAX.

6. Seguridad

Al ser el aire el medio por el que se transmite la información es más fácil poder acceder a la red que si se tratara de una red cableada y, por tanto, que cualquier intruso pueda realizar un ataque, por lo que es de vital importancia garantizar la seguridad en este tipo de redes.

Para garantizar la seguridad en las redes inalámbricas se buscan dos objetivos básicos, la autenticación y la privacidad. Con la primera se intenta evitar el uso de la red por usuarios no autorizados, por lo que los puntos de acceso sólo deberán aceptar paquetes de las estaciones autenticadas, y la privacidad intenta evitar que se obtenga la información contenida en los paquetes en caso de la captura de estos mediante la encriptación de las transmisiones.

La autenticación se define como abierta u OSA (*Open System Authentication*), en la que se acepta cualquier conexión y como autenticación por clave compartida SKA (*Shared Key Authentication*) en la que se utiliza el

protocolo PKM. En el modelo elegido se usará la autenticación abierta. La privacidad se consigue mediante el protocolo de encriptación WEP o WPA que encripta los datos mediante algoritmos como RSA o AES antes de transmitirse por la red.

Como el acceso a la red es libre y no hay autenticación de los usuarios, implica que cualquier usuario que disponga de un equipo con acceso WiFi pueda conectarse a la red. Un usuario podría utilizar la red para realizar ataques o escuchas de paquetes al CPD, e incluso al sistema informático o de gestión municipal de las dependencias municipales. Para evitarlo se emplearán técnicas de rechazo y de filtrado de paquetes a través de *hardware* y *software* especializado.

Medida de seguridad	Software	Máquina	Ventajas por su uso
Proxy	DHCP	Linux	Control del tráfico, aumenta velocidad navegación (memoria caché), filtrado de conexiones y rechazo peticiones no autorizadas.
Antivirus	ClamAV	Linux	Protección frente ataques externos como virus, troyanos y cualquier <i>malware</i> en general. Protección de la información personal.
Control de puertos	Nmap	Linux	Análisis de puertos y detección de mal uso por usuarios.
Cortafuegos	IPtables	Linux	Control del acceso a la red interna, protección contra intrusos y define que usuarios pueden acceder a los recursos compartidos.
Detección de intrusos	Snort	Linux	Analiza y previene ataques externos.

Tabla 26. Técnicas de seguridad adoptadas.

En la parte *hardware* la seguridad de la red va a estar gestionada y monitorizada por dos cortafuegos que delimitarán una zona desmilitarizada DMZ. Respecto al *software* se empleará un servidor *proxy*, un antivirus y otros programas que estarán ubicados en un equipo PC en la sala donde esté ubicado el CPD. Combinar las técnicas de cortafuegos y *proxy* ofrecerá una mayor seguridad y flexibilidad que si únicamente se utilizara una de ellas.

6.1 Firewall y zona DMZ

La función de un cortafuegos [9] es la de controlar el acceso a la red y lo que se busca es separar la red interna del CPD, formada por equipos de confianza, respecto a la red externa donde se pueden originar posibles ataques.

Para lograrlo se creará una política de seguridad donde se definirá que tráfico puede entrar a la red interna y cual puede salir hacia la externa mediante el uso de reglas de filtrado. La técnica utilizada será la de filtrado de paquetes y no de direccionamiento IP pues se trata de una red de libre acceso.

Para garantizar la seguridad del CPD se creará una zona desmilitarizada (DMZ) [9] mediante el uso de dos equipos cortafuegos. Los ordenadores del mismo ayuntamiento pueden ser incluidos dentro de la DMZ si este lo estima oportuno. Con un *firewall* se separa la red interna de la red externa y con un segundo firewall se separa la red interna de la red de acceso de los usuarios rechazando los intentos de conexión desde esta última.

Política de seguridad básica para los cortafuegos del CPD		
Reglas	Firewall 1	Firewall 2
Permite conexiones TCP	Sí	No
Permite conexiones http y https (tráfico a internet)	Sí	Sí
Permite conexiones FTP	Sí	Sí
Permite tráfico de entrada ICMP	No	No
Permite tráfico de salida ICMP	Sí	Sí
Permitir consultas DNS al servidor	Sí	Sí
		Los equipos de la red de acceso se conectarán únicamente al servidor Proxy.
		Se rechazará cualquier intento de conexión a las direcciones IP de los equipos que conforman la red del CPD

Tabla 27. Políticas seguridad zona DMZ

6.2 Servidor de Seguridad con Proxy, antivirus y otro software

Un equipo PC hará las veces de servidor de seguridad y de mantenimiento del CPD. Incluirá el servidor Proxy y los antivirus, así como otras aplicaciones para el control de la red como *nmap*, *Iptables*, etc. Todo funcionando bajo una máquina *Linux*.

El proxy es un intermediario entre los usuarios y la red de internet. Hace un filtrado de las conexiones que realizan los usuarios en función de la capa de aplicación. Así, rechazará aquellas conexiones que intenten dar servicio a aplicaciones que no estén definidas en la política de seguridad como puede ser el acceso a puertos de servidores *torrent*.

7. Infraestructura utilizada

En la actualidad, existen numerosas compañías que ofrecen distintos equipamientos para dar solución a la implementación de redes WiMAX o WiFi (Alvarion, Motorola, Proxim, Skypilot, Radwin, Winncom Solutions, Ubiquiti Networks, Alentia, etc.). Asimismo, podemos encontrar precios de los equipos en tiendas mayoristas a través de internet como Winncom.com o Gictronic.com.

Los parámetros que se van a tener en cuenta para la elección de los equipos serán: la potencia de transmisión máxima medida en dBm, la banda de frecuencia en la que trabaja, si soporta o no la banda libre, la tasa de bits, el número de canales, la ganancia de las antenas medida en dBi, si las antenas están o no integradas y la polaridad. A la hora de decidir cuál es el mejor equipo hay que prestar atención, a sus características físicas, al coste de adquisición y al servicio de soporte técnico.

	Proxim	Alvarion		Redwin
Modelo	Tsunami Quickbridge 8100	BreezeUltra	BreezeAccess VL	5000 HPMP
Redes	PtP y PMP.	PtP.	PMP.	PMP.
Licencia libre	Sí.	Sí.	Sí.	Sí.
Ancho banda	300Mbps.	300Mbps.	54Mbps.	200Mbps.
Canales	5-10-20-40MHz.	5-10-20-40MHz.	10-20MHz.	5-10-20-40MHz.
Potencia	18dBm.	24dBm.	21dBm.	25dBm.
Precio (eur)	2.400,00	4.820,00	3.870,00	2.600,00

Tabla 28. Comparativa distintos equipos para red troncal.

Tras realizar una comparativa de los equipos, se toma la decisión de trabajar con las compañías Alvarion y Tp-Link. Algunas compañías como Ubiquity tienen precios muy competitivos, pero se valorará más la experiencia de uso, el conocimiento y el 'boca a boca' dentro del sector, que un coste más ajustado y que no ofrezca las suficientes garantías.

A su vez, Alvarion ofrece *kits* que contienen todo lo necesario para la instalación (incluyendo las antenas) a precios bastante asequibles y Tp-Link ofrece un catálogo de productos bastante amplio. Asimismo, se puede decir que se trata de compañías líderes en su sector y con una gran experiencia acumulada, que trabajan con equipos de alta calidad y fichas técnicas (*datasheets*) muy detalladas.

7.1 Equipos de red

Por tanto, teniendo en cuenta los requisitos para la red, se toma la decisión de que los equipos más adecuados para el presente trabajo serán los siguientes:

Tecnología WiMAX		
Unidad interna BS	BS-SH-VL	Alvarion
Unidad externa BS	AU-D-BS	Alvarion
CPE	SU-A-FF-54-BD-VL	Alvarion
Radioenlace PtP	BreezeUltra P6000	Alvarion
Tecnología WiFi		
Punto de acceso AP	BreezeAccess Wi2	Alvarion
Punto de acceso AP	EAP110-Outdoor	Tp-Link

Tabla 29. Equipos seleccionados para la implantación de la red.

Alvarion BreezeAccess VL

En primer lugar, Alvarion nos ofrece un kit denominado Alvarion Breeze Access VL que incluye la unidad de acceso o estación base (BS) y las unidades suscriptoras (CPE). Esta combinación permite diseñar enlaces PtP y PMP para uso exterior, con un bajo consumo y con un tamaño muy reducido que ofrece un mínimo impacto visual. Además, proporciona cobertura en la banda de 5GHz lo que garantiza el uso de la banda sin licencia 5470-5875MHz utilizada para exteriores.

Entre sus características se pueden citar que: es capaz de dar enlace sin visión directa (NLOS) a grandes distancias (en A Illa las distancias no son excesivamente grandes, por lo que esta característica no es determinante, salvo que en un futuro se quisiera dar soporte a una red extramunicipal, además hay visión directa (LOS) entre los nodos con una zona de Fresnel libre de obstáculos), cumple con unos altos niveles de calidad de servicio QoS, incluye opciones de cifrado AES 128, WEP 128 y FIPS197 con lo que se garantiza la seguridad de la red, permite llevar un control de acceso mediante direccionamiento IP y filtrado por MAC, soporta el uso de CPE con velocidades de 3Mbps hasta 54Mbps con antenas integradas o externas, permite el uso de 8 niveles de modulación facilitando la robustez del alcance ofreciendo distintas tasas de bits cumpliendo con el requisito de ancho de banda establecido anteriormente (capítulo 4.9), incorpora un control automático de la potencia de transmisión (TX) denominado ATPC que ajusta de forma automática la potencia

TX del CPE optimizando la red y todos los equipos están preparados para utilizarse en el exterior.

Estación base

Respecto a las unidades de acceso están formadas por dos equipos, uno interno IDU y otro externo ODU. La unidad interna es la que se conecta directamente a la red mediante un conector RJ-45 a través de una interfaz Ethernet 10/100 BaseT y la externa se conecta a la unidad interna mediante un cable *ethernet* de Cat-6.

La unidad interna BS-SH-VL es un equipo basado en chasis con un tamaño de 19 pulgadas que puede utilizar hasta dos módulos como fuente de alimentación de los seis que integra. El equipamiento exterior AU-D-BS está formado por la unidad externa que se monta sobre mástil y de varias antenas sectoriales o una omnidireccional, que se incluyen en el mismo kit de montaje. Estos equipos son los que se integrarán en la estación base ubicada en el nodo del Hotel O Piorno y ofrecerá la señal al resto de los nodos CEP de la red troncal secundaria. Para este cometido se decide utilizar las tres antenas sectoriales de 120° para irradiar el haz de la señal en el plano horizontal en todas las direcciones y que aportan 15dBi de ganancia, superior a la antena omnidireccional de 8dBi integrada en el kit.



Figura 20. Estación base Alvarion BreezeAccess.

CPE VL

Como equipo local para cliente se utilizará el modelo SU-A-FF-54-BD-VL que se puede acoplar en el kit BreezeAccess Wi2 integrando en un único módulo el CPE WiMAX con el AP WiFi. Los CPE permiten recibir la señal emitida desde la estación base a los nodos AP que posteriormente la redistribuyen mediante tecnología WiFi a los usuarios finales. Cada CPE incluye una unidad externa con un único puerto de datos que se acopla con el Wi2 que se monta sobre mástil, una antena integrada y una unidad interna.



Figura 21. Unidad de cliente VL.

El modelo empleado soporta una velocidad bruta de hasta 54Mbps para múltiples usuarios, requisito mínimo de la red. Estos equipos serán los utilizados como nodos de enlace y estarán orientados a la estación base para poder implementar la red WiMAX. Se ubicarán, con ayuda de un mástil, sobre fachadas, tejados o azoteas de edificios o bien en farolas de alumbrado público, en función de las necesidades de cobertura.

Alvarion BreezeAccess Wi2

Se utiliza el equipamiento que ofrece Alvarion denominado BreezeAccess Wi2 para dar soporte a la red de acceso WiFi que se integra perfectamente con las unidades CPE utilizadas en el kit de Breeze Access VL y que consigue dar un servicio de red convergente entre usuarios WiMAX y WiFi. Se trata de una solución integrada en la que en un único módulo se ensambla un CPE WiMAX con un AP WiFi sin necesidad de utilizar cableado *ethernet* y donde la suministración eléctrica es única para ambos. El CPE puede intercambiarse entre todos los que ofrece la compañía para las gamas Access y MAX.

Estos equipos cumplen con los requisitos de la red propuesta, trabajan en todo el rango de frecuencias, incluido el de la banda libre sin licencia, tienen un diseño robusto y compacto para trabajar en el exterior, adaptándose a la climatología adversa que presenta la Isla de Arousa y ofrecen una tasa de transmisión de 54Mbps.

El kit está formado por tres equipos, el punto de acceso que da la cobertura WiFi, el CPE WiMAX comentado en el punto anterior y un módulo para alimentación, que proporciona energía a los módulos AP y CPE. Por tanto, el sistema únicamente necesita una conexión y se corresponde a la alimentación eléctrica.



Figura 22. Módulo Alvarion BreezeAccess Wi2.

Entre sus características se pueden citar: sistema modular y flexible preparado para el uso de nuevas tecnologías como 802.16e o MIMO, admite operaciones con todas las bandas de frecuencia WiMAX, incluye calidad de servicio QoS de extremo a extremo, creación de VLAN y AP virtuales y técnicas de seguridad para cualquier estándar 802.1x. La cobertura WiFi para los usuarios finales se consigue utilizando las dos antenas omnidireccionales de 8dBi que incluye el kit. Entre sus ventajas destaca su bajo coste de mantenimiento gracias al sistema integral de administración de redes denominado 'AlvariSTAR' y que ofrece múltiples servicios y administración de usuarios.

Radioenlace BreezeUltra P6000

Para dar solución a las áreas de sombra que se producen por la especial orografía del municipio se decide crear un enlace PtP entre el nodo donde se accede a internet (ayuntamiento) y el nodo BS ubicado en el Hotel O Piorno. Para ello se ha optado por elegir el modelo BreezeUltra P6000-350 de la compañía Alvarion. Este equipo proporciona enlaces robustos, confiables y con una gran capacidad de ancho de banda, tanto de subida como de bajada. Este equipo está formado por dos elementos, la unidad base (BU) ubicada en el ayuntamiento y la unidad remota (RB) que estará en el nodo de O Piorno.

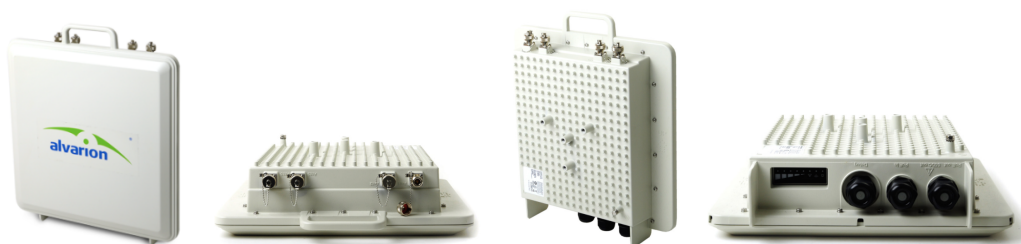


Figura 23. Radioenlace PtP Alvarion BreezeUltra.

Transmite audio, voz y datos a una tasa de 300Mbps por radio, superando los requisitos de red. El modelo elegido incorpora una única radio, procesa paquetes a 80000PPS y da soporte sin necesidad de visión directa (NLOS), requisito prescindible pues para el establecimiento de la conexión entre el equipo BU y el RB hay visión directa (LOS) ya que la zona de Fresnel está libre de obstrucciones. Asimismo, reduce las interferencias con técnicas OFDM, MIMO y DFS y optimiza las prestaciones mediante el uso de calidad de servicio QoS.

Punto de acceso Tp-Link EAP-110

En el centro de procesado (CPD) del ayuntamiento se ubicará una unidad AP conectada a un *switch* para dar acceso a los usuarios que transiten alrededor de las instalaciones municipales. Se ha optado por utilizar el modelo EAP110-Outdoor ofrecido por la compañía Tp-Link de la serie Auranet que cumple con los requisitos establecidos para la red. Está diseñado en exclusiva para su uso en exteriores con cubierta duradera y resistente a las inclemencias meteorológicas con certificación de protección de 15KV ESD y 6KV contra rayos.



Figura 24. Punto de acceso Tp-Link EAP-110 outdoor.

Tiene capacidad para hasta 300Mbps con tecnología MIMO 2x2 y es capaz de proporcionar extensas áreas de cobertura. Soporta PoE para poder alimentarse a través del cable *ethernet* sin necesidad de utilizar un cable

dedicado para corriente eléctrica. Igualmente, incluye un *software* para su control denominado 'Auranet' y un portal cautivo con el que se puede llevar el control de acceso mediante autenticación de los usuarios. Integra seguridad WPA con autenticación RADIUS y detección de puntos de acceso no autorizados. Incluye dos antenas omnidireccionales de 5dBi extraíbles por si es necesario utilizar otra configuración.

	Banda de frecuencia	Máxima potencia de transmisión	Antena
Estación base Alvarion Breeze Access VL - BS-SH-VL AU-D-BS	4900-5875 MHz	21dBm ajustable 1dB	Conector tipo N Sectorial 60° 16dBi Sectorial 90° 16dBi Sectorial 120° 15dBi Omnidireccional 8dBi
CPE Alvarion Breeze Access VL - SU-A-FF-54-BD-VL	4900-5875 MHz	21dBm ajustable 1dB	Integrada Direccional 21dBi
AP Alvarion Breeze Access Wi2	2400-2483MHz	20dBm	Integrada Omnidireccional 8dBi
Radioenlace PtP Alvarion BreezeUltra P6000	5100-5900MHz	24dBm	Direccional 23dBi Conector tipo N
AP Tp-link EAP110-Outdoor	2400-2483MHz	20dBm	Integrada x 2 Omnidireccional 5dBi

Tabla 30. Características principales de los equipos de red seleccionados.

