



Universidad Austral de Chile

Facultad de Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil Electrónica

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SERVICIO DE RED INALÁMBRICA PARA DAR COBERTURA OUTDOOR EN LOS CAMPUS DE LA UACH

Tesis para optar al título de:
Ingeniero Electrónico.

Profesor Patrocinante:
Sr. Franklin Castro Rojas.
Ingeniero Electrónico
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería,
Diplomado en Ciencias de la Ingeniería.

JOSE LUIS SALAZAR MITRE

VALDIVIA - CHILE

2009

Sr. Franklin Castro Rojas
Profesor Patrocinante

Sr. Luis Ampuero Reyes
Profesor Informante

Sr. Pedro Rey Clericus
Profesor Informante

Fecha Examen de Titulación: _____

DEDICATORIA

A mis Padres

Julia Elizabeth Mitre Ortega y Rumaldo Segundo Salazar Vera

Por el apoyo incondicional en los momentos de felicidad y dificultad, por saber darme la fuerza necesaria para poder dar este gran paso en mi vida, el cual es fruto de tanto esfuerzo mío como de ustedes, por el amor de familia que ha sido completo.

A mis Hermanos

Efraín Felipe Salazar Mitre y Rumaldo Jesús Salazar Mitre

Por ser mis hermanos mis amigos y mis confidentes, en todo momento siempre los tres unidos, gracias por todos los momentos vividos, los quiero hermanos ahora les toca a ustedes.

A mi Abuela

Isolina Vera Alvarez

Por ser mi segunda madre por ese cariño ilimitado que me has entregado toda la vida, por siempre te estaré agradecido Eca.

A mi Hija

Almendra Estefanía Salazar Paredes

Mi reina, mi princesa, mi hija me acompañaste en toda mi vida universitaria, te debo y dedico este triunfo hija, doy gracias a dios por tenerte a mi lado, por hacerme ver la vida de forma más madura y responsable por convertirme en el luchador que soy. Te amo hija.

AGRADECIMIENTOS

A Don Eugenio Ponisio por darme la oportunidad de realizar mi tesis de grado en el Centro Informático de la Universidad Austral de Chile, también agradezco a Don Luis Ampuero el cual me guió, ayudo e impulso a lograr este desafío, Don Abel Huenulef, formándome prácticamente en la instalación de dispositivos de Red.

A Don Franklin Castro por entregarme su sabiduría en Telecomunicaciones, y por su buena disposición siempre a las consultas solicitadas, a Don Pedro Rey Clericus, por su buena disponibilidad y conocimiento en los años de carrera.

También debo agradecer a Don Jorge Yanquileo de Telefónica del Sur por instruirme en el diseño de redes Wireles Outdoor, a Don Marcelo Zapata de la Subsecretaría de Telecomunicaciones, por entregarme información necesaria para los procesos legales.

A mis amigos y compañeros de Universidad que me acompañaron y fueron importantes en mis años de estudio, Cristian Ampuero, Alexis Henriquez, Alberto Hernández, Harald Oelsner, Rodrigo Sandoval y muchas personas las cuales aportaron valiosos momentos que nunca olvidaré.

INDICE

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
INDICE.....	III
RESUMEN.....	IV
SUMMARY.....	V
INTRODUCCION.....	VI
OBJETIVOS.....	VII
1. CAPITULO I: REDES INALAMBRICAS.....	17
1.1 GENERALIDADES.....	17
1.2 ORIGENES.....	18
1.3 AMBITO DE APLICACIÓN.....	19
1.4 ASIGNACIONES BASICAS EN RADIOFRECUENCIA.....	20
1.5 IEEE 802.11.....	25
1.6 REDES MESH.....	31
1.6.1 Capaces de Crecer “orgánicamente”	31
1.6.2 No requieren soporte de infraestructura.....	32
1.6.3 Son tolerantes a la caída de enlaces y/o nodos.....	32
1.6.4 Gestión distribuida.....	32
1.6.5 Alta Capacidad.....	32
1.6.6 Seguridad e Identidad.....	33
1.6.7 Nuevas aplicaciones y escenarios.....	35
2. CAPITULO II: PROPAGACION EN RADIOFRECUENCIA.....	38
2.1 TIPOS DE ANTENA.....	38
2.1.1 Antenas Omnidireccionales.....	38
2.1.1.1 Antena Isotrópica.....	38
2.1.1.2 Antena Omnidireccional Real.....	39

2.1.2 Antena Direccional.....	41
2.1.2.1 Antena direccional normal.....	41
2.1.3 Antena Direccional Parabólica.....	44
2.2 ZONA DE FRESNEL.....	45
2.3 TEORIA DE PROPAGACION EN RADIOFRECUENCIA.....	47
2.3.1 Modelos de Propagación.....	47
2.3.2 Modelo para Propagación en Ambientes Abiertos.....	48
2.3.3 Modelando la Zona de Cobertura.....	48
2.3.4 Modelo de Propagación para Ambientes Urbanos.....	49
2.3.4.1 Modelo de Okumura.....	49
2.3.4.2 Modelo de Okumura – Hata.....	51
3. CAPITULO III: NORMATIVA LEGAL EN CHILE.....	53
3.1 REQUISITOS LEGALES ESTABLECIDOS.....	53
3.1.1 Especificaciones.....	53
3.2 NORMATIVA EN BANDA DE 900 MHZ.....	54
3.2.1 Requisitos Básicos de Experimentación en Banda de 900 Mhz.....	54
3.3 NORMATIVA EN BANDA DE 2.4 GHZ.....	54
3.3.1 Requisitos legales específicos en banda de 2.4Ghz.....	54
3.3.2 Detalle sobre requisitos y restricciones.....	55
3.4 NORMATIVA EN BANDA DE 5 GHZ.....	56
4. CAPITULO IV: IMPLEMENTACION DE TECNOLOGIA.....	57
4.1 SOLUCIONES DE MERCADO.....	57
4.1.1 Equipamiento Meraki.....	57
4.1.2 Equipamiento Cisco.....	60
4.1.3 Equipamiento Netkrom.....	61
4.2 CONFIGURACION DE ANTENAS.....	63
4.2.1 Software de configuración.....	63

4.2.2 Configuración Local.....	63
4.2.3 Instalación de Interfaces.....	64
4.2.4 Ruteo Inalámbrico.....	66
4.2.5 Configuración de Ruteo Inalámbrico.....	67
4.2.6 Configuración de Interfaces Routers Netkrom.....	68
4.2.7 Ruteo Estático.....	69
4.2.8 Configuración Inalámbrica.....	70
4.2.8.1 Interfaz ATH0.....	70
4.2.8.2 Interfaz ATH1.....	74
4.2.9 DHCP.....	75
4.2.9.1 Interfaz ATH0 (Router 1).....	75
4.2.9.2 Interfaz ATH0 (Router 2).....	76
4.3 INSTALACION DE ANTENAS.....	77
4.3.1 Dispositivos Incluidos.....	77
4.3.2 Conexión del Mini Switch al Router.....	78
4.3.3 Conexión de interfaces al Router.....	79
4.4 PRUEBAS DE ENLACE.....	82
4.4.1 Propagación Wi-Fi en el Punto de Enlace.....	82
4.4.1.1 Resultado de Pruebas Propagación Wi-Fi.....	83
4.4.2 Pruebas en la Banda de 900Mhz.....	84
4.4.2.1.-Guardias – Arquitectura.....	85
4.4.2.1.1 Enlace.....	85
4.4.2.1.2 Potencia de Enlace.....	86
4.4.2.1.3 Tasa de Transferencia.....	87
4.4.2.2-Guardias – Filosofía.....	88
4.4.2.2.1 Enlace.....	88
4.4.2.2.2 Potencia de Enlace.....	89

4.4.2.2.3 Tasa de Transferencia.....	89
4.4.2.3 Guardias – Veterinaria.....	90
4.4.2.3.1 Enlace.....	90
4.4.2.3.2 Potencia de Enlace.....	90
4.4.2.3.3 Tasa de Transferencia.....	91
4.4.2.4 Guardias – Centro Informático.....	92
4.4.2.4.1 Enlace.....	92
4.4.2.4.2 Potencia de Enlace.....	93
4.4.2.4.3 Tasa de Transferencia.....	93
4.5 CALCULO TEORICO DE LOS ENLACES.....	94
4.5.1 Potencias del Router.....	94
4.5.2 Potencia de la antena de transmisión.....	95
4.5.3 Ganancia de la Antena de Recepción.....	95
4.5.4 Perdidas del Medio.....	96
4.5.4.1 Enlace Guardias – Arquitectura.....	97
4.5.4.2 Enlace Guardias – Filosofía.....	99
4.5.4.3 Enlace Guardias – Veterinaria.....	101
4.5.4.4 Enlace Guardias – Centro Informático.....	103
4.6 DISEÑO OUTDOOR.....	105
4.6.1 Campus Teja.....	105
4.6.2 Campus Miraflores.....	108
5 CAPITULO V: CONCLUSIONES.....	110
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	114
ANEXO.....	115

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 Unión wireless entre PC convencional y notebook.....	17
Fig. 1.2 Secuencia de Barker para codificación.....	21
Fig. 1.3 Ejemplo de Cambio de frecuencias.....	23
Fig. 1.4 Relación de alcance y velocidad en las distintas normas IEEE 802.11.....	27
Fig. 1.5 Resumen estándares capa física.....	30
Fig. 1.6 Estándares de configuración.....	30
Fig. 1.7 Red mesh y red de hub tradicional.....	31
Fig. 1.8 Red Wi-Fi Mesh con backhuls a 5 GHz en entorno metropolitano.....	33
Fig. 1.9 Red municipal local.....	34
Fig. 1.10 Funcionamiento general de diseño de red.....	35
Fig. 1.11 Red Híbrida Mesh con aplicación cableada.....	36
Fig. 2.1 - Gráfico de propagación isotropito en función de los ejes x, y, z.....	39
Fig. 2.2 - Gráfico de Propagación Radial en función de los ejes x, y, z.....	40
Fig. 2.3 - Propagación omnidireccional real en función de los ejes X, Z.....	41
Fig. 2.4 - Antena Yagi para recepción de RF.....	42
Fig. 2.5 Gráfico de propagación direccional en función de los ejes x, y, z.....	43
Fig. 2.6 Transmisión de onda plana en antena parabólica.....	44
Fig. 2.7 Diagrama explicativo de las zonas de Fresnel.....	46
Fig. 2.8 Curvas de las mediciones realizadas por Okumura.....	50
Fig. 4.1 Indoor/outdoor wireless access point, Gateway, and Repeater.....	57
Fig. 4.2 Disponibilidad de energía según el sector en el cual se desee instalar.....	58
Fig. 4.3 Panel Solar y Repetidor Wireless.....	59

Fig. 4.4 - Cisco Aironet 1510 Lightweight Outdoor Mesh Access Point.....	60
Fig. 4.5 Software de configuración Netkrom Technologies.....	63
Fig. 4.6 Configuración TCP/IP local.....	64
Fig. 4.7 Configuración TCP/IP de interfaz Ethernet forma manual.....	64
Fig. 4.8 Configuración TCP/IP de interfaz Ethernet forma automática.....	65
Fig. 4.9 Software en condiciones de poder configurar primer dispositivo.....	65
Fig. 4.10 Pantalla principal de acceso a las herramientas de configuración.....	66
Fig. 4.11 Esquema de enlace entre antenas.....	67
Fig. 4.12 Routers Netkrom con Ips asignadas.....	67
Fig. 4.13 Asignación de Ip Interfaz Ethernet.....	68
Fig. 4.14 Asignación de Ip interfaz ATH0.....	69
Fig. 4.15 Asignación de Ip interfaz ATH1.....	69
Fig. 4.16 Rutas estáticas dadas automáticamente por el Router una vez incluidas en cada interfaz.....	69
Fig. 4.17 Selección de acceso operacional 2.4Ghz.....	71
Fig. 4.18 Datos sobre frecuencias Utilizadas.....	71
Fig. 4.19 Distribución de Radio Local 2.4Ghz.....	72
Fig. 4.20 Configuración para la seguridad de acceso 2.4 Ghz.....	73
Fig. 4.21 Selección de acceso operacional 900 Mhz.....	74
Fig. 4.22 Se incluye el rango de direccionamiento DHCP en interfaz ATHO (Router 1).....	76
Fig. 4.23 - Dispositivos incluidos con cada Router.....	78
Fig. 4.24 Conexión que se debe incluir para el Router Netkrom.....	79
Fig. 4.25 Conexión interfaz Ethernet.....	79
Fig. 4.26 Router Netkrom incluido en soporte.....	80
Fig. 4.27 Instalación del Router Netkrom con las antenas Omnidireccional en la banda de 900 Mhz y 2.4 Mhz (Caseta Guardias).....	81
Fig. 4.28 Imagen aérea del Sector Ex-Servicios (Campus Teja)	82

Fig. 4.29 Potencias en Sector Guardias (Software Netstumbler).....	83
Fig. 4.30 Imagen Aérea Campus Teja (enlace Guardias – Arquitectura).....	85
Fig. 4.31 Dispositivos enlazados y funcionando por software Netkrom Manager.....	86
Fig. 4.32 Potencia en tiempo real de enlace.....	86
Fig. 4.33 Imagen Aérea Campus Teja enlace (Guardias – Filosofía).....	88
Fig. 4.34 Potencia en tiempo real de enlace (Guardias – Filosofía).....	89
Fig. 4.35 Imagen Aérea Campus Teja enlace (Guardias – Veterinaria).....	90
Fig. 4.36 Potencia en tiempo real de enlace (Guardias – Veterinaria).....	91
Fig. 4.37 Imagen Aérea Campus Teja enlace (Guardias – Centro Informático).....	92
Fig. 4.38 Potencia en tiempo real de enlace (Guardias – Centro Informático).....	93
Fig. 4.39 Datasheet Wimax Multi-band Dual Radio.....	94
Fig. 4.40 Datasheet Antena Omnidireccional 900Mhz.....	95
Fig. 4.41 Datasheet Antena Yagi 900Mhz.....	96
Fig. 4.42 Gráfico de Potencias Enlace N°1.....	98
Fig. 4.43 Gráfico de Potencias Enlace N°2.....	100
Fig. 4.44 Gráfico de Potencias Enlace N°3.....	102
Fig. 4.45 Gráfico de Potencias Enlace N°4.....	104
Fig. 4.46 Zonas de implementación de Dispositivos Netkrom Outdoor Campus Teja.....	106
Fig. 4.47 Zonas de implementación de Dispositivos Netkrom Outdoor Campus Miraflores.....	108

HMCBD CDS @AK@R

Tabla 1.1 Rango de frecuencias asignados en cada país.....	23
Tabla 1.2 Rango de Frecuencias utilizadas en cada área geográfica.....	24
Tabla 4.1 Registro Tasa de Transferencia de enlace (Guardias – Arquitectura).....	87
Tabla 4.2 Registro Tasa de Transferencia de enlace (Guardias – Filosofía).....	89
Tabla 4.3 Registro Tasa de Transferencia de enlace (Guardias – Veterinaria).....	91
Tabla 4.4 Registro Tasa de Transferencia de enlace (Guardias – Centro Informático).....	93

Resumen

El presente trabajo de titulación da muestra del proceso en el cual se implemento un sistema de conectividad OUTDOOR en un punto del Campus Isla Teja de la Universidad Austral de Chile. El estudio comienza con el análisis de las redes inalámbricas, verificando sus características, funcionamiento y observación de los distintos tipos de antenas que a su vez tienen diferente funcionamiento en relación a su propagación de radiofrecuencia, la cual es analizada matemáticamente para su posterior aplicación. Se realiza un estudio de la normativa legal que se debe llevar a cabo para instalar y dar funcionamiento a los dispositivos, impuesta por la Subsecretaría de Telecomunicaciones. Así como también, se realiza un balance entre distintos proveedores de servicios de Red OUTDOOR, viendo las distintas posibilidades de acceso que se presentan, esto dado por distintas calidades y precios de herramientas de conectividad externa.

Se realiza el estudio de los dispositivos a instalar el Pre-WiMax Multiband Dual Radio, el cual trabaja a dos bandas de radiofrecuencia. La primera es la de acceso en 2.4 GHZ y la segunda banda es la de enlace 900 MHZ. Para esto se realiza un análisis de los dispositivos, pasando por el funcionamiento de estos, como realizando pruebas prácticas para distintos niveles de ruido y congestión de red, así también se analizan los diferentes casos que se proponen de instalación, en función de baja o alta densidad urbana que se sitúa en el sector. Se comparan estos datos con un análisis teórico que se realiza a la vez en función de distintos ambientes urbanos y rurales.

Para terminar se presenta un estudio comparativo de un sistema práctico en base a estudios realizados en forma teórica, con esto se diseña un modelo acorde a la zona en la cual se debe realizar la instalación de los dispositivos.

Summary

The aim of the present project is to show the implementation of an OUTDOOR connection system on a spot-area of Campus Isla Teja at Universidad Austral de Chile. First, the study begins with the analysis of the Wireless Campus Network. The aim of this task is also to verify the characteristics, operation and observation of the different types of antennas concerning their multiple performances in relation to the radio-frequency spectrum which is mathematically analyzed for its further application. Second, a study of legal issues is carried out and it deals with the regulations pertaining to installation and wireless networks imposed by the Subsecretaria de Telecomunicaciones de Chile. Besides, a balance access cost among different suppliers of Outdoor Wireless Network Services is done. They consider the possibilities of real access points. Moreover, these findings are given by distinct qualities and budget tools of Outdoor Wireless Connection.

A study of the device installation is also carried out, the Pre-Wimax Multiband Dual Radio, which works with two radio- frequency bands. The first one is 2.4 GHz access point and the second one is 900 MHz access point-backhaul. Thus, a device analysis is done, considering its operation as well as its overall performing and practicum testing at different noise levels and wireless network congestion. Different cases of proposing installation are pointed out concerning low and high density of urban environments. These data are theoretically tested on diverse patterns concerning rural and urban areas.

Finally, a comparative study of a practical system based on theoretical background is presented in order to design a wireless device installation pattern according to the spot-area of the wireless access point.

Introducción

El área de las telecomunicaciones que posee mayor progreso y visión futura son las redes inalámbricas de alta capacidad, esto ya que la tendencia tecnológica impulsa a la comunicación sin cables, es por ello que de un tiempo atrás vienen con fuerzas avances sobre mayor capacidad de transmisión de información digital (audio, video, datos) esto en cualquier lugar o momento que requiera.

La actual Red Interna que posee la Universidad Austral de Chile, otorga distintos servicios para la comunidad, además de la información necesaria para los alumnos, docentes y funcionarios de la UACH. Dentro de este plano, la conectividad con estos servicios es primordial a la hora de necesitar información. Existen muchos puntos en los cuales se puede conseguir tal información, pero hasta el momento no se contaba con la masificación de usuarios en la red, es por ello que se integraron los puntos inalámbricos para conectividad dentro de los distintos edificios que posee la UACH.

Hoy en día los usuarios de la red no solo realizan trabajos en salas o bibliotecas, sino que además buscan sitios extensos que posee la universidad como lo son las distintas áreas verdes que esta posee, para poder satisfacer la necesidad de conectividad externa es que nace este proyecto de conectividad OUTDOOR, teniendo acceso de banda ancha inalámbrica a todos los servicios internos de red en lugares en que con la tecnología actual sería muy complicado.

Objetivos Generales

- Investigar la instalación y funcionamiento de una nueva tecnología que desea implementar la Universidad Austral de Chile, incorporado en el dispositivo el Pre-WiMax Multiband Dual Radio.
- Ver que procesos legales conlleva la investigación e implementación de antenas en frecuencias de 900 MHz y los 2.4 GHz, esto basado en normas que implementa el ente regulador de radiofrecuencias en Chile como lo es la Subsecretaría de Telecomunicaciones (Subtel).
- Diseñar e implementar un servicio de Red OUTDOOR para dar cobertura de este servicio a diferentes puntos estratégicos, como lo son sectores en que el alumnado circula diariamente y también descansa, esto son el Jardín Botánico y diferentes áreas verdes por las cuales se destaca la Universidad y desea implementar el servicio de Red Externa tanto para navegar en Intranet e Internet.

Objetivos Específicos

- Comprobar que ventajas influye el uso de la tecnología OUTDOOR en función de la ya existente iluminación INDOOR que funciona dentro de la Universidad Austral.
- Disminuir a futuro una posible contaminación visual de las áreas verdes en las cuales el alumnado transita, utilizando enlaces entre Access Point de forma inalámbrica.
- Disminuir a futuro los costos de instalación de módulos repetidores y el cableado correspondiente, por la correspondiente capacidad de enlace de hasta 40 Km que poseen estos dispositivos.
- Investigar la normativa legal que implica subir señales de radiofrecuencia esto, realizando el procedimiento correspondiente de acuerdo a las resoluciones expuestas por la Subtel.
- Implementar un nuevo sistema de comunicación que actualmente esta a la vanguardia dentro de las tecnologías de acceso inalámbrico.
- Comprender el efecto nocivo que produce la intervención de árboles o edificios en el camino que toma la señal de Radio Frecuencia.

- Realizar un estudio teórico de la forma en la cual se propaga la señal de radiofrecuencia, y esto compararlo con pruebas prácticas, hechas con los dispositivos propuestos.
- Realizar un óptimo diseño para implementación en el Campus esto, comprobando con distintos puntos de atenuación en función de la distancia en la cual se tomaron muestras.

Capítulo I: Redes Inalámbricas

1.1 Generalidades

Una red de área local o WLAN (Wireless LAN) utiliza ondas electromagnéticas (radio e infrarrojo) para enlazar (mediante un adaptador) los equipos conectados a la red, en lugar de los cables coaxiales o de fibra óptica que se utilizan en las LAN convencionales cableadas (Ethernet, Token Ring, ...).



Fig 1.1 - Unión Wireless entre PC convencional y notebook

Las redes locales inalámbricas más que una sustitución de las LANs convencionales son una extensión de las mismas, ya que permite el intercambio de información entre los distintos medios en una forma transparente al usuario.

En este sentido el objetivo fundamental de las redes WLAN es el de proporcionar las facilidades no disponibles en los sistemas cableados y formar una red total donde coexistan los dos tipos de sistemas. Enlazando los diferentes equipos o terminales móviles asociados a la red.

Este hecho proporciona al usuario una gran movilidad sin perder conectividad. El atractivo fundamental de este tipo de redes es la facilidad de instalación y el ahorro que supone la supresión del medio de transmisión cableado. Aún así sus prestaciones son menores en lo

referente a la velocidad de transmisión que se sitúa entre los 2 y los 10 Mbps frente a los 10 y hasta los 100 Mbps ofrecidos por una red convencional.

Las redes inalámbricas son la alternativa ideal para hacer llegar una red tradicional a lugares donde el cableado no lo permite. En general las WLAN se utilizan como complemento de las redes fijas.

1.2 Orígenes

El origen de las LAN inalámbricas (WLAN) se remonta a la publicación en 1979 de los resultados de un experimento realizado por ingenieros de IBM en Suiza consistente en utilizar enlaces infrarrojos para crear una red local en una fábrica. Estos resultados, pueden considerarse como el punto de partida en la línea evolutiva de esta tecnología.

Las investigaciones siguieron adelante tanto con infrarrojos como con microondas,. En mayo de 1985 el FCC3 (Federal Communications Comission) asignó las bandas IMS4 (Industrial, Scientific and Medical) 902-928 MHz, 2,400-2,4835 GHz, 5,725-5,850 GHz a las redes inalámbricas basadas en spread spectrum.

La asignación de una banda de frecuencias propició una mayor actividad en el seno de la industria: ese respaldo hizo que las WLAN empezaran a dejar ya el laboratorio para iniciar el camino hacia el mercado. Desde 1985 hasta 1990 se siguió trabajando ya más en la fase de desarrollo, hasta que en mayo de 1991 se publicaron varios trabajos referentes a WLAN operativas que superaban la velocidad de 1 Mbps, el mínimo establecido por el IEEE 802 para que la red sea considerada realmente una LAN.

Hasta ese momento las WLAN habían tenido una aceptación marginal en el mercado por dos razones fundamentales: falta de un estándar y los precios elevados de una solución inalámbrica. Sin embargo, se viene produciendo estos últimos años un crecimiento explosivo en este mercado (de hasta un 100% anual). Y esto es debido a distintas razones:

- El desarrollo del mercado de los equipos portátiles y de las comunicaciones móviles.
- La conclusión de la norma IEEE 802.11 para redes de área local inalámbricas que ha establecido un punto de referencia y ha mejorado en muchos aspectos de estas redes.

1.3 Ámbito de aplicación

Las aplicaciones más típicas de las redes de área local que podemos encontrar actualmente son las siguientes:

- Implementación de redes de área local en edificios históricos de difícil acceso y en general en entornos donde la solución cableada es inviable.
- Posibilidad de reconfiguración de la topología de la red sin añadir costes adicionales. Esta solución es muy típica en entornos cambiantes que necesitan una estructura de red flexible que se adapte a estos cambios.
- Redes locales para situaciones de emergencia o congestión de la red cableada.
- Estas redes permiten el acceso a la información mientras el usuario se encuentra en movimiento.
- Generación de grupos de trabajo eventuales y reuniones ad-hoc. En estos casos no valdría la pena instalar una red cableada. Con la solución inalámbrica es viable implementar una red de área local aunque sea para un plazo corto de tiempo.
- En ambientes industriales con severas condiciones ambientales este tipo de redes sirve para interconectar diferentes dispositivos y máquinas.
- Interconexión de redes de área local que se encuentran en lugares físicos distintos. Por ejemplo, se puede utilizar una red de área local inalámbrica para interconectar dos o más redes de área local cableada situadas en dos edificios distintos.

1.4 Asignaciones Básicas en Radiofrecuencia.

Aunque existen dos tipos de tecnologías que emplean las radiofrecuencias, la banda estrecha y la banda ancha, también conocida espectro ensanchado, ésta última es la que más se utiliza.

En mayo de 1985, y tras cuatro años de estudios, el FCC (Federal Communications Commission), la agencia Federal del Gobierno de Estados Unidos encargada de regular y administrar en materia de telecomunicaciones, asignó las bandas IMS (Industrial, Scientific and Medical) 902-928 MHz, 2,400-2,4835 GHz, 5,725-5,850 GHz a las redes inalámbricas basadas en espectro ensanchado. Entre ellas, el IEEE 802.11 incluyó en su especificación las frecuencias en torno a 2,4 GHz que se habían convertido ya en el punto de referencia a nivel mundial, la industria se había volcado en ella y está disponible a nivel mundial.

La tecnología de espectro ensanchado, utiliza todo el ancho de banda disponible, en lugar de utilizar una portadora para concentrar la energía a su alrededor. Tiene muchas características que le hacen sobresalir sobre otras tecnologías de radiofrecuencias (como la de banda estrecha, que utiliza microondas), ya que, por ejemplo, posee excelentes propiedades en cuanto a inmunidad a interferencias y a sus posibilidades de encriptación. Existen dos tipos de tecnología de espectro ensanchado:

Espectro Ensanchado por Secuencia Directa (DSSS)

En esta técnica se genera un patrón de bits redundante (señal de chip) para cada uno de los bits que componen la señal. Cuanto mayor sea esta señal, mayor será la resistencia de la señal a las interferencias. El estándar IEEE 802.11 recomienda un tamaño de 11 bits, pero el óptimo es de 100 bits. En recepción es necesario realizar el proceso inverso para obtener la información original.

La secuencia de bits utilizada para modular los bits se conoce como secuencia de Barker (también llamado código de dispersión o PseudoNoise). Es una secuencia rápida diseñada para

que aparezca aproximadamente la misma cantidad de 1 que de 0. Un ejemplo de esta secuencia es el siguiente:

+1 -1 +1 +1 -1 +1 +1 +1 -1 -1 -1 -1

Solo los receptores a los que el emisor haya enviado previamente la secuencia podrán recomponer la señal original. Además, al sustituir cada bit de datos a transmitir, por una secuencia de 11 bits equivalente, aunque de la señal de transmisión se vea afectada por interferencias, el receptor aún puede reconstruir fácilmente la información a partir de la señal recibida.

Esta secuencia proporciona 10.4 dB de aumento del proceso, el cual reúne los requisitos mínimos para las reglas fijadas por la FCC.

