ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA
ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO DE UNA RED PARA LAS COMUNICACIONES INALÁMBRICAS DE LA EMPRESA METROPOLITANA DE ALCANTARILLADO Y AGUA POTABLE DE QUITO (EMAAP-Q) UTILIZANDO TECNOLOGÍA WiMAX.

PROYECTO PRÉVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y REDES DE INFORMACIÓN

LUIS SANTIAGO CRIOLLO CAIZAGUANO
santiago10119@hotmail.com

DIRECTOR: ING. JACK VIDAL
jvidal@udla.edu.ecd

QUITO, JULIO 2010

DECLARACIÓN

Yo, Luis Santiago Criollo Caizaguano, declaro que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Luis Santiago Criollo Caizaguano

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Luis Santiago Criollo Caizaguano, bajo mi supervisión.

Ing. Jack Vidal

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por ser ayuda en todo momento a lo largo del desarrollo de este proyecto, de mi carrera y de mi vida en general.

A mis padres, Luis y Rocío, por ser siempre mí apoyo incondicional, por educarme, por los valores impartidos, por sus consejos y a quienes admiro por ser un ejemplo de responsabilidad, trabajo y perseverancia, gracias a ustedes este proyecto y mi carrera pudieron ser concluidos, muchas gracias.

Un especial agradecimiento al Ing. Jack Vidal, por su acertada dirección en el presente proyecto, y a todas las personas que de una u otra manera contribuyeron para la culminación del mismo.

A mis amigos FullNorton que siempre han estado para compartir gratos momentos.

A todos mis amigos y amigas muchas gracias.

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico primeramente a Dios por ser mi fortaleza a lo largo de toda mi vida.

A mis padres Luis y Rocío y a mis hermanos Diego, Daniel y Elisa, por estar siempre junto a mí, por su apoyo incondicional, por ser la fuerza que me ha impulsado a seguir adelante, por ser ejemplo a lo largo de toda mi vida, por su ayuda desinteresada, y por brindarme su amistad y confianza.

A toda mi familia gracias por su apoyo siempre.

Santiago Criollo

1CAPÍTULO 1 ---------- 2
1.1 ESTRUCTURA GENERAL DE LA EMAAP-Q ---------- 2
1.1.1 MISIÓN ---------- 3
1.1.2 VISIÓN ---------- 4
1.1.3 INFRAESTRUCTURA FÍSICA ---------- 4
1.1.3.1 Edificios principales ---------- 4
1.1.3.2 Plantas de tratamiento de agua ---------- 4
1.1.3.3 Distritos ---------- 5
1.1.3.4 Agencias de Recaudación ---------- 5
1.2 RED ACTUAL DE LA EMAAP-Q ---------- 6
1.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA RED ---------- 6
1.2.2 SERVICIO DE INTERNET ---------- 8
1.2.3 CORREO ELECTRÓNICO ---------- 9
1.2.4 CONTROL DE DOMINIO ---------- 9
1.2.5 ANTIVIRUS ---------- 11
1.2.6 SERVIDOR PROXY ---------- 11
1.2.7 SERVIDOR DE APLICACIONES ---------- 11
1.2.7.1 Servidor G.I.S (Geographic Information Service) ---------- 12
1.2.8 INTRANET ---------- 12
1.2.9 FIREWALL ---------- 12
1.2.10 FILTRADO DE NAVEGACIÓN (ASTARO) ---------- 13
1.2.11 SERVIDOR ALCATEL ---------- 13
1.3 LA RED INALÁMBRICA ---------- 13
1.3.1 EQUIPOS INALÁMBRICOS EXISTENTES EN LA EMAAP-Q ---------- 17
1.3.2 ADMINISTRACIÓN DE LA RED ---------- 21
1.3.3 DEFICIENCIAS DE LA RED INALÁMBRICA ---------- 21
1.3.4 DIAGRAMA DE LA RED GENERAL DE LA EMAAP-Q ---------- 22