7.2 Antenas y principales parámetros

Las antenas son los dispositivos que se utilizan para emitir o recibir las ondas electromagnéticas en el espacio y que mediante la transmisión de datos permiten la comunicación entre los equipos. Se basan en el principio de la radiación producida al circular una corriente eléctrica por un conductor y que produce un campo magnético.

Parámetros	
La ganancia	Es el parámetro más importante y se mide en decibelios relativos (dBi). Representa la concentración de señal en una determinada dirección. Cuanto mayor sea este valor mayor es la capacidad de la antena.
El patrón de radiación	Representa la radiación de la antena en función de sus coordenadas azimut y de la elevación (figura 25)
La impedancia	Representa la relación entre el voltaje y la corriente. Indica la eficiencia de la antena al poder saber qué cantidad de energía se transfiere desde la línea de transmisión al medio de propagación y a la inversa. Muchas veces es la que limita el ancho de banda útil. El valor más común es 50Ω.
El tilt	Representa la inclinación de la antena con respecto al eje horizontal medido en grados. Busca variar la cobertura de la antena mediante su inclinación. Si se inclina hacia abajo se denomina <i>Down tilt</i> , y es la forma más habitual, el caso contrario, <i>Up tilt</i> , para zonas montañosas o cuando los edificios son más altos que las torres de comunicación (figura 26).
La polarización	Indica la orientación de los campos electromagnéticos que emite o recibe la antena. Puede ser vertical, horizontal, circular o elíptica.
La directividad	Mide la concentración de la energía irradiada en una dirección particular. Este parámetro permite clasificar las antenas en tres tipos, direccionales, omnidireccionales y sectoriales (tabla 32).
Ratio de resistencia al viento	Indica la resistencia que tiene la antena respecto a las ráfagas de viento.
Aislamiento o isolation	Capacidad que tiene la antena para no captar su propia señal o la de otras antenas.

Tabla 31. Parámetros de una antena.

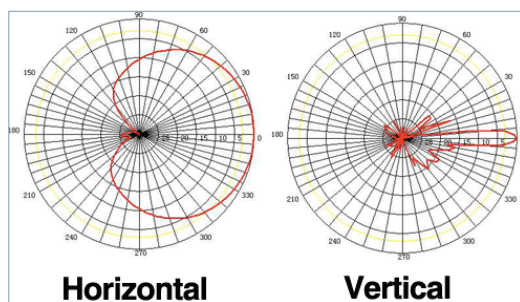


Figura 25. Patrón de radiación.

A la hora de elegir la antena es importante también considerar sus dimensiones, para poder adaptarla al lugar donde se va a ubicar, y el coste que la mayoría de las veces es el factor más determinante para la elección entre una u otra antena.

Tipos de antenas según directividad	
Direccionales	Emiten la señal en una dirección determinada y logran alcanzar distancias muy grandes. Las más comunes son las parabólicas y las <i>yagis</i> . En el proyecto se utilizarán este tipo de antenas para la red troncal primaria WiMAX.
Omnidireccionales	Emiten la señal hacia todas las direcciones dando cobertura de 360° aunque su alcance es menor que las direccionales. Estas serán las antenas utilizadas en la red de acceso WiFi.
Sectoriales	Son una combinación de las anteriores y ofrecen un alcance intermedio. Antenas de este tipo son las de panel. En el proyecto se han utilizado 3 paneles de 120° en la estación base para lograr una cobertura de 360°.

Tabla 32. Tipos de antenas según directividad.

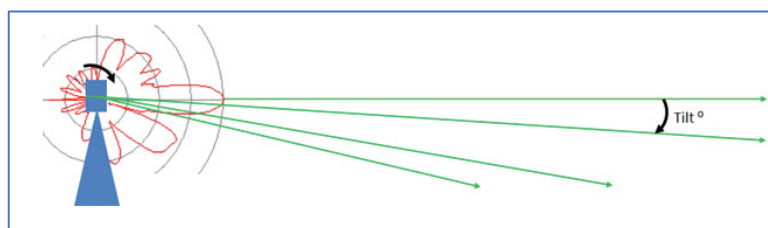


Figura 26. El *tilt* en las antenas.

Las antenas utilizadas en el proyecto vienen incluidas en los diferentes kits de los equipos y sus características son:

Red troncal WiMAX	
Antena para BS	3 x Paneles Sectoriales de 120° Ganancia 15 dBi Conector tipo N
Antena para CPE	Panel direccional Ganancia 21 dBi
Antena para radioenlace PtP	Panel direccional Ganancia 23 dBi Conector tipo N
Red de acceso WiFi	
Antena para Tp-link	2 x Omnidireccional Ganancia 5 dBi
Antena para AP Wi2	2 x Omnidireccional Ganancia 8 dBi

Tabla 33. Características principales de las antenas integradas.

Por último, se puede comentar la tendencia actual a integrar los equipos en el entorno que los rodea mediante la técnica de la mimetización. Su objetivo

es el de reducir la contaminación visual, aunque muchas veces se utiliza para evitar la oposición social contra la instalación de algunos tipos de antenas en lugares residenciales o centros educativos, como sucede con las de telefonía móvil.

Existen empresas que ofrecen ya estructuras artificiales que imitan elementos naturales del entorno donde se van a instalar, como pueden ser árboles, palmeras, chimeneas, etc. Estos elementos además de mimetizar la antena con el entorno y pasar desapercibidas, tienen que garantizar la transparencia radioeléctrica para que la antena pueda emitir y recibir la señal de forma correcta. También se pueden camuflar las casetas y toda aquella infraestructura ligada a su instalación.

Estas estructuras tienen que cumplir ciertos parámetros como son, la transparencia radioeléctrica, la resistencia a los agentes externos (rayos UVA) y la conservación del material.

7.3 Infraestructura del CPD

En el ayuntamiento se va ubicar el centro de procesamiento de datos (CPD) que es el lugar donde se ubican los equipos que dan soporte a la red para poder acceder a internet. En el CPD se ubicarán el *router*, un equipo PC que hará de servidor (*proxy*, de archivos y DHCP para gestionar ancho de banda), los cortafuegos, el equipo *Wi2 Controller* (para gestionar los puntos de acceso de todos los nodos) y los *switchs*. También estarán conectados el punto de acceso Tp-link para dar la cobertura WiFi alrededor del ayuntamiento y el equipo que hace de radioenlace PtP. El cableado utilizado será Gigabit Ethernet Cat6 que garantiza velocidades de hasta 1000Mbps.

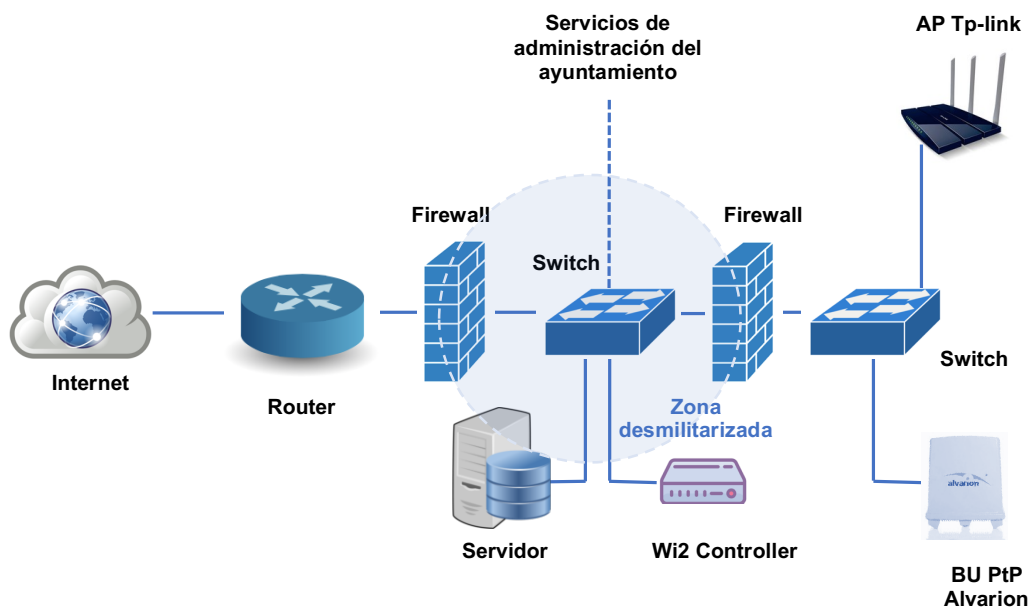


Figura 27. Esquema del CPD del ayuntamiento.

Armario rack

Los armarios *rack* tienen medidas estandarizadas incluidas en la normativa DIN 41494 partes 1 y 7, IEC 297 partes 1 y 2 y EIA 310-D. También tienen que adaptarse a la normativa medioambiental RoHS. La medida estándar

es de 19 pulgadas de ancho, aunque también los hay de 23 pulgadas que permiten distribuir y trabajar mejor con el cableado y ofrecen una mejor refrigeración al disponer de un mayor espacio por donde circula el aire. La altura se mide a través de unidades U equivalentes a módulos interiores de 44,45mm ó 1,75 pulgadas.

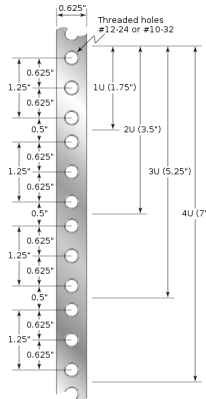


Figura 28. Sección de un rail rack con medidas U.

Normalmente los armarios van desde 6U hasta 47U. En el presente proyecto se puede utilizar un armario de 12U que es más que suficiente para poder distribuir el espacio entre equipos y llevar a cabo posibles ampliaciones futuras.



Figura 29. Armario rack de 12U.

Ventajas por utilizar armarios rack.
Modularidad y consolidación de los servidores en un único lugar.
Organización de equipos y cableado.
Minimizar el espacio.
Seguridad, puertas con sistemas de bloqueo y protección, paneles de acero.
Escalabilidad.

Tabla 34. Ventajas por usar armarios rack.

Es importante dotar de medidas de seguridad física al CPD por lo que es recomendable utilizar algún tipo de cerradura que evite el acceso al rack por parte de personal no autorizado. Además, es necesario que la sala donde esté ubicado esté bien refrigerada para evitar sobrecalentamientos de los equipos y que estos se puedan averiar. Según la normativa tiene que tener una temperatura estabilizada en 22,3 grados centígrados, aunque es suficiente con que se mantenga entre 22 y 23°C.

Router

El *router* será proporcionado por el proveedor de servicios de internet (ISP) que contratemos y es el que facilita la conexión a internet para la red. La conexión del *router* hacia el proveedor de servicios se puede hacer, o bien mediante una interfaz de fibra óptica (como el de la figura 30) o bien mediante una interfaz de cable coaxial, en función del modelo facilitado por el proveedor. Es preferible que la fibra llegue hasta el mismo *router*. Siguiendo el esquema propuesto se conectará con el primer cortafuegos a través de los puertos Ethernet.



Figura 30. Modelo *router* de la compañía Movistar

El *router* se configurará de tal modo que permita un direccionamiento manual a los distintos equipos que conforman la red. Una posible propuesta de tabla de direcciones reservadas para los dispositivos de la red sería la siguiente:

Equipo	Dirección IP
Router	192.168.1.1
Firewall 1	192.168.1.10
Firewall 2	192.168.1.11
Switch 1	192.168.1.20
Switch 2	192.168.1.21
Servidor	192.168.1.30
Wi2 Controller	192.168.1.40
AP Tp-Link	192.168.1.50
BU PtP	192.168.1.60
RB Ptp	192.168.1.61
BS O Piorno	192.168.1.70
CPE A Revolta	192.168.1.80
CPE O Regueiro	192.168.1.81
CPE Lagartiño	192.168.1.82
CPE Ponte 1	192.168.1.83
CPE Ponte 2	192.168.1.84
CPE O Bao	192.168.1.85
Broadcast	192.168.1.255

Tabla 35. Direccionamiento IP de los equipos que integran la red.

Cortafuegos

Para poder implementar la zona desmilitarizada (DMZ) (capítulo 6.1) se utilizarán dos cortafuegos. Hay muchos fabricantes entre los que destacan Cisco, Juniper, Netgear, Barracuda o Fortinet. Se van a utilizar los cortafuegos de la serie 5500 de la compañía Cisco por ser marca líder del mercado y por ofrecer una gran fiabilidad. El modelo elegido se trata del ASA 5510 que es compatible con módulos *rack*.

Características del cortafuegos CISCO ASA 5510
Memoria de 256Mb
Usuarios ilimitados.
Rendimiento hasta 300Mbps.
50000 conexiones concurrentes.
5 puertos Fast ethernet, 2 Gigabit Ethernet.
Módulo de expansión SSM.
2 puertos USB, 2 puertos serie RJ-45, 1 puerto consola y 1 auxiliar

Tabla 36. Cortafuego CISCO ASA 5510.



Figura 31. Cortafuegos CISCO ASA 5510.

Equipo PC

En un mismo equipo se van a integrar el servidor de seguridad (integrado por el *proxy*, un antivirus y otras aplicaciones), el servidor de archivos y el servidor para la gestión del ancho de banda. Estará formado por un monitor, una torre CPU, un teclado y un ratón.

El *proxy* únicamente permitirá el acceso por parte de los usuarios a la navegación *web* (puertos para aplicaciones que trabajan con los protocolos *http* y *https*) y al servicio de FTP (puerto 21) que ofrecerá el ayuntamiento para acceder al servidor de archivos. El resto de conexiones serán rechazadas evitando así que se haga un mal uso del ancho de banda y que no se vea afectado el rendimiento general de la red.

Además, se llevará un control de aquellas páginas *web* que puedan ser potencialmente peligrosas por contener virus o archivos maliciosos y que serán bloqueadas para evitar su acceso. Las páginas que dan servicios de almacenamiento en la nube o de descarga directa como *Mega*, *Mediafire*, *4shared*, *Depositfiles* o *ZippyShare* por ejemplo, se permitirán aunque la velocidad de descarga se limitará al 50% del ancho de banda permitido, es decir a 128Kbps.

El servidor que se implementará para el *proxy* será DHCP, que utiliza el protocolo de red tipo cliente-servidor con lo que utilizará una lista dinámica de direcciones IP que irá asignando a los clientes a medida que vayan quedando libres. La norma RFC 2132 definida por IANA describe las opciones disponibles para utilizar DHCP.

También se trabajará con un antivirus bajo plataforma *Linux*, como puede ser *ClamAV* que se ejecuta desde la línea de comandos y es relativamente sencillo. Otras aplicaciones a considerar para la gestión y control de la red pueden ser: *nmap*, *software* para realizar rastreo de puertos y poder evaluar la seguridad de la red, *iptables*, que es un *firewall* y *snort*, un sistema de detección de intrusos (IDS).

El servidor de archivos se utilizará para almacenar y compartir archivos o documentos que se consideren de uso público por el ayuntamiento. Para crear el servidor se utilizará el software bajo *Linux* denominado *vsftpd* al que se le añadirá seguridad SSH para encriptar los datos relativos a usuarios y

contraseñas que se transmitan dentro de la red al compartir los archivos. Los archivos a compartir se ubicarán en el directorio /home/ftp y la configuración estará almacenada en el archivo /etc/vsftpd.conf

Por último, para la gestión del ancho de banda se utilizará RADIUS (*Remote Access Dial In User Service*). La tarea fundamental será la de controlar el acceso y limitar el ancho de banda asignado a cada usuario a 256Kb. El servicio funciona a través del puerto UDP 1812. Para la instalación utilizaremos *freeradius* combinado con la base de datos *mysql* para gestionar los clientes. El archivo de configuración estará localizado en `etc/freeradius/radius.conf`

Comandos para instalar las aplicaciones bajo una distribución Ubuntu.	
ClamAV	<code>sudo apt-get install clamav</code>
Nmap	<code>sudo apt-get install nmap</code>
Iptables	<code>sudo apt-get install iptables</code>
Snort	<code>sudo apt-get install snort</code>
Vsftpd	<code>sudo apt-get install vsftpd</code>
Freeradius	<code>sudo apt-get install mysql-client mysql-server</code> <code>sudo apt-get install phpmymadmin</code> <code>sudo apt-get install php5 php-pear php5-gd php-DB</code> <code>sudo apt-get install freeradius freeradius-mysql</code>

Tabla 37. Comandos para la instalación de las aplicaciones de seguridad.

Switch

Con los *switch* se pueden conectar los distintos elementos que conforman el CPD. Utilizaremos dos *switch* como se puede comprobar en la figura 27. El primero, ubicado dentro de la zona desmilitarizada, conectará mediante interfaz *Ethernet* los dos cortafuegos, el servidor, el *Wi2 Controller* y a ser posible, mediante otros *switch*, los departamentos administrativos y de gestión con acceso a internet del ayuntamiento, para aprovechar la protección que brinda la DMZ. El segundo *switch* conectará un cortafuegos, el punto de acceso Tp-Link y la unidad base (BU) del radioenlace PtP.



Figura 32. Cisco Catalyst 2960-CX 8 puertos.

Se ha elegido el modelo CISCO Catalyst 2960CX-8PC, por tratarse de un equipo compacto y compatible con armarios *rack* a través de un kit de montaje que se adquiere aparte. Monta un total de 8 puertos Gigabit Ethernet que son suficientes para dar conexión a todos los equipos y que dan soporte PoE para conectar equipos que utilicen dicho estándar como es el AP de Tp-Link.