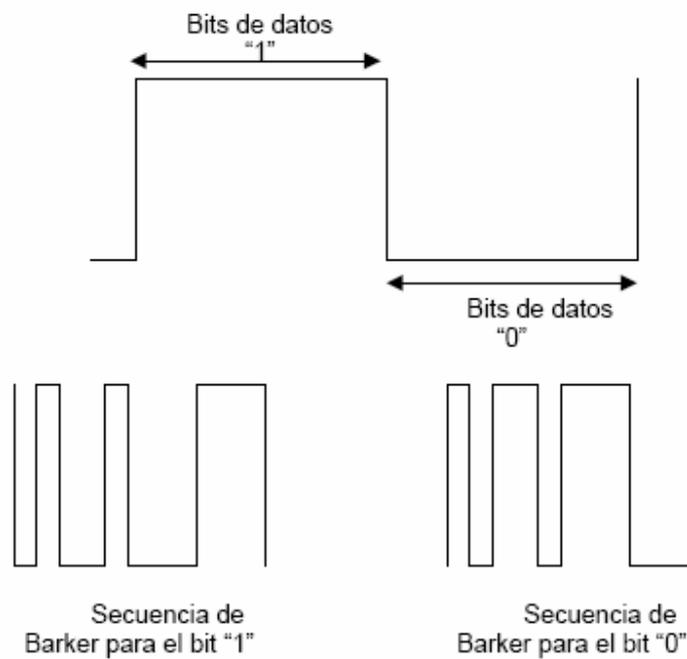


Fig. 1.2 – Secuencia de Barker para codificación

Una vez aplicada la señal de chip, el estándar IEEE 802.11 ha definido dos tipos de modulación para la técnica de espectro ensanchado por secuencia directa (DSSS), la modulación DBPSK (Differential Binary Phase Shift Keying) y la modulación DQPSK (Differential Quadrature Phase Shift Keying), que proporcionan una velocidad de transferencia de 1 y 2 Mbps respectivamente.

Recientemente el IEEE ha revisado este estándar, y en esta revisión, conocida como 802.11b, además de otras mejoras en seguridad, aumenta esta velocidad hasta los 11Mbps, lo que incrementa notablemente el rendimiento de este tipo de redes.

En el caso de Estados Unidos y Europa la tecnología DSSS utiliza un rango de frecuencias que va desde los 2,4 GHz hasta los 2,4835 GHz, lo que permite tener un ancho de banda total de 83,5 MHz. Este ancho de banda se subdivide en canales de 5 MHz, lo que hace un total de 14 canales independientes. Cada país está autorizado a utilizar un subconjunto de estos canales. En el caso de España se utilizan los canales 10 y 11, que corresponden a una frecuencia central de 2,457 GHz y 2,462 GHz.

En configuraciones donde existan más de una celda, estas pueden operar simultáneamente y sin interferencias siempre y cuando la diferencia entre las frecuencias centrales de las distintas celdas sea de al menos 30 MHz, lo que reduce a tres el número de canales independientes y funcionando simultáneamente en el ancho de banda total de 83,5 MHz. Esta independencia entre canales nos permite aumentar la capacidad del sistema de forma lineal.

La técnica de DSSS podría compararse con una multiplexación en frecuencia.

Canal	Frec. U.S.A	Frec. Europa	Frec. Japón
1	2412 MHz	N/A	N/A
2	2417 MHz	N/A	N/A
3	2422 MHz	2422 MHz	N/A
4	2427 MHz	2427 MHz	N/A
5	2432 MHz	2432 MHz	N/A
6	2437 MHz	2437 MHz	N/A
7	2442 MHz	2442 MHz	N/A
8	2447 MHz	2447 MHz	N/A
9	2452 MHz	2452 MHz	N/A
10	2457 MHz	2457 MHz	N/A
11	2462 MHz	2462 MHz	N/A
12	N/A	N/A	2484 MHz

Tabla 1.1 - Rango de frecuencias asignados en cada país

Espectro ensanchado por salto de frecuencia (FHSS)

La tecnología de espectro ensanchado por salto en frecuencia (FHSS) consiste en transmitir una parte de la información en una determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo llamada dwell time e inferior a 400 ms. Pasado este tiempo se cambia la frecuencia de emisión y se sigue transmitiendo a otra frecuencia. De esta manera cada tramo de información se va transmitiendo en una frecuencia distinta durante un intervalo muy corto de tiempo.

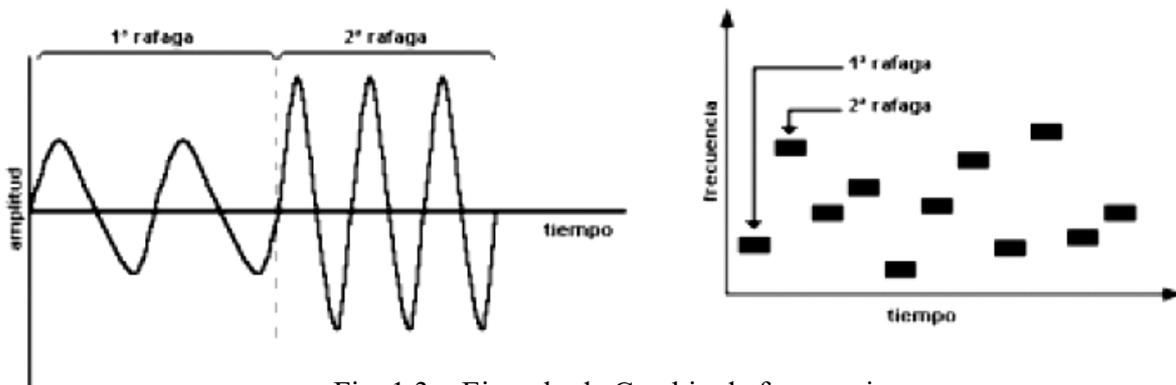


Fig. 1.3 – Ejemplo de Cambio de frecuencias

El orden en los saltos en frecuencia se determina según una secuencia pseudoaleatoria almacenada en unas tablas, y que tanto el emisor y el receptor deben conocer.

Si se mantiene la sincronización en los saltos de frecuencias se consigue que aunque en el tiempo se cambie de canal físico, a nivel lógico se mantiene un solo canal por el que se realiza la comunicación.

Esta técnica también utiliza la zona de los 2.4GHz, la cual organiza en 79 canales con un ancho de banda de 1MHz cada uno. El número de saltos por segundo es regulado por cada país, así, por ejemplo, Estados Unidos fija una tasa mínima de saltos de 2.5 por segundo.

El estándar IEEE 802.11 define la modulación aplicable en este caso. Se utiliza la modulación en frecuencia FSK (Frequency Shift Keying), con una velocidad de 1Mbps ampliable a 2Mbps.

En la revisión del estándar, la 802.11b, esta velocidad también ha aumentado a 11Mbps. La técnica FHSS sería equivalente a una multiplexación en frecuencia.

Limite inferior	Limite superior	Rango regulatorio	Área geográfica
2.402 GHz	2.480 GHz	2.400-2.4835 GHz	América del Norte
2.402 GHz	2.480 GHz	2.400-2.4835 GHz	Europa
2.473 GHz	2.495 GHz	2.471-2.497 GHz	Japón
2.447 GHz	2.473 GHz	2.445-2.475 GHz	España
2.448 GHz	2.482 GHz	2.4465-2.4835 GHz	Francia

Tabla 1.2 Rango de Frecuencias utilizadas en cada área geográfica

1.5 IEEE 802.11

Esta es la norma original, actualmente no implementada en productos comerciales. Fue ratificada en julio de 1997. El ancho de banda máximo que alcanza es de hasta 2 Mbps. Funciona en el espectro de 2,4 GHz sin necesidad de licencia (también referido como banda de ISM, *Industry Science and Medical*) con sistemas de modulación FHSS y DSSS. Carece de implementaciones comerciales.

802.11a

El IEEE ratificó en julio de 1999 el estándar 802.11a (los productos comerciales comienzan a aparecer a mediados de 2002), que con una modulación QAM-64 y con codificación OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) alcanza una velocidad máxima de 54 Mbps en la banda de 5 GHz, menos congestionada y con menos interferencias, pero con un alcance limitado a 50 metros, lo que implica tener que montar más puntos de acceso que si se utilizase 802.11b para cubrir la mismo área, con el coste adicional que ello supone.

La banda de 5 GHz que utiliza se denomina UNII (Infraestructura de Información Nacional sin Licencia), que en los Estados Unidos está regulada por la FCC, a la que se ha asignado un total de 300 MHz, cuatro veces más de lo que tiene la banda ISM, para uso sin licencia, en tres bloques de 100 MHz, siendo en el primero la potencia máxima de 50 mW, en el segundo de 250 mW, y en el tercero puede llegar hasta 1 W, por lo que se reserva para aplicaciones en el exterior.

Desafortunadamente, esta especificación normalmente es completamente incompatible con los productos de 802.11b, ya que no utilizan el mismo rango de frecuencias.

802.11b

Conocido como Wi-Fi, fue ratificado en septiembre 1999 y es el estándar principal de redes

inalámbricas. Alcanza una velocidad de 11 Mbps estandarizada por el IEEE. Opera dentro de la banda ISM 2,4 GHz para la cual no es necesaria licencia alguna. Emplea modulación DSSS e inicialmente se soportan hasta 32 usuarios por punto de acceso (AP). Este estándar trabaja con niveles de potencia emitida próximos a los 100 mW.

Adolece de varios de los inconvenientes que tiene el 802.11a como son la falta de QoS, además de otros como la masificación en la banda, pues a 2,4 GHz funcionan teléfonos, teclados y ratones inalámbricos, hornos microondas, dispositivos Bluetooth... todos ellos fuentes potenciales de interferencias.

A pesar de las desventajas, los productos basados en 802.11b ganaron la aceptación masiva

del mercado como los primeros productos de red inalámbrica con velocidad aceptable, bajo coste y compatibilidad universal al ser certificados por la Wi-Fi Alliance. Más del 95% de la infraestructura WLAN disponible en 2005 incluía ya productos IEEE 802.11b.

802.11g

Es la tercera norma WLAN de IEEE 802.11, capaz de transmitir a velocidades de hasta 54 Mbps. a la par que mantiene la compatibilidad con dispositivos 802.11b. Utiliza la misma banda de frecuencias que esta última y modulaciones tanto DSSS como OFDM. Idénticamente, los niveles de potencia emitida son próximos a los 100 mW.

A medida que la distancia al punto de acceso aumenta, los productos IEEE 802.11 proporcionan reducción de la tasa de transmisión para mantener una conectividad confiable. Dado que comparte la misma banda de frecuencias, la norma 802.11g tiene las mismas características de propagación que 802.11b, con lo que las implementaciones de ambas proporcionan prácticamente el mismo rango de alcance a una misma tasa.

Por el contrario, las señales radioeléctricas en la banda de 5 GHz tienen peores características de propagación, con lo que el rango de cobertura suele estar más limitado. En la Figura 1.4 se ilustran las diferentes tasas de transmisión esperadas a distintos rangos.

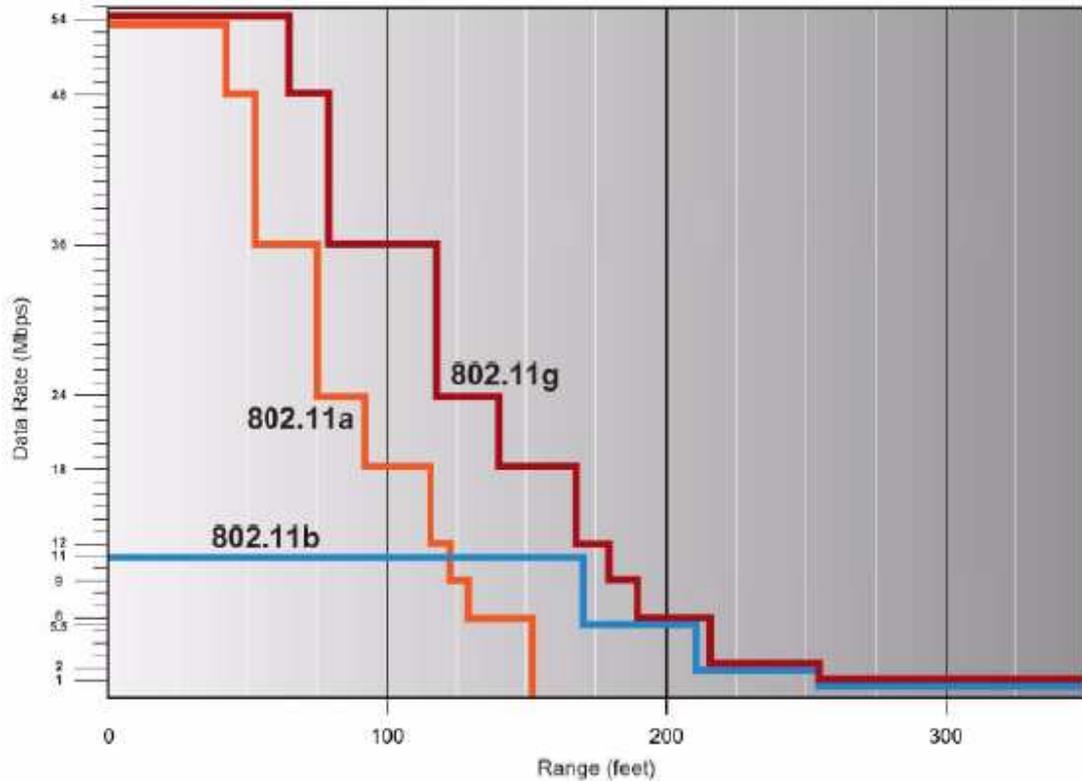


Fig. 1.4 Relación de alcance y velocidad en las distintas normas IEEE 802.11

Principalmente por estas características, y a pesar de existir tecnologías competidoras como HIPERLAN de ETSI, Wi-Fi ha copado en muy poco tiempo dos de los nichos de mercado para los cuales fue inicialmente diseñado: las redes de área local en el ámbito de oficina y las sencillas interconexiones domésticas para el acceso a Internet de banda ancha. La popularización de Internet y el avance de la Sociedad de la Información han fomentado la aparición de un nuevo mercado, el de los llamados Hotspots: lugares de ámbito público con acceso a Internet disponible vía Wi-Fi, normalmente ofertado a través de acuerdos comerciales con operadores de telecomunicaciones. Estos despliegues han sido en su mayoría –y hasta el momento- carentes de una planificación global, y tienden a ignorar celdas cercanas de terceros o incluso del mismo operador.

En aras de posibilitar una planificación de red robusta y mejorar la escalabilidad de los despliegues, se han propuesto distintas soluciones que perfeccionan la operación de 802.11.

802.11e

El objetivo de este estándar es proporcionar soporte de calidad de servicio (QoS) para ciertas aplicaciones como datos, voz y video que suelen existir en las redes LAN. Se aplicará a los estándares físicos a, b y g de 802.11. Este estándar hará que las redes inalámbricas VoIP sean una elección real para los administradores de redes.

En septiembre de 2002 la Wi-Fi Alliance certificó los productos que utilizan un subconjunto de IEEE 802.11e denominado WME (Wireless Media Extensions) para mejorar la calidad del servicio. WME identifica paquetes de voz, vídeo, audio u otros tipos de datos y prioriza su reparto dependiendo de las condiciones del tráfico. Por ejemplo, los vídeos transmitidos a través de redes inalámbricas se resienten si los paquetes se retrasan o se pierden, por lo que a este tipo de datos se les da prioridad sobre otros que viajen por la misma red.

Por otra parte, el estándar 802.11e íntegro incluye una tecnología adicional denominada WSM (Wi-Fi Scheduled Media). WSM asigna parte del ancho de banda para diferentes tipos de datos inalámbricos e incrementa el ancho de banda necesario para las aplicaciones de vídeo y voz.

802.11i

Conjunto de referencias en el que se apoyarán el resto de los estándares, en especial el estándar 802.11a. El 802.11i supone la solución al problema de autenticación al nivel de la capa de acceso al medio, pues sin ésta, es posible crear ataques a los usuarios de los sistemas operativos (DoS), entre otros. El vulnerable protocolo WEP (mecanismo de seguridad) fue sustituido por WPA (otro mecanismo de seguridad) basado en el algoritmo de cifrado TKIP, que meses más tarde también resultó tener importantes carencias. Esta nueva especificación utiliza el algoritmo de cifrado AES (Advanced Encryption Standard), un mecanismo extremadamente seguro que mereció en su día la aprobación del Instituto NIST (National Institute of Standards and Technology). WPA2 (Wi-Fi Protected Access 2) se basa en el estándar IEEE802.11i, y como tal constituye la propuesta de la Wi-Fi Alliance para un mercado muy convulsionado por las

muchas vulnerabilidades descubiertas en los protocolos de seguridad utilizados en las redes inalámbricas hasta la fecha. Por supuesto, esta nueva versión es compatible con WPA.

No cabe duda de que la llegada de 802.11i debe ser acogida por todos con entusiasmo debido al elevado nivel de seguridad que ofrece. Aun así, es necesario tener en cuenta que el algoritmo de cifrado AES requiere unas condiciones y una exigencia al hardware bastante alta, lo que significa que algunas tarjetas de red inalámbricas antiguas no serán capaces de satisfacer los requisitos de este estándar.

802.11f

Ratificado en 2003, su objetivo es lograr la interoperabilidad inalámbrica en puntos de acceso de distintos fabricantes desplegados. El estándar define tanto un registro de APs dentro de la WLAN como el intercambio de información entre ellos cuando un usuario se transfiere desde un AP a otro.

El protocolo de comunicación entre los puntos de acceso se denomina Inter Access Point Protocol (IAPP). Este protocolo especifica qué información tienen que intercambiar los puntos de acceso y las entidades de gestión de las capas superiores para soportar las funciones que define el 802.11 sobre DS.

802.11h

Su objetivo original fue cumplir los reglamentos europeos para redes WLAN en la banda de 5 GHz, que exigen a los productos control de la potencia de transmisión (TPC) y selección de frecuencia dinámica (DFS). El control TPC limita la potencia transmitida al mínimo necesario para alcanzar al usuario más lejano. DFS selecciona automáticamente el canal de radio en el punto de acceso para reducir al mínimo la interferencia con otros sistemas, en particular el radar.

Otro tipo de soluciones y normas buscan potenciar el establecimiento de radioenlaces Wi-Fi; una de las más importantes en esta línea es WDS (Wireless Distribution System o Sistema de Distribución Inalámbrico), que permite la interconexión de puntos de acceso de manera inalámbrica. Haciendo uso de este sistema es posible por tanto expandir una red inalámbrica compuesta por varios AP sin necesidad de establecer conexiones cableadas entre los mismos.

Existen sin embargo limitaciones inherentes a WDS relativas a la seguridad y flexibilidad de las comunicaciones, puesto que los enlaces radio entre los puntos de acceso han de compartir un mismo canal, causa de interferencias y degradación del throughput. Además, estos enlaces son predefinidos manualmente para una permanencia estacionaria. Se requieren nuevas técnicas si se desea que la interconexión entre equipos sea dinámica y tolerante a fallos.

En este sentido, las redes móviles ad hoc y las tecnologías mesh inalámbricas o mesh networking son un área muy activa de investigación y desarrollo.

Estándar	Banda de frecuencia	Modulación	Alcance	Velocidad máxima	Canales sin solapamiento
802.11a	5 GHz	OFDM	50 m	54 Mbps	12
802.11b	2,4 GHz	DSSS	100 m	11 Mbps	3
802.11g	2,4 GHz	OFDM	100 m	54 Mbps	3

Fig. 1.5 Resumen estándares capa física

Estándar	Ampliación
802.11e	Define niveles de Calidad de Servicio (QoS). Bajo Estudio.
802.11i	Intenta resolver los elementos de seguridad y cifrado del estándar básico: mecanismos de seguridad-AES (<i>Advanced Encryption Standard</i>).
802.11F	IAPP (<i>Inter Access Point Protocol</i>). Añade al estándar 802.11 factores de movilidad, similares a los utilizados en redes móviles. Es una recomendación.
802.11 h	Mejora del 802.11a en potencia y selección de canal de radio.

Fig. 1.6 Estándares de configuración

1.6 Redes Mesh

Definición

Las denominadas redes mesh inalámbricas son redes con una topología peer-to-peer de múltiples saltos en las cuales los nodos participantes se comunican a través de conexiones redundantes, cooperando los unos con los otros para enviar y recibir paquetes.

Entre las mejoras introducidas por esta nueva tecnología se cuentan la capacidad de configurar dinámicamente enlaces inalámbricos y establecer nuevas topologías de red en el tiempo, de manera que se recuperan frente a fallos automáticamente y posibilitan balancear el tráfico.

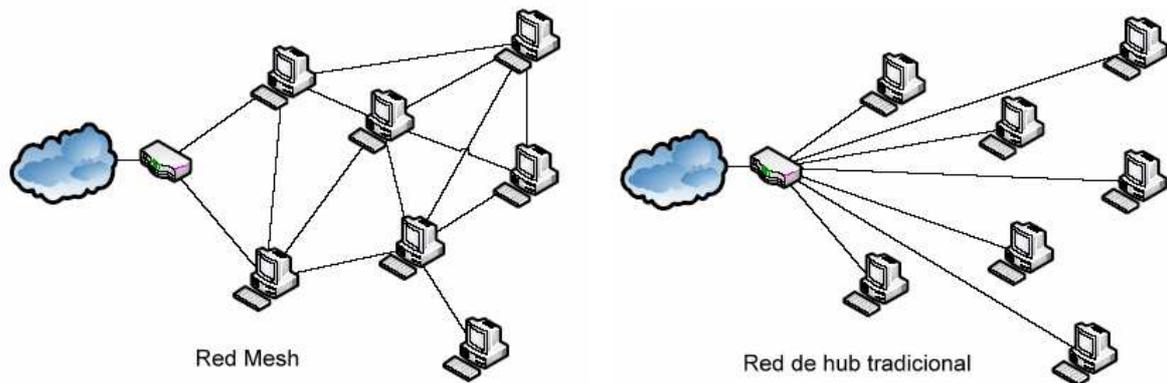


Fig. 1.7 Red mesh y red de hub tradicional.

Las redes mesh inalámbricas con posibilidad de múltiples saltos tienen las siguientes características:

1.6.1 Capaces de Crecer “Orgánicamente”

Los protocolos de última generación mesh son capaces de descubrir nuevos nodos, admitiéndolos en la comunidad ya existente y regenerando nuevas tablas de encaminamiento según el escenario reciente; todas las soluciones propietarias y el futuro estándar contemplan la actuación sobre diversas capas del modelo OSI a fin de mantener encaminamientos coherentes y robustos, por lo que no es necesaria la configuración manual de los equipos.

1.6.2 No requieren soporte de infraestructura

A diferencia de las soluciones inalámbricas tradicionales como WDS, las redes mesh permiten flexibilidad de la arquitectura y ahorran tiempo y costo del despliegue. Las redes malladas pueden emular allí donde sea necesario redes ad-hoc robustas, eliminando tecnologías portadoras adicionales en la agregación ascendente del tráfico.

1.6.3 Son tolerantes a la caída de enlaces y/o nodos

Si un nodo se desconecta de la topología, sus vecinos se percatan de la incidencia y propagan la información a todos los integrantes de la red, que regenera en su conjunto una topología adecuada. Asimismo, cuando los enlaces entre nodos sufren desvanecimientos o una baja relación señal a ruido, los puntos que establecen dicha comunicación buscan trayectos alternativos y se asocian a otros nodos vecinos.

1.6.4 Gestión distribuida

Las redes mesh actuales disponen de puntos de acceso con funcionalidades avanzadas e inteligencia de red. Permiten establecer políticas de tráfico en los enlaces mallados y gestión de nodos asociados. De la misma manera, facilitan la integración con infraestructura de red existente en el backbone y con otras redes de acceso.

1.6.5 Alta Capacidad

Están consideradas como la siguiente generación de redes inalámbricas por mantener las características de acceso en banda ancha a la vez que añaden nuevas funcionalidades. Al mejorar el área de despliegue se las WLAN tradicionales soportan una densidad alta de terminales cliente asociados con accesos de alta capacidad, lo que les permite ser aplicadas en despliegues de red en entornos campus y municipales. Permiten técnicas de diversidad espacial y gestión de potencias para optimizar la cobertura y reducir las interferencias, provocando un aumento del rendimiento respecto a Wi-Fi.

1.6.6 Seguridad e Identidad

La mayoría de las soluciones ofrecen algoritmos de cifrado para el tráfico de los enlaces de backhaul mesh, de hecho, muchos protocolos de enrutamiento mesh son compatibles con las tecnologías de seguridad heredadas de las WLAN tradicionales.

Adicionalmente, el grupo de trabajo del estándar IEEE 802.11s esta trabajando sobre la base de la norma IEEE 802.11i para proveer mecanismos de seguridad tanto distribuidos como centralizados, enlace a enlace, permitiendo que la información de enrutamiento pueda ser autenticada.

En este sentido, la propuesta actual de mesh contempla la posibilidad de un despliegue en el que los nodos mesh realicen la función de backbone y otros nodos móviles no aptos para el enrutamiento se comuniquen entre si a través de dicha infraestructura, incluso cuando las distancias que los separan son de varios kilómetros. Dicha configuración es actualmente costosa y difícil de aplicar en WLAN tradicionales, donde la poca flexibilidad del estándar implica procesos de instalación adicionales y replanteos radio complejos.

Por tanto, para el despliegue de backhails inalámbricos en redes WLAN de segunda generación, es necesario recurrir a las tecnologías mesh si se desea obtener la flexibilidad, redundancia y calidad de servicio característicos de las redes de telecomunicaciones.

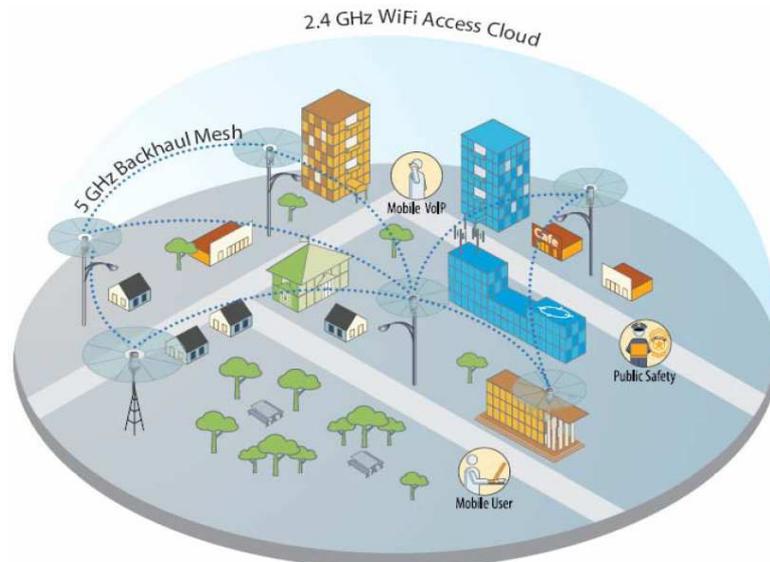


Fig. 1.8 Red Wi-Fi mesh con backhails a 5 GHz en entorno metropolitano.

A diferencia de las redes móviles ad hoc (MANET o Mobile Ad hoc NETWORKS), en las que los nodos tienen cierta movilidad, los nodos que configuran la arquitectura mesh son fijos o estacionarios, aunque existen líneas de investigación dispuestas a modificar esta característica.

Consecuentemente, las redes malladas no requieren soporte de infraestructura y son en sí mismas tolerantes a fallos, permitiendo la gestión distribuida; particularidades todas ellas que las convierten en potencialmente aptas para despliegues, tanto de operador de telecomunicaciones como de organización independiente.

El balance de capacidad planteado en la propuesta del estándar se realiza mediante técnicas de diversidad espacial y control de potencia, por lo que el número de puntos de acceso mesh resulta trascendente. La razón es que un exceso de nodos puede afectar al ancho de banda compartido, debido a la interferencia potencial; por el contrario, una reducción drástica en el número de equipos mesh dificultará el mantenimiento de las rutas, posibilitando mayor cantidad de desconexiones.



Fig. 1.9 Red municipal local

1.6.7 Nuevas aplicaciones y escenarios

Los estudios de mercado y workshops llevados a cabo por expertos de industria destacan algunos escenarios conceptuales directamente aplicables a las nuevas WLAN Mesh.

Acceso a Internet de banda ancha

Los despliegues de redes de acceso con infraestructura cableada (última milla y nodos finales) resultan en muchas ocasiones impracticables en términos de costes en zonas rurales y suburbios metropolitanos. Los operadores encuentran las siguientes barreras de inversión en estos casos:

- Coste capital del equipamiento.
- Operación y mantenimiento de un número elevado de nodos.
- Despliegue de cableado en terrenos no urbanizados y de larga distancia.
- Implicaciones políticas, sociales y territoriales (negociación, conflictos, licencias...).