2CAPÍTULO 2 ----------25

2.1 REDES INALÁMBRICAS ----------25

2.2 TECNOLOGÍA WiMAX ----------26

2.2.1 ESTÁNDAR 802.16 WiMAX----------27

2.2.1.1 Características de la Capa Física en WiMAX. ----------29

2.2.1.2 Duplexación----------30

2.2.1.3 Estandarización----------32

2.2.1.4 Calidad De Servicio (QoS) ----------35

2.2.1.5 Niveles de Servicio ----------36

2.2.1.6 Seguridad ----------37

3CAPÍTULO 3 ----------40

3.1 REQUERIMIENTOS DE LA RED ----------40

3.2 PROPUESTA DE RED----------40

3.3 CONSIDERACIONES GENERALES DE UNA RED INALÁMBRICA--------41

3.3.1 SEGURIDAD----------41

3.3.2 INTEROPERABILIDAD----------42

3.3.3 ESCALABILIDAD ----------43

3.3.4 CALIDAD DE SERVICIO----------43

3.4 ANÁLISIS PARA EL DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA----------43

3.4.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED INALÁMBRICA ----------48

3.4.1.1 Cálculo de la capacidad ----------48

3.5 CÁLCULO DE ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE SISTEMAS INALÁMBRICOS ----------54

3.5.1 PÉRDIDA POR PROPAGACIÓN ----------54

3.5.2 POTENCIA DEL RECEPTOR----------55

3.5.3 MARGEN DE DESVANECIMIENTO ----------56

3.5.4 UMBRAL DE RECEPCIÓN----------57

3.5.5 VIABILIDAD DEL ENLACE (LINK BUDGET)----------57

3.6 CÁLCULOS DE ENLACES INALÁMBRICOS ----------58

3.7 ANÁLISIS DE UBICACIÓN DE EQUIPOS INALÁMBRICOS DE LA RED WIMAX----------61

3.7.1 ZONA DE FRESNEL ----------65

3.8 BANDA DE FRECUENCIA ----------75

3.9 ESTRUCTURA DE LA RED----------76

3.10 DIRECCIONAMIENTO IP ----------76

3.11 SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS ----------79

3.11.1 AMENAZAS EN LAS REDES INALÁMBRICAS ----------79

3.12 MEDIDAS DE SEGURIDAD----------80

4CAPÍTULO 4 ----------85

4.1 ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS A UTILIZARSE EN LA RED WiMAX - Wi-Fi ----------85