Figura 33. Detalle del kit de montaje para el *switch* CISCO Catalyst.

Características del switch CISCO Catalyst 2960-CX 8PC
Soporta múltiples velocidades 100Mbps, 1Gbps, 2,5Gbps, 5Gbps (Cat5e) y 10Gbps (Cat6a).
Soporta cables tipo Cat5e y Cat6a.
Soporta tecnología PoE y PoE+ hasta 124W.
8 puertos Gigabit Ethernet.
2 módulos para ampliación 1G Cooper Plus y 2 módulos transceptor SFP para conexiones en caliente.
Soporte de redes virtuales dinámicas VLAN.

Tabla 38. Switch Cisco Catalyst 2960-CX.

Wi2 controller

Con este equipo se llevará el control y la gestión de los puntos de acceso ubicados en los distintos nodos. El controlador *Wi2* está disponible en varios modelos según la cantidad de AP que pueda administrar (10/40/200) Con el modelo *Wi2 Controller 10* es suficiente.

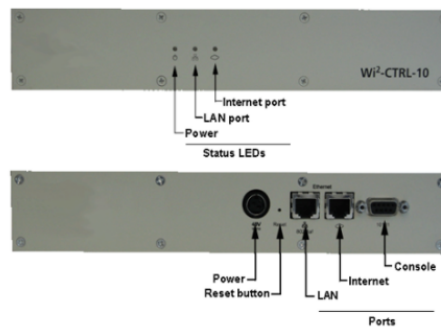


Figura 34. Conexiones del *Wi2 Controller*.

Características del <i>Wi2 Controller</i>.
Soporta instalación <i>Plug&Play</i> .
Proporciona seguridad con la autenticación de cada equipo.
Servicio de acceso de invitados.
Servicio de calidad QoS.
Servidor RADIUS integrado y OSS.
Soporte de voz.
Movilidad avanzada.
Gestión completa de la red de todos los AP (configuración, actualizaciones, portal cautivo...).

Tabla 39. *Wi2 Controller*.

Sistema de alimentación ininterrumpida (SAI)

Se hará uso de un gestor SAI para dar soporte a los equipos del CPD ante posibles caídas de la red eléctrica o picos de tensión. Se utilizará un equipo de la compañía APC de bajo consumo, el APC Pro 1500.



Figura 35. SAI APC Pro 1500.

Características del SAI APC Pro 1500.
Tiempo de recarga de la batería sobre 8 horas.
Vida útil esperada de la batería sobre 3 a 5 horas.
Consola de estado y de control en pantalla LCD.
Alarma de sobrecarga.
1 puerto RJ-45.
Conexiones para baterías de reserva.
Nivel de ruido 45 dBA.

Tabla 40. SAI APC Pro 1500.

8. Estudio de cobertura

El estudio de cobertura tendrá en cuenta que se cumplan los requisitos previstos para el caso propuesto. En primer lugar, conseguir que la señal entre los nodos de la red troncal sea óptima y supere el umbral o margen de *fading* establecido. Para determinar este umbral se ha optado por considerar la sensibilidad de recepción de los equipos, establecida por los fabricantes, como el mínimo deseado con respecto a la potencia recibida en el receptor. La sensibilidad de recepción será en todos los casos de -74dBm que es la que garantiza en todos los equipos unas tasas de 54Mbps, cumpliendo el requisito propuesto de la tabla 17 del capítulo 4.9.

También, se tiene que comprobar que la red de acceso cubra los radios de cobertura definidos en el capítulo 4.7, figura 14 y que las tasas de transmisión de bits sean aceptables para los servicios definidos en la tabla 15 del capítulo 4.8. Asimismo, se tendrán en cuenta los requisitos señalados en la tabla 6 del capítulo 3.4 derivados de la normativa legal sobre el ajuste de los equipos para el cumplimiento del p.i.r.e máximo.

Por último, se comprobará sobre cartografía que la señal WiFi da cobertura a las zonas definidas en el capítulo 4.7 (casco urbano, periferia y la playa de O Bao) y que no llega la señal al área protegida, figura 2 capítulo 2.1.

Las herramientas utilizadas para este estudio serán el *software* RadioMobile, con el que se realizará el análisis propiamente dicho y las *webs* maps.google.com y goolzoom.com, con las que determinar la localización idónea de los nodos.

8.1 RadioMobile

Para el estudio de las coberturas se utilizará el *software* RadioMobile [4], de uso gratuito, que se utiliza para la simulación de radio enlaces y coberturas dentro del rango de 20MHz a 20GHz. Se basa en el algoritmo ITS o modelo Longley-rice (Anita Longley, Phil Rice, 1968), que predice la atenuación de las señales en función de la distancia, las condiciones espaciales y temporales. Para esos cálculos tiene en cuenta la teoría del electromagnetismo, al análisis estadístico de las características del terreno y las mediciones de la radio.

El programa ha sido desarrollado a lo largo del tiempo por Roger Coudé [4] y ha alcanzado un nivel de eficacia similar a otros programas de pago. Permite realizar cálculos y obtener todos los datos necesarios para poder comprobar la efectividad de las simulaciones planteadas, se ayuda de la utilización de distintas fuentes de datos de cartografía y del SRTM descargado desde *Shuttle Radar Terrain Mapping Mission* proporcionado por la NASA.

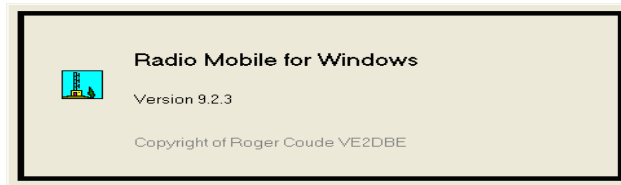


Figura 36. RadioMobile para Windows.

Facilita muchos detalles como los perfiles entre dos puntos donde aparecen los datos de elevación, las zonas de Fresnel, la altura de la antena, el nivel de señal en cualquier punto a lo largo de la trayectoria indicada, la atenuación de la señal, etc. Se harán dos simulaciones de cobertura, una para determinar el alcance entre los nodos que componen la red troncal y otra para comprobar la cobertura de los puntos de acceso WiFi que ofrece internet a los usuarios finales.

8.2 Simulación para la red troncal WiMAX

Para proceder al análisis de la cobertura se realizará una estimación del nivel de la señal recibida entre los distintos enlaces para comprobar la operatividad del modelo y que cumple con los requisitos definidos. Para el cálculo se tendrán en cuenta los siguientes parámetros de la red.

Potencia transmitida (P_{TX})	Este valor se puede encontrar en las fichas de <i>datasheets</i> de los equipos.
Ganancias (G_{TX} y G_{RX})	De las antenas del transmisor y del receptor, el valor se encuentra en las <i>datasheets</i> .
Pérdidas por cable L_c	Pérdidas provocadas por el cable utilizado en los equipos de transmisión y recepción. Al trabajar con antenas integradas las pérdidas correspondientes a la sección de cable entre el equipo transmisor y el receptor no existirán. Para las pérdidas provocadas por los conectores u otros dispositivos se tomará un valor de 0,5 dB.
Atenuación por espacio libre (L_{FS})	Se calcula como $20 \log \left(\frac{4\pi d}{\lambda} \right)$, donde 'd' es la distancia entre el transmisor con el receptor y ' λ ' es la longitud de onda para la frecuencia seleccionada. La longitud de onda se calcula como $\lambda = \frac{c}{f}$ con $c = 3 \cdot 10^8 m/s$ (velocidad de la luz) y 'f' la banda de frecuencia.
Banda de frecuencia (f)	Es el rango de la banda libre, que por normativa legal se establece para su uso en exteriores entre 5470 y 5725MHz.
Distancia entre nodos (d)	Distancia del enlace medida en metros.
Sensibilidad de recepción (S_{RX})	Indica la cantidad de señal en dBm que debería de recibir el equipo para poder trabajar correctamente a una determinada velocidad de transmisión en Mbps. Es un valor determinante para poder aprovechar la máxima capacidad del ancho de banda. Este valor se puede encontrar en las <i>datasheets</i> de los equipos en forma de tablas donde se enfrentan tasa de bits con sensibilidad en función de la modulación utilizada. Para una conexión estándar de 54Mbps se suelen utilizar valores en torno a los -74 dBm.
Margen de fading (M)	Se calcula como $M = P_{RX} - S_{RX}$, garantiza la cobertura óptima. No es suficiente que la señal en el receptor alcance o supere ligeramente la sensibilidad de recepción pues siempre hay factores adversos no contemplados inicialmente, como puede ser la lluvia, que pueden generar pérdidas en la señal y hacer que esta no llegue con la potencia necesaria. Normalmente con un margen igual o superior a 10 dB se considera una conexión óptima.
Potencia recibida (P_{RX})	Se obtiene aplicando la fórmula: $P_{RX}(dBm) = P_{TX}(dBm) + G_{TX}(dBi) + G_{RX}(dBi) - L_{c(TX+RX)}(dB) - L_{FS}(dB)$

Tabla 41. Parámetros a tener en cuenta para la simulación de la red WiMAX.

Además de estos parámetros se tendrá en cuenta lo que establece la normativa UN-128 sobre emisiones de señales para retransmisiones WiMAX que

indica que no se puede superar un p.i.r.e de 1W ó 30dBm y la norma UN-85 sobre WiFi que lo limita a 100mW ó 20dBm (tabla 6 del capítulo 3.4).

	Potencia transmisión	Ganancia antena	Pérdidas cable	p.i.r.e.
Red WiMAX				
BS	21 dBm	15 dBi	-0,5 dB	35,5 dBm
CPE	21 dBm	21 dBi	-0,5 dB	41,5 dBm
Radioenlace	24 dBm	23 dBi	-0,5 dB	46,5 dBm
Red WiFi				
AP Wi2	20 dBm	8 dBi	-0,5 dB	28,5 dBm
AP Tp-link	20 dBm	5 dBi	-0,5 dB	24,5 dBm

Tabla 42. P.i.r.e. de cada equipo.

El p.i.r.e. resultante es muy superior al permitido por la normativa, por lo que se procede al ajuste de los equipos, manteniendo el valor de las ganancias de las antenas. Los ajustes se realizarán en pasos de 1dBm tal como indican los *datasheets* de los equipos.

	Potencia transmisión ajustada	Tipo de antena	Ganancia antena	Altura	p.i.r.e. ajustado normativa
Red WiMAX					
BS	15 dBm	Omnidireccional, 3 sectoriales de 120°	15 dBi	12	29,5 dBm
CPE	9 dBm	Direccional	21 dBi	*	29,5 dBm
Radioenlace	7 dBm	Direccional	23 dBi	12	29,5 dBm
Red WiFi					
AP Wi2	12 dBm	Omnidireccional	8 dBi	*	19,5 dBm
AP Tp-link	15 dBm	Omnidireccional	5 dBi	11	19,5 dBm

Tabla 43. P.i.r.e. de cada equipo ajustada a normativa vigente.

Ahora, se procede al cálculo de la potencia recibida y el margen de fading estimado que deberían de cubrir los requisitos.

Enlace	Distancia	p.i.r.e. ajustado	Ganancia RX	Atenuación espacio libre	Potencia recibida estimada	Sensibilidad	Margen fading estimado
Red troncal primaria radioenlace PtP							
Ayuntamiento - BS O Piorno	750m	29,5 dBm	23 dBi	104,7dB	-52,2 dBm	-74 dBm	21,8 dBm
Red troncal secundaria PMP							
BS Revolta -	1050m	29,5 dBm	21 dBi	107,62dB	-57,1 dBm	-74 dBm	16,9 dBm
BS Regueiro -	360m	29,5 dBm	21 dBi	98,33dB	-47,8 dBm	-74 dBm	26,2 dBm
BS Lagartiño -	310m	29,5 dBm	21 dBi	97,02dB	-46,5 dBm	-74 dBm	27,5 dBm
BS Avda. da Ponte 1 -	360m	29,5 dBm	21 dBi	98,33dB	-47,8 dBm	-74 dBm	26,2 dBm
BS Avda. da Ponte 2 -	900m	29,5 dBm	21 dBi	106,29 dB	-55,8 dBm	-74 dBm	18,2 dBm
BS - Playa do Bao	1630m	15 dBm	21 dBi	111,44dB	-60,9 dBm	-74 dBm	13,1 dBm

Tabla 44. Potencia recibida y margen de fading estimado.

Se comprueba que los márgenes de fading de todos los enlaces superan los 10dBm de forma holgada, incluso el nodo más alejado se queda en 13 dBm garantizando la operatividad de la red.

Tras los cálculos previos se procede a llevar a cabo la simulación a través de *RadioMobile*. Es necesario definir los sistemas que se van a utilizar en el modelo de simulación. Hay que decidir de cuántos sistemas está compuesto el modelo. Se establece que hay cinco sistemas, los correspondientes para la estación base BS, los equipos suscriptores, los puntos de acceso WiFi de los módulos Wi2, el radioenlace PtP y para el punto de acceso ubicado en el ayuntamiento.

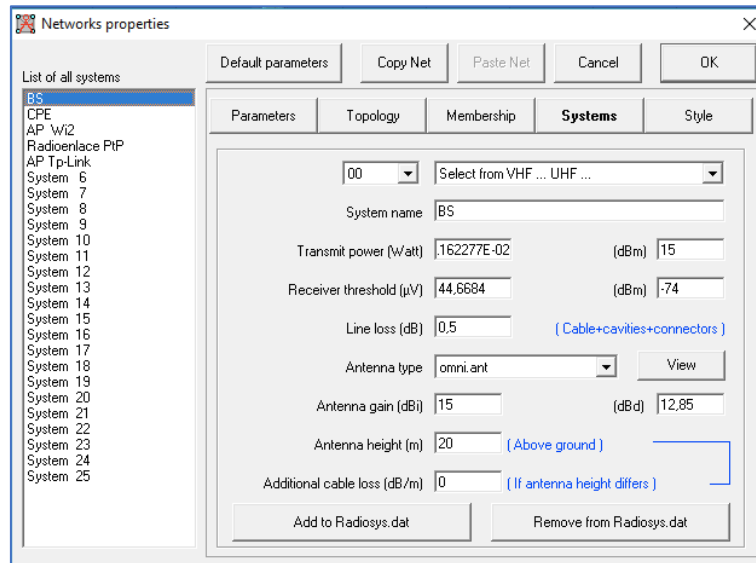


Figura 37. Configuración de los sistemas en RadioMobile.

También se tienen que establecer las relaciones de rol que mantienen entre sí los nodos, relaciones que se definen como maestro, que proporciona comunicación a otro nodo, y esclavo. Para la red troncal primaria PtP se indica como maestro el ayuntamiento y como esclavo O Piorno. Para la red secundaria PMP se establece como equipo maestro la BS de O Piorno y como esclavos todos los equipos suscriptores.

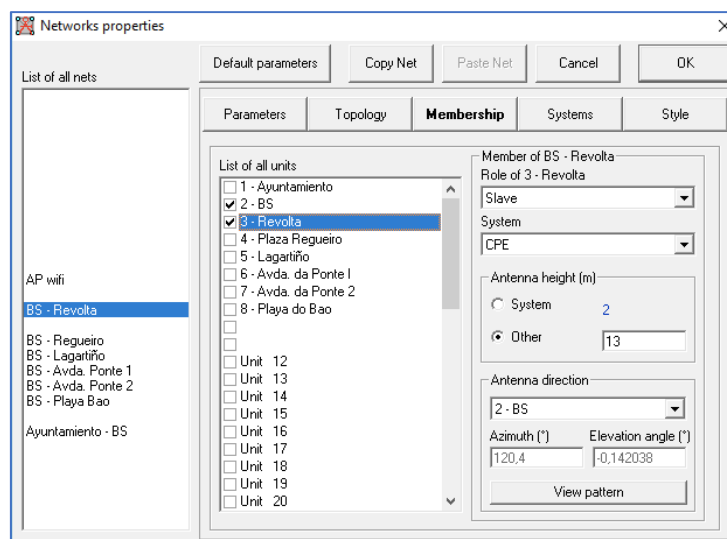


Figura 38. Configuración de los miembros con sus roles en RadioMobile.

Realizado el simulacro se obtiene el siguiente resultado (figura 39), donde el color de las líneas que forman los enlaces indica el nivel de señal. El color verde confirma que el nivel de recepción supera el margen de *fading* mínimo de 10 dBm.