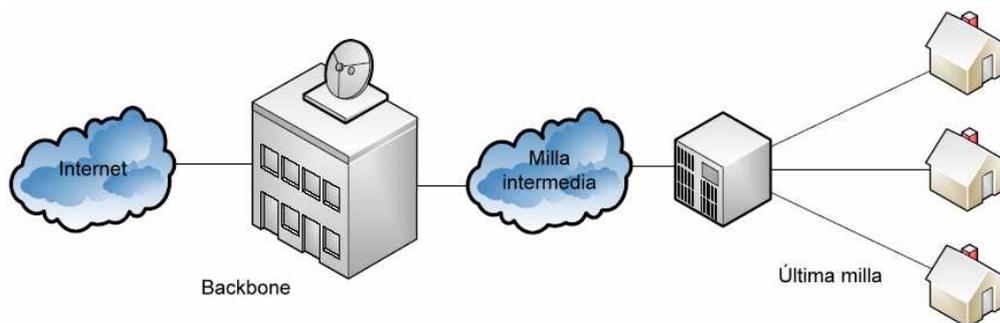


Fig. 1.10 Funcionamiento general de diseño de red

A pesar de que las redes inalámbricas disminuyen considerablemente el coste de inversión en la última milla de los operadores y proveedores de acceso a Internet, hasta ahora introducían una nueva problemática añadida, relacionada con el rango de cobertura, la disponibilidad espectral y los costes de nuevo equipamiento, entre otros.

Las redes mesh solucionan esta situación bloqueante mejorando tanto el ancho de banda como los alcances mediante radioenlaces más cortos y mayor densidad. Asimismo, obtienen unos niveles aceptables en coste y mantenimiento ya que se basan en estándares commodity.

Configuración tipo mesh comunitaria

Potenciando la idea de mejorar las comunidades de vecinos y áreas poblacionales más desfavorecidas a través de la tecnología, varias universidades, administraciones y consorcios están llevando a cabo proyectos de acceso a Internet de bajo coste, vigilancia contra la delincuencia y redes de información vecinal mediante redes mesh.

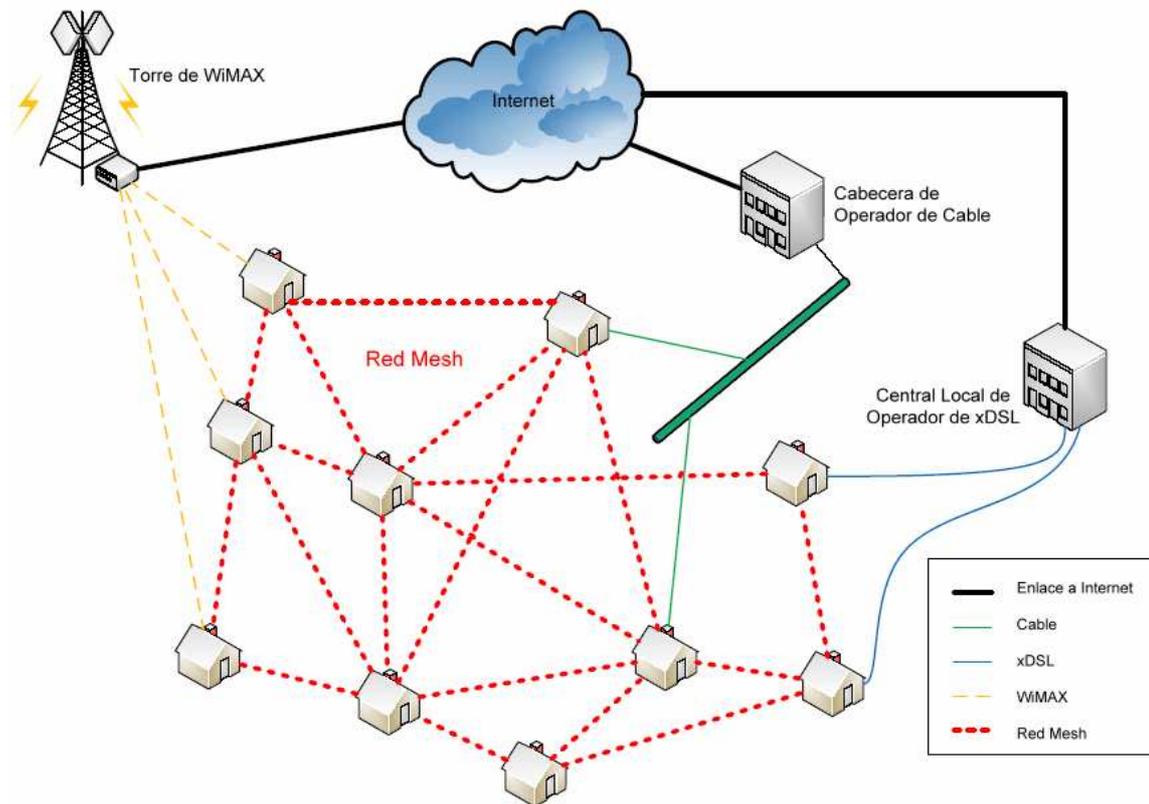


Fig. 1.11 Red Híbrida Mesh con aplicación cableada

Red Mesh comunitaria compartiendo accesos.

Las redes mesh aportan nuevos valores a este escenario, permitiendo las siguientes aplicaciones:

- Acceso a Internet compartido.
- Redundancia distribuida.
- Vigilancia y seguridad vecinal (videocámaras).
- Compartición de contenidos multimedia (vecindad de DVRs).
- Respuesta médica y de emergencia.
- “eBay vecinal” (venta y mercadillo).
- Tablón de anuncios virtual.

2. CAPITULO II: PROPAGACION EN RADIOFRECUENCIA

2.1 Tipos de antenas

En el trabajo realizado se utilizarán dos tipos importantes de antenas las cuales detallaremos su funcionamiento y tipo de propagación, estas son las Antenas omnidireccionales y las antenas Direccionales. Además se explicará un caso de mucho interés lo que son las Antenas Parabólicas

2.1.1 Antenas Omnidireccionales

Definición

Se define una antena Omnidireccional como aquella que es capaz de radiar energía prácticamente en todas direcciones.

2.1.1.1 Antena Isotrópica

Para explicar mejor de qué se trata he hecho este esquema que intenta ser un diagrama de radiación de la antena. Un diagrama de radiación sirve para determinar la energía radiada en cada dirección del espacio. Si analizamos esta antena veremos que en los planos verticales (x, z) e (y, z) la cantidad de energía radiada es exactamente la misma en todas las direcciones. Tenemos lo mismo para el plano horizontal (x, y). Esto nos indica que esta antena podrá enviar o recibir señal con las mismas condiciones esté en la posición que esté. Esta antena recibe el nombre de antena isotrópica.

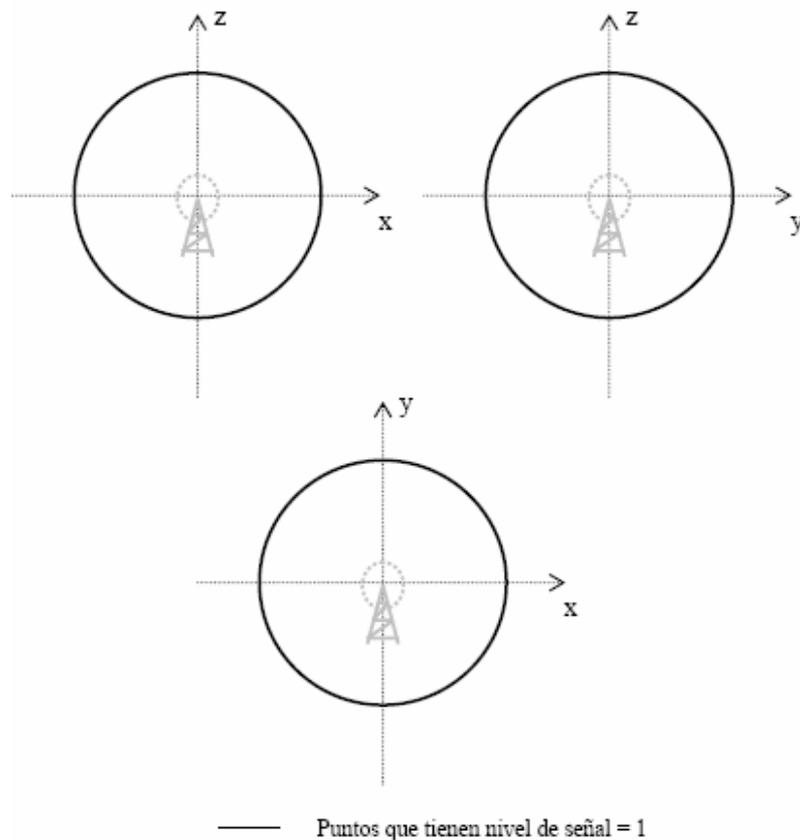


Fig. 2.1 - Gráfico de propagación isotropico en función de los ejes x, y, z

2.1.1.2 Antena Omnidireccional real

El uso habitual hace que una antena omnidireccional no emita exactamente en todas direcciones, sino que tiene una zona donde irradia energía por igual (por ejemplo el plano horizontal). Por ejemplo no nos puede interesar emitir o recibir señal de la parte que está exactamente encima de la antena, imaginémonos la antena de radio de un auto particular, difícilmente tendremos la fuente de señal exactamente encima de la antena, así que favorecemos la emisión o recepción en otras direcciones (como puede ser el plano horizontal) en detrimento de otras (el plano vertical). Nos puede parecer una frivolidad despreciar un rango tan grande de direcciones, pero si tenemos en cuenta la distancia entre la antena emisora y nuestra antena receptora nos daremos cuenta que el ángulo respecto al plano horizontal de la antena es muy pequeño. Debemos tener en cuenta también que en el plano horizontal sí que el comportamiento es totalmente **omnidireccional**. En el siguiente esquema podemos observar este comportamiento,

fijémonos que la cantidad de señal enviada en dirección z es 0, en cambio la que se envía en las direcciones x e y es máxima, y entre los dos límites hay una graduación.

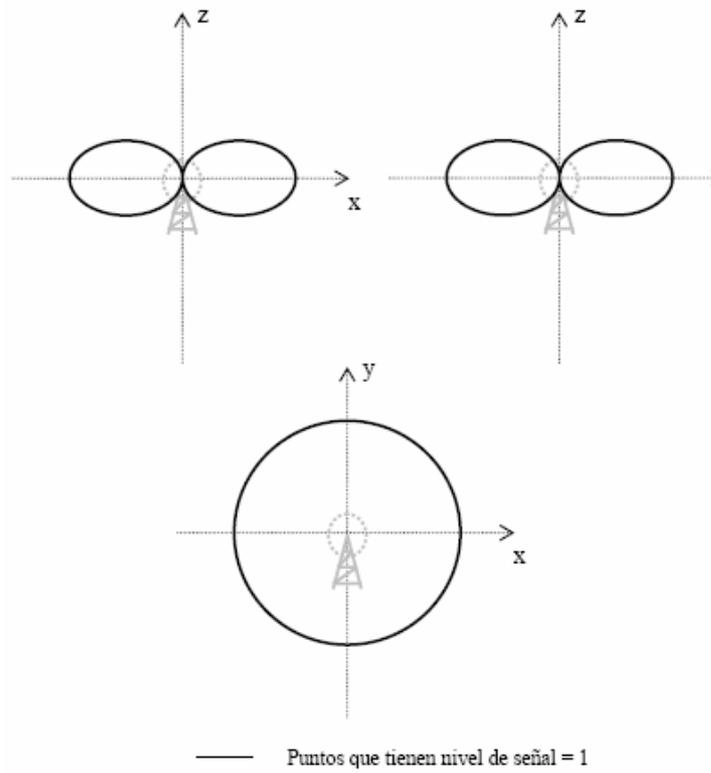


Fig. 2.2 - Gráfico de Propagación Radial en función de los ejes x , y , z

Podríamos determinar la cantidad de energía en un ángulo de 45° sobre la vertical trazando una línea en el gráfico y determinando la longitud del vector respecto del máximo (si el gráfico está normalizado el máximo siempre será 1). Lo vemos en la próxima figura.

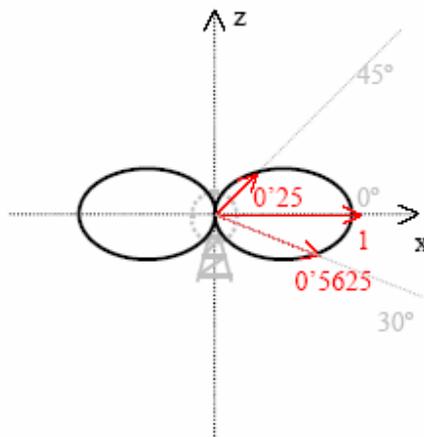


Fig. 2.3 - Propagación omnidireccional real en función de los ejes X, Z

2.1.2 Antena direccional

Definición

Las antenas direccionales son aquellas que han sido concebidas y construidas para favorecer que la mayor parte de la energía sea radiada en una dirección en concreto. Puede darse el caso en que se desee emitir en varias direcciones, pero siempre estaremos hablando de un número de direcciones determinado donde se encontrarán el lóbulo principal y los secundarios.

2.1.2.1 Antena direccional normal

Con las antenas direccionales descubrimos el término de lóbulo principal, se trata de la dirección donde se proyectará la mayor parte de la energía. Como es imposible hacer una antena que radie en una sola dirección nos interesará saber qué rango de direcciones (o abertura) recibirá el mayor porcentaje de energía. Nos interesará que el lóbulo principal sea lo más estrecho posible, así ganamos en direccionalidad, pero esto repercute directamente en el coste económico de la antena.

También tendremos, por el simple hecho de trabajar en un medio físico no ideal, se incluyan un número determinado de lóbulos secundarios. Estos lóbulos proyectarán energía en direcciones

que no son la deseada, o en caso de recepción nos captarán señales que no provienen directamente de nuestra fuente, captando ecos y reflexiones o interferencias de otras fuentes. Normalmente nos interesará una relación entre el lóbulo principal y los secundarios lo más grande posible.

Para entender como puede afectar eso usaremos el ejemplo de antena direccional que más hemos visto: la antena de recepción de televisión del techo de nuestra casa.



Fig. 2.4 - Antena yagi para recepción de RF

Esta antena se compone de una barra con unas espigas horizontales. La disposición de esas espigas se debe a la polarización de la señal, en Inglaterra por ejemplo son verticales, esto depende de cómo se emite la señal. La barra central se encarga de recibir la señal, esta barra apunta directamente al repetidor de televisión más próximo, cuanto más alineada está la antena con el repetidor mejor es la calidad de la señal que recibimos, entonces tenemos el lóbulo principal apuntando directamente al repetidor. La antena también puede recibir señal desde la parte de atrás, imaginemos, por ejemplo en medio de una ciudad donde nuestra antena apunta al repetidor pero detrás tenemos un edificio que nos refleja la señal y nos la devuelve a la antena, como esta señal habrá recorrido una distancia mayor que el señal que nos llega directamente por la parte de delante de la antena, la nueva señal no coincidirá del todo con el original, así se nos formará el molesto efecto de imagen doble. Una buena manera de solucionar este problema es

haciendo que la señal reflejada sea muy débil respecto a la original, y esto se consigue consiguiendo una relación muy alta entre el lóbulo principal (delante) y el lóbulo secundario (detrás), claro que para esto deberemos comprar dispositivos mas costosos para una antena de mejor calidad.

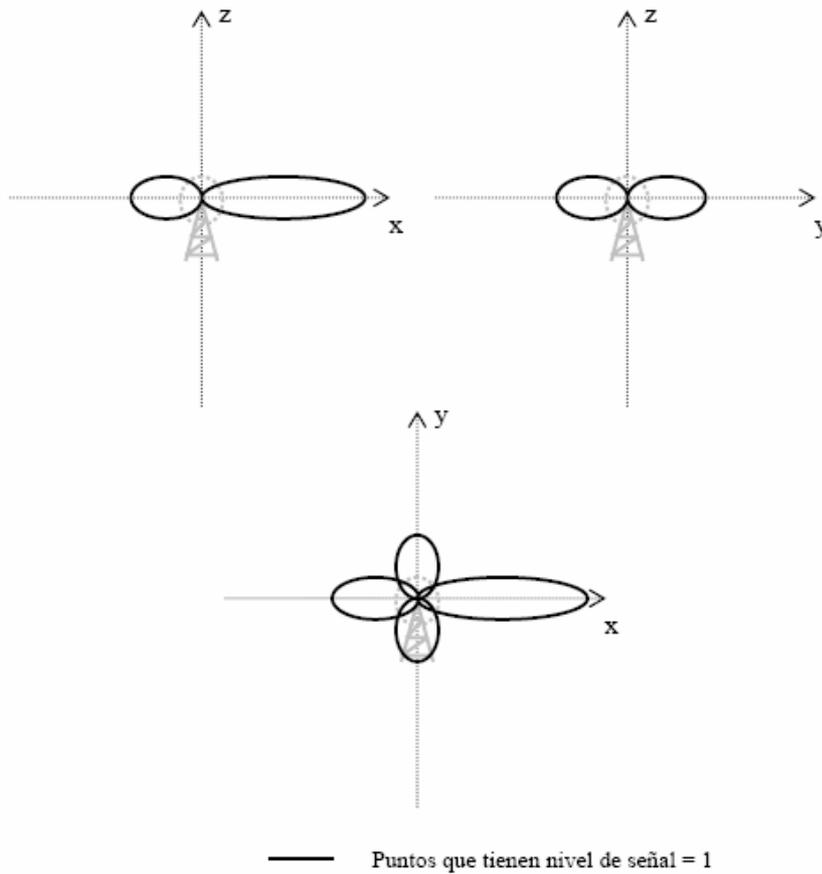


Fig. 2.5 – Gráfico de propagación direccional en función de los ejes x, y, z

Otra de las finalidades de las antenas direccionales es la confidencialidad. Si difundimos nuestra información en todas direcciones cuando realmente sólo queremos llegar a un punto corremos más peligro de que nuestros datos confidenciales puedan ser captados por alguien que no nos interesa.

Otra aplicación importante es para evitar la saturación de frecuencias, ya que si usamos una frecuencia en un camino muy recto entre dos antenas direccionales lo que conseguimos es dejar el resto de espacio disponible para usar esa misma frecuencia.

1.1.3 Antena Direccional Parabólica

Un caso especial dentro de las antenas direccionales son las antenas parabólicas. Su topología las hace muy adecuadas para una gran direccionalidad y para evitar la debilitación de la señal en la distancia.

Usando un reflector con forma parabólica conseguimos que la señal que se radia de forma radial pase a ser una onda plana, así desaparece la dispersión de la energía en la distancia. Recordemos que para cualquier antena la atenuación de la señal es de $1/r^2$ además de la atenuación propia del aire. Con una onda plana la energía sólo tiene la atenuación del aire que es muy leve.

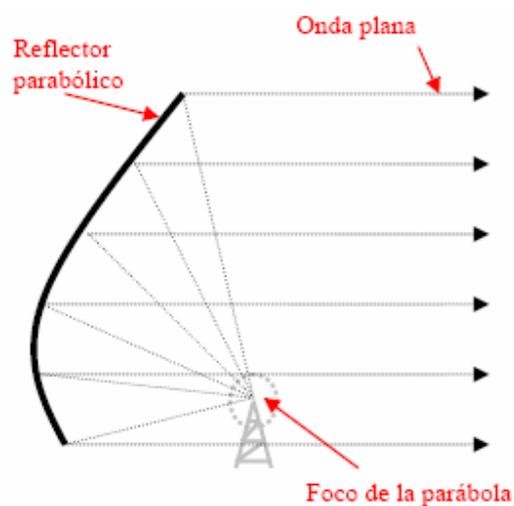


Fig. 2.6 - Transmisión de onda plana en antena parabólica

2.2 Zona de Fresnel

La zona de Fresnel es una zona de despeje adicional que se debe tener en consideración en un enlace microonda punto a punto, además de la visibilidad directa entre las dos antenas. Este factor deriva de la teoría de ondas electromagnéticas, respecto de la expansión de las mismas al viajar en el espacio libre. Esta expansión resulta en reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo. El resultado es un aumento o disminución en el nivel de intensidad de la señal recibida.

La zona Fresnel se puede calcular y debe ser tomada en cuenta cuando se diseña un enlace inalámbrico que se considere de larga distancia.

Además se debe tomar en consideración la curvatura de la tierra como una de las posibles obstrucciones, es por ello que se recomienda utilizar el 70% o más, en lugar del original 60% de la primera zona de Fresnel, a fin de minimizar este efecto.

Para establecer las zonas de Fresnel primero debemos determinar la línea de vista, que en términos simples es una línea recta entre la antena transmisora y la receptora. Ahora la zona que rodea el LOS son las zonas de Fresnel.

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel se muestra en la siguiente expresión

$$r_n = 548 \sqrt{\frac{n \cdot d_1 \cdot d_2}{f \cdot d}}$$

Fórmula para el cálculo del radio de la *n*-ésima zona de Fresnel.

Donde:

r_n: es el radio de la *n*-ésima zona de Fresnel [m].

*d*₁: es la distancia desde el transmisor al objeto en [Km].

*d*₂: es la distancia desde el objeto al receptor en [Km].

d: es la distancia total del enlace en [Km].

f: es la frecuencia en [MHz].

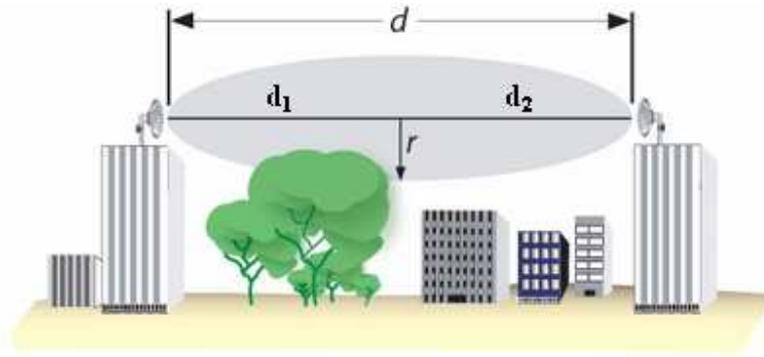


Fig. 2.7 Diagrama explicativo de las zonas de Fresnel.

n : es el valor de la primera zona de Fresnel y se le asigna el valor de 1 solamente ya que solo se utilizarán cálculos ahí, el resto de los datos son todos variables.

2.3 Teoría de Propagación en Radiofrecuencia

El modelado y predicción de la forma en que las ondas electromagnéticas se propagan constituyen un campo de gran interés para el diseño de redes de comunicaciones inalámbricas. Un modelo de propagación es una ecuación normalmente dada en dB (decibeles) que trata de calcular y describir las pérdidas de una señal en determinado ambiente de propagación.

En gran parte de las predicciones para un diseño son los datos tomados de la realidad que se mezclan con datos estadísticos y en algunos casos teóricos, gracias a esto se logra una descripción de la forma en que las ondas se propagan.

Durante varios años se ha buscado el modelo que describa correctamente la propagación de ondas, pero al pasar de los años, diversos modelos se han propuestos y se han llegado a diseñar modelos específicos para ambientes específicos, frecuencias específicas y aplicaciones específicas.

La utilidad específica de los modelos esta en predecir la potencia de la señal que se transmite y que se recibe a determinada distancia, aunque también se toma en cuenta las variaciones de la potencia en el punto receptor.

2.3.1 Modelos de Propagación.

Se pueden clasificar a los modelos de propagación en tres grandes tipos, el primero de ellos son los llamados modelos de gran escala o Large Scale Models, este tipo de modelos nos ayuda a predecir perdidas cuando el transmisor y el receptor se encuentran a una distancia grande.

El segundo tipo de modelos son los de pequeña escala o Small Scale Models, los cuales posteriormente se trabajara prácticamente, este tipo de modelos son útiles para distancias cortas y cuando se desea una predicción de los rápidos cambios en la intensidad de la potencia.

El tercer tipo de modelo son los llamados “Indoor Propagation Models”, este tipo de modelo describe o predice las perdidas dentro de construcciones e interiores.

2.3.2 Modelo para propagación en ambientes abiertos.

El tipo de enfoque de estos modelos está condicionado a la casi nula existencia de obstáculos para la propagación de las ondas electromagnéticas, estos modelos surgen por la necesidad de modelar una zona geográfica de terreno irregular, pero con el menor número de obstáculos para así lograr la predicción de las pérdidas que se tienen en el camino hacia el móvil, este tipo de modelos a pesar de llegar a ser de los más sencillos que existen no deben de dejar de tomar en cuenta ciertos parámetros para sus cálculos.

2.3.3 Modelando la zona de cobertura

Para poder crear un modelo de zona de cobertura se debe tomar en cuenta la existencia de obstáculos (árboles, edificios, montañas).

En los sistemas de comunicación la transmisión de señales frecuentemente se lleva a cabo sobre terrenos irregulares, por lo tanto, es necesario tomar en cuenta el perfil del terreno de un área para calcular las pérdidas por trayectoria, así como los obstáculos, maleza, árboles, edificios, etc. Existen varios modelos de propagación que tratan de predecir las pérdidas por trayectoria.

- Longley-Rice (ITS, Irregular Terrain Model).
- Durkin (Edwards, Durkin, Dadson).
- Okumura.
- Hata.
- PCS extensión to Hata Model.
- Walfish & Bertoni.
- Wideband PCS Microcell Model.
- Walfish-Ikegami.
- Knife-Edge diffraction Model.
- Radar Cross Section Model.
- Three-Ray Multipath Dispersive Fading Channel Model (incluye una señal refractada de la atmósfera).

2.3.4 Modelos de Propagación para ambientes Urbanos.

Para la propagación en ambientes urbanos se tienen diferentes obstáculos con lo que los parámetros a tomar en cuenta son mucho más que en un modelo para espacios abiertos, los modelos para ambientes urbanos son de gran interés en la época actual, ya que para telefonía móvil, es necesaria una descripción del comportamiento de la propagación en las grandes urbes. Actualmente la telefonía celular tiene un gran auge con lo que este tipo de modelos marca la diferencia en el diseño de la cobertura en zonas urbanas, el crecimiento de las comunicaciones inalámbricas y con esto las redes del mismo tipo también marcan otro aspecto importante a tomar en cuenta para tener una buena predicción de la propagación de las señales.

Las investigaciones para hacer este tipo de modelos se iniciaron desde hace varios años, las primeras investigaciones se hicieron por Okumura en Japón, el método que utilizó Okumura requirió de un gran esfuerzo en su tiempo, ya que requería de interpretación de gráficas creadas a partir de mediciones hechas en su país.

La persona que continuo con las investigaciones de Okumura fue el investigador Masaharu Hata, el logró modelar las gráficas tomadas por Okumara y con esto logro realizar las ecuaciones del modelo que actualmente se conoce con los apellidos de estos dos personajes

2.3.4.1 Modelo de Okumura.

Este modelo es uno de los más utilizados para la predicción dentro de ambientes urbanos, es aplicable para frecuencias que van de los 150Mhz a los 1920Mhz, por lo que se encuentra dentro de las bandas VHF y UHF, pero también se está utilizando en frecuencias superiores a los 3000Mhz y para distancias que van de 1Km hasta los 100 Km. Los rangos para la altura de las antenas para telefonía celular van de los 30m a los 100m.

$$L_{50}(\text{dB}) = L_F + A_{\text{mu}} - G(\text{hte}) - G(\text{hre}) - G_{\text{AREA}}$$

Donde:

$L_{50}(\text{dB})$: es la atenuación mediana por trayectoria en decibeles.

L_F : es la atenuación por el espacio libre.

$A_{mu}(f,d)$: es la atenuación Relativa Promedio(curvas).

$G(h_{tx})$: Ganancia de la altura de la antena de Tx.

$G(h_{rx})$: Ganancia de la altura de la antena Rx.

G_{AREA} : es la ganancia debida al tipo ambiente.

Okumura encontró que $G(h_{te})$ tiene una variación de pérdidas de 20dB/década y que $G(h_{re})$ tiene una variación de 10dB/década para alturas menores de 3m.

$$G(h_{te}) = 20 \text{ Log}(h_{te}/200) \quad \text{para } 30 \text{ m} < h_{te} < 1000 \text{ m}$$

$$G(h_{re}) = 10 \text{ Log}(h_{re}/3) \quad \text{para } h_{re} < 3 \text{ m}$$

$$G(h_{re}) = 20 \text{ Log}(h_{re}/3) \quad \text{para } 3 \text{ m} < h_{re} < 10 \text{ m}$$

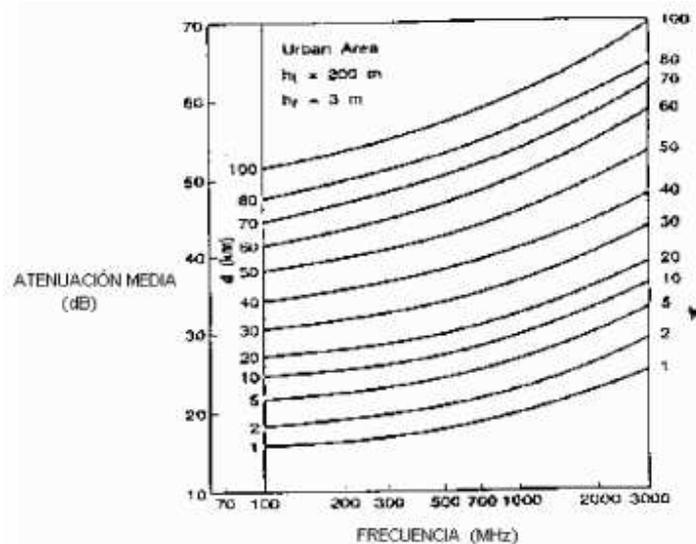


Fig. 2.8 - Curvas de las mediciones realizadas por Okumura

Muestra las gráficas de las mediciones a partir de las cuales se logró concretar el modelo de Okumura, el cual no es un modelo analítico, este es un modelo bastante simple y además de esto adecuado para calcular las pérdidas para sistemas celulares y sistemas de radio terrestre en ambientes poblados.