4.1.1 NETKROM TECHNOLOGIES (LONG RANGE WIRELESS NETWORKS) ----------86

4.1.2 PROXIM----------87

4.1.3 ALVARION ----------89

4.1.4 VECIMA NETWOKS----------90

4.1.5 EQUIPOS MOTOROLA----------91

4.1.6 ANTENA TIPO GRILLA NETKROM ----------93

4.1.7 ANTENA DE GRILLA HYPERLINK----------94

4.1.8 ANTENAS SECTORIALES DE 90° NETKROM ---------- ----------95

4.1.9 ANTENA SECTORIAL 90° UBIQUITI AIRMAX---------- ----------96

4.1.10 ROUTERS Y ADAPTADORES INALÁMBRICOS ----------97

4.1.11 ADAPTADORES INALÁMBRICOS ---------- 100

4.1.12 COSTOS EQUIPOS INAMALBRICOS ---------- 102

4.2 UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS INALÁMBRICOS---------- 104

4.3 COSTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED WiMAX - Wi-Fi ---------- 109

4.3.1 ELECCIÓN DE EQUIPOS WiMAX ---------- 109

4.3.2 ELECCIÓN DE EQUIPOS Wi-Fi ---------- 111

4.3.3 PRECIO ESTIMADO DE LA RED WiMAX - Wi-Fi A SER IMPLEMENTADA.---------- 111

4.3.4 DERECHOS DE CONCESIÓN[1] ---------- 111

5CAPÍTULO 5 ---------- 117

5.1 CONCLUSIONES ---------- 117

5.2 RECOMENDACIONES ---------- 119

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS---------- 122

ANEXOS---------- 124

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1.1 Estructura Jerárquica de la EMAAP-Q 3
Figura 1.2 Equipos de comunicación en cada edificio 7
Figura 1.3 Concentrador de agencias de recaudación y distritos 8
Figura 1.4 Configuración del servicio de Internet 9
Figura 1.5 Enlace Inalámbrico EMAAP-Q 14
Figura 1.6 Plantas de tratamiento de Agua EMAAP-Q en el Distrito Metropolitano de Quito 16
Figura 1.7 Red LAN-WAN EMAAP-Q 23
Figura 2.1 Red Inalámbrica de Área Metropolitana[1] 26
Figura 2.2 Estándares WiMAX existentes 33
Figura 2.3 Estructura WiMAX 34
Figura 3.1 Estimación del porcentaje uso de las aplicaciones Planta Bellavista 49
Figura 3.2 Características de Codec VoIP[1] 51
Figura 3.3 Enlaces ubicados en el Distrito Metropolitano de Quito 64
Figura 3.4 Zona de Fresnel ligeramente obstruida 65
Figura 3.5 Enlace Estación Base con Planta Bellavista 66
Figura 3.6 Enlace Estación Base con Distrito La Granja 67
Figura 3.7 Enlace Estación Base con Planta Puengasí 68
Figura 3.8 Enlace Estación Base con Distrito Micromedición 69
Figura 3.9 Enlace Estación Base con Planta Recubrimiento 70
Figura 3.10 Enlace Estación Base con Distrito Saneamiento Norte 71
Figura 3.11 Enlace Estación Base con Repetidor Miravalle 72
Figura 3.12 Enlace Planta El Placer con Planta Puengasí 73
Figura 3.13 Enlace Repetidor Miravalle con Planta El Troje 74
Figura 3.14 Diseño de la Red Inalámbrica para la EMAAP-Q 78
Figura 3.15 Principales tipos de amenazas en redes inalámbricas 79
Figura 3.16 Estándar 802.11 83

Figura 4.1 Multi-band Backhaul/AP Dual Radio 86
Figura 4.2 Tsunami MP.11 5054 R 88
Figura 4.3 Equipos WiMAX ALVARION 89
Figura 4.4 Equipos CANOPY MOTOROLA 91
Figura 4.5 Antena tipo grilla NETKROM 93
Figura 4.6 Antena tipo grilla HYPERLINK 94
Figura 4.7 Antena sectorial 90° NETKROM 95
Figura 4.8 Antena sectorial de 90° UBIQUITI 96
Figura 4.9 Adaptador PCI Wireless 100
Figura 4.10 Adaptador USB inalámbrico 100
Figura 4.11 Adaptador PCI inalámbrico 101
Figura 4.12 Adaptador USB Wireless 102
Figura 4.13 Diseño de la red inalámbrica WiMAX a implementarse 110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Infraestructura física para los enlaces inalámbricos 15
Tabla 1.2 Enlaces inalámbricos en la EMAAP-Q. 15
Tabla 1.3 Direccionamiento IP de la red inalámbrica. 17
Tabla 1.4 Características Radio inalámbrico Tsunami 18
Tabla 1.5 Características Radio Inalámbrico Radio Avaya 19
Tabla 1.6 Características Radio inalámbrico Lucent Orinoco 19
Tabla 2.1 Capa Física (PHY) en WiMAX 32
Tabla 2.2 Estándares WiMAX 32
Tabla 3.1 Número de equipos en el Distrito La Granja 44
Tabla 3.2 Número de equipos existentes en el Distrito Micromedición 45
Tabla 3.3 Número de equipos en la Planta Recubrimiento 45
Tabla 3.4 Número de equipos en el Distrito Saneamiento Norte 45
Tabla 3.5 Número de equipos en la Planta El Troje 46
Tabla 3.6 Número de equipos en la Planta El Placer 46
Tabla 3.7 Número de equipos en la Planta Puengasí 46
Tabla 3.8 Número de equipos en la Planta Bellavista 47
Tabla 3.9 Tamaño promedio de páginas WEB más visitadas 50
Tabla 3.10 Capacidad por aplicación 51
Tabla 3.11 Capacidad total requerida por cada enlace inalámbrico 53
Tabla 3.12 Distintas pérdidas consideradas para el diseño 55
Tabla 3.13 Cálculos para cada enlace inalámbrico. 60
Tabla 3.14 Características de radios inalambricos y antenas para la red WiMAX. 60
Tabla 3.15 Características de Radio Mobile 62
Tabla 3.16 Ubicación geográfica de los equipos inalámbricos 63
Tabla 3.17 Distancias de los enlaces inalámbricos 64
Tabla 3.18 Bandas de frecuencias asignadas por la SENATEL[1] 75
Tabla 3.19 Direcciones IP para sitios remotos de la EMAAP-Q 77