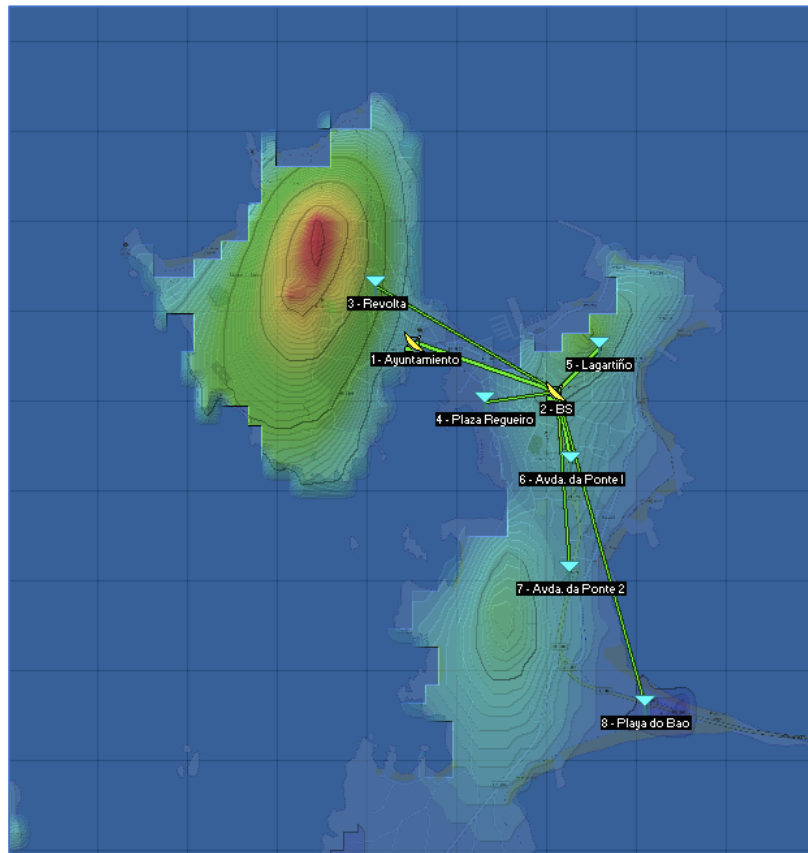


Figura 39. Red troncal WiMAX con RadioMobile.

Se puede comprobar la correcta cobertura polar de la señal de la red troncal primaria en ambas direcciones.

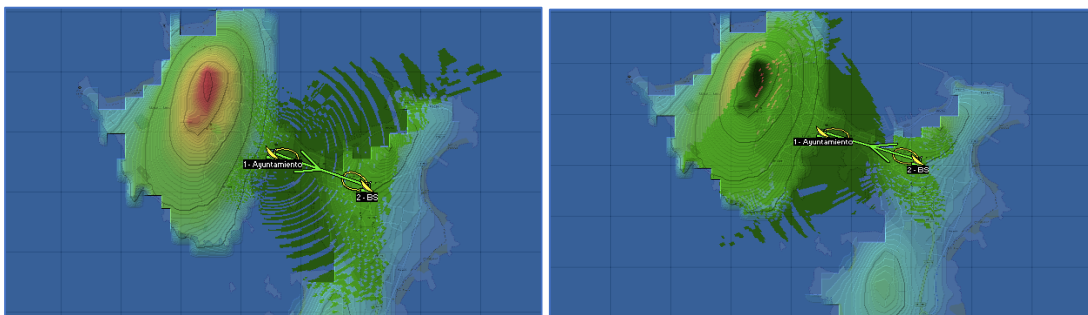


Figura 40. Cobertura ayuntamiento hacia la BS y BS hacia ayuntamiento.

Asimismo, se puede comprobar la cobertura polar de la red troncal secundaria desde el nodo ubicado en O Piorno hacia los equipos suscriptores (figura 41). Se observa como se logra cubrir toda la isla sin que se aprecien sombras importantes, salvo la que se origina en la zona oeste debido a la presencia de un promontorio en la zona de O Monte.

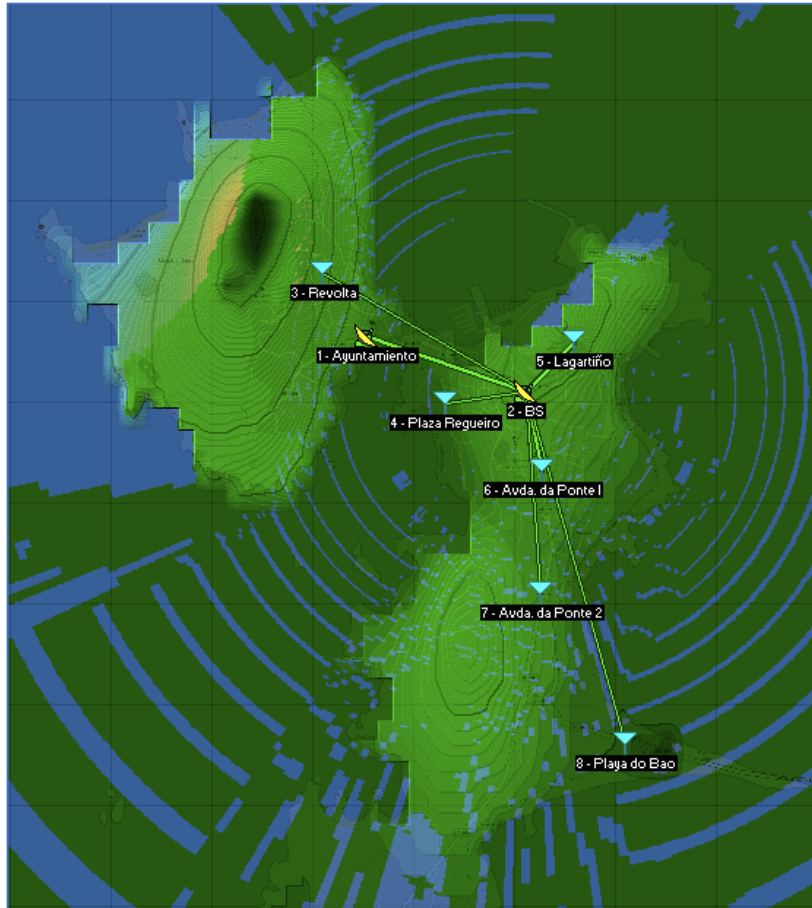


Figura 41. Cobertura polar de la red troncal secundaria.

8.3 Análisis de resultados por RadioLink

En las siguientes capturas se presentan los perfiles de cada enlace. En la parte superior aparecen los resultados radioeléctricos de propagación como: el azimut con que está orientada la antena, las pérdidas en el espacio libre, el peor ángulo de Fresnel para ese enlace, la distancia del enlace o el margen de *fading*. En la parte inferior se observa el perfil orográfico junto con datos relativos al nodo receptor y transmisor, como: la potencia de transmisión, la ganancia y altura de las antenas, etc.

El nivel de cobertura de señal se obtiene en función del código S que indica el margen de maniobra sobre el umbral de sensibilidad del receptor. El código S se determina en función de los valores del margen de *fading*, cuánto mayor es este, el nivel de S aumenta y en consecuencia mejora la cobertura. Los valores óptimos serán aquellos cuyo valor del código S supere el nivel S9. Se comprueba que todos los perfiles analizados superan ese nivel, lo que indica que la cobertura de los enlaces es la mejor posible.

Radioenlace Ayuntamiento – BS O Piorno

Para este enlace de 750m se obtienen, en el transmisor y en el receptor un nivel de calidad de la señal de S9+30. El nivel de recepción es de 60dBm con lo que se supera en 14dB el umbral de sensibilidad establecido.

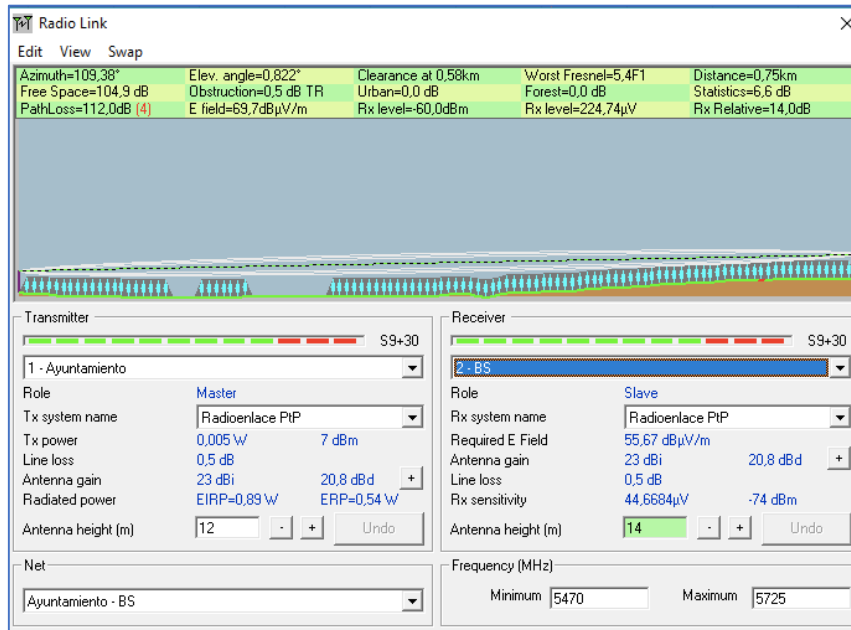


Figura 42. Radioenlace Ayuntamiento – O Piorno.

Enlace BS O Piorno – Revolta

Este enlace cubre una distancia de 1.050m y se obtienen, un nivel de calidad de la señal de S9+20 en el transmisor y de S9+30 en el receptor. El nivel de recepción es de 62dBm con lo que se supera en 12dB el umbral de sensibilidad establecido.

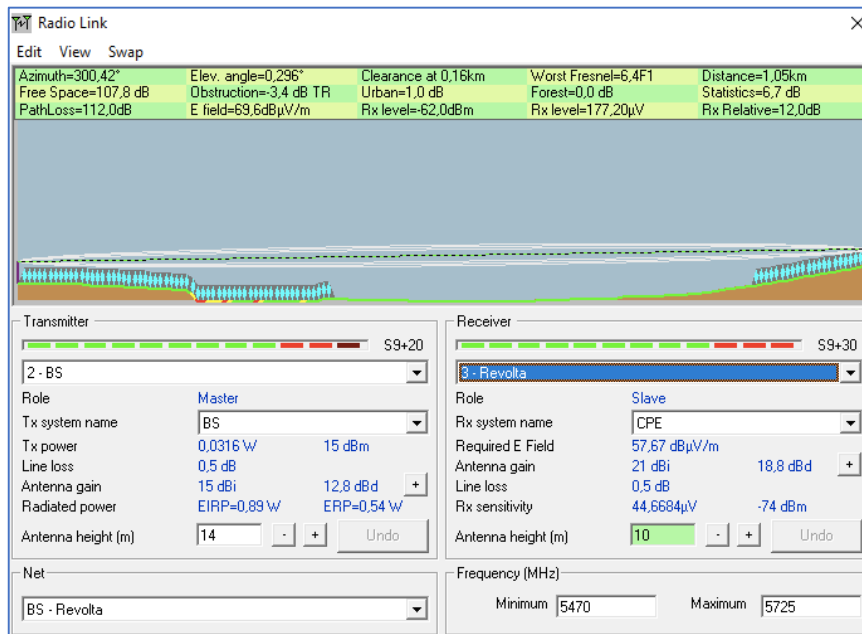


Figura 43. Radioenlace O Piorno – Revolta.

Enlace BS O Piorno – Regueiro

Con 360m de distancia se obtienen, en el transmisor un nivel de calidad de la señal de S9+30 y en el receptor de S9+40. El nivel de recepción es de 54,6dBm con lo que se supera en 19,4dB el umbral de sensibilidad establecido.

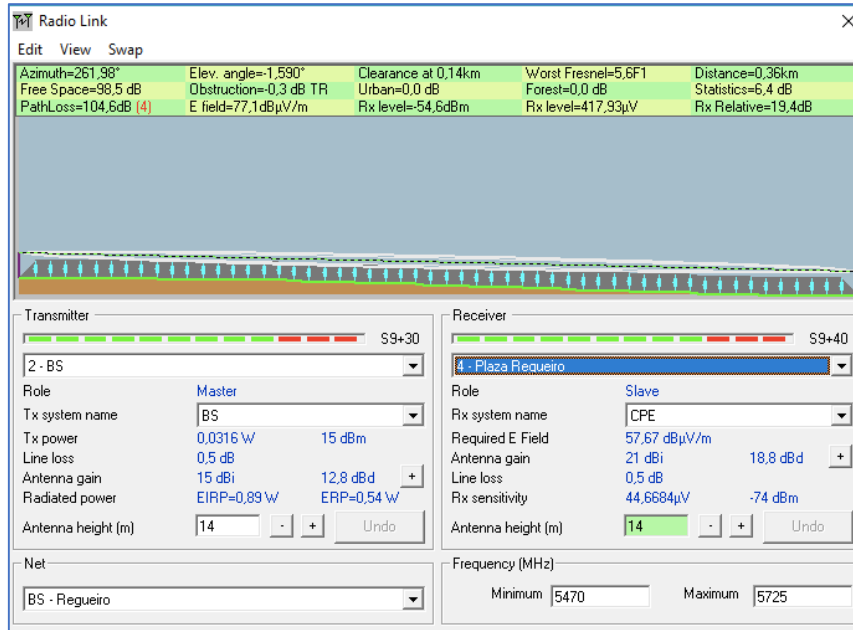


Figura 44. Radioenlace O Piorno – Regueiro.

Enlace BS O Piorno – Lagartiño

Para este enlace de 310m se obtienen, en el transmisor y en el receptor un nivel de calidad de la señal de S9+40. El nivel de recepción es de 50dBm con lo que se alcanza un margen de *fading* de 24dB.

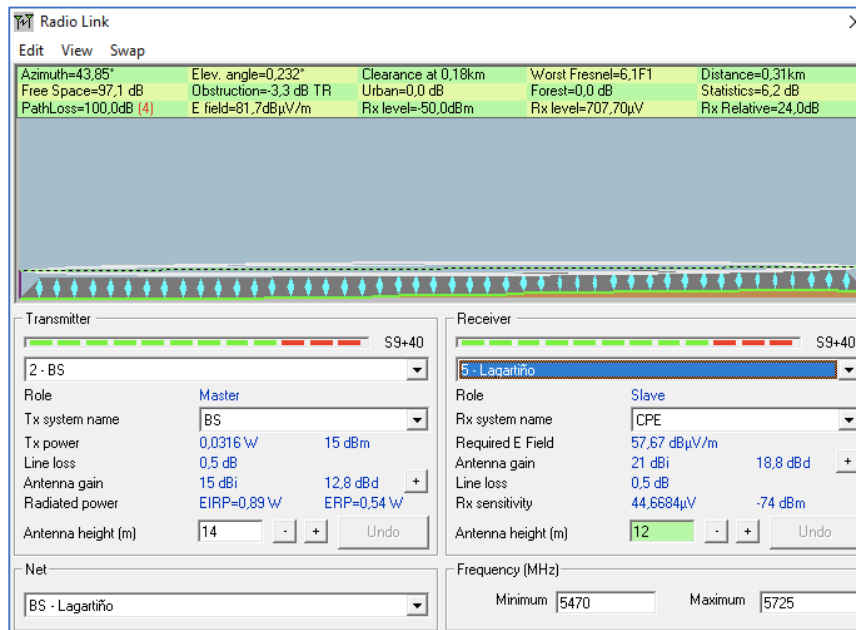


Figura 45. Radioenlace O Piorno – Lagartiño.

Enlace BS Piorno – Avda. da Ponte 1

Se obtienen, en el transmisor y en el receptor un nivel de calidad de la señal de S9+40. El nivel de recepción es de 49,7dBm con lo que se supera en

24,3dB el umbral de sensibilidad establecido para este enlace de 360m. de longitud.

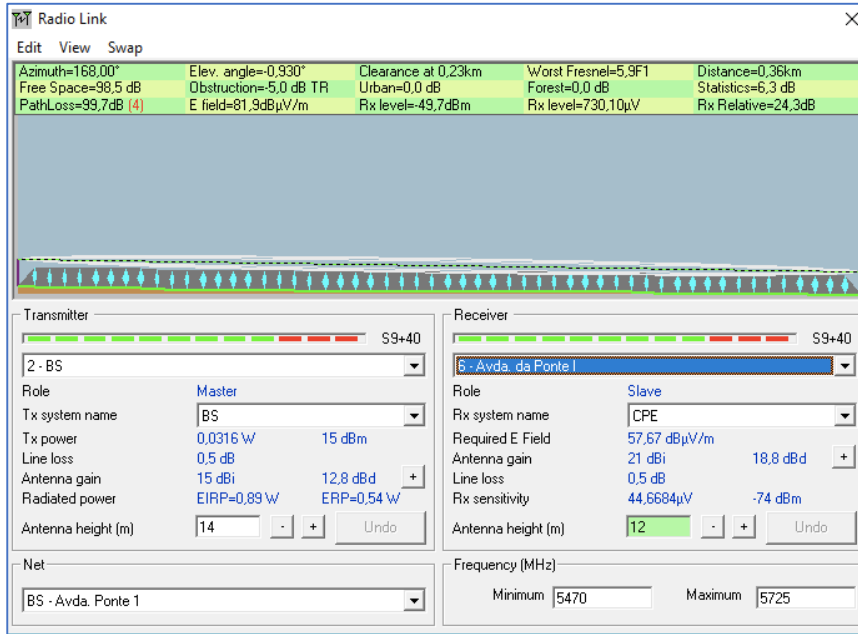


Figura 46. Radioenlace O Piorno – Ponte 1.

Enlace BS Piorno – Avda. da Ponte 2

Este enlace de 900m consigue un nivel de calidad de la señal en el transmisor de S9+30 y en el receptor de S9+40. El nivel de recepción es de 57,4dBm con lo que se supera en el umbral de sensibilidad en 16,6dB.