2.3.4.2 Modelo Okumura-Hata

Este es un tipo de modelo empírico, que se basa en los datos de las pérdidas de propagación provistos por Okumura y es válido para el rango de frecuencias VHF y UHF pero dentro de los límites de los 150Mhz hasta los 1500Mhz.

Las pérdidas en un área urbana fueron presentadas en una fórmula general para un ambiente urbano, sin embargo existen caracterizaciones de esta ecuación para distintos ambientes.

$$L_{50}(\text{urbano})(\text{dB}) = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log h_{te}) \log d$$

Se deben de tomar en cuenta ciertas restricciones como:

$$150\text{Mhz} < f_c < 1500\text{Mhz}$$

$$30\text{m} < h_{te} < 200\text{m}$$

$$1\text{m} < h_{re} < 10\text{m}$$

Con respecto a las variables de la ecuación se puede notar que son las mismas que para el modelo Okumura.

f_c : es la frecuencia portadora en Mhz.

h_{te} : es la altura de la antena transmisora en metros para un rango que va de 30m a 200m.

h_{re} : es la altura de la antena receptora en metros para un rango que va de 1m a 10m.

$a(h_{re})$: es el factor de corrección por la altura efectiva del móvil que es función del tipo de área de servicio.

d : es la distancia entre el transmisor y el receptor en Kilómetros.

La única nueva variable incluida en este modelo es la del factor de corrección por altura efectiva del móvil $a(h_{re})$, este factor es dependiente de la zona de cobertura.

Se pueden definir diferentes valores de $a(h_{re})$ para diferentes ambientes de propagación. El valor de $a(h_{re})$ para ciudades pequeñas y medianas es:

$$a(h_{re}) = (1.1 \log f_c - 0.7) a(h_{re}) - (1.56 \log f_c - 0.8) \text{ dB}$$

Para un ambiente suburbano la ecuación para calcular $a(h_{re})$ es:

$$L(\text{dB}) = L_{50}(\text{urbano}) - 2[\log(f_c/28)]^2 - 5.4$$

Para áreas rurales se utiliza la siguiente ecuación para encontrar el valor de $a(h_{re})$

$$L(\text{dB}) = L_{50}(\text{urbano}) - 4.78(\log f_c)^2 + 18.33 \log f_c - 40.94$$

Para ciudades grandes se utilizan diferentes ecuaciones dependiendo del valor de la frecuencia.

$$a(h_{re}) = 8.29(\log 1.54 h_{re})^2 - 1.1 \text{ dB para } f_c < 300 \text{ Mhz}$$

$$a(h_{re}) = 3.2(\log 11.7 h_{re})^2 - 4.97 \text{ dB para } f_c > 300 \text{ Mhz}$$

La categoría de gran ciudad usada en el modelo de Hata implica edificios más grandes de 15 m.

Para el caso de los 850 MHz la pérdida promedio se expresa en la ecuación.

$$L(\text{dB}) = 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_{re} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log h_{te}) \log d$$

3. CAPITULO III: NORMATIVA LEGAL EN CHILE

3.1 Requisitos Legales Establecidos

Para poder realizar pruebas con los dispositivos se deben establecer cuáles son los requerimientos legales para poder plantearse puntos de prueba en distintos lugares que se necesite, para ello toda regulación de Frecuencias en Chile esta normado por la Subsecretaria de Telecomunicaciones (Subtel) que tiene como principales funciones proponer las políticas nacionales en materias de telecomunicaciones, de acuerdo a las directrices del Gobierno, ejercer la dirección y control de su puesta en práctica, supervisar a las empresas públicas y privadas del sector en el país, controlando el cumplimiento de las leyes, reglamentos y normas pertinentes.

3.1.2 Especificaciones

- En la banda de 900 MHz. se asigna caso a caso dependiendo de la zona y ocupación del espectro.
- Hay restricciones de asignación en 2,4 GHz entre la VII y la X Reg. Por lo que se verá si hay disponibilidad dependiendo de la zona y de la solicitud.
- Se debe señalar el plazo de experimentación y concluida ésta se deberá entregar informe técnico de pruebas a la Subtel.

Por lo anterior, es recomendado adjuntar todos los antecedentes solicitados y aquellos que se estime necesarios para complementar la solicitud, indicando claramente la fecha de pruebas y ubicaciones de las instalaciones, ojalá con información de coordenadas geográficas, así como señalar claramente la banda, sub banda o frecuencias que se utilizaran, para el estudio interno en la Subtel.

3.2 Normativa en Banda de 900 Mhz

3.2.1 Requisitos Básicos de Experimentación en banda de 900 Mhz

- Para los requisitos técnicos debe ser firmado por profesional acreditado.
- Para requisitos de presentación: Si es persona natural, deberá indicar: Nombre, Rut y dirección. En caso de sociedad deberá indicar: Nombre, Rut, conformación de la sociedad y poderes, y todo lo que respalde a dicha sociedad.

Por esto, se debe completar un formulario técnico para entregar en Subsecretaría de Telecomunicaciones, muy parecido al indicado en el Anexo N°2, teniendo en cuenta que es un enlace punto a punto en la banda de frecuencia señalada.

3.3 Normativa en Banda de 2.4 Ghz

La solicitud deberá dar cumplimiento a las disposiciones legales, reglamentarias y técnicas que regulan las telecomunicaciones, en las zonas correspondientes, tanto en la transmisión de datos como en el uso del ancho de banda.

3.3.1 Requisitos legales específicos en banda de 2.4 Ghz

- Norma técnica para el Servicio Público de Transmisión de Datos, Resolución Exenta N°345/1989 y modificada por Resolución Exenta N°1677/1999.
- Norma técnica para el Uso de la Banda de Frecuencias 2.400,0 – 2.483,5 MHz, Resolución Exenta N°746/2004 y sus posteriores modificaciones.

3.3.2 Detalle sobre requisitos y restricciones.

- El servicio público de transmisión de datos podrá ser provisto mediante otras tecnologías y protocolos diferentes del X.25, para lo cual las empresas interesadas en prestar dichos servicios deberán suministrar, en el respectivo proyecto técnico que acompañe a la solicitud de concesión, los antecedentes necesarios que permitan caracterizar la tecnología y el íntegro cumplimiento de los requisitos correspondientes que la ley exija respecto a los servicios públicos de telecomunicaciones, en particular cumplir con lo dispuesto en el artículo 3° letra b) de la ley en cuanto a las interconexiones con otros servicios públicos de telecomunicaciones del mismo tipo. Si en la solicitud de concesión la tecnología no estuviera lo suficientemente caracterizada, la Subsecretaría de Telecomunicaciones podrá requerir a las empresas solicitantes, en forma previa al otorgamiento de la respectiva concesión, los antecedentes complementarios que estime necesarios.
- Las concesionarias que utilicen la banda de frecuencias de 2.400 – 2.483,5 MHz, la compartirán sin reclamar protección contra interferencia que produzcan otros usuarios de esta banda, debidamente autorizados, y las aplicaciones industriales, científicas y médicas. Además, no deberán interferir a los sistemas autorizados con anterioridad a la fecha de publicación en el Diario Oficial de la Resolución N° 746 del 2004, que operen en frecuencias asignadas en carácter exclusivo en las regiones VII, VIII, IX y X.
- Mientras se encuentren en operación enlaces en la banda 2.400 - 2.483,5 MHz autorizados con anterioridad a la fecha de publicación de esta resolución en el Diario Oficial, con frecuencias exclusivas en las regiones VII, VIII, IX y X, la Subsecretaría podrá autorizar en una determinada zona geográfica, sólo parte de dicha banda o denegar nuevas autorizaciones si existiera probabilidad de interferencia con las antiguas asignaciones exclusivas.

3.4 Normativa en Banda de 5 Ghz

Los requisitos y restricciones respecto a la Norma técnica para el Uso de la Banda de Frecuencias 5.725,0 – 5.850,0 MHz, la encontramos en la resolución exenta N°517/2001 y sus posteriores modificaciones.

- Las concesionarias que utilicen la banda de frecuencias de 5.725 – 5.850 MHz, la compartirán sin reclamar protección contra interferencia que produzcan otros usuarios de esta banda, debidamente autorizados, y las aplicaciones industriales, científicas y médicas.
- Las transmisiones de los equipos de radiocomunicación autorizados, no deben causar interferencias a los equipos de cobro electrónico automático de peaje que operan en la banda 5.795 - 5.815 MHz, los que tendrán prioridad independientemente de la fecha de su instalación. Por lo tanto, quien provoque interferencias al sistema de cobro electrónico automático de peaje, deberá suspender inmediatamente sus transmisiones hasta subsanar dicha situación, informando a la Subsecretaría de Telecomunicaciones.
- En caso de eventuales interferencias entre equipos de radiocomunicación autorizados, las respectivas concesionarias deberán coordinarse, directamente entre ellas, para efectos de eliminarlas, informando del resultado a la Subsecretaría de Telecomunicaciones.

Capítulo IV. Implementación de tecnología

4.1 Soluciones de Mercado

Se consultaron algunos Proveedores de dispositivos inalámbricos, de diferentes lugares, todos ellos trabajaban con tecnologías OUTDOOR similares a las empleadas por Netkrom, donde se procedió a averiguar sobre precios y calidad de los dispositivos este estudio se desglosa por cada fabricante los que veremos a continuación.

4.1.1 Equipamiento Meraki

Meraki es un distinguido proveedor de soluciones de red Wi-Fi. Los servicios son fundamentalmente la mejora de la calidad, la rapidez de despliegue, y la economía de la prestación de alta velocidad de acceso inalámbrico a Internet.

Existen diversas soluciones Outdoor que ofrece esta empresa, pero existen dos que se acercan más al servicio que se implemento con los dispositivos Netkrom.

El primero son puntos de acceso inalámbrico OUTDOOR los cuales se implementan para dar cobertura en áreas verdes, parques, plazuelas, etc., resistente al viento, polvo, lluvia, nieve y sol directo, con un alcance de 100 a 250 metros en exteriores, incluso tienen la posibilidad de conectarles antenas externas que aumentan aún más la señal, y pueden compartir su conexión tanto por WiFi como por Ethernet. La configuración de las estaciones se hace completamente vía web. Este sistema a sido implementado en algunos municipios del país, no solo por su calidad, si no que por su precio, ya que son dispositivos bastante económicos.



Meraki Outdoor

Fig. 4.1 - Indoor/outdoor wireless access point, Gateway, and Repeater

El segundo son repetidores de acceso inalámbrico OUTDOOR, situados a larga distancia creando puntos de acceso en lugares en que el cableado eléctrico es muy costoso o muy complicado. Para la energización de estos dispositivos se utilizan paneles solares, estos proveen la energía necesaria para inyectar la potencia que necesiten los AP. Así también poseen una batería que mientras exista luz se carga y cuando se oscurezca se activa inyectando energía a los dispositivos.

Existe una disponibilidad de energía en función de los lugares en los cuales se piensen instalar los dispositivos.

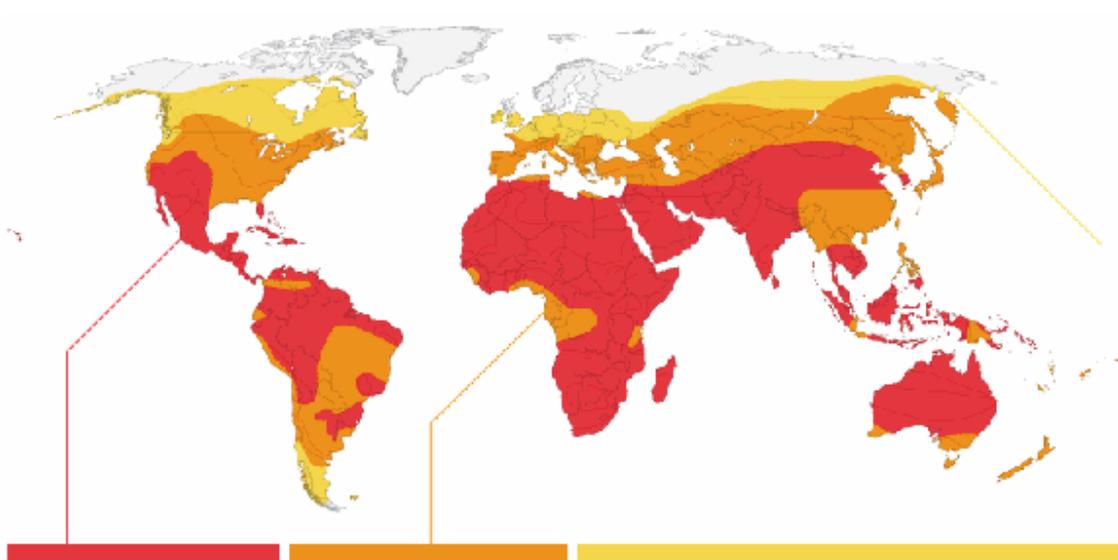


Fig. 4.2 - Disponibilidad de energía según el sector en el cual se desee instalar

- Si se desea implementar dentro de la zona roja, se deben adquirir paneles de 20 Watts de Potencia.
- Para implementar los dispositivos en la zona naranja se deben adquirir paneles con una potencia de 60 Watts.
- Para implementar los dispositivos en la zona amarilla se deben utilizar paneles de sobre los 60 Watts de Potencia.



Fig. 4.3 - Panel Solar y Repetidor Wireless

A continuación se incluyen los precios de los dispositivos

Equipo	Contenido	Precio
20 Watt Solar Pole Mount Package	Meraki Solar Radio Meraki Solar 20W Panel Meraki 20W Pole Mount	US\$1297
40 Watt Solar Pole Mount Package	Meraki Solar Radio Meraki Solar 40W Panel Meraki 40W Pole Mount	US\$1497

4.1.2 Equipamiento Cisco

Dentro de las LAN Inalámbricas se consulto por alguna tecnología OUTDOOR la cual de puntos de acceso a lugares en que el cableado sea complicado, Cisco ofrece la siguiente solución, ellos poseen el dispositivo Cisco Aironet 1510 Lightweight Outdoor Mesh Access Point, el cual trabaja a doble banda Wi-Fi (2.4 Ghz) y Enlace (5 Ghz)



Fig. 4.4 - Cisco Aironet 1510 Lightweight Outdoor Mesh Access Point

Además ofrece el servicio Mesh, se consulto a la empresa TRIORED la cual es Partner de Cisco en Chile, y nos entrego los siguientes costos.

Descripción	Cantidad	Precio (Dólares)
Cisco Aironet 1510 Lightweight Outdoor	1	3476
2.4 GHz, 5.5 dBi Omni Ant. with N Connect	1	129
4.9 GHz-5.8 GHz, 7.5 dBi Omni with N Connector	1	170
Aironet 5.8 GHz 9.5 dBi Sector Antenna	1	253
Aironet 1500 Pole Mount Kit	1	105
Aironet 1500 Street Light Power Tap, 105-260 VAC	1	122
Aironet 1500 Power Injector	1	122
Aironet 1500 Outdoor Ethernet Cable, 150 ft.	1	244
2100 Series WLAN Controller for up to 6		
Lightweight Aps	1	2.325
WCS-Standard-K9 50 APs. License Only.	1	4.055
Valor Total Equipamiento US\$		11001

4.1.3 Equipamiento Netkrom

NETKROM TECHNOLOGIES es diseñador, desarrollador y fabricante de equipos de telecomunicaciones, antenas y accesorios para redes inalámbricas en las bandas de frecuencia libres (900 MHz, 2.4, 5.2 y 5.8 GHz), bandas de frecuencias licenciadas (2.3 a 2.7GHz y 3.4 a 3.6GHz) y la banda de seguridad pública (4.9GHz).

La tecnología con la cual están hechos los productos NETKROM es revolucionaria, y cuenta con tecnología Wi-Fi y Wi-MAX de bajo costo. Debido a que NETKROM TECHNOLOGIES usa frecuencias licenciadas y no licenciadas bien conocidas, el costo de instalación y mantenimiento es mucho menor.

Las principales aplicaciones de sus productos son:

- Proveedor de Servicios de Internet Inalámbrico (WISP)
- Enlaces Punto a Punto
- Enlaces Punto a Multipunto
- Radio T1/E1 (Banda No Licenciada).
- Scada y Automatización Radio Modems
- Video sobre IP
- Voz sobre IP/Internet

Se trabajo con un enlace, en el cual existiría un equipo base el cual iluminaría y daría cobertura, siendo el otro equipo para tomar muestras y ver con que potencia efectiva disipaba esta antena, por esto se utilizaron dos routers, mas dos antenas en la banda de 900 MHZ para realizar el enlace, para dar los puntos de acceso se utilizaron antenas omnidireccionales en la banda de 2.4 Ghz, se anexa también costo de cables y fuente de poder:

Descripción	Cantidad	Precio (Dólares)
NETKROM WiMAX/Wi-Fi Multi-band Dual Radio - 2 port radio slot AP/Bridge/Router	2	861
NETKROM 2.4GHz 802.11b/g 108Mb Mini- PCI Module Ultra High Power 600mW for MB-ROMB	2	572
NETKROM 2.4GHz 12dBI Omnidirectional Antenna VPOL (N Female Connector Pigtail)	2	228
NETKROM 5 ft (1.5m) RG8 low Loss cable adapter, N Male to N Male	4	168
Omnidirectional Antenna 900MHz NLOS	1	147
Yagi Antenna Datasheet 900MHz NLOS	1	162
Valor Total Equipamiento US\$		2138

Netkrom facilito estos aparatos con el fin de una propuesta de implementación y dar conectividad Wireless en lugares que con la tecnología actual es muy complicado, se implementaría esta solución en base a la disponibilidad para las pruebas Outdoor en los Campus de la Universidad Austral de Chile, donde se configurarían, instalarían y se realizarían las pruebas de calidad de servicio en el entorno Campus, se procede a realizar la configuración de los equipos.

4.2 Configuración Antenas

4.2.1 Software de Configuración.

Para poder ingresar a los dispositivos Netkrom, dentro de las herramientas que entrega Netkrom para la administración de los dispositivos se encuentra un Software, el Netkrom Manager Versión 1.1.19 en el cual se puede realizar el monitoreo y administración de las interfaces en línea. La pantalla principal la podemos ver en el siguiente dibujo.



Fig. 4.5 - Software de configuración Netkrom Technologies

4.2.2 Configuración Local

Una vez instalado el software, se deben ingresar los dispositivos a los cuales queremos poner en línea, por defecto las direcciones IP de las interfaces Ethernet de cada Router es la 198.168.1.3, por lo que debemos incluir nuestro PC en el mismo segmento de red, nos dirigimos a cambiar nuestra dirección Ip a la 198.168.1.100 de modo que se pueda quedar en línea los dispositivos.

Obtain an IP address automatically
 Use the following IP address:

IP address:
 Subnet mask:
 Default gateway:

Fig. 4.6 - Configuración TCP/IP local

4.2.3 Instalación de Interfaces

Una vez realizado esto se procede a agregar la interfaz al software. Para ello tenemos dos posibilidades:

a) La primera es agregando la Ip de la interfaz Ethernet conocida (la que viene por defecto), a un nuevo nodo que se desee incluir, este nodo puede ser cualquier Ip de las tres interfaces incluidas dentro del Router Netkrom, como se ingresa por primera vez solo tenemos acceso a la interfaz Ethernet.

IP Settings
 IP Address: alias:

SSH Settings
 Password:
 Dest Port:

Displayed Icon:

Fig. 4.7 - Configuración TCP/IP de interfaz Ethernet forma manual

b) La segunda opción es buscar Interfaces Ethernet del dispositivo dentro de un segmento de red clase C donde podemos situarnos en cualquier punto de modo de poder enlazar los dispositivos, en este caso buscamos algún Ip dentro del segmento 192.168.1.X de modo que al subir la búsqueda nos ofreció el Ip 192.168.1.3 el cual estaba en red como para poder administrarse.

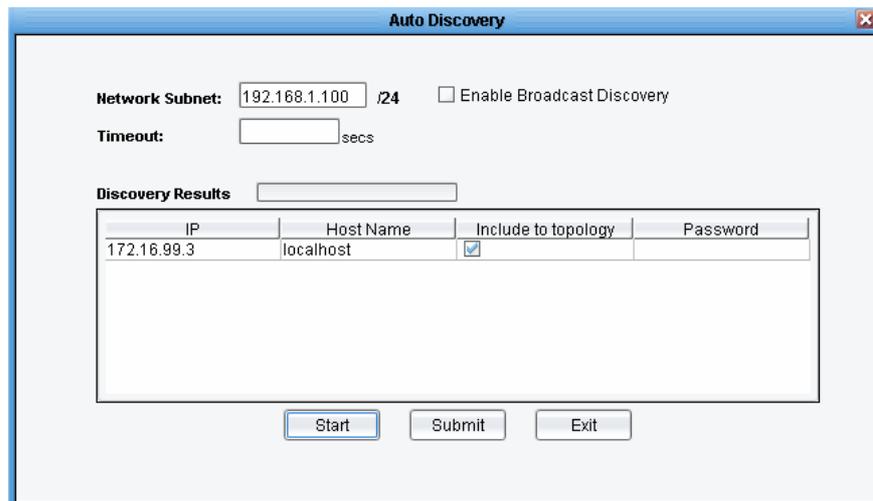


Fig. 4.8 - Configuración TCP/IP de interfaz ethernet forma automática

De este modo se agregaría las Ip de los dispositivos, pudiendo tener acceso a la configuración por la puerta ethernet del Router Netkrom quedando en el software de la siguiente manera.



Fig.4.9 - Software en condiciones de poder configurar primer dispositivo

4.2.4 Ruteo Inalámbrica

Para poder ingresar a la configuración inalámbrica de nuestro dispositivo, debemos primeramente seleccionar el router a configurar, luego con el botón derecho del mouse, seleccionamos “Advanced Node Configuration”, donde obtendremos el siguiente cuadro.

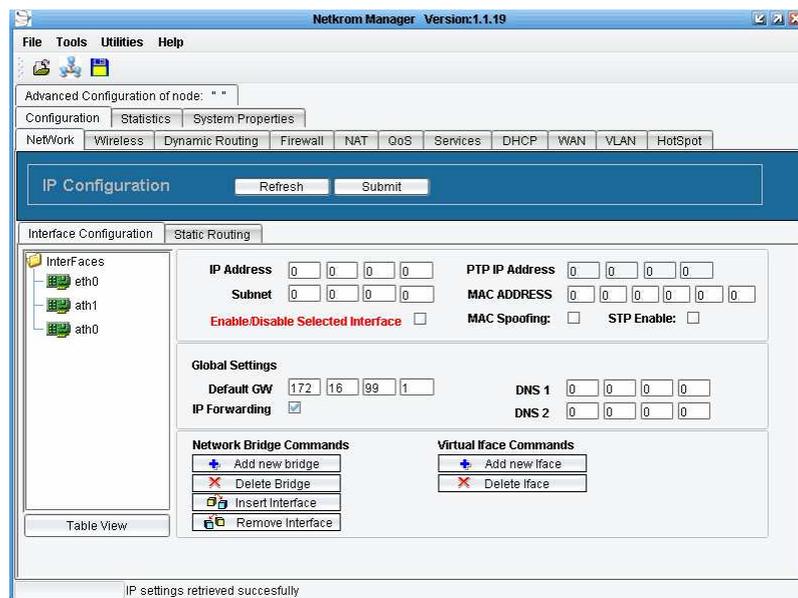


Fig. 4.10 - Pantalla principal de acceso a las herramientas de configuración

Esta pestaña nos ofrece una gran cantidad de opciones para configurar los dispositivos para cualquiera de las tres interfaces, esta configuración se debió hacer en base a la disponibilidad de Ip que nos otorgaba la Vlan local, para esto y para ver la cantidad de Ips necesarias se debió crear un diagrama para considerar la cantidad de Ip que se utilizaran en los dos Routers.

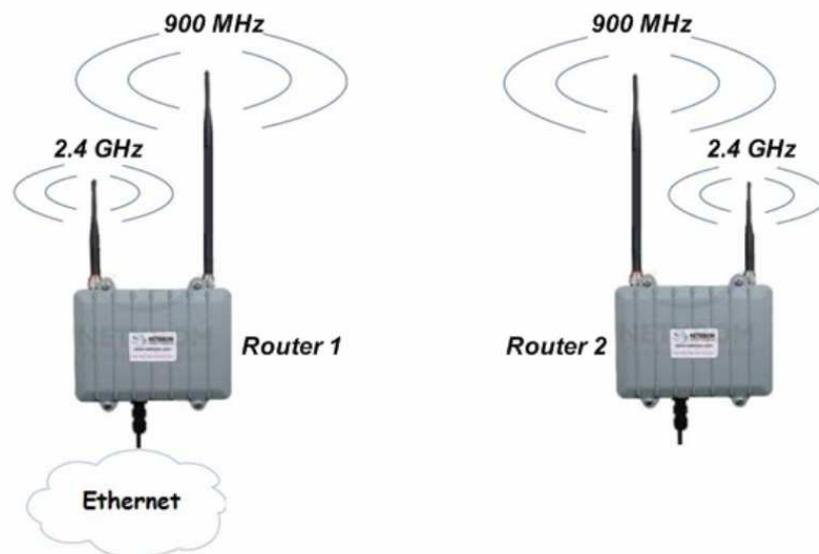


Fig. 4.11 - Esquema de enlace entre antenas

4.2.5 Configuración de Ruteo Inalámbrico

Para comenzar a configurar las interfaces del Router, debemos activar las interfaces a utilizar, ya que de fábrica vienen desactivadas, para ello se selecciona la pestaña “enable/disable selected interface”, con esto las interfaces quedan activas y funcionando

En este caso se trabajará con las tres interfaces disponibles de cada Router, ya que queremos realizar enlaces como se mostró en la figura 4.11. Luego asignamos las Ips correspondientes a cada interfaz.

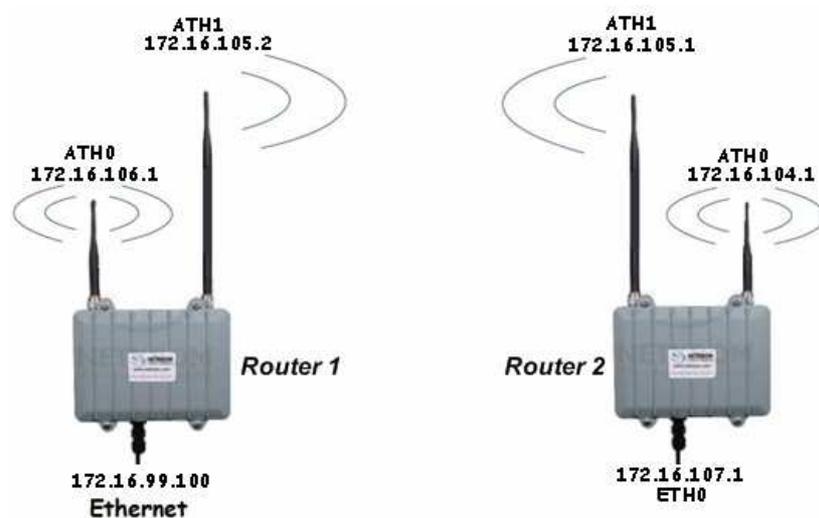


Fig. 4.12 - Routers Netkrom con Ips asignadas

En la figura 4.12 se observa que los datos ingresan por la interfaz Ethernet la cual a su vez envía estos a la interfaz ATH0 (Interfaz Wi-Fi), y a su vez envía la información a la interfaz ATH1 (Interfaz de Enlace) donde esta se comunica con la interfaz ATH1 del segundo router, y así se rutea hacia la interfaz ETH0 y ATH0 otorgando conectividad Wi-Fi a los sectores donde se instale la antena.

En función de esto se otorgan Ip para cada interfaz para producir un ruteo estático entre las interfaces

4.2.6 Configuración de Interfaces Routers Netkrom

Para asignar una Ip Valida dentro de la interfaz Ethernet se debió prever en qué lugar se harían las pruebas de propagación de RF, esto para asignar Ip valida al dispositivo dentro del segmento de red otorgado por las Vlan de cada sector de la Universidad, por lo cual se decidió realizar estas pruebas primeramente en el sector de Servicios, lugar en el cual la Vlan nos permitía utilizar la Ip 172.16.99.100, en función de esto la configuración de la interfaz Ethernet nos queda de la siguiente manera.