Tabla 4.1 Características equipo NETKOM..... 87
Tabla 4.2 Características de Equipos PROXYM 88
Tabla 4.3 Características de equipos ALVARION 90
Tabla 4.4 Características de equipos CANOPY MOTOROLA serie PtP400 92
Tabla 4.5 Características de equipos CANOPY MOTOROLA serie PtP400 92
Tabla 4.6 Características antena tipo grilla 93
Tabla 4.7 Características de antena HYPERLINK 94
Tabla 4.8 Características de antena sectorial NETKROM 95
Tabla 4.9 Características de antena sectorial UBIQUITI 96
Tabla 4.10 Características de Access Point inlámbricos 98
Tabla 4.11 Catcaterísticas de Access Point inalámbricos (continuación) 99
Tabla 4.12 Costo de equipos WiMAX-Wi-Fi..... 103
Tabla 4.13 Número de equipos inalámbricos Distrito Micromedición 104
Tabla 4.14 Número de equipos inalámbricos Planta Recubrimiento 104
Tabla 4.15 Número de equipos inalámbricos Distrito Saneamiento Norte..... 105
Tabla 4.16 Número de equipos inalámbricos Planta El Troje 105
Tabla 4.17 Numero equipos inalámbricos Planta el Placer..... 106
Tabla 4.18 Numero equipos inalámbricos Puengasí 106
Tabla 4.19 Número de equipos inalámbricos Distrito La Granja. 107
Tabla 4.20 Número de equipos inalámbricos Planta Bellavista 109
Tabla 4.21 Equipamiento WiMAX 109
Tabla 4.22 Equipos Wi-Fi..... 111
Tabla 4.23 Presupuesto de equipos necesarios para la red inalámbrica diseñada..... 115

RESUMEN

Cada vez más empresas dentro de nuestro país, tanto públicas como privadas, están realizando una regeneración de su infraestructura tecnológica, debido a su constante crecimiento y a la exigencia de satisfacer las necesidades demandadas dentro del mercado en el que éstas se desarrollan.

Desde hace algunos años atrás la tecnología ha ido creciendo de manera exponencial, tanto es así que en la actualidad se puede escoger el tipo de tecnología que se va a utilizar dependiendo de nuestras necesidades, y de los recursos económicos que estén disponibles.

La EMAAP-Q es una de las empresas más importantes de nuestro país la cual brinda el servicio de tratamiento y transporte de agua potable para todo el Distrito Metropolitano de Quito, siendo por esta razón una empresa que cuenta con una infraestructura física muy grande, gran número de personal calificado, y por ende gran cantidad de información.

El reto tecnológico que la EMAAP-Q tiene en sus manos es gestionar de manera adecuada la información tanto pública como privada; por esta razón, desde hace algunos años atrás se ha venido mejorando e implementando políticas para el manejo eficiente de las Tics (Tecnologías de la Información) dentro de la empresa, todo esto con el fin de garantizar la disponibilidad, interoperabilidad y confidencialidad de la información.

Un proyecto que la empresa tuvo hace algunos años consistió en interconectar todos los Distritos y Plantas de tratamiento de Agua, en un esfuerzo por acoplar las oficinas externas a la red principal de la empresa.