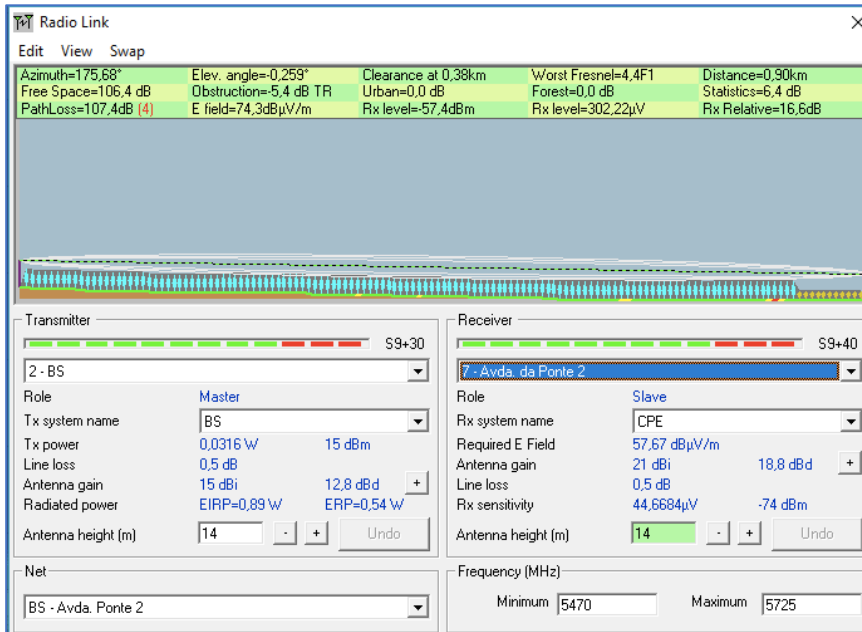


Figura 47. Radioenlace O Piorno – Ponte 2.

Enlace BS Piorno – Playa do Bao

Para el último enlace de 1630m da un resultado de S9+20 en el transmisor y en el receptor de S9+30. El nivel de recepción es de 62,5dBm con lo que se alcanza un margen de *fading* de 11,5dB, más que suficiente.

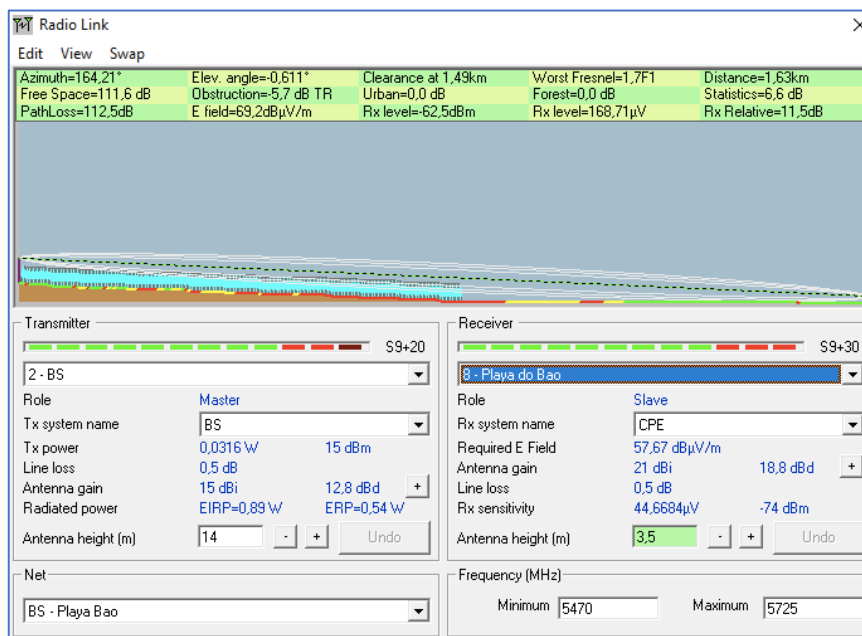


Figura 48. Radioenlace O Piorno – Playa do Bao.

Ahora se pueden comparar los datos obtenidos tras la simulación con los estimados anteriormente. Se puede comprobar que los cálculos han sido bastante acertados y que los valores teóricos son muy próximos a los reales.

Enlace	p.i.r.e. ajustado	Potencia recibida estimada	Margen fading estimado	Potencia recibida	Margen fading
Ayuntamiento - BS O Piorno	29,5 dBm	-52,2 dBm	21,8 dB	-60 dBm	14 dB
BS - Revolta	29,5 dBm	-57,1 dBm	16,9 dB	-62 dBm	12 dB
BS - Regueiro	29,5 dBm	-47,8 dBm	26,2 dB	-54,6 dBm	19,4 dB
BS - Lagartiño	29,5 dBm	-46,5 dBm	27,5 dB	-50 dBm	24 dB
BS - Avda. da Ponte 1	29,5 dBm	-47,8 dBm	26,2 dB	-49,7 dBm	24,3 dB
BS - Avda. da Ponte 2	29,5 dBm	-55,8 dBm	18,2 dB	-57,4 dBm	16,6 dB
BS - Playa do Bao	15 dBm	-60,9 dBm	13,1 dB	-62,5 dBm	11,5 dB

Tabla 45. Comparativa de los valores estimados con los obtenidos.

Con los datos obtenidos se pueden asegurar las tasas de transmisión definidas en los requisitos previos. Así, para el radioenlace troncal primario se

garantiza con un margen de *fading* de 14dBm una velocidad de 200Mbps tal como indica la *datasheet* del equipo Alvarion Breeze Ultra P6000.

Para el resto de enlaces, que utilizan suscriptores Alvarion Breeze Access, también se garantiza la velocidad máxima de 54Mbps con una modulación a nivel 8 en canales de 10Hz y una sensibilidad de -74dBm de recepción.

	Distancia	Atenuación en espacio libre	Potencia de recepción	Margen de fading	Código S en transmisor	Código S en receptor
Ayuntamiento – BS O Piorno	750m	104,9 dB	60 dBm	14 dB	S9+30	S9+30
BS - Revolta	1050m	107,8 dB	62 dBm	12 dB	S9+20	S9+30
BS - Regueiro	360m	98,5 dB	54,6 dBm	19,4 dB	S9+30	S9+40
BS - Lagartiño	310m	97,1 dB	50 dBm	24 dB	S9+40	S9+40
BS – Ponte 1	360m	98,5 dB	49,7 dBm	24,3 dB	S9+40	S9+40
BS – Ponte 2	900m	106,4 dB	57,4 dBm	16,6 dB	S9+30	S9+40
BS – O Bao	1630m	111,6 dB	62,5 dBm	11,5 dB	S9+20	S9+30

Tabla 46. Resumen de resultados obtenidos en los enlaces de la red troncal.

Se comprueba que los márgenes de *fading* son lo suficientemente altos como para garantizar una cobertura óptima incluso en caso de que se produzcan situaciones adversas como inclemencias meteorológicas.

8.4 Simulación para la red de acceso WiFi

Para el estudio de cobertura de la red WiFi se procede del mismo modo que en caso anterior, a través del software RadioMobile. Se utilizan los puntos de acceso del equipo modular Alvarion Wi2 y para el caso particular del nodo del ayuntamiento el punto de acceso Tp-Link que está conectado directamente al *switch* ubicado en las dependencias municipales. Los puntos de acceso trabajan en la banda de frecuencia de 2400-2483MHz.

Para realizar la cobertura se tiene en cuenta que la sensibilidad de recepción en los terminales móviles alcance -74dBm. Del mismo modo que se hizo con el estudio WiMAX hay que ajustar la p.i.r.e. para que no supere el máximo permitido por la ley indicado en la norma UN-85 que lo fija en 100mW o 20dBm (Capítulo 3.4).

	Potencia transmisión	Ganancia antena	Pérdidas línea	p.i.r.e.	Potencia ajustada	p.i.r.e. ajustado
Alvarion Wi2	20dBm	8dBi	0,5dB	27,5dBm	12dBm	19,5dBm
Tp-link EAP-110-Outdoor	20dBm	5dBi	0,5dB	24,5dBm	15dBm	19,5dBm

Tabla 47. P.i.r.e. de cada punto de acceso ajustado a la normativa vigente.

Es necesario configurar los sistemas específicos para puntos de acceso en el apartado de *Systems* (figura 49). Para ello se introducen los datos de potencia de transmisión de cada equipo y la ganancia de la antena. También será necesario especificar la banda de frecuencia, entre 2400 y 2483MHz, en la que trabaja la tecnología WiFi, la topología empleada, es decir, tipo clúster o de racimo multipunto, diferenciando nodos y equipos terminales y por último, seleccionar todos los componentes que integran esta red de acceso especificando el rol para cada uno.

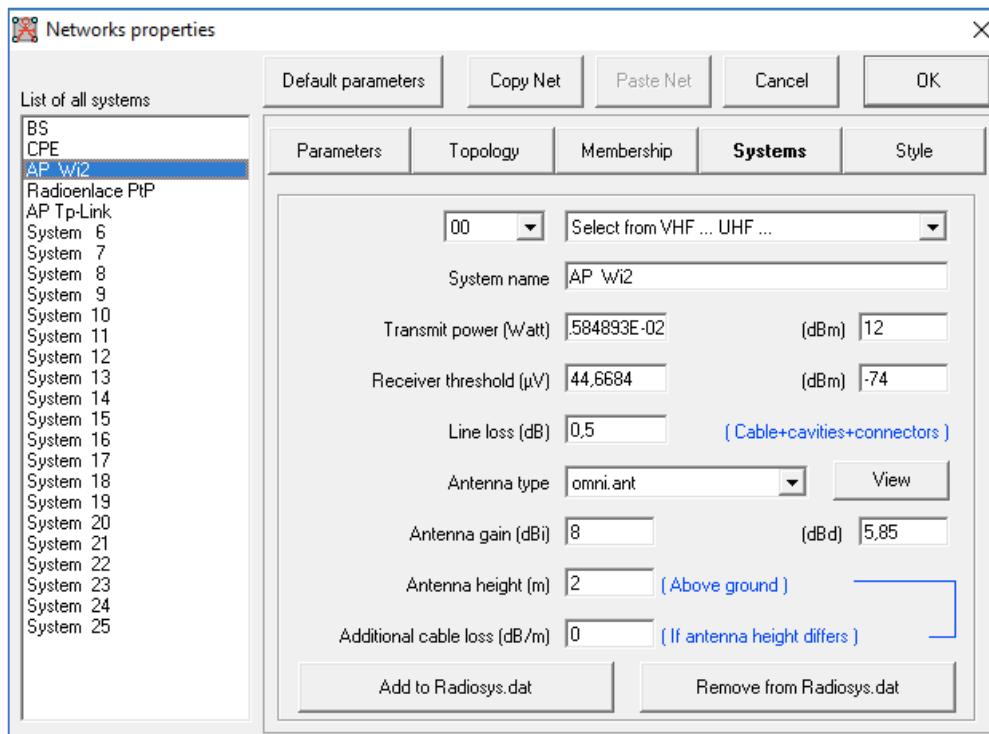


Figura 49. Configuración de los sistemas para los puntos de acceso.

El *datasheet* de los equipos Alvarion Wi2 muestra que para el estándar 802.11g y una modulación con una sensibilidad de recepción de -70dBm se consigue una tasa de velocidad de 54Mbps y con un estándar 802.11b a una sensibilidad de -91dBm una velocidad de 11Mbps. Para el equipo Tp-link utilizado en el ayuntamiento con una sensibilidad de -74dBm se garantiza para el estándar 802.11n una velocidad de 300Mbps y de 54Mbps para el 802.11g, con lo que se cubren los requisitos establecidos inicialmente.

En este caso la simulación se realiza a través de cobertura polar que facilita la comprobación de la señal sobre el mapa, pues calcula el área de cobertura de cada nodo WiFi para un receptor específico a una distancia determinada realizando un barrido radial. Se ha utilizado un único color para ver de forma más clara la zona que logra cubrir cada nodo.

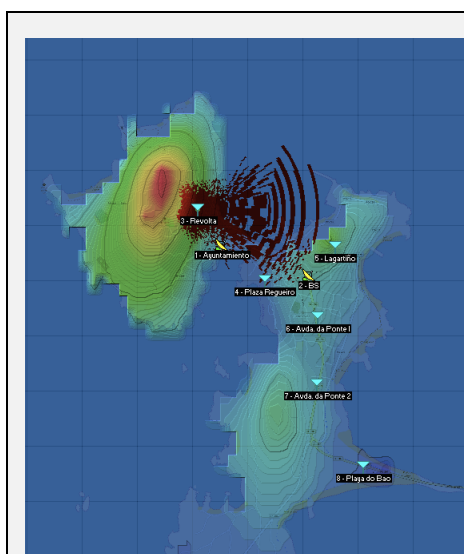


Figura 50. WiFi en A Revolta.

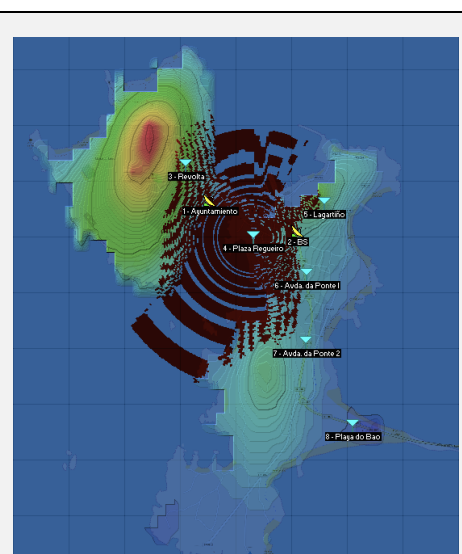


Figura 51. WiFi en Praza Regueiro.

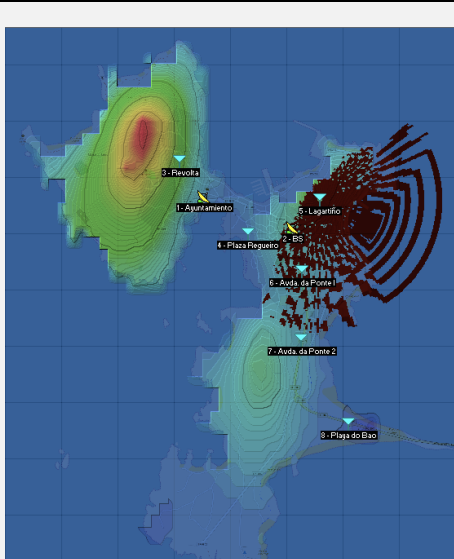


Figura 52. WiFi en Lagartiño.

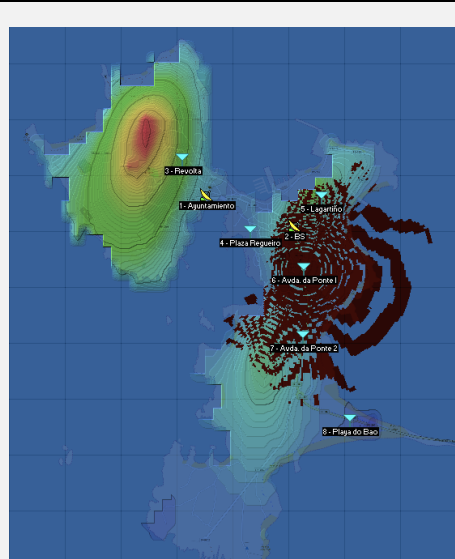


Figura 53. WiFi en Avda. da Ponte 1.

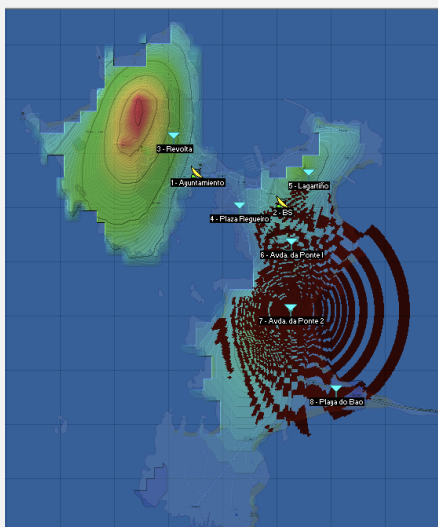


Figura 54. WiFi en Avda. da Ponte 2.

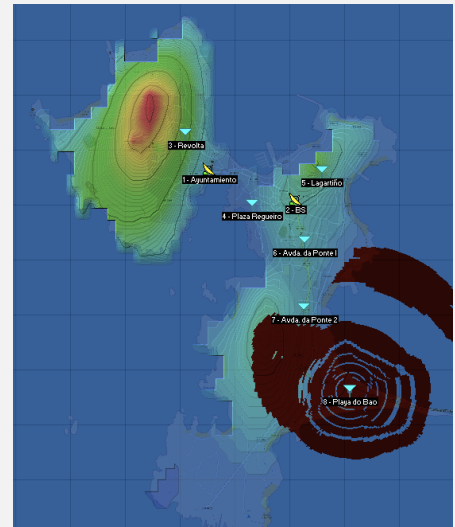


Figura 55. WiFi en Playa do Bao.

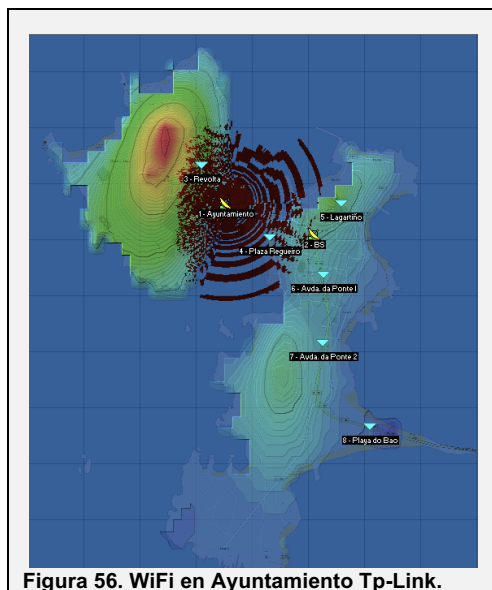


Figura 56. WiFi en Ayuntamiento Tp-Link.