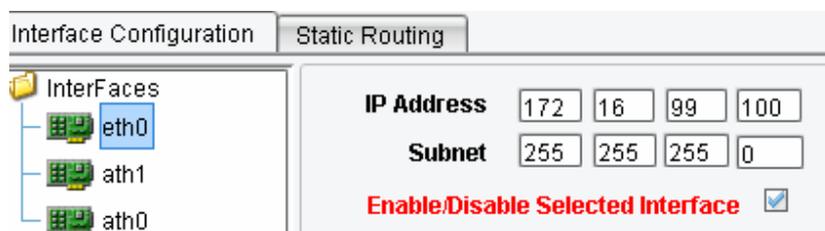


Fig. 4.13 - Asignación de Ip Interfaz Ethernet

Una vez ingresada la dirección Ip a la interfaz se procede a ingresar una Ip válida a la interfaz ATH0 (Wi-Fi). Para esta y las demás interfaces de los dispositivos se incluyo una dirección Ip clase B de modo que las direcciones sean más ordenadas y también estén dentro de las direcciones asignadas en el router principal.

Se procedió a incluir la dirección 172.16.106.1 en la interfaz ATH0

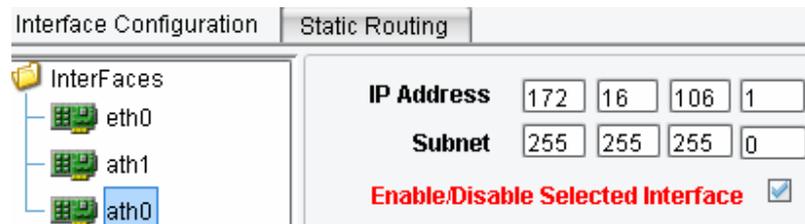


Fig. 4.14 - Asignación de Ip interfaz ATH0

De la misma manera se procedió a asignar la dirección Ip a la interfaz ATH1 (900Mhz) quedando estas con la dirección Ip 172.16.105.2

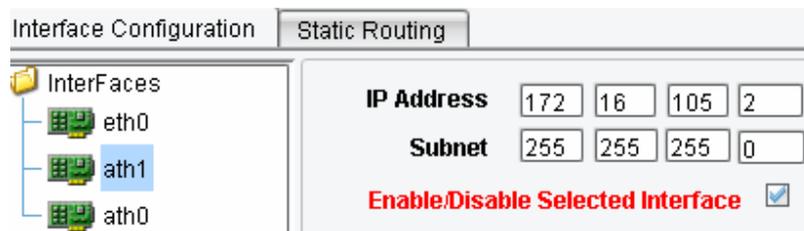


Fig. 4.15 Asignación de Ip interfaz ATH1

De este modo quedan activas todas las interfaces del Router 1, también quedan con una Ip fija de modo de poder dar un ruteo estático en el Router.

4.2.7 Ruteo Estático

En este lugar se dejan establecidas las direcciones por donde deben dirigir los datos que se desean mover.

Destination	Subnet	GateWay	Preferred Source	Distance	Interface
172.16.99.0	255.255.255.0	0.0.0.0	172.16.99.100	0	eth0
172.16.105.0	255.255.255.0	0.0.0.0	172.16.105.2	0	ath1
172.16.106.0	255.255.255.0	0.0.0.0	172.16.106.1	0	ath0
0.0.0.0	0.0.0.0	172.16.99.1	0.0.0.0	0	eth0

Fig. 4.16 Rutas estáticas dadas automáticamente por el Router una vez incluidas en cada interfaz

A continuación se definen cada pestaña de Ruteo

Destination: Es el destino al cual queremos enviar los datos adquiridos por la fuente preferencial

Subnet: La sub-red utiliza para otorgar host en la UACH es de clase C por ello utilizamos la Ip 255.255.255.0

Gateway: Puerta de enlace que conecta todas las interfaces del Router a la Red Universitaria

Preferred Source: Son las rutas fijas de cada interfaz del router

Interface: Es la puerta que se selecciona para otorgar Ruteo Estático

De esta forma se puede ofrecer un ruteo fluido para las dos interfaces Wireless que componen el Router 1 Netkrom, teniendo rebote de información o salida de datos por toda la red, esto no quiere decir que el equipo este habilitado para trabajar en Wi-Fi ya que debemos habilitar la configuración inalámbrica.

4.2.8 Configuración Inalámbrica

4.2.8.1 Interfaz ATH0

Una vez habilitadas las interfaces wireless para funcionar se deben configurar varios aspectos importantes que deben incluirse dentro de la red Wi-Fi.

Primero debemos seleccionar la interfaz a configurar, en este caso empezaremos por la Interfaz Wi-Fi, ya que es aquí donde debemos probar el primer enlace. Por lo que seleccionamos la pestaña ATH0.

Modo Operacional

Comenzamos configurando la pestaña en modo operacional (OpMode), donde seleccionamos nuestro dispositivo como Access Point, luego le debemos asignar un nombre para la SSID (Service Set Identifier) para que los usuarios puedan incluirse dentro de esta red, en este caso el nombre propuesto es Wi-Fi_Uach.

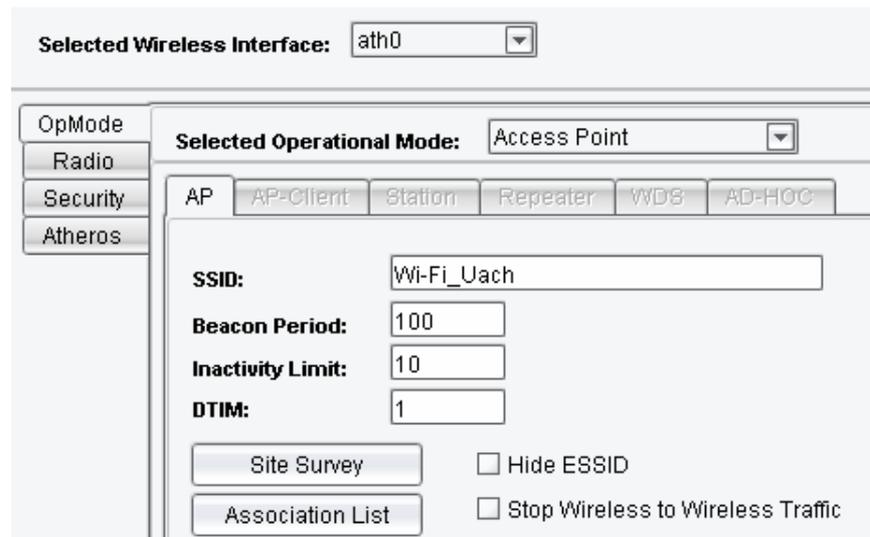


Fig. 4.17 - Selección de acceso operacional 2.4Ghz

Se Debe encontrar si dentro del radio de propagación de nuestro dispositivo existen otros dispositivos que puedan dar ruido a nuestra señal y que no esten en un canal que se utilice, para ello tenemos que ver frecuencias que están siendo utilizadas y no utilizar estas para que no opongán ruido, esto lo logramos asiendo click en el botón del sitio de estudio (Site Survey). Donde se puede visualizar todas las frecuencias que están siendo utilizadas.

The 'Site Survey' window displays a table with the following columns: ESSID, BSSID, Channel, Encryption, Link Quality, Power (dBm), and Noise (dBm). The 'Channel' column is circled in red. The data is as follows:

ESSID	BSSID	Channel	Encryption	Link Quality	Power (d...)	Noise (d...)
	00:1F:41:19:1E:C1	2462	WPA	45%	-87	-95
	00:13:92:0B:E3:35	2462	WPA	35%	-90	-95
	00:13:92:0E:A8:59	2412	WPA	30%	-91	-95
	00:13:92:0C:51:7C	2412	WPA	24%	-92	-95
telsur_wifi...	00:90:D0:E7:A7:F7	2412	WPA	39%	-89	-95
	00:13:92:0E:93:09	2412	WPA	15%	-93	-95
FPizarro	00:13:46:E1:03:F9	2437	WPA	39%	-89	-95
belkin54g	00:17:3F:46:98:08	2462	WPA	30%	-91	-95
	00:1D:2E:21:75:E1	2462	WPA	15%	-93	-95
	00:13:92:0C:0C:15	2462	WPA	35%	-90	-95
	00:13:92:0E:AC:F1	2462	WPA	30%	-91	-95
	00:1D:2E:2A:F6:C1	2437	WPA	39%	-89	-95
	00:13:92:0C:06:1D	2437	WEP	0%	-95	-95

At the bottom of the window, there are buttons for 'Connect', 'Refresh', and 'Continuous sc...'.

Fig. 4.18 - Datos sobre frecuencias Utilizadas

En función de la lista dada utilizamos alguna frecuencia distinta a las otorgadas o alguna que refleje baja potencia sin dar ruido a nuestro enlace.

Es por ello que al analizar las frecuencias que nos entrega el dispositivo, comprobamos que ninguna frecuencia existente en el lugar es suficiente para dar cobertura Wi-Fi, es mas las SSID que muestra el monitoreo de la antena son dispositivos que se encuentran fuera de la superficie en la cual se esta pidiendo cobertura Wi-Fi, también la potencia con que se visualizan estas no es suficiente como para otorgar algún ruido con nuestro dispositivo, al revisar el sector de Servicios y Guardias (lugar que se hizo el requerimiento) pudimos comprobar que no existe ningún tipo de fuente de Wi-Fi dentro de ese lugar por lo que podemos utilizar cualquier frecuencia. Se decide utilizar el canal 11 (2.437 MHz)

Radio

Esta pestaña entrega específicamente la configuración de transferencia de información en la cual seleccionaremos en función de la disponibilidad local

The screenshot shows the 'Radio' configuration tab in a software interface. On the left, there is a sidebar with tabs for 'OpMode', 'Radio', 'Security', and 'Atheros'. The 'Radio' tab is selected. The main area contains the following settings:

- Physical:** 802.11 B-G (dropdown menu)
- Channel:** 11 (dropdown menu)
- Frequency:** (text input field)
- TxRate:** Auto (dropdown menu) Mbps
- Frag:** (text input field) with a slider and an 'Enable' checkbox.
- RTS:** (text input field) with a slider and an 'Enable' checkbox.
- Diversity:** Enable
- Antenna:** A-(MAIN) (dropdown menu)
- Tx Power:** 5 (dropdown menu) Override 24 (dropdown menu) dBm
- Short Preamble:** Enable

Fig. 4.19 - Distribución de Radio Local 2.4Ghz

Seleccionamos en Physical la norma adecuada según el sistema. Por los requerimientos de sistema utilizamos las normas 802.11 B-G ya que en el sistema existen Portátiles con ambas normas para recepción de Red Inalámbrica, luego el canal 11

anteriormente nombrado, la transmisión de datos será en función de los requerimientos y no por un estándar dado, por lo que dejaremos automática la transferencia.

El Frag lo dejaremos desactivado ya que no queremos determinar el tamaño de los paquetes de transmisión, será de forma automática. El RTS también quedará inactivo ya que no queremos reservar ningún canal para transmisión ya que las antenas son Full duplex y direccionan de forma fluida en ambos sentidos

Otro punto importante es la potencia de transferencia, la cual quedara al máximo ya que veremos de forma práctica con pruebas en terreno, cuál sería la máxima cobertura de transmisión.

Seguridad

Un aspecto clave en cualquier transmisión inalámbrica pública es que sistema de seguridad de acceso se utilizará, la administración local nos permite trabajar en dos tipos de acceso, WPA y WEP

The image shows a configuration window for a wireless interface. At the top, 'Selected Wireless Interface' is set to 'ath0' and 'Channel Width' is set to '20 MHz'. On the left, there is a sidebar with tabs: 'OpMode', 'Radio', 'Security', and 'Atheros'. The 'Security' tab is active. In the main area, 'Selected Encryption Mode' is set to 'WPA'. Below this, there are four tabs: 'NONE', 'WEP', 'ACL', and 'WPA'. The 'WPA' tab is selected. Under the 'WPA' tab, there are two radio buttons for 'WPA Mode': 'WPA' (which is selected) and 'RSN (WPA 2)'. To the right of these is a 'Pass Phrase' field containing seven asterisks. Below the 'WPA Mode' section, there are three dropdown menus: 'Key Management Mode' set to 'PSK', 'Pairwise Cipher', and 'Group Cipher'.

Fig. 4.20 Configuración para la seguridad de acceso 2.4 Ghz

Ahora se procede a configurar el protocolo de seguridad, aquí utilizamos el WPA, el cual otorga una clave de ingreso para los usuarios del sistema, por estar en el sector de servicios nuestro Router1 decidimos dejar activo este servicio de modo que solo lo utilicen los usuarios que necesiten el servicio, por ello se le da la información de clave correspondiente a los usuarios del sector

4.2.8.2 Interfaz ATH1

Una vez instalada y habilitada la interfaz ATH1 (ENLACE) se procede a configurar de modo que pueda dar cobertura a distintos puntos de prueba que se plantearan más adelante. Para ello comenzamos seleccionando esta antena como punto de acceso (Access Point), en el lugar que instalemos una antena repetidora tomara esta para enlazar los datos transferidos. Luego le otorgamos un nombre a la antena para que pueda identificarse dentro del rango de propagación (SSID) el cual le asignamos Servicios-900 por encontrarse en ese sector del Campus.

Así también como en la interfaz ATH0 se realiza un escáner local (Site Survey), donde se advierte posibles interferencias con otros dispositivos que trabajen en la misma frecuencia, a lo cual no se reflejo resultado alguno, ya que no existen dispositivos que trabajen en frecuencias cercanas, lo mas cercano a ella son los dispositivos PHS, incluidos por la empresa Telefónica del Sur, los cuales trabajan en la frecuencia de 850 Mhz.

The screenshot shows the configuration page for the wireless interface 'ath1'. At the top, 'Selected Wireless Interface' is set to 'ath1' and 'Channel Width' is 20 MHz. Below this, 'Selected Operational Mode' is set to 'Access Point'. There are tabs for 'AP', 'AP-Client', 'Station', 'Repeater', 'WDS', and 'AD-HOC', with 'AP' selected. The SSID is 'Servicios-900'. Other settings include 'Beacon Period' (100), 'Inactivity Limit' (10), and 'DTIM' (1). There is a 'Virtual BSSID' dropdown set to '-----' and an 'Enable' checkbox. At the bottom, there are buttons for 'Site Survey' and 'Association List', and checkboxes for 'Hide ESSID' and 'Stop Wireless to Wireless Traffic'.

Fig. 4.21 - Selección de acceso operacional 900 Mhz.

Radio

Existen dos canales disponibles para poder trabajar, estos se ubican en las frecuencias 912 MHz y 917 MHz, se puede utilizar cualquiera de estas dos frecuencias, pero se debe tener en cuenta la frecuencia utilizada para poder enlazar la antena con otra situada en otro sector, configurando todas las antenas de enlace en la misma frecuencia y así teniendo un flujo total de información. Se decide dejar la frecuencia 5 (917 MHz), ya que es la que viene por defecto.

4.2.9 DHCP

Significa Protocolo de configuración de host dinámico. Es un protocolo que permite que un equipo conectado a una red pueda obtener su configuración Ip en forma dinámica (es decir, sin intervención particular). Sólo se tiene que especificar al equipo, mediante DHCP, que encuentre una dirección IP de manera independiente. Es por ello que fue necesario configurar en este modo las interfaces Wi-Fi de cada Router para poder dar una dirección Ip a cada usuario que necesite el servicio, además es la forma en la cual está configurada la red interna de la Universidad Austral de Chile.

Las Interfaces de Enlace de cada Router no fue necesario asignar este protocolo ya que se realizarán enlaces punto a punto en los cuales damos Ip fija a cada interfaz

4.2.9.1 Interfaz ATH0 (Router 1)

Para ello ingresaremos un rango de direcciones para que tengan a disposición los usuarios que necesiten conectividad

DHCP Configuration Refresh Submit

InterFaces: eth0, ath1, ath0

Server Active
Relay Active
Client Active

Server: Start IP: 172 16 106 10 End IP: 172 16 106 50
Broadcast: 172 16 106 255 Subnet Mask: 255 255 255 0
Domain: local

Time Parameters:
Lease: 0 Min lease: 60 Max lease: 254
Decline: 3600 Conflict: 3600 Offer: 60

DNS Servers:
DNS 1: 200 2 113 39
DNS 2: 146 83 183 94
DNS 3: 0 0 0 0

WINS Servers:
WINS 1: 0 0 0 0
WINS 2: 0 0 0 0

Routers:
Router 1: 172 16 106 1
Router 2: 0 0 0 0

Fig. 4.22 - Se incluye el rango de direccionamiento DHCP en interfaz ATH0 (Router 1)

Se seleccionó la interfaz ATH0 en la cual se ingresaron el Ip de inicio el cual quedo en 172.16.106.10, y el Ip de término el cual quedo en 172.16.106.50, así quedo un rango de 40 direcciones disponibles para un Ruteo dinámico a los dispositivos, con esto todos los usuarios que se encuentren en el sector deberían dejar su direccionamiento Ip en forma automática de manera que el Router 1 le asigne una de estas 40 direcciones.

4.2.9.2 Interfaz ATH0 (Router 2)

De la misma manera se debió asignar DHCP a la interfaz inalámbrica ATH0 del Router 2 el cual se instalaría en distintos puntos de prueba, así se debería también conectar de forma automática a la interfaz Wi-Fi del Router 2. Se decidió anexar 40 direcciones, las cuales comenzarían con el Ip 172.16.106.51 hasta el el 172.16.106.91, esto no solamente para labor de pruebas si no que para dar un servicio de conectividad si se necesitara en algún lugar del Campus Teja.

ETH0 (Router 2)

A esta Interfaz igualmente se le asigno este protocolo para poder direccionar de forma fluida, esto ya que también se asignaron direcciones como para poder incluir en esta

puerta algún Switch u otro dispositivo que pueda dar conectividad a múltiples usuarios de red cableada

4.3 Instalación de Antenas

Una vez realizado la configuración de los Routers Netkrom se procede a buscar posibles puntos de instalación y prueba para los distintos enlaces que se desean medir, se debe incluir un punto centro el cual nos otorgue acceso y conectividad de enlace con el segundo Router, realizando las pruebas con este ultimo en puntos extremos del Campus, con esto se comprobara la efectividad real de transmisión.

En esta sección se detallara la cantidad y el modo en que se instalaron los dispositivos Netkrom en el Campus Teja.

4.3.1 Dispositivos incluidos

El Dispositivo Pre-Wimax Multiband Dual Radio posee un paquete de dispositivos los cuales vienen para apoyar el correcto funcionamiento de éste, dentro de los dispositivos podemos encontrar:

- a) Un mini-disc el cual posee el software de monitoreo de los dispositivos de Netkrom, y además un manual de administración
- b) Un transformador AC/DC
- c) Un mini-switch el cual otorga el puente para paquetes de información y además la potencia necesaria para el funcionamiento del las interfaces correspondientes
- d) Conectores RJ45, que comunican el puerto ethernet con el mini-switch
- e) Enclavaje y tornillos correspondientes para su montaje al aire libre
- f) Un Router Pre-Wimax Multiband Dual Radio
- g) Una antena OUTDOOR omnidireccional para trabajar en la banda de 2.4 Ghz
- h) Una antena OUTDOOR omnidireccional para trabajar ne la banda de 900 Mhz



Fig. 4.23 - Dispositivos incluidos con cada Router

4.3.2 Conexión del Mini Switch al Router

El Dispositivo Pre-Wimax Multiband Dual Radio posee una interfaz Ethernet la cual nos ofrece la entrada de paquetes de datos que se pueden enviar por las otras dos interfaces wireless que posee el dispositivo. A la vez por esta misma interfaz Ethernet se inyecta la potencia necesaria que necesita nuestro dispositivo, esta potencia llega gracias a la incorporación de un miniswitch al cual se le conecta un transformador, el switch posee un puerto LAN, el cual lo podemos conectar ya sea a un PC u otro switch, dando el acceso a redes remotas.

El otro puerto que posee este switch se le llama PoE (Power of Ethernet) Injector que proporciona como se indico anteriormente la tensión necesaria para el router y las antenas que conectemos a ella.

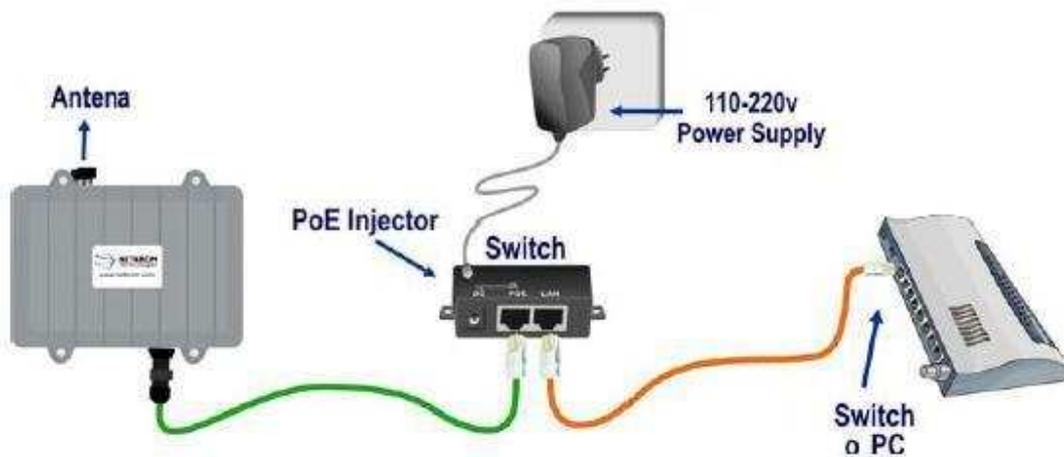


Fig. 4.24 - Conexión que se debe incluir para el Router Netkrom

4.3.3 Conexión de interfaces al Router

La tensión necesaria para su funcionamiento se incluye dentro del mismo cable UTP donde ingresan los datos, a la vez también las correspondientes antenas que se incluyan dentro de la demás interfaces de la instalación quedarían al aire libre conectadas al mástil sostenedor de los dispositivos, a través del cable UTP nos conectaríamos al Router.



Fig. 4.25 - Conexión interfaz ethernet

Las interfaces Externas las debemos conectar a las antenas correspondientes de 2.4 Ghz, donde su puerto le llamaremos ATH0, y la de 900 Mhz le llamaremos ATH1, entonces se debe montar el Router Pre-Wimax Multiband Dual Radio sobre un mástil el cual debe estar fijo en algún lugar que posea ciertas características para una buena

propagación de RF, y así llegue de forma óptima esta señal a los usuarios de los dispositivos.

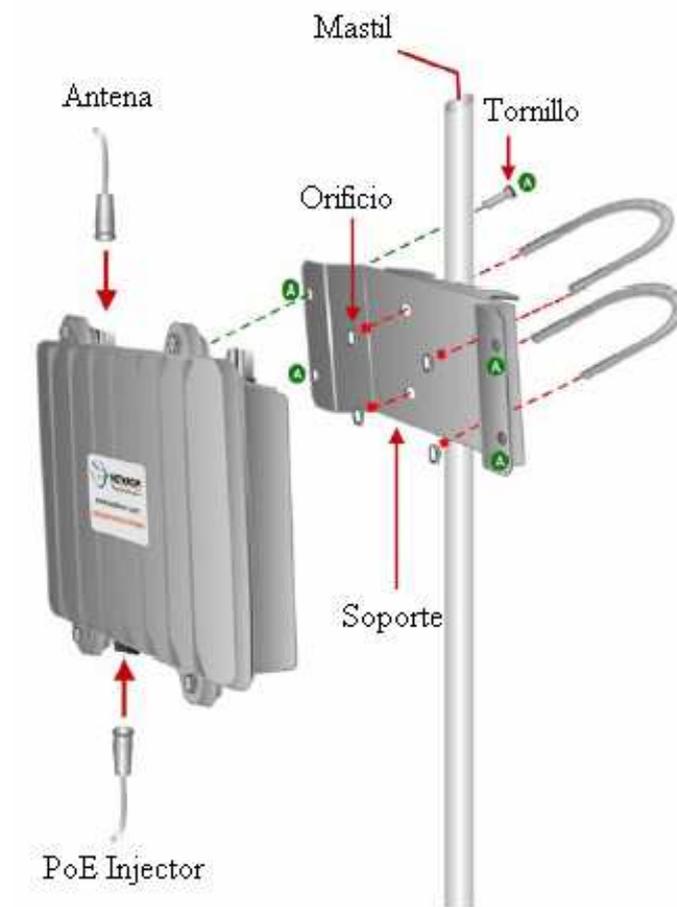


Fig. 4.26 - Router Netkrom incluido en soporte

Importante es que el mini-switch debe estar dentro de un recinto cerrado sin acceso a la humedad, desde aquí conectamos el PoE hasta el puerto Ethernet del Wimax Multiband Dual Radio utilizando el cable UTP con una distancia máxima de 80 Mts .



Fig. 4.27 - Instalación del Router Netkrom con las antenas Omnidireccional en la banda de 900 Mhz y 2.4 Mhz (Caseta Guardias)

4.4 Pruebas de Enlace

El lugar propuesto para la instalación de la antena fue en el sector de Guardias frente a los edificios de Microbiología en el sector Teja de la Universidad Austral de Chile, esto ya que se necesitaba un servicio Wi-Fi que abarcara tres edificios importantes, y como la tecnología actual no permite poder iluminar todos estos lugares con un dispositivo, se deberían utilizar al menos tres AP (Puntos de Accesos) INDOOR, para poder irradiar con Internet a los edificios propuestos, se procedió a instalar la antena de prueba en el techo de la caseta de guardias como se ve en la figura 4.28.



Fig. 4.28 - Imagen aérea del Sector Ex-Servicios (Campus Teja)

4.4.1 Propagación Wi-Fi en el Punto de Enlace

Al salir del sector la Unidad de Servicios, y ser reemplazado por unidades como Bioquímica y Microbiología, la red alámbrica se perdió por completo quedando sin ningún tipo de conectividad a la Red de la Universidad, se realizaron las pruebas correspondientes de propagación de los dispositivos Netkrom para comprobar cómo llegaba la señal al interior de estos lugares, se instaló una antena Wi-Fi OUT-DOOR en el techo del edificio

propuesto lugar el cual da línea vista a estas tres unidades, se comprobó si existía algún canal que produzca interferencia. Se utilizó el software Netstumbler el cual muestra gráficamente con que potencia llega la señal.

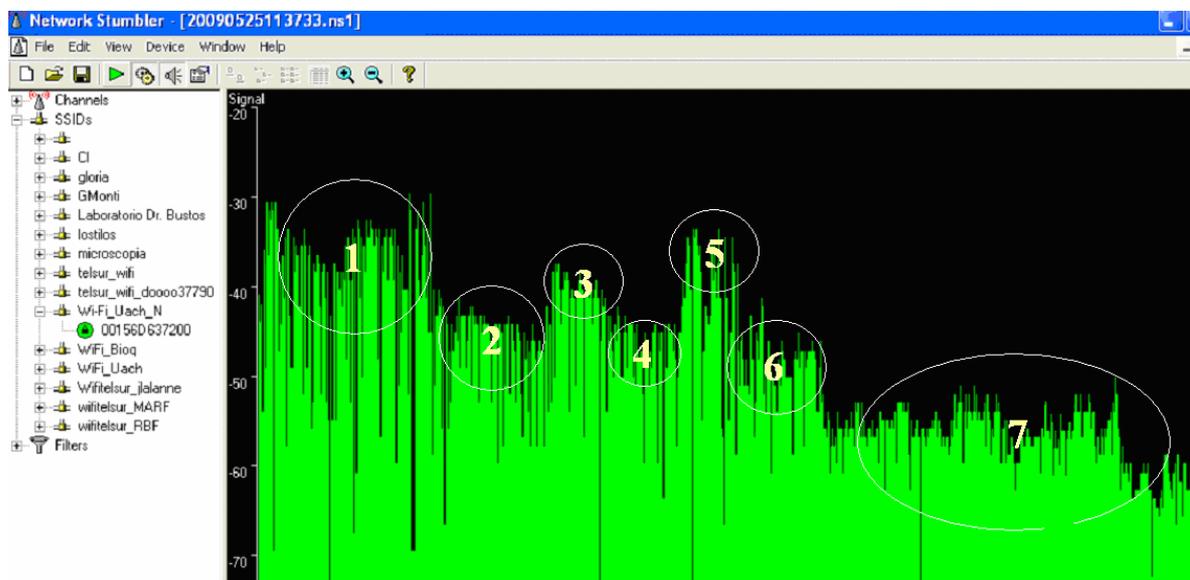


Fig. 4.29 - Potencias en Sector Guardias (Software Netstumbler)

4.4.1.1 Resultado de Pruebas

1.- Potencia recibida en las afueras del edificio de Microbiología aprox. A unos 40 mts. del AP Netkrom OUTDOOR, la potencia recibida fue aproximadamente -30 dBm

2.- Potencia recibida al interior del edificio de Microbiología, aproximadamente 50 mts. del AP Netkrom OUTDOOR, la potencia recibida fue aproximadamente -42 dBm

3.- Potencia recibida en las afueras del edificio de Bioquímica aprox. 55 mts del AP Netkrom OUTDOOR, la potencia recibida fue aproximadamente -36 dBm

4.- Potencia recibida al interior del edificio de Bioquímica aprox. A unos 65 mts del AP Netkrom OUTDOOR, la potencia recibida fue aproximadamente -44 dBm

5.- Potencia recibida en las afueras del edificio de Química y Farmacia aprox. A unos 80 mts del AP Netkrom OUTDOOR, la potencia recibida fue aproximadamente -32 dBm

6.- Potencia recibida al interior del edificio de Química y Farmacia aprox. A unos 90 mts del AP Netkrom OUTDOOR, la potencia recibida fue aproximadamente -48 dBm

7.- Potencia recibida al interior del edificio de Química y Farmacia, específicamente en la parte mas alejada del edificio, aprox. A unos 100 mts del AP Netkrom OUTDOOR, , la potencia recibida fue aproximadamente -55 dBm

Si bien la propagación de la señal al exterior de cada edificio es de forma aceptable, además al interior de los edificios de Microbiología y Bioquímica también se comprobó una buena calidad de señal, esto no ocurrió de la misma manera en el interior del edificio de Química y Farmacia, ya que la potencia de recepción que se adquiere en los lugares extremos no es de muy buena calidad, pero aceptable para transmisión de datos, ya que el requerimiento para navegar en la intranet lo solicitaba. Por lo que se instalo y dejo en funcionamiento la interfaz Wireless del Router 1 en el edificio de Guardias.