La razón fundamental de este proyecto de titulación fue realizar un reemplazo de tecnologías para el enlace inalámbrico, debido a que en los últimos años se han venido desarrollando estándares que brindan mejores características para el transporte de la información tales como: alta tasa de transferencia y gran ancho de banda para largas distancias, mejores esquemas de seguridad, etc. Como ejemplo se citan los siguientes: el estándar 802.11 y el estándar 802.16, este último es la base para realizar el diseño que se presenta en este proyecto de titulación.

En el primer capítulo se describe el funcionamiento del enlace inalámbrico de la EMAAP-Q, los equipos que utiliza, el estándar con el que trabaja, la banda de frecuencias utilizada y se describe brevemente su red interna, de esta manera se pueden establecer pautas para realizar un diseño del enlace inalámbrico totalmente nuevo, basándose en información real de la empresa.

En el segundo capítulo se define las redes WMAN (Wireless Metropolitan Area Network) y el estándar 802.16 WiMAX, para conocer las características de este tipo de tecnología.

Se continua con el tercer capitulo el cual contiene el diseño de la red WiMAX, el cual se lo realiza en base a las deficiencias encontradas en la red inalámbrica existente, y para el cual se utilizá el estándar 802.16 (WiMAX).

Finalmente se realiza un presupuesto que incluye costos y marcas de equipos para la implementación de la red diseñada.

Las conclusiones y recomendaciones están basadas en los resultados obtenidos al realizar el diseño.

PRESENTACIÓN

Para el diseño de la Red Inalámbrica la banda de frecuencia de trabajo elegida fue la de 5725 – 5850 MHz, esto debido a que: dentro del Distrito Metropolitano de Quito existe un sin número de enlaces que utilizan la banda de frecuencia de 2.4 GHz, la cual está saturada y por esta razón se podría tener interferencias, la banda de 5.8 GHz es una banda que no está explotada como la anterior, además puede ser utilizada con el estándar 802.11, pero se eligió el estándar 802.16 porque presenta mejores características para un diseño de red inalámbrica, por ejemplo: mayor velocidad de transmisión (70 Mbps)y gran ancho de banda.(1.25 – 25 MHz).

La banda de frecuencia de 5725 – 5850 MHz, es una banda no licenciada por lo cual, no se necesita permisos para su funcionamiento, pero la Constitución del la República del Ecuador establece que el Espectro Radioeléctrico es propiedad del Estado, por esta razón todo uso de frecuencia en cualquier banda del Espectro Radioeléctrico tiene un costo. Este pago se lo realiza una vez al año y está calculado en el cuarto capítulo.

Al diseñar los enlaces inalámbricos se trabajó con equipos de baja potencia (100mW) de trasmisión, razón por la cual este diseño no entra en las regulaciones, ni pagos mensuales que establecen tanto el CONATEL como la SUPERTEL cuando los equipos de un enlace inalámbrico exceden la potencia de transmisión de 100mW.

Para tener una idea real de viabilidad de los enlaces utilizando bajas potencias y ganancias medias, se utilizó el software Radio Mobile el cual permite simular enlaces colocando nuestros propios valores de potencia y ganancia de equipos a ser utilizados en la red original.

CAPÍTULO 1

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ENLACES INALÁMBRICOS DE LA EMAAP-Q

1 CAPÍTULO 1

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS ENLACES INALÁMBRICOS DE LA EMAAP-Q

INTRODUCCIÓN

Para el presente capítulo es indispensable conocer como está estructurada la red inalámbrica y la red de datos general de la EMAAP-Q, con ayuda de toda esta información se pueden tener argumentos para elaborar un proyecto basado en una nueva tecnología inalámbrica, teniendo en cuenta algo importante, la seguridad de la información.

De esta manera se pueden superar los problemas que están presentes y aumentar la eficiencia en el trabajo que la EMAAP-Q realiza en beneficio del Distrito Metropolitano de Quito.