En las anteriores figuras se puede comprobar sobre el propio mapa que todos los nodos cubren holgadamente las áreas establecidas inicialmente (Capítulo 4.7), con lo que se logra el objetivo de dar acceso a internet en todas las zonas definidas al inicio del proyecto.

A continuación, se muestra sobre un callejero urbano la cobertura de la señal WiFi. Se comprueba que da cobertura a todas las calles y espacios públicos.



Figura 57. Detalle de cobertura en el casco urbano.

Para evitar las interferencias que se puedan producir por el solapamiento de las señales que emiten los distintos nodos AP se van a configurar los canales siguiendo el patrón utilizado en Europa 1-5-9-13 (capítulo 5.2).

Zona	Asignación canales Wi-fi
Ayuntamiento	5
Revolta	1
Regueiro	9
Lagartiño	13
Avda. da Ponte I	1
Avda. da Ponte II	5
Playa do Bao	9

Tabla 48. Configuración de los canales WiFi.

Como conclusión, se puede afirmar que se garantiza el acceso a internet en todo el municipio incluyendo la zona principal de playas y donde la zona protegida (sur de la isla) queda libre de emisiones, tal como se había establecido en los requisitos iniciales.

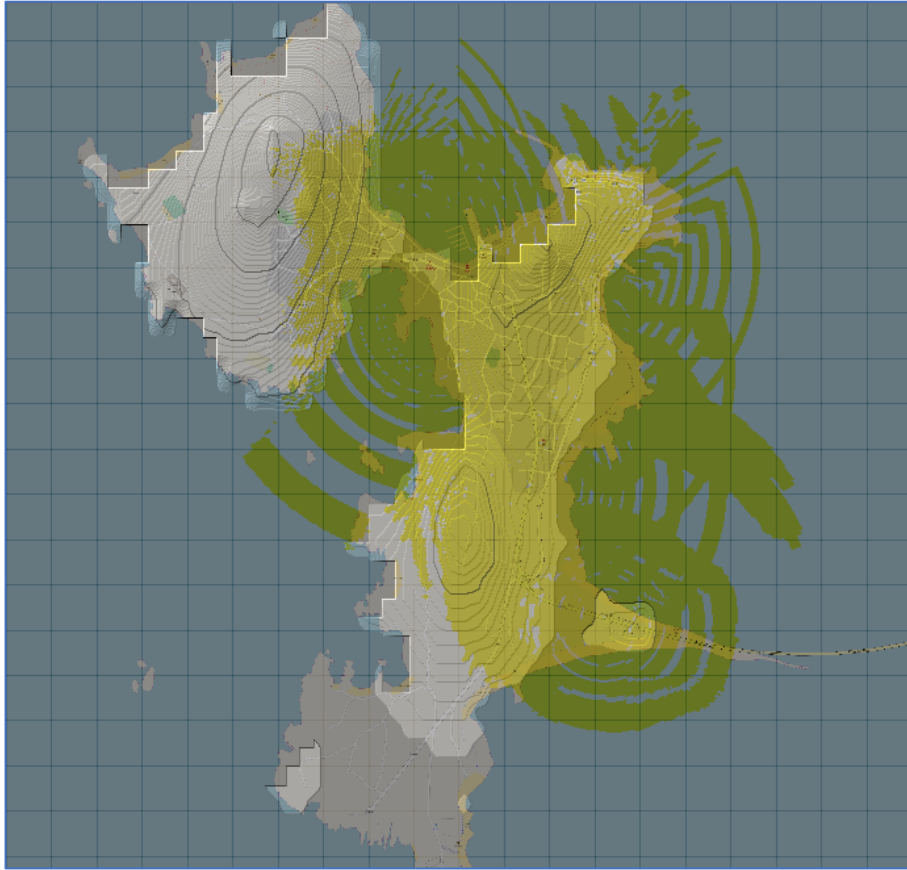


Figura 58. Cobertura WiFi en el municipio, incluida la zona de playas.

9. Viabilidad económica

Con el siguiente presupuesto se analiza la viabilidad económica del proyecto. Los equipos tienen un valor aproximado, pues como se sabe todo lo relacionado con la tecnología tiene una valoración muy volátil y varía con mucha frecuencia a lo largo del tiempo. El coste relativo a la prestación ofrecida por el proveedor de servicios de internet no se tendrá en cuenta, normalmente supone un coste mensual. Los precios de los equipos han sido obtenidos a fecha de 24 de noviembre de 2017, algunos en divisa US\$ que han sido convertidos a EUR.

El COITT [10] no publica los baremos orientativos de honorarios pues la directiva europea especifica que los honorarios son libres y tienen que responder al libre acuerdo entre el profesional y el cliente. Es por ello que, para la mano de obra y el estudio de ingeniería se ha tenido como ejemplo un presupuesto real. A su vez, se ha considerado trabajar con dos técnicos para la instalación y configuración de los equipos, empleando un total de 10 días laborales que implica 80 horas por trabajador y un coste de 40 euros por hora.

Los precios de los equipos se han obtenido a través de las siguientes plataformas de compra:

- Los equipos de Alvarion en <http://gictronics.com> (US\$ convertida a EUR a fecha 24 de noviembre).
- El armario Rack y el equipo SAI en www.apc.com
- El resto de productos en www.amazon.com

9.1 Presupuesto

Concepto	Cantidad	Precio	Total
Equipamiento de red			
Estación base Alvarion Breeze Access VL - BS-SH-VL AU-D-BS	1	3.870,00	3.870,00
CPE Alvarion Breeze Access VL - SU-A-FF-54-BD-VL	6	860,00	5.160,00
Punto de acceso Alvarion Breeze Access Wi2	6	700,00	4.200,00
Radioenlace PtP Alvarion BreezeUltra P6000 (incluye BU y RB)	1	4.820,00	4.820,00
Punto de acceso Tp-link EAP110-Outdoor	1	44,00	44,00
Subtotal			18.094,00
Equipamiento CPD			
Armario Rack APC 13U	1	664,00	664,00
Router Proveedor de servicios de internet	1	0	0
Firewall CISCO ASA 5510 edition bundle	2	1.452,00	2.904,00
Switch CISCO Catalyst 2960CX-8PC	2	733,00	1.466,00
Kit de montaje rack para switch CISCO RCKMNT-19-CMPCT	2	46,00	92,00
Wi2 Controller 10	1	1.990,00	1.990,00
Subtotal			7.116,00
Servidor			
Monitor 21' BenQ GW2270H - Monitor LED 1920x1080 Full HD	1	108,00	108,00
CPU Intel i7 4,2Ghz, 16Gb RAM, HDD 1TB Sata3, SSD 240Gb	1	919,00	919,00
Teclado y ratón inalámbrico Logitech MK220	1	18,00	18,00
Subtotal			1.045,00
Varios			
Cable Ethernet UTP cat6 bobina de 100m RJ45 AWG24, 100% cobre	1	34,00	34,00
SAI APC Pro 1500	1	520,00	520,00
Cableado eléctrico, regletas, conectores y varios (estimación)	1	500,00	500,00
Caja estanca para estación base con branquias de ventilación IP67	1	50,00	50,00
Mano de obra	160	40,00	6.400,00
Diseño proyecto	100	40,00	4.000,00
Subtotal			11.504,00
Total			37.759,00

Tabla 49. Presupuesto

Al presupuesto hay que añadirle el coste mensual del acceso a internet que ofrece el ISP. Se ha optado por Movistar por ofrecer la mejor cobertura y un menor coste durante el primer año, al finalizar este periodo el ayuntamiento tiene la opción de renovar o cambiar a otro proveedor.

Todos los operadores consultados ofrecen el alta y el *router* gratis, así como llamadas ilimitadas con fijos. La oferta de R no se ha tenido en consideración al no ser fibra simétrica, tampoco otros operadores como PepePhone por no disponer todavía del servicio de 300Mbps.

Proveedor	Servicio	Tarifa mensual	Cuota de línea	Cuota mensual	Total primer año	Total anual sin promoción
Movistar	Fibra simétrica 300Mbps (oferta online)	31,90 (12m) 50,00	0,00	50,00	382,80	600
Vodafone	Vodafone Fibra 300Mb	27,90 (12m) 31,85	18,15	50,00	552,60	600
YoiGo	La de casa 300	28,00 (3m) 45,00 eur	0,00	45,00	489,00	540
MásMóvil	Fibra simétrica 300Mb	25,00 eur	19,99 eur	44,99	539,88	539,88
Orange	Fibra 300Mb	26,95 eur	18,15 eur	45,10	541,20	541,20
R	Combo 350 (no simétrica)	29,00 (6m) 56,00 eur	0,00	56,00	510,00	672,00

Tabla 50. Tarifas de proveedores de fibra óptica.

9.2. Financiación

El importe total del presupuesto asciende a 37.759 EUR lo que no debería de ser un problema para las arcas municipales y confirma la viabilidad económica del proyecto. De todos modos, se recomienda al ayuntamiento solicitar la subvención que ofrece la comisión europea, denominada WiFi4EU [11], para financiar el proyecto.

Estas subvenciones están destinadas a promover la conectividad WiFi en espacios públicos como: parques plazas, calles, edificios oficiales, centros de salud, muros, bibliotecas, etc. *“Que todo el mundo pueda beneficiarse de la conectividad implica que no debe importar ni dónde vives ni cuanto ganas. Así pues, hoy proponemos dotar a cada pueblo y cada ciudad de Europa de acceso inalámbrico gratuito a internet en torno a los principales centros de la vida pública de aquí a 2020”* [12].

El sistema WiFi4EU se encarga de financiar el material y los costes de instalación (incluye los puntos de acceso a internet) y el ayuntamiento únicamente tiene que costear la suscripción a internet y el mantenimiento del material durante al menos tres años.

La solicitud de estas ayudas se hace a través de procedimientos sencillos como la solicitud online o el pago mediante bonos y no implica requisitos de control severos. Los proyectos se irán adjudicando por orden de llegada y la primera convocatoria está prevista para finales de 2017 o principios de 2018. El programa cuenta con un presupuesto de 120 millones de euros a repartir entre los años 2017 y 2019.

10. Conclusiones

Tras la ejecución del proyecto se puede afirmar que se logra dar cobertura a todo el municipio de A Illa de Arousa y de este modo, ofrecer a todos los vecinos el acceso gratuito a internet tal como se había establecido en los objetivos iniciales.

Económicamente no supone una gran inversión e incluso puede ser financiado con ayudas públicas o subvenciones [10]. A nivel de infraestructura su ejecución es asumible gracias al uso de la combinación de las tecnologías inalámbricas desarrolladas y no es necesario una ejecución de obra tan amplia como en el caso de un modelo cableado (zanjas, obra civil, etc.).

En la ejecución del proyecto se han encontrado algunas dificultades técnicas, como que al tratarse de un área de actuación bastante llana hizo necesario ubicar los equipos transmisores y receptores de la red troncal a una cierta altura para poder superar pequeñas elevaciones del terreno que llegaban a provocar sombras de cobertura. Por ello, se optó por ubicarlos en fachadas o azoteas de edificios aun pudiendo conllevar un coste, como podría ser el alquiler por el espacio ocupado, pero aun así sería preferible al uso de postes cuya altura podría ser excesiva para utilizar en un casco urbano.

Otro inconveniente que se ha observado fue la necesidad de ubicar el CPD y la estación base en lugares diferentes. El ayuntamiento se encuentra en la zona más baja de la isla, lo que significa que si la estación base se ubicara aquí los barrios exteriores del casco urbano y las playas quedarían fuera del rango de cobertura de la señal. Este fue el motivo por el que se tuvo en cuenta ejecutar el radioenlace PtP entre el ayuntamiento y el Piorno, ya que este último está ubicado en una zona más elevada donde se consigue dar alcance a todos los nodos.

La planificación se ha modificado respecto a la planteada inicialmente y de este modo se ha conseguido implementar la red cumpliendo con los requisitos establecidos como: dar la cobertura a todo el casco urbano y a la zona de playas, dotar de acceso a internet gratuito para todos los usuarios en las zonas públicas y ofrecer un servicio en la nube de archivos públicos facilitado por el ayuntamiento. Además, el acceso en la zona de playas puede ser un motivo más para fomentar el turismo ya que revierte en una imagen positiva cara posibles visitas futuras.

Al tratarse de un servicio público y gratuito el proyecto tuvo que ajustarse a la normativa vigente, la cual ha limitado sustancialmente la capacidad deseable en el ancho de banda ofrecido para los usuarios.

En relación al equipamiento no se ha querido arriesgar y se ha optado por emplear dispositivos suministrados por las marcas más reconocidas del mercado, de este modo se ha decidido confiar en Alvarion para la red troncal, Tp-link para la red de acceso y Cisco para el equipamiento del CPD.

Además, la red es totalmente escalable, si en un futuro se decidiera ampliar la cobertura hacia el lado oeste de la isla, dando servicio al campo de fútbol excluido en este proyecto, o a otras playas, se podría optar por ubicar un nuevo radioenlace PtP hacia la zona de O Monte y desde ahí crear dos redes secundarias para redistribuir la señal.

Por tanto, se puede concluir diciendo que el modelo implantado es viable, tanto técnica como económicamente y flexible por su alta escalabilidad.

11. Glosario

ACK: acuse de recibo en el envío de tramas. Es un mensaje que envía el equipo destinatario al equipo emisor para confirmar la recepción del mensaje.

AES: se trata de un algoritmo de cifrado.

Ancho de banda: es una longitud de frecuencias, medida en Hz, donde se concentra la mayor potencia de una señal.

Antivirus: programa cuyo objetivo es detectar o eliminar virus informáticos.

AP: punto de acceso inalámbrico dentro de una red que conecta equipos sin el uso de cables.

Backbone: red troncal para una conexión en internet.

Backhaul: red intermedia entre el *backbone* y las subredes de los bordes.

Bluetooth: estándar para la comunicación que trabaja en la frecuencia de 2,4GHz.

BS: estación base que retransmite la señal.

BU: unidad base del radioenlace PtP.

Cat6: estándar para cables Gigabit Ethernet que alcanza una velocidad en transferencia de datos de hasta 1 Gbps.

CEM: se denomina así a los campos electromagnéticos, que combinan ondas eléctricas y magnéticas.

CPE: equipo local del cliente ubicado en el extremo de una red.

CPU: es la unidad central de procesamiento.

CSMA/CA: protocolo de acceso múltiple por detección de portadora con prevención de colisiones.

Datasheet: es la ficha técnica de un equipo donde se resumen sus detalles y funcionamiento junto con sus especificaciones técnicas.

dBi: unidad de medida para la ganancia de la antena.

dBm: unidad de medida que mide la potencia en decibelios en relación a un miliwatio.

DMZ: zona desmilitarizada, término utilizado en seguridad informática para delimitar una zona segura ante ataques externos donde se suelen ubicar los servidores.

DNS: sistema de nombres de dominio, que traduce direcciones binarias que identifican equipos en red a un lenguaje inteligible para las personas con el objetivo de poder localizar y direccionar dichos equipos.

Downlink: enlace o conexión de bajada.

DPSK: técnica digital de modulación por desplazamiento diferencial de fase.

DSSS: técnica de transmisión utilizada en las tecnologías WiFi y WiMAX.

Ethernet: estándar de red de área local que define las características de cableado y señalización a nivel físico y los formatos de tramas de datos en el nivel de enlace de datos del modelo OSI.

FHSS: técnica de modulación en espectro ensanchado utilizado en las tecnologías WiFi y WiMAX.

Firewall: o cortafuegos, es un equipo de red que se utiliza para bloquear los intentos de acceso no autorizado.

FTP: protocolo para la transferencia de archivos entre equipos conectados a una red.

GFSK: técnica de modulación por desplazamiento de frecuencia gaussiana.

Hz: unidad de medida para la frecuencia, adoptada por el Sistema Internacional de Unidades.

ICMP: protocolo de mensajes de control de internet utilizado para el envío de mensajes de error.

IDU: unidad interna de la estación base.

IP: protocolo de internet utilizado en la capa de red según el modelo OSI.

IP dirección: número que identifica a una interfaz de red de forma lógica y jerárquica.

IP protección: identifica el nivel de protección de un equipo contra el acceso de agua y contra la entrada de objetos.

ISM: banda de frecuencia para uso industrial, científico y médico.

ISP: proveedor de servicios de internet es la compañía que ofrece la conexión a internet.

Kbps, Mbps: son distintas tasas de velocidad medidas en bits por segundo.

Kit: conjunto de piezas o equipos integrados en un mismo paquete.

Linux: sistema operativo de software libre y de código abierto.

LOS: transmisión con línea de visión directa entre las antenas del emisor y del receptor.

LLC: subcapa de la capa de enlace de la arquitectura WiFi.

MAC: control de acceso al medio, es un conjunto de protocolos y mecanismos para una comunicación en red.

MAC dirección: identificador de 48 bits que sirve para identificar de manera única a un dispositivo de red.

Multiplexación: es la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión, permitiendo varias comunicaciones de forma simultánea.

NLOS: transmisión sin línea de visión directa entre las antenas del emisor y del receptor.

Nodo: un punto de conexión entre equipos o redes.

ODU: unidad externa de la estación base.

OFMD: técnica de transmisión utilizada en la tecnología WiMAX.

Online: termino que se utiliza para indicar el estado en línea o activo de una conexión.

OSA: sistema de autenticación abierta en seguridad de redes.

P.i.r.e.: potencia isotrópica radiada equivalente, es la cantidad de potencia que emitiría una antena isotrópica de forma teórica para producir la densidad de potencia observada en la dirección de máxima ganancia de una antena.

P2P: red peer-to-peer, red de ordenadores donde no hay servidores ni clientes, sino que todos se comportan como iguales entre sí.