Una vez instalado tanto el Router 1 como la Antena Wi-Fi en el techo del edificio se procedió a instalar la antena de enlace ATH1 en el mismo lugar y se decidió tomar este punto como punto de acceso para probar distintos puntos de enlace en el Campus Teja.

4.4.2 Pruebas en la Banda de 900Mhz

Configurados e Instalados los Routers Netkrom en la caseta de guardias del Campus Teja, se procede a realizar las pruebas de propagación de RF en función de distancias, edificaciones y vegetación existente en el Campus.

Para visualizar los puntos de prueba se utilizo el Software Google Earth el cual nos da una vista aérea del Campus y también nos otorga las distancias a las cuales podremos hacer pruebas.

4.4.2.1.-Guardias – Arquitectura

4.4.2.1.1 Enlace

Al visualizar la imagen aérea que nos entrega el software Google Earth podemos obtener la distancia que existe entre los dos puntos, además podemos visualizar los edificios y que tanta densidad arbórea existe entre los puntos, esto nos da una idea de cuanta señal puede ser reflejada y obstruida por los distintos elementos urbanos que están incorporados en el Campus.

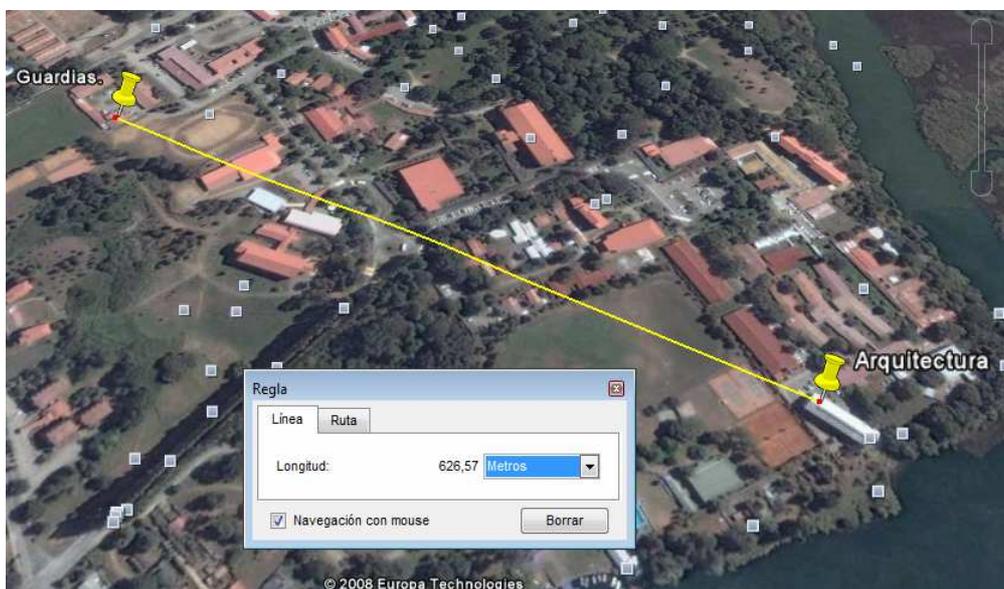


Fig. 4.30 - Imagen Aérea Campus Teja (Enlace Guardias – Arquitectura)

Luego se instalaron los equipos en el último piso del edificio de Arquitectura, lugar con buena altura (aprox. 10 mts.), se procedió a buscar la red Wi-Fi_Uach (Configurada en la interfaz ATH0 del Router 2), encontrándose y conectándose normalmente a ésta, luego se ingresa al software de monitoreo de Netkrom, pudiendo observar una conectividad y monitoreo total de todas las interfaces incluidas ambos Routers Netkrom.

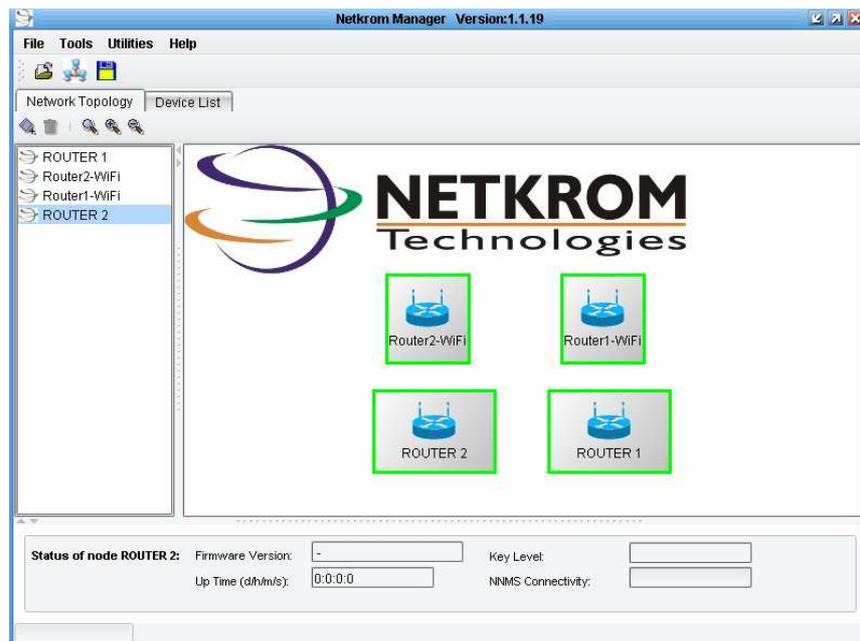


Fig. 4.31 Dispositivos enlazados y funcionando por software Netkrom Manager.

Los bordes de los iconos de cada Router se colocan de color verde lo que indica que esta asciendo enlace con las demás interfaces incluidas, y así un ruteo total sobre los dispositivos incluidos.

4.4.2.1.2 Potencia de Enlace

Una vez subidas estas interfaces, se procede a visualizar que tan fuerte llega en este sector la señal de RF, para ello ingresamos al software en el sector Wireless de la interfaz ATH1, aquí utilizamos el botón de sitio de estudio (Site Survey), en el cual se puede comprobar con que potencia se están enlazando las antenas en la banda de 900 MHz.

The screenshot shows the "Site Survey" software interface. It features a table with the following data:

ESSID	BSSID	Channel	Encryption	Link Quality	Power (dBm)	Noise (dBm)
Servicios-900	00:15:6D:94:...	912	NONE	61%	-69	-95

At the bottom of the window, there are four buttons: "Connect", "Refresh", "Continuous sc...", and "Align".

Fig. 4.32 - Potencia en tiempo real de enlace.

Aquí podemos ver el ESSID con el nombre de la interfaz ATH1 de Servicios-900, así también la potencia de link la cual está a un 61% de conectividad total, siendo esta buena calidad de señal, a si también la potencia de la señal es de -79 dBm y con un ruido de -95 dBm.

4.4.2.1.3 Tasa de Transferencia

Se procedió a comprobar que tanto ancho de banda otorgaba el enlace a la distancia y con las condiciones propuestas para ello se ingreso a descargar archivos directamente desde la Intranet de la Universidad, esto ya que de este modo es posible descargar a la máxima velocidad que entregan los switch de red, también depende de factores como que tanto sea el flujo de datos por los usuarios de la Red UACH, los datos recogidos los podemos visualizar en la siguiente tabla.

Se realizaron 6 pruebas de transferencia de archivos.

Tamaño de Archivo	Tasa de Transferencia
12.5 Mb	1.1
12.5 Mb	0.51
4.12 Mb	0.7
18.2 Mb	0.4
3.34 Mb	0.285

Tabla 4.1 - Registro Tasa de Transferencia de enlace (Guardias – Arquitectura).

Podemos decir que existe una gran variabilidad en las tasas de transferencia expuestas en cada archivo que se quiso descargar desde la Intranet, esto por factores tanto internos (de la Red Uach), como por factores específicos del enlace propuesto, el valor promedio expuesto en esta primera prueba es de 600 KB/s.

4.4.2.2-Guardias – Filosofía

4.4.2.2.1 Enlace

El enlace propuesto está trazado en función de una mayor espesura, tanto arbórea como de edificaciones, se podría decir que este enlace cruza el Campus Teja entre sus extremos, pasando por edificios con importante altura como los son el gimnasio, el edificio Biblioteca, el Aula Magna y el Pabellón Docente, lugares que producen gran reflexión en la señal de radiofrecuencia, la línea que une estos dos puntos se puede visualizar en la siguiente figura.

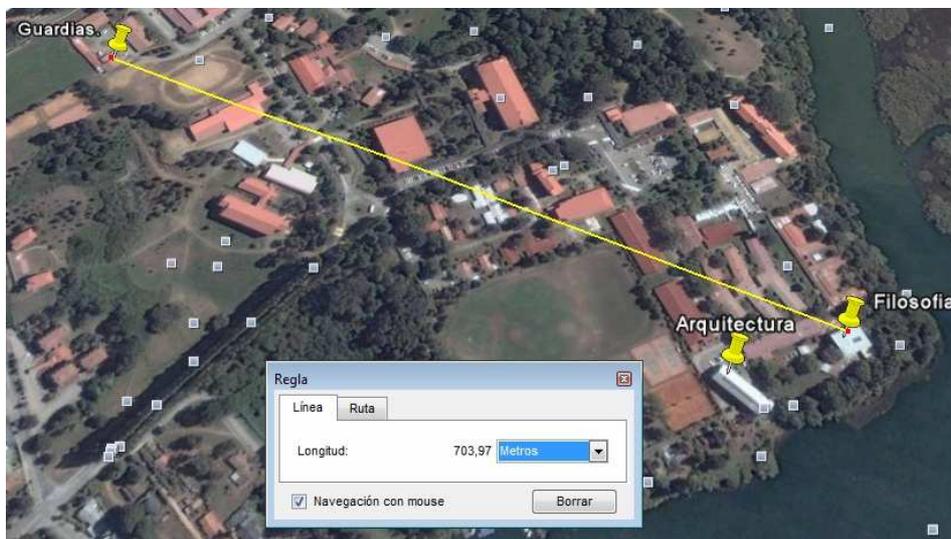
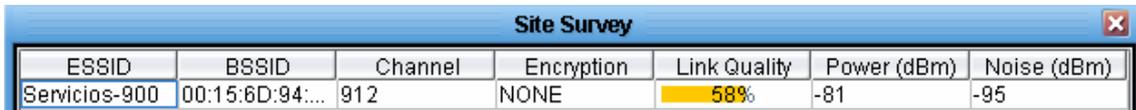


Fig. 4.33 - Imagen Aérea Campus Teja enlace (Guardias – Filosofía)

La distancia en línea recta entre los dos puntos otorgados por el software Google Earth nos da aproximadamente 704 mts. Se procedió a armar el Router 2 en el último piso con una altura aproximada de 10 mts. y se inició el software Netkrom, enlazando todas las interfaces como se ve en la figura (Guardias-Arquitectura).

4.4.2.2.2 Potencia de Enlace

Se Procedió a visualizar con que potencia llegaba la señal a este sector:



ESSID	BSSID	Channel	Encryption	Link Quality	Power (dBm)	Noise (dBm)
Servicios-900	00:15:8D:94:...	912	NONE	58%	-81	-95

Fig. 4.34 Potencia en tiempo real de enlace (Guardias – Filosofía)

Al igual que el enlace anterior el ESSID es de Servicios-900, la calidad del enlace (Link Quality) máximo para esta prueba fue de 58%, siendo de media a buena calidad de señal, la potencia es de -81 dBm, con el mismo ruido otorgado en el enlace de arquitectura de -95 dBm

4.4.2.2.3 Tasa de Transferencia

Se Comprobó la velocidad de transferencia de datos, en la siguiente muestra:

Tamaño del Archivo (Mb)	Tasa de Transferencia (Mb)
24.5	0.128
12.5	0.142
7.96	0.226
18.9	0.258
17.7	0.229

Tabla 4.2 - Registro Tasa de Transferencia de enlace (Guardias – Filosofía)

En esta prueba podemos ver una mayor estabilidad de la transferencia de información del enlace, esto se asume por factores de mayor espesura arbórea y edificaciones que en la prueba anterior

4.4.2.3 Guardias – Veterinaria

4.4.2.3.1 Enlace

El tercer punto de prueba se realizó pensando en un sector en que no hay edificio entre estos puntos, en el sector de Veterinaria, el cual si bien no es edificado, si tiene una buena densidad arbórea, además el sector el cual está la Clínica Veterinaria esta casi al nivel del Río sin una altura considerable como para crear un enlace optimo.

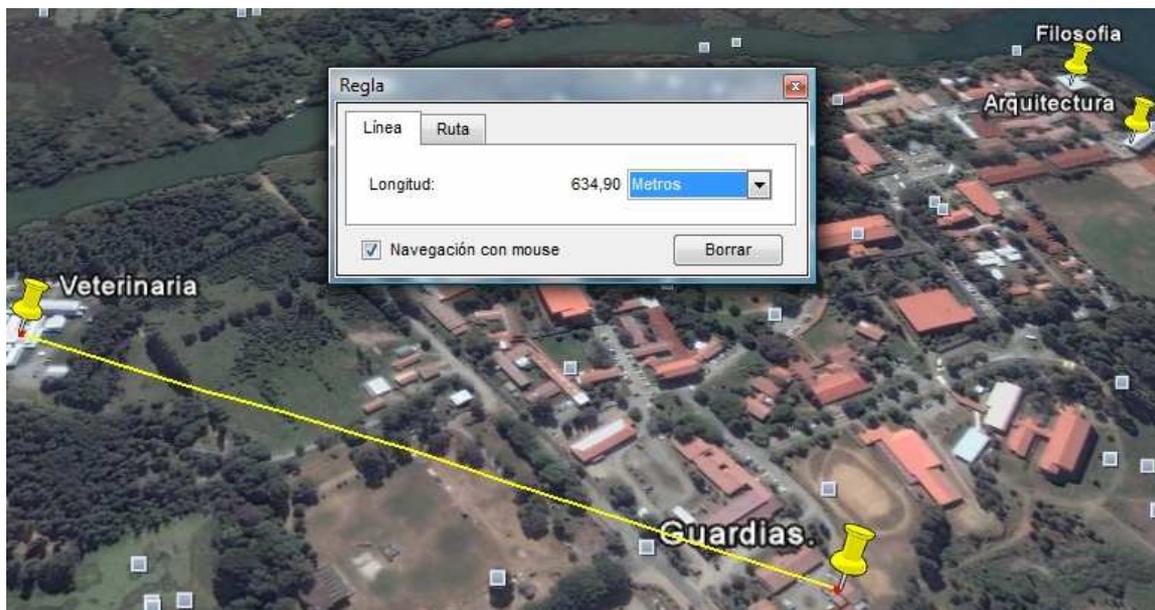


Fig. 4.35 - Imagen Aérea Campus Teja enlace (Guardias – Veterinaria)

La distancia que están estos dos sectores es aproximadamente 635 mts. Aproximadamente, tal como se ve en la figura 4.33 dada por el software Google Earth, donde se procedió a instalar el Router 2 al nivel del suelo de ese sector.

4.4.2.3.2 Potencia de Enlace

Se ejecutó el software de monitoreo de Netkrom, comprobándose un completo enlace entre sus interfaces tal como se ve en la figura 4.33, por lo que se visualizo con que potencia se enlazaba la señal, esto se demuestra en la figura 4.34.

The screenshot shows a window titled "Site Survey" with a table containing the following data:

ESSID	BSSID	Channel	Encryption	Link Quality	Power (dBm)	Noise (dBm)
Servicios-900	00:15:6D:94:...	912	NONE	72%	-69	-95

Below the table, there are four buttons: "Connect", "Refresh", "Continuous sc...", and "Align".

Fig. 4.36 - Potencia en tiempo real de enlace (Guardias – Veterinaria)

Al buscar las señales en la banda de 900 MHz incluye automáticamente la señal de Servicios-900, luego la calidad de enlace de señal nos dio 72%, así también la potencia de recepción de la señal fue -69 dBm y de ruido -95 dBm.

Estos resultados fueron excelentes ya que la señal de recepción está dentro de los rangos de potencias de entrada que incluye el Router Netkrom, luego se procedió a verificar la tasa de transferencia, los resultados fueron los siguientes.

4.4.2.3.3 Tasa de Transferencia

Tamaño del Archivo (Mb)	Tasa de Transferencia (Mb)
5.93	0.641
3.34	0.803
6.42	0.732
18.9	0.816
4.14	1.11

Tabla 4.37 - Registro Tasa de Transferencia de enlace (Guardias – Veterinaria)

En esta prueba obtuvimos una tasa de transferencia promedio de 820 KB/s lo cual es mayor a las otras obtenidas, esto puede haber sido ya que el enlace solo obstruían árboles sin dar mayor oposición a la tasa de transferencia

4.4.2.4 Guardias – Centro Informático

4.4.2.4.1 Enlace

El primer enlace que se realiza es donde se configuraron nuestros dispositivos Wireless, en el Centro Informático que esta a una distancia de 300 mts. aproximadamente, con el gimnasio del Campus como obstáculo de la señal, además de un par de arboles que se interponen en el trayecto de la señal, por lo que no existe línea vista entre los puntos a conectar.

La imagen aérea del enlace nos otorga la distancia de enlace entre los puntos Guardias – Centro Informático, esto no da una distancia de 300 mts. aprox.

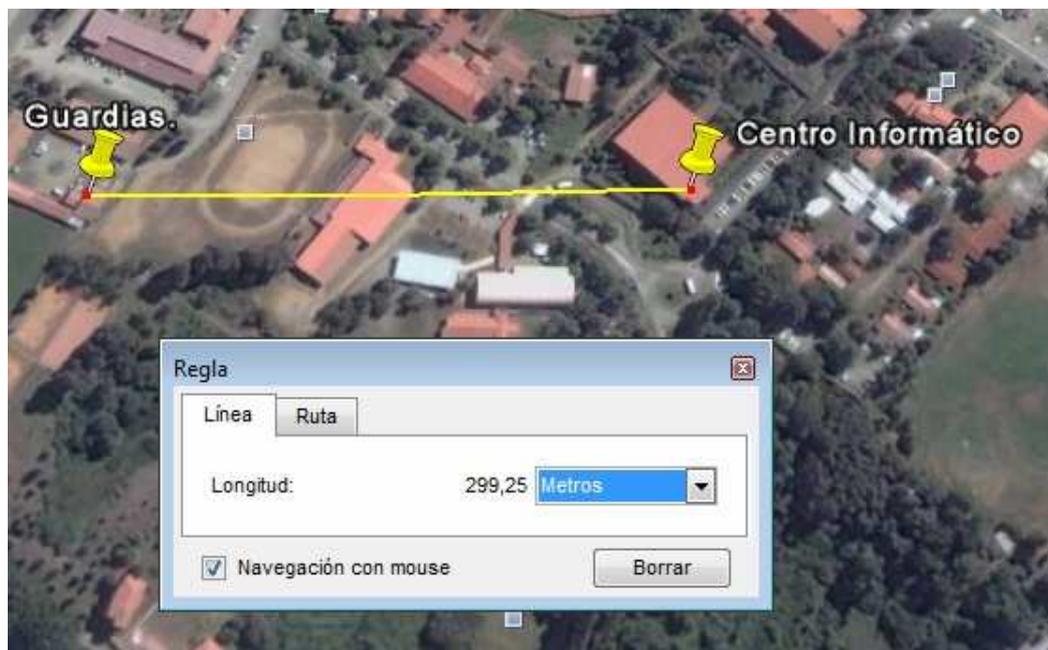


Fig. 4.37 - Imagen Aérea Campus Teja enlace (Guardias – Centro Informático)

4.4.2.4.2 Potencia de Enlace

Se realizo las pruebas en tiempo real de la potencia de enlace entre estos puntos, a lo cual pudimos comprobar el aumento de esta en función de la menor distancia y densidad urbana

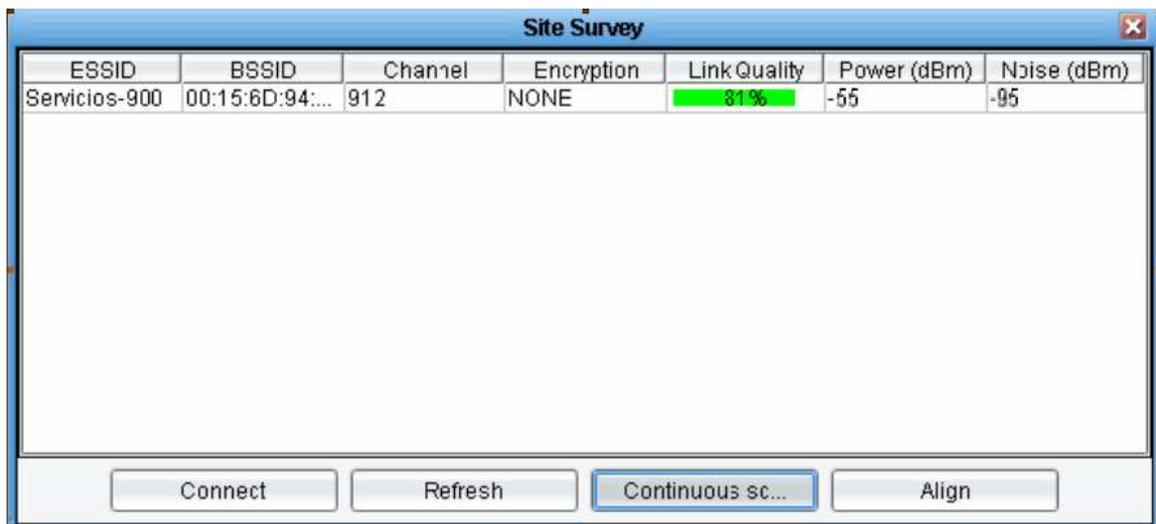


Fig. 4.38 - Potencia en tiempo real de enlace (Guardias – Centro Informático)

Con esta prueba pudimos comprobar que la calidad del enlace aumento en un 80%, así también la potencia quedando en -55 dBm.

4.4.2.4.3 Tasa de Transferencia

Al acercar más el punto de enlace al punto de acceso, pudimos comprobar una mejor calidad del servicio, esto por el hecho del aumento considerable de la taza de transferencia.

Tamaño del Archivo (Mb)	Tasa de Transferencia (Mb)
34.4	2.87
16.4	3.25
8.97	3.98
19.9	3.25
16.7	2.82

Tabla 4.4 - Registro Tasa de Transferencia de enlace (Guardias – Centro Informático)

La tasa de transferencia promedio que nos otorgo este enlace fue de 3.23 Mb, así también la estabilidad del enlace fue óptimo, teniendo un flujo constante de información entre los dos puntos examinados

4.5 Cálculo Teórico de los enlaces

Una vez encontrado que formula se ajustaba mas al entorno físico que rodea al Campus Teja de la universidad se procede a realizar el cálculo teórico del enlace según los parámetros del medio en que se trabaja.

Primero se deben saber con que potencias se trabajará (tanto de ganancia como de pérdida), para ello debemos tomar en cuenta las potencias del Router, Antenas (recepción y transmisión), pérdidas del medio.

4.5.1 Potencias del Router

Para calcular la potencia de salida del Router debemos dirigirnos al Datasheet del dispositivo, y analizar en la banda de 900 MHz que Potencias de Salida será la que utilizaremos, además el Datasheet nos ofrece la Sensibilidad de recepción.

MODULOS RF (Para Bandas no Licenciadas)

	MB-M900HP	MB-MSAGH	MB-MSAGHP	MB-MSGUHP	MB-MSAUHP
Frecuencias	902 - 928MHz	Banda 2.4GHz: 2400-2497MHz (*) Banda 5GHz: 5150-5850MHz (*) (*Programable de acuerdo a las distintas regulaciones de cada país)		2400-2497MHz (*) (*Programable de acuerdo a las distintas regulaciones de cada país)	5150-5850MHz (*) (*Programable de acuerdo a las distintas regulaciones de cada país)
Estándar Conforme a	IEEE 802.11b/g	IEEE 802.11a/b/g		IEEE 802.11b/g	IEEE 802.11a
Método de Acceso	TDD (CSMA/CA)				
Ancho de Banda de Canal	5, 10 o 20 MHz (Seleccionable por Software)	5, 10, 20 o 40 MHz (Seleccionable por Software)			
Técnica de Modulación	DSSS/OFDM (BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM)				
Potencia de Salida	28dBm@1-24Mbps 26dBm@36Mbps 21dBm@54Mbps	Banda 2.4GHz: 23dBm@6-24Mbps 17dBm@54Mbps Banda 5GHz: 23dBm@6-24Mbps 17dBm@54Mbps	Banda 2.4GHz: 27dBm@6-24Mbps 24dBm@54Mbps Banda 5GHz: 23dBm@6-24Mbps 20dBm@54Mbps	28dBm@6-24Mbps 26dBm@36Mbps 24dBm@54Mbps	28dBm@6-24Mbps 26dBm@36Mbps 24dBm@54Mbps
Sensibilidad de Recepción	-95dBm@1Mbps -91dBm@6Mbps -74dBm@54Mbps	Banda 2.4GHz: -92dBm@1Mbps -90dBm@6Mbps -70dBm@54Mbps Banda 5GHz: -90dBm@6Mbps -70dBm@54Mbps	Banda 2.4GHz: -95dBm@1Mbps -92dBm@6Mbps -74dBm@54Mbps Banda 5GHz: -92dBm@6Mbps -74dBm@54Mbps	-97dBm@1Mbps -94dBm@6Mbps -74dBm@54Mbps	-94dBm@6Mbps -86dBm@24Mbps -74dBm@54Mbps
Certificado EMC	FCC Part 15/UL ETSI 300/328/CE				

Fig. 4.39 - Datasheet Wimax Multi-band Dual Radio

Existen tres niveles de potencias a las cuales se puede calcular el enlace, según el Ancho de Banda que se requiera utilizar, por esto utilizaremos el mayor ancho de banda que nos ofrece el dispositivo, una potencia de salida (PTx) de 21dBm

4.5.2 Potencia de la antena de transmisión

Como punto central se utilizó una antena omnidireccional en la banda de 900MHz, la cual daría conectividad de enlace a un vasto sector a examinar, se procedió a revisar en el datasheet cual sería la ganancia de esta antena.

La ganancia dada por el datasheet está dada en Dbi (Antena Isotrópica), por lo que utilizaremos este valor como referencia de potencias de recepción

Código del Producto	W24-90
Eléctricas	
Ganancia	9 dBi
Rango de Frecuencia	2400 – 2483 MHz
Pérdida de Retorno Input(S11)	-14 dB
WSWR	1.5:1
Impedancia	50 OHM
Amplitud de Rayo Vertical	14°
Potencia de Entrada	100 W
Front to Back	20 dB
Diámetro de Pole (OD)	1" (25) a 2" (50) Pulg. (mm)
Electrical Downtilt	0 ° o 7 °

Fig. 4.40 - Datasheet Antena Omnidireccional 900Mhz

4.5.3 Ganancia de la Antena de Recepción

Para poder crear el enlace con la Antena omnidireccional que da conectividad, se utiliza una antena Yagi direccional de 14 elementos, y utilizamos su potencia isotrópica para poder realizar el cálculo teórico del enlace.