1.1 ESTRUCTURA GENERAL DE LA EMAAP-Q

La EMAAP-Q tiene un esquema directivo como se muestra en la **Figura 1.1.** Todo este grupo humano ha llevado a la EMAAP-Q a ser una de las empresas públicas más importantes y sólidas del Distrito Metropolitano de Quito, del Ecuador y de América Latina.

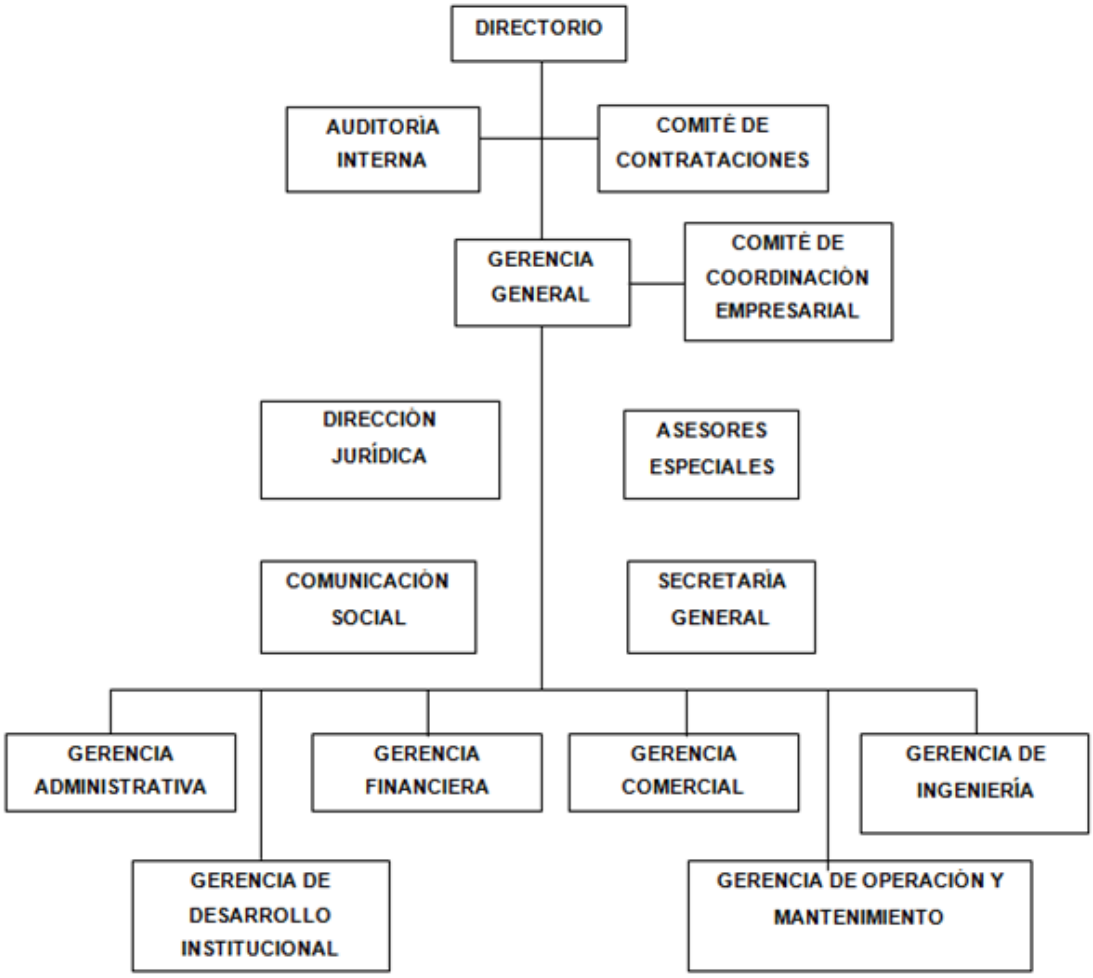


Figura 1.1 **Estructura Jerárquica de la EMAAP-Q**

1.1.1 MISIÓN

"PROVEER SERVICIOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE CALIDAD A LOS HABITANTES DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO, CON RESPONSABILIDAD SOCIAL Y AMBIENTAL."