PKM: protocolo de seguridad utilizado en redes WiMAX para que una estación base y un usuario puedan intercambiar claves y obtener la autorización necesaria.

PLCP: subcapa de la capa física en la arquitectura WiFi.

Plug&Play: tecnología utilizada para conectar un dispositivo informático a una computadora de forma automática sin necesidad de utilizar *drivers* o *software* específico.

PMD: subcapa dentro de la capa física en la arquitectura WiFi.

PmP: topología de red punto a multipunto.

PoE: permite alimentar eléctricamente a un equipo de red a través del mismo cable que se utiliza para la conexión de red.

Proxy: servidor que hace de intermediario en las peticiones de recursos que realiza un cliente a otro servidor.

PSK: técnica de modulación por desplazamiento de fase que varía la fase de la portadora entre un número determinado de valores discretos.

PtP: topología de red punto a punto.

Puertos: interfaz por la que se envían los datos entre las aplicaciones.

QAM: técnica de modulación de amplitud en cuadratura en la que se modula la señal portadora tanto en amplitud como en fase.

QoS: mide la calidad del servicio de la red en función del ancho de banda, retrasos, tasa de errores, etc.

Rack: o bastidor, es un soporte metálico para poder ubicar equipamiento eléctrico, informático y de comunicaciones.

RB: unidad remota del radioenlace PtP.

RoHS: normativa medioambiental de la Unión Europea para la restricción de sustancias peligrosas en aparatos eléctricos.

Router: o encaminador, es un equipo que proporciona la conexión en la capa de red o nivel 3 del modelo OSI.

RSA: algoritmo utilizado por un sistema criptográfico de clave pública.

RX: potencia de recepción.

SKA: autenticación por clave compartida.

Software: son las aplicaciones o programas que funcionan en una computadora.

SRTM: mapas topográficos digitales a alta resolución que comprenden la zona del globo terráqueo entre los 56°S y 60°N.

Streaming: reproducción en tiempo real de audio y video dentro de una red.

Switch: o conmutador, es un equipo que opera en la capa de enlace o nivel 2 del modelo OSI.

Tablet: dispositivo móvil que hace la función de computadora portátil haciendo uso de una pantalla táctil.

TCP: protocolo de control de transmisión que da soporte a la mayoría de las aplicaciones más populares de internet.

TX: potencia de transmisión.

UDP: protocolo del nivel de transporte del modelo OSI en el que se intercambian datagramas en el que no es necesario haber establecido una conexión previa.

Uplink: enlace o conexión de subida.

URL: es la dirección única que tiene cada elemento dentro de internet.

VLAN: red de área local virtual, redes lógicas que se crean dentro de una red física.

WEP: sistema de cifrado de la información que se transmite utilizado en el estándar WiFi.

WGS84: es un sistema de coordenadas geográficas mundial para poder localizar un objeto en la superficie de la tierra.

WPA: algoritmo de encriptación que utiliza un servidor para almacenar las claves y hace uso de claves compartidas.

Zona de Fresnel: volumen de espacio entre el emisor de una señal y un receptor en el que el desfase de las ondas no supera los 180°.

12. Bibliografía

- [1] IGE, Instituto Galego de Estadística www.ige.eu
- [2] Plan urbanístico disponible en SIOUTUGA, Xunta de Galicia.
- [3] Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de Información y Comunicación en los Hogares. Año 2017 Nota de prensa, 5/10/2.017.
- [4] Coudé, Roger. RadioMobile. (n.d.). Consultado en octubre de 2017. VE2DBE. <http://www.ve2dbe.com/rmonline.html>
- [5] Ariganello, Ernesto. (2014). Modelo de referencia OSI, (pág. 26). Redes Cisco. Guía de estudio para la certificación CCNA Routing y Switching. (edición 2014). Madrid: Ra-Ma.
- [6] Cisco. Routing and switching. (2015). www.cisco.com
- [7] Hallberg, Bruce A. (2007). Fundamentos de redes. Topologías del cableado, (pág. 40). (4a edición). México, DF: McGraw-Hill.
- [8] ElevaTuLímite, (n.d.). Consultado en diciembre de 2017. Wordpress. <https://elevatulimite.wordpress.com/2013/04/08/que-ancho-de-banda-necesito-por-gabriel-salas/>
- [9] García Alfaro, Joaquín. (n.d.) Mecanismos de prevención. Apuntes de Seguridad en Redes de la UOC.
- [10] COITT página principal. (n.d.). Varias consultas 2017, Colegio Oficial Ingenieros Técnicos de Telecomunicaciones: www.coitt.es
- [11] WIFI4EU, Wifi gratis para los europeos. (2017). Consultado en diciembre de 2017. Comisión Europea. <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/wifi4eu-wifi-gratis-para-los-europeos>
- [12] Jean-Claude Juncker (2016). Discurso sobre el estado de la Unión.

Otra bibliografía consultada:

- Kurose, J. y Ross, K. (2010). *Computer Networking: A top-Down Approach* (7ª edición): Pearson.
- Hallberg, Bruce A. (2007). Fundamentos de redes (4a edición). México, DF: McGraw-Hill.
- Tanenbaum, Andrew S. (2003). Redes de computadoras (4ª edición). México, DF: Pearson.

Stallings, W. (2004). Comunicaciones de datos y redes de computadores (7a. edición). México, DF: Prentice-Hall.

Ariganello, Ernesto. (2014). Redes Cisco. Guía de estudio para la certificación CCNA Routing y Switching (edición 2014). Madrid: Ra-Ma.

Informes. (n.d.). Consultado en noviembre de 2017, Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicaciones: <https://www.coit.es/informes>

COIT página principal. (n.d.). Varias consultas 2017, Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicaciones: www.coit.es

COIT.es. (n.d.). La nueva ley general de telecomunicaciones. Consultado en octubre de 2017, <https://www.coit.es/informes/la-nueva-ley-general-de-telecomunicaciones/la-nueva-ley-general-de-telecomunicaciones>

BOE (2014). Ley General de Telecomunicaciones. Consultada en noviembre de 2017, <https://www.boe.es/boe/dias/2014/05/10/pdfs/BOE-A-2014-4950.pdf>

Junta de Castilla y León (n.d.). Guía de redes wifi municipales. Consultada en octubre de 2017, http://www.rmd.jcyl.es/web/jcyl/MunicipiosDigitales/es/Plantilla100Detalle/1274785511218/_/1284282128339/Comunicacion

Evelb eBlog (n.d.). Tutorial: instalación de red wifi de largo alcance. Consultado en octubre de 2017, <http://evelb.es/blog/tutorial-instalacion-de-red-wifi-de-largo-alcance/>

Wikipedia. (n.d.). Varias consultas 2017. La enciclopedia libre. <https://es.wikipedia.org>

13. 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.



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 UDPT/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
	Radio	10/100Base T RJ-45	Entrada CA: 100-240 VCA, 50/60 Hz
	Entrada CA	Conector macho CA 3 clavijas	
SU-RA, AU-RE	Interior	10/100Base RJ-45, con conjunto de sellado a prueba de agua	54 VCC de interior a exterior
AU-BS	Ethernet	10/100Base T RJ-45, 2 LED incluidos	Consumo 30w
	Radio	Ethernet 10/100 Base T RJ-45	(módulo más unidad exterior Entrada CA: 100-240 VCA, 47-65 Hz 3.3 VCC, 54 V de la fuente en la placa posterior
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
	Transporte	ETS 300 019-2-2 clase 2.3
Protección contra rayos	EN 61000-4-5, Clase 3 (2 kV)	
Radio	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.



BreezeULTRA™

One Product. Many Possibilities.



Specifications

International Corporate HQ
Alvarion Technologies Ltd.
13-15 Ha'amal St. Park Afef,
Rosh-Ha'ayin, 48091, Israel

Contact us at:
sales@alvarion.com
www.alvarion.com

PTP (P6000)

Configurations

No. of Radios P6000-350: 1 Radio
P6000-600: 2 Radios*
Upgrade License BreezeULTRA P6000 B350 to B600*

Radio & Modem

Gross Throughput P6000-350: 300 Mbps
P6000-600: 600 Mbps*

Range Up to 50 Km / 31 miles
120 km* / 75 miles* (w/high high-gain antenna)

Frequency 4.9 GHz*, 5.1-5.9 GHz

Radio Type MIMO (2x2), OFDM TDD

Modulation OFDM, BPSK, QPSK, QAM16, QAM64

Channel BW 5*, 10*, 20, 40 MHz

Output Power (at antenna port) Up to 24 dBm (dependent upon regulation)
(Up to 27 dBm two Tx chain)

Antenna Internal Antenna:
4.9-5.9 GHz, 8° dual polarized, 23 dBi
External Antenna:
4.9-5.9 GHz, 8°/ 6°, dual polarized, 23 / 28 dBi, N-Type 50 ohm

Networking & Management

Standards 802.1p/Q, IEEE 802.3 CSMA/CD, 802.3at (PoE Out), SNMP v2, MIB II, WMM

DSCP, fast packet processing, MIR per direction (UL/DL),
concatenation, burst mode, small packet optimization to support voice, QoS,
Ethernet type, TCP/UDP port, VLAN-ID

Security Authentication: ESSID, password protection, Pre-shared key (PSK)
Data encryption: WPA2 AES 128 bit - 802.11i

Management Local/remote monitoring via Web interface, Telnet, CLI, SNMP and configuration
upload/download

Remote Management Via LAN or wireless link

Access Control Multilevel password, configuration of remote direction
(from Ethernet only, wireless only, or both sides)

Upgrade & Configuration Via TFTP, Web

Physical & Environmental

Dimensions 44 x 38 x 13 cm (17.32 x 14.96 x 5.12 in.)

Weight P6000-350: 7 kg (15.43 lbs.); all others: 6.2 kg (13.67 lbs.)

Temperature -40°C to 55°C (-40°F to 130°F)

Humidity 5% - 95% non-condensing, weather-protected

Electrical

Power Consumption 40W

Input Power 100-240 VAC, 50-60Hz

Interfaces 1 x 10/100/1000BaseT (PoE In), 1 x 10/100/1000BaseT 802.3at (PoE out)

Compliance

Radio FCC P15.247, FCC P15.407, ETSI: EN 302 502 (v1.2.1), EN 301 893 (v1.6.1),
IC RSS-210 (Canada)

EMC FCC P15 Class B, EN55022 Class B, ETSI: EN 301 489-1/-17

Safety EN 60950-1, EN 60950-22

Environmental EN 300 019 part P2-4 Class4.1E, IP67



www.alvarion.com

© Copyright 2014 Alvarion Technologies Ltd.
All rights reserved. Alvarion® its logo and all
names, product and service names referenced
herein are either registered trademarks,
trademarks, trade names or service marks of
Alvarion Technologies Ltd. In certain
jurisdictions. All other names are or may be
the trademarks of their respective owners. The
content herein is subject to change without
further notice.

About Alvarion Technologies

Alvarion provides tailored solutions based on our optimized wireless broadband addressing the challenges
of smart cities. Our innovative solutions use multiple technologies covering the various smart city aspects like
security, transportation, first-responders, education, utilities and other community services.

REV 4/14

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.



Headquarters

International Corporate Headquarters
Tel: +972 3 645 6262
Email: corporate-sales@alvarion.com

North America Headquarters
Tel: +1 650.314.2500
Email: n.america-sales@alvarion.com

Sales Contacts

Australia
Email: australia-sales@alvarion.com

Brazil
Email: brazil-sales@alvarion.com

Canada
Email: canada-sales@alvarion.com

China
Email: china-sales@alvarion.com

Czech Republic
Email: czech-sales@alvarion.com

France
Email: france-sales@alvarion.com

Germany
Email: germany-sales@alvarion.com

Hong Kong
Email: hongkong-sales@alvarion.com

Italy
Email: italy-sales@alvarion.com

Ireland
Email: uk-sales@alvarion.com

Japan
Email: japan-sales@alvarion.com

Latin America
Email: lasales@alvarion.com

Mexico
Email: mexico-sales@alvarion.com

Nigeria
Email: nigeria-sales@alvarion.com

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

Poland
Email: poland-sales@alvarion.com

Romania
Email: romania-sales@alvarion.com

Russia
Email: info@alvarion.ru

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

South Africa
Email: africa-sales@alvarion.com

Spain
Email: spain-sales@alvarion.com

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

Uruguay
Email: uruguay-sales@alvarion.com

For the latest contact information in your area, please visit:
www.alvarion.com/company/locations



www.alvarion.com

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

2 14513 rev.a

Specifications

Wi-Fi Access Point Specifications

Data Rates
802.11g: 6, 9, 11, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps per channel
802.11b: 1, 2, 5.5, 11 Mbps per channel

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

Maximum Clients
128 for the radio interface set to access point mode

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

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

Network Management
Web-management, Telnet, SNMP

Wi-Fi Access Point Specifications

802.11g	6 Mbps	9 Mbps	12 Mbps	18 Mbps	24 Mbps	36 Mbps	48 Mbps	54 Mbps
TX power (dbm)	20	20	20	20	20	19	19	18
RX sensitivity (dbm)	-91	-90	-89	-88	-84	-80	-75	-73

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

SW Features

Layer 2 Features
Bridge mode
VLAN (Guest, Default, Dynamic RADIUS-based)
Spanning Tree (802.1D and 802.1W)

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

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

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

Hotspot
Prevent Communication between

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

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

Physical Dimensions

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

Weight
7.0 kg (49.37 lbs)

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

Humidity
5% to 95% (non-condensing)

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

*For backhaul specifications, please see BreezeMAX or BreezeACCESS VL documentation as appropriate
*For further information, please contact your local Alvarion sales representative



Auranet

Business Class Wi-Fi Solution

MODELS: EAP330/EAP320/EAP245/EAP225

EAP220/EAP120/EAP115/EAP110/EAP110-Outdoor/EAP115-Wall



EAP Controller Software



EAP330
EAP320



EAP245 EAP225 EAP220
EAP120 EAP115 EAP110



EAP110-Outdoor



EAP115-Wall






802.11n Outdoor Access Points		
Model		EAP110-Outdoor
Name		300Mbps Wireless N Outdoor Access Point
Main Design	LAN Interfaces	10/100Mbps Ethernet Port*1
	Wireless Frequency	2.4GHz
	Wi-Fi Standards	IEEE 802.11b/g/n
	Maximum Data Rate	Up to 300Mbps
	Antennas	2x5dBi External Waterproof Antennas
	Transmit Power	CE: <20dBm
Centralized Management	Power over Ethernet (PoE)	24V Passive PoE
	EAP Controller Software	•
Security	Captive Portal Authentication	•
	Access Control	•
	Wireless MAC Address Filtering	•
	Wireless Isolation Between Clients	•
	SSID to VLAN Mapping	•
	Rogue AP Detection	•
	WEP Encryption	64/128/152-bit
	WPA/WPA2-Personal Encryption	•
	WPA/WPA2-Enterprise Encryption	•
	802.1X Support	•
Wireless Function	Multiple SSIDs	8
	Enable/Disable Wireless Radio	•
	Automatic Channel Assignment	•
	Transmit Power Control	Adjust transmit Power on dBm
	QoS(WMM)	•
	Rate Limit	•
	Load Balance	•
	Reboot Schedule	•
	Wireless Schedule	•
Wireless Statistics	Based on SSID/AP/Client	
Supported Data Rates	802.11n	6.5 Mbps to 300Mbps (MCS0-MCS15.VHT20/40)
	802.11g	6, 9, 12, 18, 24, 36, 48, 54 Mbps
	802.11b	1, 5.5, 11 Mbps
	802.11a	-
Management	LED ON/OFF Control	•
	Management MAC Access Control	•
	Web-based Management	HTTP/HTTPS
	Telnet	•
	SNMP	v1,v2c
	System Logging	Local/Remote Syslog
Physical Properties	Email Alerts	•
	Power Supply	24V/0.6A Passive PoE
	Maximum Power Consumption	6.3W
	Button	Reset Button
	Watch Dog	•
Others	Mounting	Pole/Wall mounting (Kits included)
	Certifications	CE, RoHS
	Dimensions (W x D x H)	8.2 x 3.7 x 1.7 in. (209 x 95 x 42.6 mm)
	System Requirements	Microsoft Windows XP, Vista, Windows 7, Windows 8, Windows 10
Environment	Operating Temperature	-30°C~65°C (-22°F~149°F);
	Storage Temperature	-40°C~70°C (-40°F~158°F);
Operating Humidity	Operating Humidity	10%~90% non-condensing;
	Storage Humidity	5%~90% non-condensing;



Specifications

Table 7 and 8 provides a comparison of the Cisco ASA 5505, 5510, 5520, 5540, 5550, and 5580 Adaptive Security Appliances.