Código del Producto	W90-13Y
Eléctrico	
Ganancia	13 dBi
Rango de Frecuencias	860-960MHz
Front to Back	>18 dB
WSWR	1.5:1
Impedancia	50 OHM
Amplitud de Rayo Vertical de 3dB	30°
Potencia de Entrada	100 W
Número de Elementos	15
Mecánico	
Dimensión (L +/-1.0")	57" (1.45 m)
Peso	3.3 Lbs (1.25 Kg)
Temperatura de Operación	-40 to +70° C
Velocidad del Viento Clasificada	125mph (56 M/seg)

Fig. 4.41 - Datasheet Antena Yagi 900Mhz

4.5.4 Pérdidas del Medio

Al analizar los distintos modelos de propagación en el medio se obtuvo que el modelo de Hata y Okumura era el más conveniente para aplicar al análisis teórico esto ya que trabaja dentro de las frecuencias aplicadas, además se puede utilizar para medios con variable densidad arbórea y de edificaciones

Telefónica del Sur empresa que da telefonía inalámbrica, y que hace un tiempo se instaló en Valdivia con la tecnología PHS (Personal Handyphone System), la cual fue desarrollada en Japón a fines de los años 80, funcionalmente opera como un teléfono inalámbrico o como un sistema de comunicación para exteriores. Este sistema funciona en la banda de los 850 MHz, para realizar el diseño de propagación de las antenas se utilizaron la fórmula de Hata y Okumura.

En función de esto se analizaron las distintas variables expuestas en las pruebas hechas en el Campus Teja, en las cuales se analizaron enlaces punto a punto entre los extremos del Campus para observar el funcionamiento de los dispositivos en condiciones extremas de propagación, ahora se realizará una comparación teórica de los resultados expuestos en las pruebas en terreno.

4.5.4.1 Enlace Guardias - Arquitectura

El primer enlace analizado se sitúa entre los puntos Guardias-Arquitectura, a continuación se presentan las variables expuestas y el procedimiento matemático realizado.

f_c : 900 Mhz

h_{te} : 15 mts.

h_{re} : 10 mts

d : 0.626 Km

$a(h_{re})$ = Varía en función de la frecuencia utilizada

Calculamos el $a(h_{re})$ correspondiente:

$$\begin{aligned}
 a(h_{re}) &= 3.2(\log 11.7 h_{re})^2 - 4.97 \text{ dB} \quad \text{para } f_c > 300 \text{ Mhz} \\
 &= 3.2(\log (11.7 * 10))^2 - 4.97 \\
 &= 3.2(\log (117))^2 - 4.97 \\
 &= (3.2 * 4.27) - 4.97 \\
 &= 13.69 - 4.97 \\
 &= 8.72 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

La fórmula utilizada para calcular la pérdida en sectores urbanos es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 L(\text{dB}) &= 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log h_{te}) \log d \\
 &= 69.55 + 26.16 \log (900) - 13.82 \log (15) - a(10) + (44.9 - 6.55 \log (15)) \log 0.626 \\
 &= 69.55 + (26.16 * 2.95) - (13.82 * 1.18) - 8.72 + (44.9 - 7.7) * (-0.2) \\
 &= 69.55 + 77.2 - 16.3 - 8.72 - 7.44 \\
 &= 115 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Debemos obtener la potencia de recepción en el Router la cual está dada por la siguiente formula:

$$\begin{aligned} P_{rx} &= P_{tx} + G_{tx} + G_{rx} - L_{dB} \\ &= 21\text{dBm} + 9\text{dBm} + 13\text{dBm} - 115\text{dBm} \\ &= -72\text{dBm} \end{aligned}$$

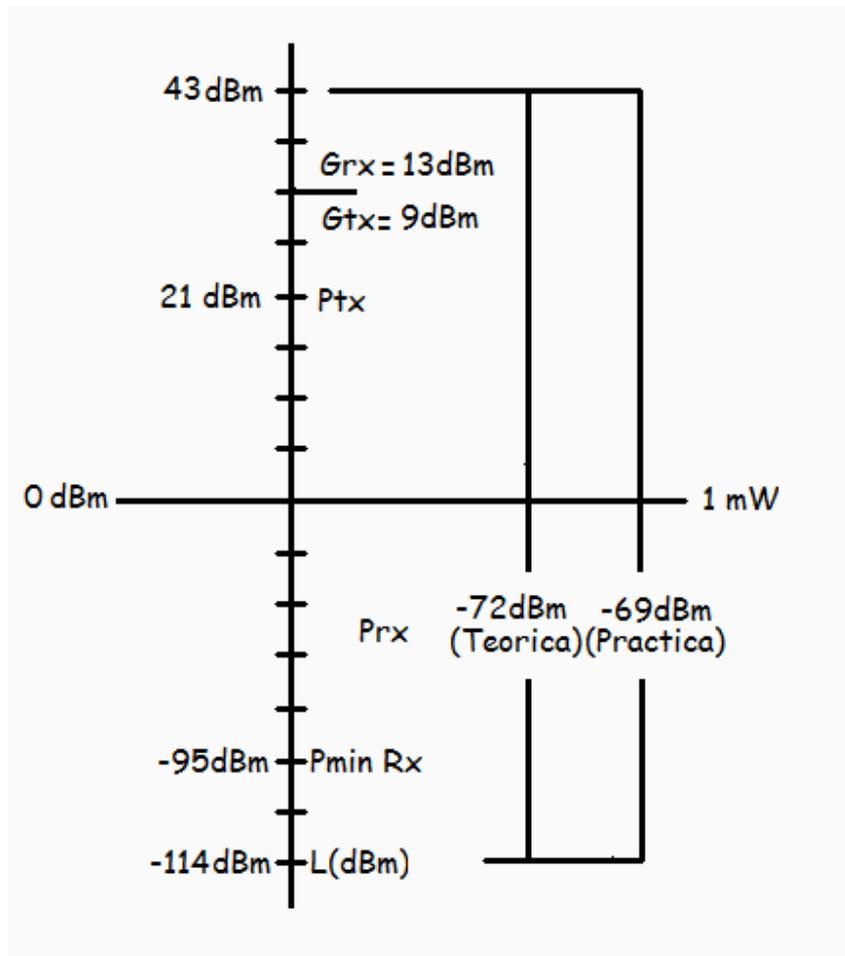


Fig. 4.42 - Gráfico de Potencias Enlace N°1

4.5.4.2 Enlace Guardias - Filosofía

El segundo enlace analizado va en función de la prueba hecha entre los puntos de Guardias y Filosofía, por lo que las variables del enlace se presentan a continuación:

f_c : 900 Mhz

h_{te} : 15 mts.

h_{re} : 8 mts

d : 0.703 Km

$a(h_{re})$ = Varía en función de la frecuencia utilizada

Calculamos el $a(h_{re})$ correspondiente:

$$\begin{aligned}
 a(h_{re}) &= 3.2(\log 11.7 h_{re})^2 - 4.97 \text{ dB} \quad \text{para } f_c > 300 \text{ Mhz} \\
 &= 3.2(\log 11.7 * 8)^2 - 4.97 \\
 &= 3.2(\log 93.6)^2 - 4.97 \\
 &= (3.2 * 3.89) - 4.97 \\
 &= 9.96 - 4.97 \\
 &= 7.46
 \end{aligned}$$

Perdidas en el Medio:

$$\begin{aligned}
 L(\text{dB}) &= 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log h_{te}) \log d \\
 &= 69.55 + 26.16 \log 900 - 13.82 \log 15 - 7.46 + (44.9 - 6.55 \log 15) \log 0.703 \\
 &= 69.55 + (26.16 * 2.95) - (13.82 * 1.18) - 7.46 + (44.9 - (6.55 * 1.18)) \log 0.703 \\
 &= 69.55 + 77.28 - 16.25 - 7.46 + (44.9 - (7.7)) \log 0.703 \\
 &= 69.55 + 77.28 - 16.25 - 7.46 + (37.2) \log 0.703 \\
 &= 69.55 + 77.28 - 16.25 - 7.46 - 5.7 \\
 &= 117.42 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

Potencia de Recepción

$$\begin{aligned}
 P_{rx} &= P_{tx} + G_{tx} + G_{rx} - L_{dB} \\
 &= 21\text{dBm} + 9\text{dBi} + 13\text{dBi} - 117.42\text{dBm} \\
 &= -74.42\text{ dBm}
 \end{aligned}$$

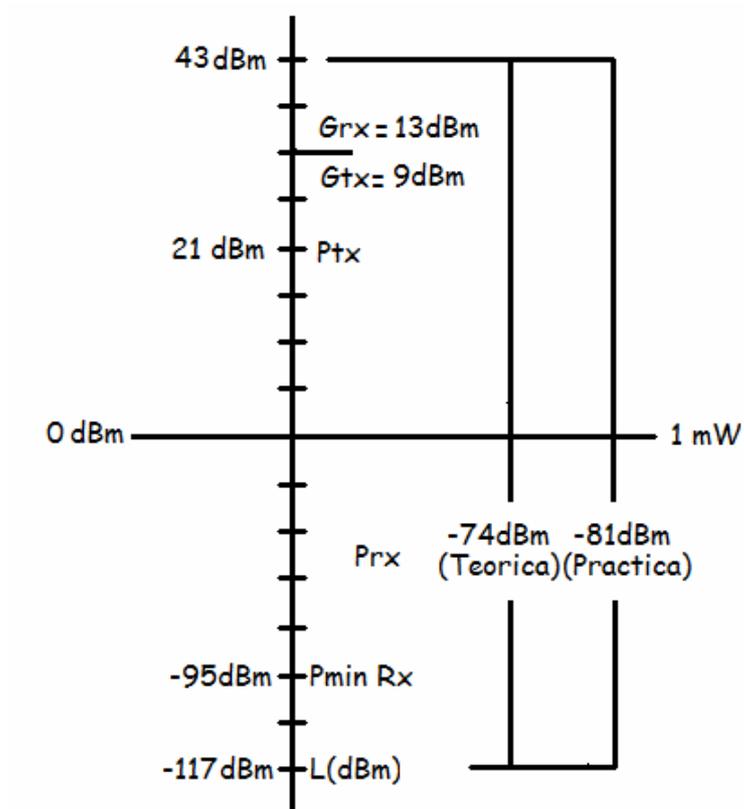


Fig. 4.43 - Gráfico de Potencias Enlace N°2

4.5.4.3 Enlace Guardias - Veterinaria

El tercer enlace realizado, está entre los puntos de Guardias y la Clínica Veterinaria ubicada en el fundo Teja Norte, las variables del enlace se ingresan a continuación:

f_c : 900 Mhz

h_{te} : 15 mts.

h_{re} : 1 mts

d : 0.634 Km

$a(h_{re})$ = Varía en función de la frecuencia utilizada

Calculamos el $a(h_{re})$ correspondiente:

$$\begin{aligned}
 a(h_{re}) &= 3.2(\log 11.7 h_{re})^2 - 4.97 \text{ dB} \quad \text{para } f_c > 300 \text{ Mhz} \\
 &= 3.2(\log 11.7 * 1)^2 - 4.97 \text{ dB} \\
 &= 3.2(1.07)^2 - 4.97 \text{ dB} \\
 &= (3.2 * 1.14) - 4.97 \text{ dB} \\
 &= 3.65 - 4.97 \text{ dB} \\
 &= -1.32
 \end{aligned}$$

Se calculan las pérdidas del enlace

$$\begin{aligned}
 L(\text{dB}) &= 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log h_{te}) \log d \\
 &= 69.55 + 26.16 \log 900 - 13.82 \log 15 + 1.32 + (44.9 - 6.55 \log 15) \log 0.634 \\
 &= 69.55 + (26.16 * 2.95) - (13.82 * 1.18) + 1.32 + (44.9 - (6.55 * 1.18)) * (-0.2) \\
 &= 69.55 + 77.17 - 16.3 + 1.32 + (44.9 - 7.73) * (-0.2) \\
 &= 69.55 + 77.17 - 16.3 + 1.32 + (37.17) * (-0.2) \\
 &= 69.55 + 77.17 - 16.3 + 1.32 - 7.43 \\
 &= 124.5 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Potencia de Recepción

$$\begin{aligned}
 P_{rx} &= P_{tx} + G_{tx} + G_{rx} - L_{dB} \\
 &= 21\text{dBm} + 9\text{dBi} + 13\text{dBi} - 124.5\text{dBm} \\
 &= -81.5\text{ dBm}
 \end{aligned}$$

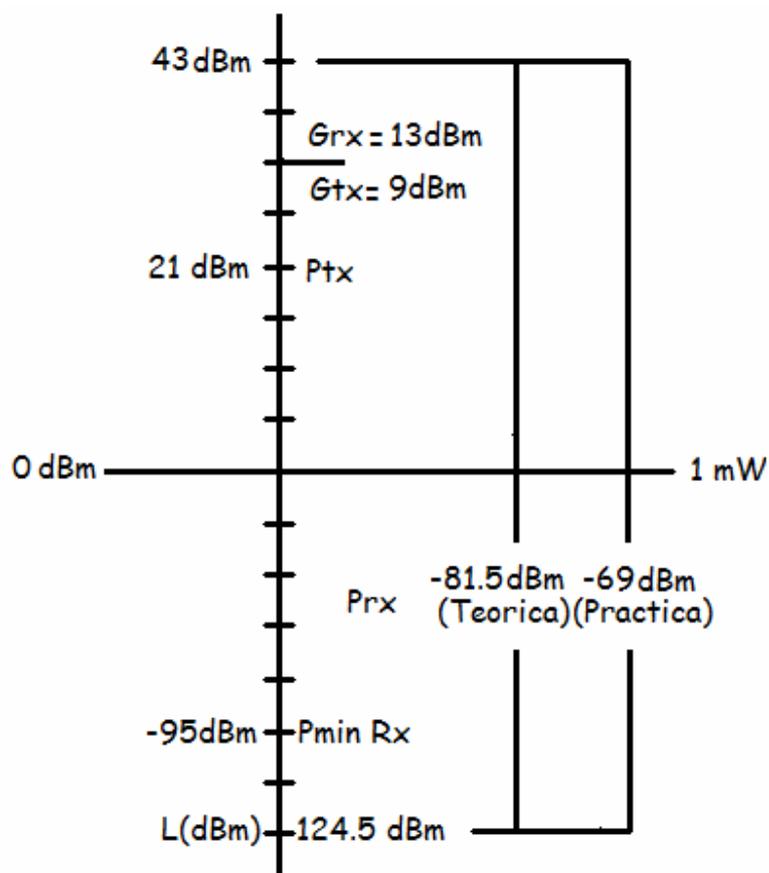


Fig. 4.44 - Gráfico de Potencias Enlace N°3

4.5.4.4 Enlace Guardias – Centro Informático

El cuarto enlace Propuesto que se analizó, fue el de Guardias con el Centro Informático, realizando el análisis teórico en función de los datos prácticos muestreados a continuación.

f_c : 900 Mhz

h_{te} : 15 mts.

h_{re} : 10 mts

d : 0.626 Km

$a(h_{re})$ = Varía en función de la frecuencia utilizada

Calculamos el $a(h_{re})$ correspondiente:

$$\begin{aligned}
 a(h_{re}) &= 3.2(\log 11.7 h_{re})^2 - 4.97 \text{ dB} \quad \text{para } f_c > 300 \text{ Mhz} \\
 &= 3.2(\log (11.7 * 10))^2 - 4.97 \\
 &= 3.2(\log (117))^2 - 4.97 \\
 &= (3.2 * 4.27) - 4.97 \\
 &= 13.69 - 4.97 \\
 &= 8.72 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

La fórmula utilizada para calcular la pérdida en sectores urbanos es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 L(\text{dB}) &= 69.55 + 26.16 \log f_c - 13.82 \log h_{te} - a(h_{re}) + (44.9 - 6.55 \log h_{te}) \log d \\
 &= 69.55 + 26.16 \log (900) - 13.82 \log (15) - a(10) + (44.9 - 6.55 \log (15)) \log 0.3 \\
 &= 69.55 + (26.16 * 2.95) - (13.82 * 1.18) - 8.72 + (44.9 - 7.7) * (-0.53) \\
 &= 69.55 + 77.2 - 16.3 - 8.72 - 19.5 \\
 &= 102.3 \text{ dBm}
 \end{aligned}$$

Potencia de Recepción

$$\begin{aligned}
 P_{rx} &= P_{tx} + G_{tx} + G_{rx} - L_{dB} \\
 &= 21\text{dBm} + 9\text{dBi} + 13\text{dBi} - 102.3\text{dBm} \\
 &= -59.3\text{ dBm}
 \end{aligned}$$

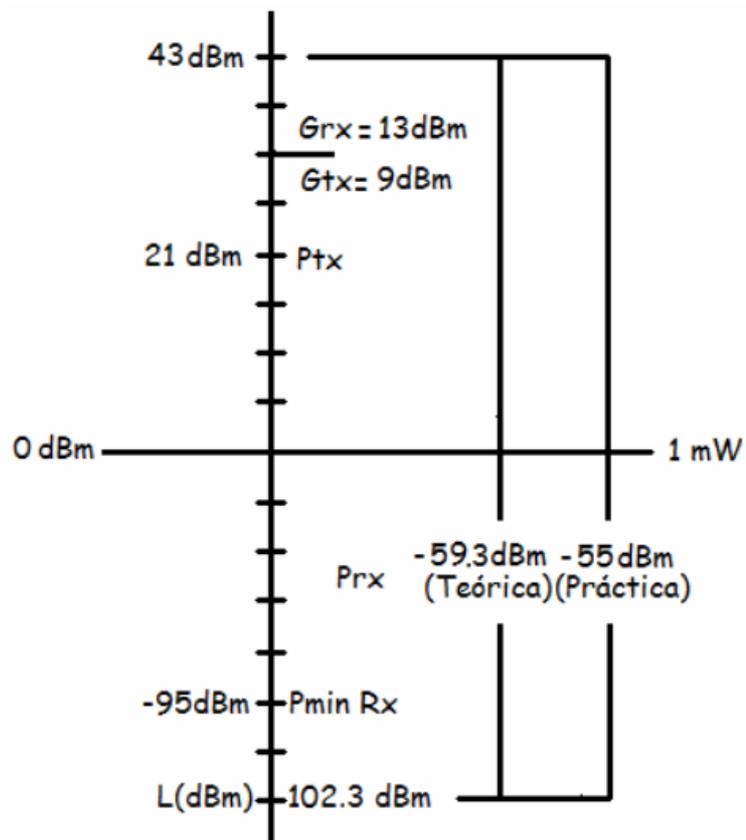


Fig. 4.45 – Gráfico de Potencias Enlace N°4

4.6 Diseño Outdoor

Existen varios puntos en los Campus de la UACH en los cuales el alumnado, funcionarios y personas que visitan la universidad, circulan comúnmente, estos son los distintos parques y áreas verdes que posee la UACH. Con este diseño se pretende dar cobertura OUTDOOR a estos puntos oscuros que el alumnado descansa comúnmente. Para ello se plantean la cantidad de sectores que debieran ser iluminados y enlazados con un punto central del Campus, que debiera dar enlace a los demás AP, de esta manera incluir estos sectores dentro de la red interna que posee la Universidad, además se incluirán puntos de seguridad y vigilancia los que son muy necesarios en las áreas verdes.

Se plantearan dos diseños acordes a la distribución de su ambiente urbano

4.6.1 Campus Teja

Con un total de 5 Puntos de acceso se plantean estos puntos de iluminación Wi-Fi OUTDOOR como puntos en que existe mayor requerimiento del sistema de Internet e Intranet, y se incluyen dentro del diseño propuesto para el Campus Teja de la Universidad Austral de Chile



Fig. 4.46 - Zonas de implementación de Dispositivos Netkrom Outdoor
Campus Teja

Punto de Acceso

1.- El Punto de acceso fue planteado en función de cómo se distribuirían los distintos enlaces, es por ello que se decidió utilizar el antiguo edificio Emilio Pugin, el cual actualmente se encuentra en remodelación, este edificio es uno de los más altos del Campus además si se incluye una torre en la instalación, influiría en la completa línea de vista con los enlaces. Este sería el punto de enlace a los demás dispositivos Netkrom, a la vez se incluirían en este punto un enlace Wi-Fi OUTDOOR el cual daría cobertura inalámbrica en las afueras de la Dirección de Asuntos Estudiantiles (DAE), y entre el Aula Magna

Avda. Elena Haverbeck

2.- Entre los edificios de Arquitectura y la Facultad de Filosofía y Humanidades existe otra área verde la cual colinda con el río Calle Calle, este lugar también es muy frecuentado por estudiantes, que prefieren el aire libre como lugar de estudio y trabajo

Alameda

3.- A un lado de la alameda, entre los edificios Nahmias, Hotel Isla Teja, Hogar las Encinas, y los recintos deportivos existe un amplia área verde la cual es muy frecuentada y transitada por alumnos, es por ello que también se considera un punto importante que debiera ser iluminado con la Tecnología Netkrom OUTDOOR

Jardín Botánico

El Campus Teja es un lugar bastante amplio con un parque natural que se utiliza no solo por estudiantes sino que, como lugar de descanso y paseo, por lo que se incluirían dispositivos Netkrom OUTDOOR, al ser tan amplio se definieron dos fragmentos principales los cuales serían iluminados.

4.- Al ingreso al sector se encuentra el mayor flujo de personas, por lo mismo muchas de estas prefieren quedarse en este sector antes de caminar muy al interior.

5.- Otro punto necesario para ser iluminado sería el lugar que está a un lado de la Facultad de Medicina y detrás del edificio de La Escuela de Medicina, ahí se encuentra un área verde que por lo general las personas que llegan al Campus se establecen unos momentos.

4.6.2 Campus Miraflores

Se plateara un diseño acorde a la disposición urbana que presenta el Campus Miraflores para ello incluiremos tres puntos de acceso los cuales suministrarán conectividad Wi-Fi Outdoor, el punto de acceso para los enlaces en la banda de 900Mhz se instalaría a un lado del nuevo edificio 8000 camino hacia el edificio 6000 ya que en ese punto existe un pequeño cerro, donde al incluir alguna torre proporcionaría línea vista al mayor porcentaje del Campus Miraflores.



Fig. 4.47 - Zonas de implementación de Dispositivos Netkrom Outdoor
Campus Miraflores.

Punto de Acceso

1.- En este lugar se incluye el punto de acceso Wi-Fi Outdoor el cual daría conectividad en las afueras de los edificios 6000 y 8000, teniendo a los exteriores de los principales edificios de este sector con conectividad Outdoor, así también este punto quedaría con altura suficiente como para enlazar los demás dispositivos de la red Wireless.

General Lagos

2.- En la entrada del Campus Miraflores por el ingreso de General Lagos, se ubican la mayoría de los edificios que utiliza el Campus, se incluiría un punto de Propagación Externa del sistema Wi-Fi en este sector, el cual incluiría en la red Outdoor a edificios tales como el de Naval, Informática Biblioteca Decanato, Multimedia y Gimnasio

Cabañas Pumantu

3.- Es el tercer punto de incorporación de servicio Wi-Fi, en este sector no existe conectividad alámbrica ni inalámbrica que pueda dar acceso a los estudiantes que viven en el sector, es así que la incorporación de un dispositivo que enlace la red UACH al sector sería muy significativo

Capítulo V. Conclusiones

Es importante al momento de diseñar un prototipo de red, el direccionamiento el que se aplicará, se debe tomar en cuenta el tipo de usuario que utilizará los servicios, no todos poseen los conocimientos necesarios como para incluirse de forma manual a una red, por lo que siempre es necesario utilizar servicios como DHCP que registran de forma automática a los servicios de red.

Es muy importante la actualización de los dispositivos en función del tiempo utilizado, si bien no siempre están a la mano los medios para poder cambiar equipos por otros mas modernos, si es posible actualizar habitualmente el Firmware de los equipos, esto para responder a nuevas necesidades que van surgiendo y apareciendo en los usuarios, y la red también con el tiempo habilita mas opciones las cuales necesitan cambios en el proceso de manejo de información de los equipos, en este caso específico los Routers.

Es muy significativo el manejo y distribución de la cantidad de recursos de direccionamiento que posee un ISP, pues bien la Universidad Austral direcciona en función de distintas Vlan, manteniendo un orden específico y tendiendo un direccionamiento fijo para la red cableada, a su vez si se desea incluir dispositivos que realicen multidireccionamiento se puede asignar un Ip fijo al dispositivo para poder salir a la red por este Ip válido estático.

Un Ruteo sólido de las direcciones de interfaz influye en un fluido y seguro movimiento de información por un dispositivo, esto promueve la buena calidad de servicio que requieren los usuarios de red.

El lugar de instalación de las antenas es sin duda un punto importante al momento de implementar una red inalámbrica, se deben tomar todas las consideraciones técnicas de funcionamiento y propagación, si bien se puede implementar según sus características técnicas, las variables que pueden afectar a un enlace de radiofrecuencia son muchas, van desde puntos físicos que puedan atenuar al enlace, no solo en su trayecto directo, también en cercanos por la Zona de Fresnel, además datos climáticos como la humedad ambiental o la temperatura, por lo que al realizar diseños teóricos no siempre se llegan a resultados acordes con el lugar investigado, es siempre necesario realizar pruebas en puntos extremos en que pudiera producir problemas de recepción de radiofrecuencia, y en condiciones extremas, esto ya que en Valdivia el clima es un punto muy variable el cual debe ser tomado en cuenta para instalaciones exteriores.

Al Realizar las pruebas en los distintos puntos establecidos en el Campus Teja para comprobar calidad de los enlaces pudimos demostrar la atenuación que producen los distintos edificios que existen en el Campus. Esto se comprobó situando la antena en puntos extremos de recepción recibiendo la señal, pero con tasa de error muy alta, a diferencia de lugares en que los obstáculos no eran tan variados, aun así se recepcionaba de forma aceptable teniendo la misma distancia anterior, al trabajar con frecuencias de 900 Mhz, no implica que edificios y árboles no atribuyan oposición a esta señal si no que produce menos oposición que si se trabajara en frecuencias mayores, por lo que es siempre necesario y óptimo al momento de crear enlaces entre dispositivos, tener una línea vista entre estos equipos, mas aun tratando de respetar la Zona de Fresnel esto mejoraría la calidad de transmisión, y en consecuencia generaría una mejor calidad de servicio.

Al diseñar un proyecto y elegir un proveedor para soluciones de conectividad, se deben considerar el crecimiento de la demanda en función del tiempo, y de que forma se pueden satisfacer tanto a una mayor cantidad de usuarios como a sus nuevos requerimientos que puedan exigir en un futuro, a nivel del proyecto actual, si bien las tecnologías inalámbricas van en aumento de forma acelerada, podemos observar que ciertos requerimiento van de la mano creciendo como lo es el ancho de banda, la estabilidad de los sitios iluminados, y la movilidad que puedan otorgar estos servicios. Si bien existen muchos proveedores que otorgan servicios inalámbricos, no todos consideran una actualización temprana de los mismos, por lo que es necesario al momento de elegir un proveedor de servicios, el analizar que tan preparado esta este como para satisfacer requerimientos futuros, no fundamentar la adquisición solo en costos iniciales que a la larga pueden llegar a aumentar por sobre otros productos que puedan satisfacer los mismos requerimientos.

La calidad del servicio implementado va directamente relacionado con el proveedor elegido debemos considerar que tan estable, constante y adaptable pueden llegar a ser un producto, para ello antes de adquirir estos, es bueno comprobar su trabajo en terreno, poniendo estos a disponibilidad libre de los usuarios, ya que de esta manera se evidencia si un producto puede cumplir con los requerimientos en forma práctica, esto produce en los clientes, conocimiento previo de la tecnología, a su vez si la implementación cumple con las expectativas de la empresa, en los usuarios empezaría de ya a dar soluciones a sus necesidades y dando a estos conciencia de la seguridad de obtener un buen producto.

Es muy importante al momento de plantearse la idea de realizar pruebas o a la vez crear un proyecto que incorpore el trabajo con Radiofrecuencia, indagar sobre los aspectos legales que implica realizar estas actividades propuestas, ya que su mala manipulación puede afectar otras bandas públicas o privadas que estén trabajando con frecuencias definidas y pueden ser afectadas por tratar de incluir en una banda sin previa autorización. La Subsecretaria de Telecomunicaciones de Chile puede dar la garantía de utilización de Bandas de Radiofrecuencia.

Se comprobó la existencia de muchos métodos matemáticos para poder deducir pérdidas por propagación de Radiofrecuencia en función de distintas situaciones, y a la vez se demostró que tales estimaciones matemáticas son muy importantes para poder dar una referencia bastante cercana a la real, ya que ofrecen valores muy cercanos a los realizados en experiencias en terreno, esto sin duda no son datos que puedan ser llevado y tomados como prácticos, ya que estas situaciones suelen variar por diversos factores anteriormente nombrados. Los métodos para el cálculo de frecuencia de enlace y de distancias de propagación nos posibilita a crear diseños , en que podamos estimar en que situaciones se vería complejo el instalar antenas que pudiesen poner en riesgo futuros proyectos de conectividad inalámbrica, en que puedan interponer entre el enlace diseños en que se instalen edificios o elementos que interfieran la línea de conectividad, con esto se puede prever si ciertas edificaciones a futuro pudiesen complicar un Proyecto de Conectividad Wireless.

Referencia Bibliográfica

Textos

[1] Fred Halsall, “Comunicación de Datos, Redes de Computadores y Sistemas Abiertos”. University of Wales, Swansea

[2] Jose M. Huidobro, David Roldan "Redes y Servicios de Banda Ancha"

[3] Roger L. Freeman “Telecommunication Transmission Handbook (Third Edition)

[4] David L. Heiserman, “Principles of Electronic Communication Systems”

Webs

[4] Netkrom Long Range Wireless Networks, <http://www.netkrom.com>

[5] Gobierno De Chile, Subsecretaria de Telecomunicaciones
<http://www.subtel.com>

ANEXOS

ANEXO 1

**Cotización de Implementación Wi-Fi Outdoor en el Campus Teja, Universidad
Austral de Chile**

Descripción	Cantidad	Precio (Dólares)
NETKROM WiMAX/Wi-Fi Multi-band Dual Radio - 2 port radio slot AP/Bridge/Router	5	2152
NETKROM 2.4GHz 802.11b/g 108Mb Mini- PCI Module Ultra High Power 600mW for MB-ROMB	5	1430
NETKROM 2.4GHz 12dBI Omnidirectional Antenna VPOL (N Female Connector Pigtail)	5	570
NETKROM 5 ft (1.5m) RG8 low Loss cable adapter, N Male to N Male	10	420
Omnidirectional Antenna 900MHz NLOS	1	147
Yagi Antenna Datasheet 900MHz NLOS	4	648
Mano de Obra		267
Valor Total Equipamiento US\$		5634
Valor Total Equipamiento (Pesos)		\$3155040

**Cotización de Implementación Wi-Fi Outdoor en el Campus Miraflores, Universidad
Austral de Chile**

Descripción	Cantidad	Precio (Dólares)
NETKROM WiMAX/Wi-Fi Multi-band Dual Radio - 2 port radio slot AP/Bridge/Router	3	1291
NETKROM 2.4GHz 802.11b/g 108Mb Mini- PCI Module Ultra High Power 600mW for MB-ROMB	3	858
NETKROM 2.4GHz 12dBI Omnidirectional Antenna VPOL (N Female Connector Pigtail)	3	342
NETKROM 5 ft (1.5m) RG8 low Loss cable adapter, N Male to N Male	6	252
Omnidirectional Antenna 900MHz NLOS	1	147
Yagi Antenna Datasheet 900MHz NLOS	3	324
Mano de Obra		142
Valor Total Equipamiento US\$		3356
Valor Total Equipamiento (Pesos)		\$1879360

ANEXO 2

Sistema Punto a Punto

- Proyectista:

Nombre	Rut	Dirección
Jose Luis Salazar Mitre	15547252-9	Inés de Suares Psje. Hortencias #070

- Frecuencias:

Estación A	Banda de frecuencias A ((B		Estación B
912 MHz	5	MHz	917 MHz

- Características Técnicas:

Estación origen	Tipo de Emisión	Tipo de Antena	Ganancia		Potencia (Watt)	Estación destino
CASETA DE GUARDIAS	RF	OMNIDIRECCIONAL	8	dBi		PUNTOS DE PRUEBA

- Ubicación de las Estaciones:

Estación	Dirección	Comuna	Reg.	Coord. Geográficas	
				Lat. Sur (gg°mm'ss'')	Long. Oeste (gg°mm'ss'')
GUARDIAS	CAMPUS TEJA	VALDIVIA	XIV	39°48'24,9''	73°15,1'10''
C. I.	CAMPUS TEJA	VALDIVIA	XIV	39°48'24,8''	73°15'3.32''
ARQUITECTURA	CAMPUS TEJA	VALDIVIA	XIV	39°48'26,8''	73°14'49,8''
FILOSOFIA	CAMPUS TEJA	VALDIVIA	XIV	39°48'24,8''	73°14'46,7''
VETERINARIA	CAMPUS TEJA	VALDIVIA	XIV	39°48'4,42''	73°15'19,9''

ANEXO 3

WiMAX/Wi-Fi Multi-band Dual Radio v3

El WiMAX/Wi-Fi Multi-band Dual Radio ahora cubre de 900MHz a 6.1GHz, incluyendo la popular banda no licenciada (estándar 2.4/5GHz 802.11a/b/g), la banda no licenciada sin línea de vista 900MHz, la banda licenciada MMDS de 2.3 a 2.7, la banda licenciada de 3.4 a 3.6GHz, la nueva banda no licenciada 3.65GHz, la banda Pública de Seguridad 4.9GHz, la banda UNII FCC US de 5.150 a 5.350GHz, la banda ETSI Europe de 5.470 a 5.725GHz, la banda ISM FCC US de 5.725 to 5.850GHz, Special Wideband Range de 4.9 a 6.1GHz y futuras bandas licenciadas y no licenciadas.

The WiMAX/Wi-Fi Multi-band Dual Radio viene con 2 Radio Slot para seleccionar entre varios módulos Mini PCI, la frecuencia que necesita, gran potencia de salida y Firmware con características de software avanzadas basadas en Linux OS permitiendo cubrir largas distancias de hasta 50 millas o 80 Km. Todas estas características transforman a esta radio en la más completa y avanzada del mundo.

El WiMAX/Wi-Fi Multi-band Dual Radio puede trabajar en 5 modalidades:

- Access Point (Para Punto a Punto y Enlace Multipunto, HotSpot, Redes Mesh, Estacion Base WISP y aplicaciones Backhaul)
- WDS (Sistema de Distribución Inalámbrica para aplicaciones de Redes Mesh)
- Repeater (Para aplicaciones de un rango inalámbrico extenso)
- AP Client (Para Punto a Punto y Enlace Multipunto, Wireless Client y aplicaciones Backhaul)
- Station (Para Punto a Punto y Enlace Multipunto y aplicaciones Wireless Client)



Características:

Múltiples bandas licenciadas y no licenciadas de 900MHz a 6.1GHz (Escoja la frecuencia que necesita!).

Tasa de transferencia de datos de hasta 108 Mbps en modo Turbo.

Trabaja como una Estación Base Inalámbrica, HotSpot AP, Mesh AP, Wireless Client, Backhaul y Repeater.

Módulos de alta potencia, hasta 700mW para largas distancias que enlazan 50 millas o 80 Km.

Parámetros de larga distancia y regulación de la potencia de salida.

Gran potencia de CPU para una conexión de alta velocidad.

Diseño perfecto y características que permiten el uso industrial al aire libre (impermeable). Compatibilidad completa con cualquier red IEEE y futuro WiMax andwidth Management, QoS, etc) .

Funciones de red avanzadas (IP Routing, Firewall, DHCP, NAT, QOS, etc.

Características de Seguridad Avanzadas WEP (64,128 bit), WPA1&WPA2.

Netkrom NMS - Network Management System (Sistema de Administración de Red). Soporta condiciones ambientales extremas -60 a 230C.

Especificaciones:

Hardware

Procesador	Intel IXP420 266 MHz
Memoria Flash	8 MB
Puerto Ethernet	Un Ethernet 10/100 Mbps
Conector RF	N-Hembra
Conexiones de Energía	802.3af Power over Ethernet 48v DC with surge protector
Dimensiones	8.3 x 6 x 2 pulg. (21 x15 x 5cm.)
Temperatura de Operación	Enclosure Seal -60C a 230C

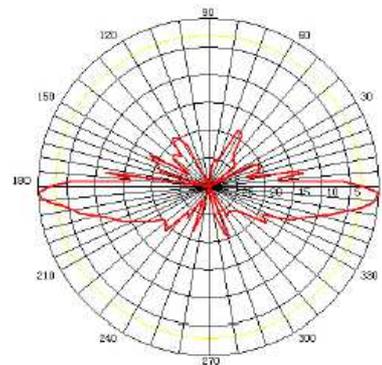
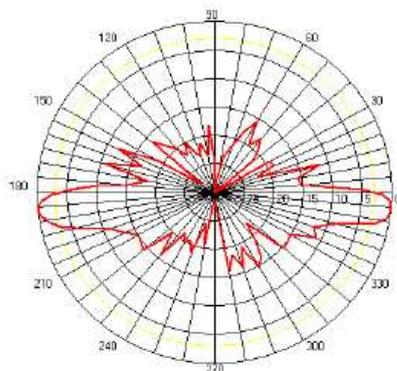
Memoria	32 MB
Puerto RF	Two RF Mini-PCI Modules
Puerto de Consola	Un Serial DB9 standard
Caja exterior	Molde de Aluminio fundido de uso Industrial, NEMA-67/IP-67
Peso	4.5 Lb. or2 Kg. (Radio, Bracket y accesorios)
Soporte	Brackets de Montura para mástil o torre

Software

Modos de Operación en RF Access Point (Función de bridge o router) WDS (Función de bridge) Repeater (Función de bridge) AP Client (Función de bridge o router) Station (Función de bridge o router)	Características de Seguridad Lista de Control de Acceso WEP 64/128 WPA1/WPA2 con cifrado TKIP & AES
Características Avanzadas en Wireless Tx Power y Tx Rate Selección de Antena ACK Timeout WMM - Wireless QoS Mac Address Spoofing Ocultamiento de SSID y Modo Stealth Selección del Mejor Canal y Selección de código de País DFS/TPC (Selección Dinámica de Frecuencia / Control de Transmisión de Potencia) Compression, Bursting, Fast Frames Soporta Completamente 802.11h Alineación de Antena (Site Survey (escaneo) / Calidad de Enlace Nivel de Señal)	QoS - Administración de Ancho de Banda Committed Information Rate (CIR) Peak Information Rate (PIR) Committed Burst Size (CBS) Excess Burst Size (EBS) Basado en : - Input/Output Interface - Source IP/Subnet - Source Port(s) - Source Mac - Destination IP/Subnet - Destination Port(s) - Destination Mac - Protocolos (FTP, ICMP, TCP, etc) - Aplicaciones (Peer to Peer, EDonkey, Kazza, IRC, etc)
Características Avanzadas en Networking Bridge Transparente Layer 2 (Mac Address) Forwarding Layer 3 (IP Address) Forwarding Enrutamiento Estático y RIP v2 DHCP Server and Client PPPoE Client/PPTP Client Soporta Vlan (802.1Q) Estadísticas Avanzadas Interfaz de Usuario Gráfica Utilidades de Monitoreo (Ping y Trace Route)	Hot Spot Features WAN, LAN, DHCP, Firewall - NAT QoS - Administración del Ancho de Banda Wireless Radius Client Autenticación UAM, Autenticación por Direcciones Mac Walled Garden Sites de Publicidad Página de Logueo Personalizado Información para Usuarios, Estadísticas del Radius
Firewall - NAT Input/Output Interface Source IP/Subnet Port(s) Source Mac Destination IP/Subnet Protocolos (ICMP, TCP, etc) Estado de Conexión (Nuevo, Establecido, etc)	Herramientas de Administración SNMP Agent NTP Agent HTTP Server SSH

Antena Omnidireccional 2.4 Ghz

Los sistemas de antenas omnidireccionales ofrecidas por Netkrom están hechos a base de Fibra de Vidrio resistentes a las radiaciones UV y con todos sus brackets hechos de acero inoxidable. La antena viene con conectores estándar tipo N-Hembra impermeables con tuercas resistentes para un montaje opcional aislador. La antena de 12dBi tiene un Electrical Downtilt estándar de 3°. Este también tiene conectores pigtail N-Hembra o N-Macho de 24" para conexión directa a Access Points Outdoor. La antena de 9dBi está disponible con un Electrical Downtilt de 0 ° y 7 ° la cual es perfecta para sistemas inalámbricos cercanos tales como complejos de apartamentos. Debido a su insuperable diseño de alto rendimiento el cual elimina nulls, pueden ser usados en una gran variedad de sistemas inalámbricos.



Antena Omnidireccional Propagación antena de 9dBi
2.4 Ghz

Propagación antena de 12dBi

Especificaciones:

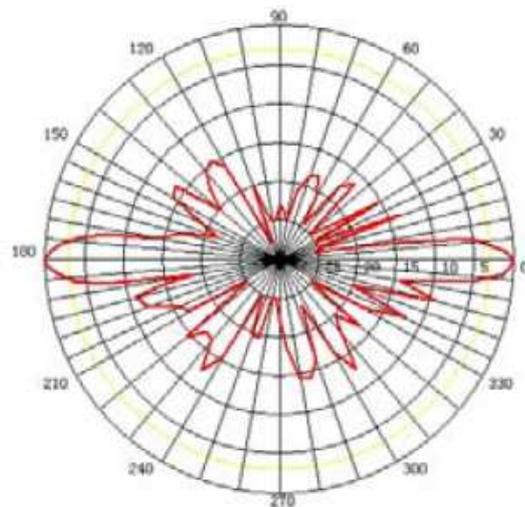
Product code	W24-90	W24-120
Electrical		
Gain	9 dBi	12 dBi
Frequency Range	2400 – 2483 MHz	2400 – 2483 MHz
Input Return Loss (S11)	-14 dB	-14 dB
WSWR	1.5:1	1.5:1
Impedance	50 OHM	50 OHM
Vertical Beamwidth	14 deg	7 deg
Input Power	100 W	100 W
Front to Back	20 dB	30 dB
Pole Diameter (OD)	1" (25) to 2" (50) Inch (mm)	1" (25) to 2" (50) Inch (mm)
Electrical Downtilt	0 deg or 7 deg	3 deg
Mechanical		
Dimension (L +/-1.0")	27" (69cm)	48" (122cm)
Weight	1.1 Lbs (0.5Kg)	1.4 Lbs (0.6Kg)
Operating Temperature	-40 to +70 Deg C	-40 to +70 Deg C
Rated Wind Velocity	125mph (56 M/sec)	125mph (56 M/sec)

Antena Omnidireccional NLOS 900MHz

El Sistema de Antenas Series NLOS Omnidireccional ofrecido por Netkrom Technologies está fabricado con Fibra de Vidrio UV estabilizada y Acero Inoxidable para una larga duración. Montarlo es fácil con un sistema de montaje u-bolt dual. Las antenas están polarizadas verticalmente. La de 8dBi viene standard con pigtails de 18" terminado en un conector N Hembra. La de 11dBi viene standard con un conector integrado N Hembra. Los DC de las omni son apropiadamente puestos a tierra para la protección contra rayos. La omni de 11dBi está disponible con 1° de downtilt eléctrico, el cual provee una mejorada cobertura close-in.



Antena Omnidireccional
900 Mhz



Propagación de antena en los 900 Mhz

Especificaciones:

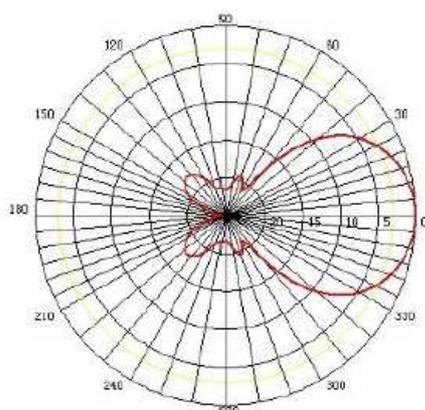
Código del Producto	W90-80
Eléctricas	
Ganancia	8dBi
Rango de Frecuencia	860-945MHz
Pérdida de Retorno(S11)	-14 dB
WSWR	1.5:1
Impedancia	50 OHM
Amplitud de Radio Vertical	10°
Potencia de Entrada	100 W
Diámetro del Mástil(OD)	2 Pulg. (51 mm)
Downtilt Eléctrico	0° o 7°
Mecánicas	
Dimensión (L +/-1.0")	8.5' (2.6 m)
Peso	6.7 Lbs (2.5 Kg)
Downtilt Eléctrico	0
Temperatura de Operación	-40 a +70° C
Velocidad del Viento Clasificada	125mph (56 M/seg)

Antena Yagi 900MHz

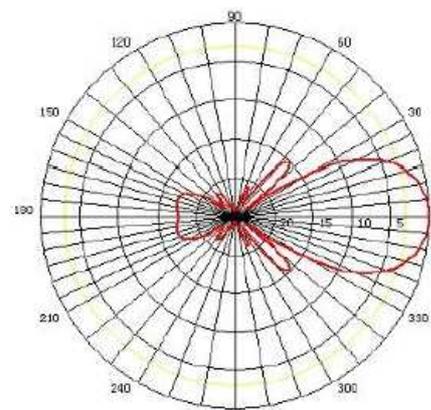
El sistema de antenas NLOS Series ofrecido por Netkrom Technologies esta construido de Acero Inoxidable para una excepcional vida útil. Los elementos individuales están soldados a la viga principal como un accesorio permanente. Los elementos soldados proveen un funcionamiento más constante de la señal porque aseguran alta conductividad a través de la superficie de la antena. Estas antenas son de gran aumento y poseen un buen funcionamiento "front to back" para reducir al mínimo la interferencia externa. Pueden ser montados en polarización vertical u horizontal. Se presentan estándar con un cable pigtail de 18" terminado con un conector N Female.



Antena Direccional Yagi



Propagación antena de 11 dBi



Propagación antena de 13 dBi

Especificaciones:

Código del Producto	W90-11Y	W90-13Y
Eléctrico		
Ganancia	11dBi	13 dBi
Rango de Frecuencias	860-960MHz	860-960MHz
Front to Back	>15dB	>18 dB
WSWR	1.5:1	1.5:1
Impedancia	50 OHM	50 OHM
Amplitud de Rayo Vertical de 3dB	50°	30°
Potencia de Entrada	100 W	100 W
Número de Elementos	8	15
Mecánico		
Dimensión (L +/-1.0")	35.4" (0.9 m)	57" (1.45 m)
Peso	2.4 Lbs (0.9 Kg)	3.3 Lbs (1.25 Kg)
Temperatura de Operación	-40 to +70° C	-40 to +70° C
Velocidad del Viento Clasificada	125mph (56 M/seg)	125mph (56 M/seg)

ANEXO 4**TEXTO REFUNDIDO NO OFICIAL DE LA****SUBSECRETARÍA DE TELECOMUNICACIONES**

IDENTIFICACIÓN DE LA NORMA: Resolución N° 746 Exenta de 2004, de la Subsecretaría de Telecomunicaciones.

TÍTULO: FIJA NORMA TÉCNICA PARA EL USO DE LA BANDA DE FRECUENCIAS 2.400 – 2.483,5 MHz.

FECHA DICTACIÓN: 08.06.2004.

FECHA PUBLICACIÓN DIARIO OFICIAL: 11.06.2004.

ÚLTIMA MODIFICACIÓN NORMA: 18.12.2006

CONTENIDO:

El presente texto refundido considera los siguientes documentos:

Resolución N° 746 Exenta de 2004, y

Resolución N° 1.640 Exenta de 2006, ambas de la Subsecretaría de Telecomunicaciones.

NOTA: EL TEXTO DEL DOCUMENTO ANTES CITADO Y SUS NORMAS RELACIONADAS, SE ENCUENTRAN ANEXADAS AL FINAL DEL DOCUMENTO PARA SU CONSULTA.

RESUELVO:

Fíjase la siguiente norma técnica para el uso de la banda de frecuencias 2.400 – 2.483,5 MHz.

ARTÍCULO 1°

Destínase la banda de frecuencias 2.400 – 2.483,5 MHz para la operación de equipos de transmisión de datos del servicio fijo o móvil que se autorice mediante concesión de servicio público o intermedio de telecomunicaciones, permiso de servicio limitado de telecomunicaciones o licencia de banda local.

El concesionario, permisionario y licenciatario, en su caso, deberá cumplir estrictamente las obligaciones y ajustarse a las restricciones establecidas en la normativa de telecomunicaciones, de acuerdo a la naturaleza del servicio autorizado.

ARTÍCULO 2°

En el caso de concesiones o permisos los equipos deberán cumplir los siguientes requisitos técnicos:

- a) Emplear modalidades de espectro ensanchado con secuencia directa o con saltos de frecuencia u otras modalidades de modulación digital, que permitan que en una misma zona geográfica coexistan múltiples usuarios y sistemas.
- b) La modalidad de espectro ensanchado con secuencia directa u otras modalidades con modulación digital, deberán tener un ancho de banda mínimo de 500 kHz medido a 6 dB y la densidad máxima de potencia por ancho de banda será 8 dBm/3kHz.
- c) La modalidad de espectro ensanchado con saltos de frecuencia poseerá al menos 15 canales de salto no traslapados. El tiempo promedio de ocupación por canal no deberá superar 0,4 segundos en un tiempo de medición de 0,4 segundos
Multiplicado por el número total de canales de salto.
- d) La potencia isotrópica radiada equivalente (PIRE) no deberá sobrepasar 4 W para enlaces punto-multipunto y para el caso de enlaces punto a punto deberá emplearse sólo antenas direccionales y la potencia suministrada a la antena será la mínima necesaria para establecer el respectivo enlace. No obstante, para la modalidad de espectro ensanchado con salto de frecuencia, que utilice menos de 75 canales de salto, la PIRE máxima será 500 mW.
- e) En ningún caso la potencia máxima suministrada a la antena excederá 1 W.

ARTÍCULO 3°

También podrá emplearse esta banda de frecuencias para la operación de equipos que se autorice mediante concesiones o permisos otorgados a través de concursos del Fondo de Desarrollo de las Telecomunicaciones; tales equipos deberán cumplir con las características técnicas señaladas en el artículo 2°, a excepción de los límites de potencia

los cuales serán establecidos, caso a caso para cada proyecto, por la Subsecretaría de Telecomunicaciones, en adelante la Subsecretaría.

ARTÍCULO 4°

Las licencias, permisos y concesiones otorgadas en aplicación de la presente norma, compartirán la banda de frecuencias 2.400 – 2.483,5 MHz sin protección contra interferencias mutuas ni contra las provenientes de autorizaciones anteriores que se hayan otorgado en carácter compartido ni respecto de aplicaciones industriales, científicas y médicas. Además, no deberán interferir a los sistemas autorizados con anterioridad a la fecha de publicación de la presente resolución en el Diario Oficial que operen en frecuencias asignadas en carácter exclusivo en las regiones VII, VIII, IX y X, sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo siguiente.

ARTÍCULO 5°

Las frecuencias 2.450 MHz y 2.472 MHz podrán seguir siendo utilizadas para la operación de equipos móviles de televisión, pero no tendrán protección contra interferencias.

ARTÍCULO 6°

Las radioestaciones de los sistemas de las concesionarias se podrán ubicar en cualquier parte dentro de la zona de servicio autorizada y podrán reubicarse de acuerdo a la demanda, por lo que constituyen radioestaciones móviles para efectos de lo dispuesto en el numeral 2 del inciso segundo del artículo 14° de la Ley General de Telecomunicaciones. Conforme a lo establecido en el inciso final del artículo citado, las modificaciones de concesión para instalar, operar y explotar estaciones base de estos sistemas, serán autorizadas mediante simple resolución de la Subsecretaría. RES. EX. N° 1640 – 2006, ARTÍCULO UNICO.

ARTÍCULO 7°

Lo dispuesto en la presente norma técnica es sin perjuicio de las disposiciones contenidas en la resolución exenta N° 144 de 1979, de la Subsecretaría, y sus modificaciones, que regula el uso de aparatos de telecomunicaciones de corto alcance.

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

ARTÍCULO 1°

Sólo se podrán otorgar licencias de banda local en las regiones I, II, III, IV, V, VI, XI, XII y Metropolitana, una vez que entre en vigencia la norma técnica especificada del servicio de banda local.

ARTÍCULO 2°

Mientras se encuentren en operación enlaces en la banda 2.400 – 2.483,5 MHz autorizados con anterioridad a la fecha de publicación de esta resolución en el Diario Oficial, con frecuencias exclusivas en las regiones VII, VIII, IX y X, la Subsecretaría podrá autorizar en una determinada zona geográfica, sólo parte de dicha banda o denegar nuevas autorizaciones si existiera probabilidad de interferencia con las antiguas asignaciones exclusivas.

NORMAS RELACIONADAS:

TIPO DE NORMA	FECHA DICTACIÓN Y/O PROMULGACIÓN NORMA Y FECHA PUBLICACIÓN EN EL DIARIO OFICIAL	DESCRIPCIÓN
<u>RES EX 746 - 2004</u>	FECHA DICTACIÓN 08.06.2004 PUBLICACIÓN D. OFICIAL 11.06.2004	FIJA NORMA TÉCNICA PARA EL USO DE LA BANDA DE FRECUENCIAS 2.400 – 2.483,5 MHz
<u>RES EX 1.640 - 2006</u>	FECHA DICTACIÓN 18.12.2006 PUBLICACIÓN D. OFICIAL 26.12.2006	NORMA MODIFICATORIA
<u>Ley General de Telecomunicaciones</u>	FECHA PROMULGACIÓN 15.09.1982 PUBLICACIÓN D. OFICIAL 02.10.1982	NORMA RELACIONADA
<u>RES EX 1261 - 2004</u>	FECHA DICTACIÓN 27.09.2004 PUBLICACIÓN D. OFICIAL 06.10.2004	NORMA RELACIONADA
<u>RES EX 144 - 1979</u>	FECHA DICTACIÓN 16.11.1979 PUBLICACIÓN D. OFICIAL 27.11.1979	NORMA RELACIONADA

Resolución Exenta N° 345

PUBLICADO EN EL DIARIO

OFICIAL N° 33/100

DE FECHA 29/05/88

REF. NORMA TECNICA PARA LA RED PUBLICA DE TRANSMISION DE DATOS CON CONMUTACION DE PAQUETES.

MINISTERIO DE HACIENDA
OFICINA DE PARTES

RECIBIDO

Asesoría Jurídica

CONTRALORIA GENERAL
TOMA DE RAZON

RECEPCION

Depart. Jurídico		
Dep. T.R. y Registro		
Depart. Contabil.		
Sub. Dep. C. Central		
Sub. Dep. E. Cuentas		
Sub. Dep. C.P. y Bienes Nac.		
Depart. Auditoría		
Depart. V.O.P.UyT		
Sub. Dep. Municip.		

REFRENDACION

Ref. por \$ _____

Imputación _____

Anot. por \$ _____

Imputac. _____

Deduc. Dto. _____

RESOLUCION EXENTA N° 345

SANTIAGO, 04 AGO 1988

VISTOS:

- a) La Ley N° 18.168 de 1982, Ley General de Telecomunicaciones.
- b) DFL N° 1, de 1987 del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones.
- c) Ley N° 18.661 del Ministerio de Hacienda.

CONSIDERANDO:

- Que la Transmisión de Datos ha tenido un importante desarrollo a nivel mundial y nacional.

- Que las telecomunicaciones permiten multiplicar las posibilidades de los servicios informáticos tradicionales, tanto científicos como de gestión, poniendo al alcance inmediato de los usuarios las enormes posibilidades de cálculo y de almacenamiento de la información de los ordenadores o computadores electrónicos.

- Que se hace necesario contar con un soporte de telecomunicaciones que permita el acceso de los sistemas informáticos, con el fin de satisfacer la gran demanda de servicios de transmisión de datos.



- Que se debe establecer una Red Conmutada específicamente orientada hacia la transmisión de datos, con el fin de que estas comunicaciones cuenten con sistemas de alta calidad y confiabilidad.

- Que es necesario establecer normas que permitan el desarrollo armónico de la Red de Datos y, a la vez, se fijen las condiciones para que esta Red pueda interfuncionar con otras Redes de Servicio Público de Telecomunicaciones.

R E S U E L V O:

Apruébase la siguiente Norma que fija las especificaciones técnicas que debe cumplir la Red de Servicio Público de Transmisión de Datos con Conmutación de Paquetes y el acceso de terminales que operan en ella.

CAPITULO I

DE LAS DISPOSICIONES GENERALES

Título 1: Ambito de Aplicación.

Artículo 1º Las normas de operación y explotación de la Red de Servicio Público de Transmisión de Datos con Conmutación de Paquetes, en adelante RPDCP, se regirán por la presente Norma y la Ley General de Telecomunicaciones N° 18.168, en adelante, la Ley.

Artículo 2º La aplicación y control de estas disposiciones, así como la interpretación técnica de las mismas, corresponde al Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones, por intermedio de la Subsecretaría de Telecomunicaciones, en adelante, SUBTEL.

Artículo 3º Al referirse a la RPDCP, se entenderán incluidos los terminales de abonados y usuarios, en lo que a éstos corresponda.

Artículo 4º Los concesionarios deberán cumplir en el ejercicio de sus concesiones, las disposiciones técnicas establecidas en esta Norma, tanto respecto de los equipos como de las instalaciones que configuran sus redes.

Título 2: Referencias.

Artículo 5º Las especificaciones de esta Norma están elaboradas en conformidad con las Recomendaciones del CCITT; aprobadas en la VIII Asamblea Plenaria celebrada en Málaga-Torremolinos, durante 1984.