Table 7. Characteristics of Cisco ASA 5500 Series Adaptive Security Appliances

Feature	Cisco ASA 5505	Cisco ASA 5510	Cisco ASA 5520	Cisco ASA 5540	Cisco ASA 5550
					
Users/Nodes	10, 50, or unlimited	Unlimited	Unlimited	Unlimited	Unlimited
Firewall Throughput	Up to 150 Mbps	Up to 300 Mbps	Up to 450 Mbps	Up to 650 Mbps	Up to 1.2 Gbps
Maximum Firewall and IPS Throughput	<ul style="list-style-type: none"> Up to 150 Mbps with AIP-SSC-5 	<ul style="list-style-type: none"> Up to 150 Mbps with AIP-SSM-10 Up to 300 Mbps with AIP-SSM-20 	<ul style="list-style-type: none"> Up to 225 Mbps with AIP-SSM-10 Up to 375 Mbps with AIP-SSM-20 Up to 450 Mbps with AIP-SSM-40 	<ul style="list-style-type: none"> Up to 500 Mbps with AIP-SSM-20 Up to 650 Mbps with AIP-SSM-40 	Not available
3DES/AES VPN Throughput	Up to 100 Mbps	Up to 170 Mbps	Up to 225 Mbps	Up to 325 Mbps	Up to 425 Mbps
IPsec VPN Peers	10; 25*	250	750	5000	5000
SSL VPN Peers* (Included/Maximum)	2/25	2/250	2/750	2/2500	2/5000
Concurrent Connections	10,000; 25,000*	50,000; 130,000*	280,000	400,000	650,000
New Connections/Second	4000	9000	12,000	25,000	36,000
Integrated Network Ports	8-port Fast Ethernet switch (including 2 PoE ports)	5 Fast Ethernet ports; 2 Gigabit Ethernet + 3 Fast Ethernet ports*	4 Gigabit Ethernet, 1 Fast Ethernet	4 Gigabit Ethernet, 1 Fast Ethernet	8 Gigabit Ethernet, 4 SFP Fiber, 1 Fast Ethernet
Virtual Interfaces (VLANs)	3 (no trunking support)/20 (with trunking support)*	50 /100*	150	200	250
Security Contexts (Included/Maximum)*	0/0	0/0 (Base); 2/5 (Security Plus)	2/20	2/50	2/50
High Availability	Not supported; stateless Active/Standby and redundant ISP support*	Not supported; Active/Active and Active/ Standby**	Active/Active and Active/ Standby	Active/Active and Active/ Standby	Active/Active and Active/ Standby
Expansion Slot	1, SSC	1, SSM	1, SSM	1, SSM	0
User-Accessible Flash Slot	0	1	1	1	1
USB 2.0 Ports	3 (1 on front, 2 on rear)	2	2	2	2
Serial Ports	1 RJ-45 console	2 RJ-45, console and	2 RJ-45, console and	2 RJ-45, console and	2 RJ-45, console and

Feature	Cisco ASA 5505	Cisco ASA 5510	Cisco ASA 5520	Cisco ASA 5540	Cisco ASA 5550
		auxiliary	auxiliary	auxiliary	auxiliary
Rack-Mountable	Yes, with rack-mount kit (available in the future)	Yes	Yes	Yes	Yes
Wall-Mountable	Yes, with wall-mount kit (available in the future)	Not Available	Not Available	Not Available	Not Available
Security Lock Slot (for Physical Security)	Yes	Not Available	Not Available	Not Available	Not Available
Technical Specifications					
Memory	256 MB	256 MB	512 MB	1 GB	4 GB
Minimum System Flash	64 MB	64 MB	64 MB	64 MB	64 MB
System Bus	Multibus architecture	Multibus architecture	Multibus architecture	Multibus architecture	Multibus architecture
Environmental Operating Ranges					
Operating					
Temperature	32 to 104°F (0 to 40°C)		32 to 104°F (0 to 40°C)		
Relative humidity	5 to 95 percent noncondensing		5 to 95 percent noncondensing		
Altitude	Designed and tested for: 0 to 9840 ft (3000 m). Agency approved for: 2000 m				
Shock	1.14 m/sec (45 in./sec) ½ sine input		1.14 m/sec (45 in./sec) 1/2 sine input		
Vibration	0.41 Grms2 (3 to 500 Hz) random input		0.41 Grms2 (3 to 500 Hz) random input		
Acoustic noise	0 dBa max		60 dBa max		
Nonoperating					
Temperature	-13 to 158°F (-25 to 70°C)		-13 to 158°F (-25 to 70°C)		
Relative humidity	5 to 95 percent noncondensing		5 to 95 percent noncondensing		
Altitude	0 to 15,000 ft (4570 m)		0 to 15,000 ft (4570 m)		
Shock	30 G		30 G		
Vibration	0.41 Grms2 (3 to 500 Hz) random input		0.41 Grms2 (3 to 500 Hz) random input		
Power					
Input (per Power Supply)					
Range line voltage	100 to 240 VAC		100 to 240 VAC		
Normal line voltage	100 to 240 VAC		100 to 240 VAC		
Current	1.8A		3A		
Frequency	50/60 Hz		47/63 Hz, single-phase		
Output					

Feature	Cisco ASA 5505	Cisco ASA 5510	Cisco ASA 5520	Cisco ASA 5540	Cisco ASA 5550
Steady state	20W			150W	
Maximum peak	96W			190W	
Maximum heat dissipation	72 BTU/hr			648 BTU/hr	
Physical Specifications					
Form Factor	Desktop			1 RU, 19-in. rack-mountable	
Dimensions (H x W x D)	1.75 x 7.89 x 6.87 in. (4.45 x 20.04 x 17.45 cm)			1.75 x 17.5 x 14.25 in. (4.45 x 20.04 x 36.20 cm)	
Weight (with Power Supply)	4.0 lb (1.8 kg)		20.0 lb (9.07 kg)		22.0 lb (10 kg)
Regulatory and Standards Compliance					
Safety	UL 60950, CSA C22.2 No. 60950, EN 60950 IEC 60950, AS/NZS60950				
Electromagnetic Compatibility (EMC)	CE marking, FCC Part 15 Class B, AS/NZS CISPR22 Class B, VCCI Class B, EN55022 Class B, CISPR22 Class B, EN61000-3-2, EN61000-3-3			CE marking, FCC Part 15 Class A, AS/NZS CISPR22 Class A, VCCI Class A, EN55022 Class A, CISPR22 Class A, EN61000-3-2, EN61000-3-3	
Industry Certifications	FIPS 140-2 Level 2. In process: Common Criteria EAL4+ US DoD Application-Level Firewall for Medium-Robustness Environments, and Common Criteria EAL4 for IPsec/SSL VPN		Common Criteria EAL4 US DoD Application-Level Firewall for Medium-Robustness Environments, Common Criteria EAL2 for IPS on AIP SSM-10 and -20, FIPS 140-2 Level 2, and NEBS Level 3. In process: Common Criteria EAL4+ US DoD Application-Level Firewall for Medium-Robustness Environments, and Common Criteria EAL4 for IPsec/SSL VPN		FIPS 140-2 Level 2. In process: Common Criteria EAL4+ US DoD Application-Level Firewall for Medium-Robustness Environments, and Common Criteria EAL4 for IPsec/SSL VPN

* Available through an upgrade license

Table 4. Cisco Catalyst 2960-X Compact Switch Models and Default Software

Model	Ethernet Ports	PoE Output Ports	Available PoE Power	Uplinks	Default Software
2960CX-8TC-L	8 x 10/100/1000 Gigabit Ethernet	N/A		2 x 1G copper plus 2 x 1G SFP	LAN Base
2960CX-8PC-L	8 x 10/100/1000 Gigabit Ethernet	8 PoE+	124W	2 x 1G copper plus 2 x 1G SFP	LAN Base

Note: All four uplink ports (two copper and two fiber) can be used simultaneously and also as downlinks.

Switch Software

Cisco Catalyst 3560-CX compact switches ship with the IP Base version of Cisco IOS® Software. The 3560-CX switches can be upgraded to use the IP Services version of IOS Software with a right-to-use (RTU) License. The IP Base and IP Services feature set on Cisco Catalyst 3560-CX switches provides baseline enterprise services in addition to all LAN Base features. They support Layer 3 networking features, including support for routed access, Cisco TrustSec, media access control security (MACsec), and other advanced network services. The IP Services feature set provides full Layer 3 routing capabilities with Open Shortest Path First (OSPF), Border Gateway Protocol (BGP), Enhanced Internal Gateway Routing Protocol (EIGRP), Policy-Based Routing (PBR), Multicast Routing, and Virtual Routing and Forwarding (VRF) Lite.

Cisco Catalyst 2960-CX Series compact switches ship with the LAN Base version of Cisco IOS Software. These switches deliver advanced Layer 2 switching with intelligent Layer 2 through 4 services for the network edge, such as voice, video, and wireless LAN services.

Licensing and Software Policy

Customers with Cisco Catalyst LAN Base and IP Base software feature sets will receive updates and bug fixes designed to maintain the compliance of the software with published specifications, release notes, and industry standards compliance as long as the original end user continues to own or use the product or for up to one year from the end-of-sale date for this product, whichever occurs earlier. This policy supersedes any previous warranty or software statement and is subject to change without notice.

Product Specifications

Table 5 provides hardware specifications for the Cisco Catalyst 3560-CX and 2960-CX compact switches.

Table 5. Cisco Catalyst 3560-CX and 2960-CX Series Compact Switch Hardware

Description	Specification		
		Cisco Catalyst 3560-CX	Cisco Catalyst 2960-CX
Performance	Forwarding Bandwidth	46 Gbps (with C3560CX-8XPD-S) 34 Gbps (with C3560CX-12PD-S) 16 Gbps (with 1 G uplinks)	12 Gbps
	Switching Bandwidth (full-duplex capacity)	92 Gbps (with C3560CX-8XPD-S) 68 Gbps (with C3560CX-12PD-S) 32 Gbps (with 1 G uplinks)	24 Gbps
	Flash memory	128 MB	128 MB
	Memory DRAM	512 MB	512 MB
	Max VLANs	1023	255
	VLAN IDs	4000	4000

Description	Specification		
	Maximum transmission unit (MTU)	Up to 9000 bytes	Up to 9000 bytes
	Jumbo frames	9198 bytes	9198 bytes
	Forwarding rate 64 Byte Packet Cisco Catalyst 3560-CX and 2960-CX		
	2960CX-8TC-L	17.9 mpps	
	2960CX-8PC-L	17.9 mpps	
	3560CX-8TC-S	17.9 mpps	
	3560CX-12TC-S	23.8 mpps	
	3560CX-8PC-S	17.9 mpps	
	3560CX-12PC-S	23.8 mpps	
	3560CX-12PD-S	50.6 mpps	
	3560CX-8PT-S	14.9 mpps	
	3560CX-8XPD-S	68.4 mpps	
	Resource Cisco Catalyst 3560-CX and 2960-CX		
	See the release notes for the SDM Templates for 3560-CX and 2960-CX: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/switches/lan/catalyst2960cx_3650cx/software/release/15-2_3_e/release_notes/rn-1523e-2960cx-3560cx.html		
Connectors and cabling	Cisco Catalyst 3560-CX and 2960-CX Ethernet Interfaces: <ul style="list-style-type: none"> • 10BASE-T ports: RJ-45 connectors, 2-pair Category 3, 4, or 5 unshielded twisted-pair (UTP) cabling • 100BASE-TX ports: RJ-45 connectors, 2-pair Category 5 UTP cabling • 1000BASE-T ports: RJ-45 connectors, 4-pair Category 5 UTP cabling • 1000BASE-T SFP-based ports: RJ-45 connectors, 4-pair Category 5 UTP cabling Cisco Catalyst 3560-CX and 2960-CX SFP and SFP+ interfaces: For information about supported SFP/SFP+ modules, refer to the Transceiver Compatibility matrix tables at http://www.cisco.com/c/en/us/support/interfaces-modules/transceiver-modules/products-device-support-tables-list.html		
Power connectors	<ul style="list-style-type: none"> • Customers can provide power to a switch by using the internal power supply. The connector is located at the back of the switch. The internal power supply is an autoranging unit • The internal power supply supports input voltages between 100 and 240VAC • Use the supplied AC power cord to connect the AC power connector to an AC power outlet Note: The Cisco Catalyst WS-C3560CX-8PT-S has an option for an external AC-DC or DC-DC power adapter if desired.		
Indicators	Per-port status: Link integrity, disabled, activity, speed, full-duplex System status: System, link status, link duplex, link speed		
Dimensions (H x W x D)	Cisco Catalyst 3560-CX and 2960-CX	Inches	Centimeters
	2960CX-8TC-L	1.75 x 10.6 x 8.4	4.44 x 26.9 x 21.3
	2960CX-8PC-L	1.75 x 10.6 x 9.4	4.44 x 26.9 x 23.8
	3560CX-8TC-S	1.75 x 10.6 x 8.4	4.44 x 26.9 x 21.3
	3560CX-12TC-S	1.75 x 10.6 x 8.4	4.44 x 26.9 x 21.3
	3560CX-8PC-S	1.75 x 10.6 x 9.4	4.44 x 26.9 x 23.8
	3560CX-12PC-S	1.75 x 10.6 x 9.4	4.44 x 26.9 x 23.8
	3560CX-12PD-S	1.75 x 10.6 x 9.4	4.44 x 26.9 x 23.8
	3560CX-8PT-S	1.75 x 10.6 x 7.0	4.44 x 26.9 x 17.7
	3560CX-8XPD-S	1.75 x 10.6 x 10.4	4.44 x 26.9 x 26.4

APC Back-UPS® Pro 1300/1500

Power-Saving, high performance power protection for office computers

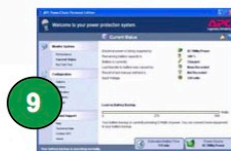
The Back-UPS Pro provides abundant battery backup power, so you can work through medium and extended length power outages. It safeguards your equipment against damaging surges and spikes that travel along utility and data lines. The Back-UPS Pro also features automatic voltage regulation (AVR), which instantly adjusts high and low voltages to safe levels, so you can work indefinitely during brownouts and overvoltages.

The Back-UPS Pro also includes unique "green" features, like power-saving outlets that automatically turn off idle peripherals. A high efficiency charging system and "AVR Bypass" also reduce power consumption. With the rest of the Back-UPS Pro's standard features, this is the perfect unit to protect your productivity from the constant threat of bad power and lost data.



Product Features:

- 1 LCD (Liquid Crystal Display) gives the status of over 20 different utility and battery backup conditions.
- 2 Automatic Voltage Regulation (AVR) instantly corrects voltages fluctuations so you can work indefinitely through brownouts and overvoltages.
- 3 5 "Battery Backup & Surge Protected" outlets keep a CPU, monitor and other critical devices running when the power goes out. (Includes one power-saving "Controlled" outlet).
- 4 5 "Surge Only" outlets protect printers, faxes or other equipment without reducing battery capacity. (Includes three power-saving "Controlled" outlets).
- 5 Data line surge protection guards against surges and spikes traveling over Ethernet or coax cable lines.
- 6 Push button circuit breaker enables quick recovery from overloads.
- 7 3 yr warranty, \$150,000 Equipment Protection Policy, free technical support and data recovery services.
- 8 Automatic Diagnostic Testing ensures your unit is ready when you need it.
- 9 Auto shutdown software allows management of the Back-UPS from your computer via USB or serial connectivity:
 - Gracefully shuts down system when battery is low
 - Records utility power and battery conditions
 - Allows for customized set up.
- 10 External Battery Pack Compatibility allows you to dramatically increase your run time. (BR1500G only)



APC
by Schneider Electric

Back-UPS RS 1300 & 1500 Specifications

Model Number	BR1300G	BR1500G
Output		
Output Capacity	1300 VA / 780 Watts	1500 VA / 865 Watts
Output Volt. / Freq. (on utility)	120V / 60Hz	120V / 60Hz
Output Volt. / Freq. (on battery)	115V +/-8% / 60Hz	115V +/-8% / 60Hz
Output Connections	10 total NEMA 5-15R outlets: 5 battery & surge (incl. 1 <i>Master</i> & 1 <i>Controlled</i>) 5 surge protection only (incl. 3 <i>Controlled</i> outlets)	10 total NEMA 5-15R outlets: 5 battery & surge (incl. 1 <i>Master</i> & 1 <i>Controlled</i>) 5 surge protection only (incl. 3 <i>Controlled</i> outlets)
Waveform Type	Stepped Approximation to Sine Wave	Stepped Approximation to Sine Wave
Input		
Input Voltage / Frequency	120V / 60 Hz	120V / 60 Hz
Input Connection	6 ft cord with NEMA 5-15 plug	6 ft cord with NEMA 5-15 plug
Surge Protection		
AC Power Surge Protection	All outlets	All outlets
Data Line Surge Protection	Network: to 1000 Base-T (gigabit) Ethernet Coax cable (CATV, SATV, modem, A/V)	Network: to 1000 Base-T (gigabit) Ethernet Coax cable (CATV, SATV, modem, A/V)
Physical		
Unit Dimensions (H x W x D)	11.9 x 4.4 x 15.0" (30.2 x 11.2 x 38.1 cm)	11.9 x 4.4 x 15.0" (30.2 x 11.2 x 38.1 cm)
Unit Weight	28.3 lbs (12.9 kg)	29.4 lbs (13.4 kg)
Shipping Dims. (H x W x D)	15.0 x 9.25 x 19.0" (38.1 x 22.9 x 48.3 cm)	15.0 x 9.25 x 19.0" (38.1 x 22.9 x 48.3 cm)
Shipping Weight	30.8 lbs (14.0 kg)	31.9 lbs (14.5 kg)
Color	Black	Black
UPC Code	731304268765	731304268772
Battery		
Battery Type	Sealed, lead-acid, maintenance-free	Sealed, lead-acid, maintenance-free
Extended run battery pack compatibility	No	Yes, use BR24BPG (note: the BR24BP can also be used, but it has a different color & style)
Management		
Alarms	Visual (LCD) and audible alarms	Visual (LCD) and audible alarms
Auto-Shutdown Software	PowerChute Personal Edition (with USB & serial communications)	PowerChute Personal Edition (with USB & serial communications)
Safety		
Certification/Approvals	FCC Part 15 Class B, FCC Part 68, NOM, TUV	FCC Part 15 Class B, FCC Part 68, NOM, TUV

APC by Schneider Electric

132 Fairgrounds Rd
West Kingston, RI 02892
Tel: 800-800-4272
www.apc.com