1.1.2 VISIÓN

"EMPRESA LÍDER EN LA REGIÓN, QUE SATISFACE A LA POBLACIÓN DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO MEDIANTE SERVICIOS PÚBLICOS DOMICILIARIOS EFICIENTES Y AUTOSOSTENIBLES, QUE TRABAJA CON RESPONSABILIDAD SOCIAL, AMBIENTAL, TRANSPARENCIA, PARTICIPACIÓN CIUDADANA Y COMPROMISO DE SU TALENTO HUMANO."

1.1.3 INFRAESTRUCTURA FÍSICA

La EMAAP-Q como empresa posee una infraestructura física de gran capacidad y calidad que permite a sus trabajadores, empleados y funcionarios desenvolverse en un ambiente agradable de trabajo, la empresa cuenta con varios edificios de oficinas, distritos rurales, agencias de recaudación y plantas de tratamiento de agua, todos cumpliendo normas que garantizan la seguridad y el desempeño de sus empleados.

1.1.3.1 Edificios principales

- Edificio Matriz
- Edificio Gerencia General
- Edificio Gerencia Comercial

1.1.3.2 Plantas de tratamiento de agua

- Planta de Tratamiento de Agua El Troje
- Planta de Tratamiento de Agua El Placer
- Planta de Tratamiento de Agua Bellavista
- Planta de Tratamiento de Agua Puengasí

1.1.3.3 Distritos

- Distrito Mica Quito Sur
- Distrito Carcelén
- Distrito Pomasqui
- Distrito Valle de los Chillos
- Distrito la Granja
- Distrito Alpahuasi
- Distrito UMED (Unidad de Mantenimiento Electromecánico)
- Distrito Saneamiento Centro
- Distrito Tumbaco
- Distrito Bodegas Calderón
- Distrito Arrayanes

1.1.3.4 Agencias de Recaudación

- Agencia Mayorista
- Agencia la Manzana
- Agencia la Luz
- Agencia Balcón del Valle
- Agencia Iñaquito
- Agencia el Condado
- Agencia Carapungo
- Agencia Tumbaco
- Agencia Ipiales
- Agencia 12 de Octubre
- Agencia Atahualpa
- Agencia Parque Inglés
- Agencia Chiriyacu

1.2 RED ACTUAL DE LA EMAAP-Q

1.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA RED

La EMAAP-Q cuenta con una red LAN-WAN (Local Area Network - Wide Area Network), debido al gran número de usuarios distribuidos en los diferentes departamentos, agencias, distritos y plantas de tratamiento de agua.

Bajo la dirección de la Gerencia de Desarrollo Institucional opera el Departamento de Recursos Informáticos, el cual es el encargado de la gestión, administración, seguridad y monitoreo de las tecnologías de la información de la empresa; para cumplir con esta tarea, el Departamento de Recursos Informáticos está dividido en diferentes áreas, las cuales son: Redes y Comunicaciones, Geo-procesamiento, Soporte Técnico y Desarrollo de Software.

La red LAN está distribuida en los tres edificios principales, edificio matriz, edificio comercial, edificio gerencia general.

En el edificio matriz se encuentran operando los equipos principales de la Red LAN; es decir, los servidores, y equipos de comunicación como: switchs y routers, los cuales se encargan de la distribución de las comunicaciones, existen dos enlaces de fibra óptica subterránea que comunica los otros edificios a la red principal.

Tanto el edificio de la gerencia general como el de la gerencia comercial tienen en el subsuelo un cuarto de telecomunicaciones a donde llegan los enlaces de fibra óptica; en este sitio se encuentra ubicado un rack de comunicación con un equipo de comunicación (switch) el cual se encarga de distribuir la comunicación mediante cable UTP cat6 a cada uno de los switchs de distribución colocados en cada piso de los dos edificios, estos switchs a su vez con ayuda de los patch panel reparten la comunicación de voz y datos a los usuarios de cada piso, como se muestra en la **Figura 1.2**

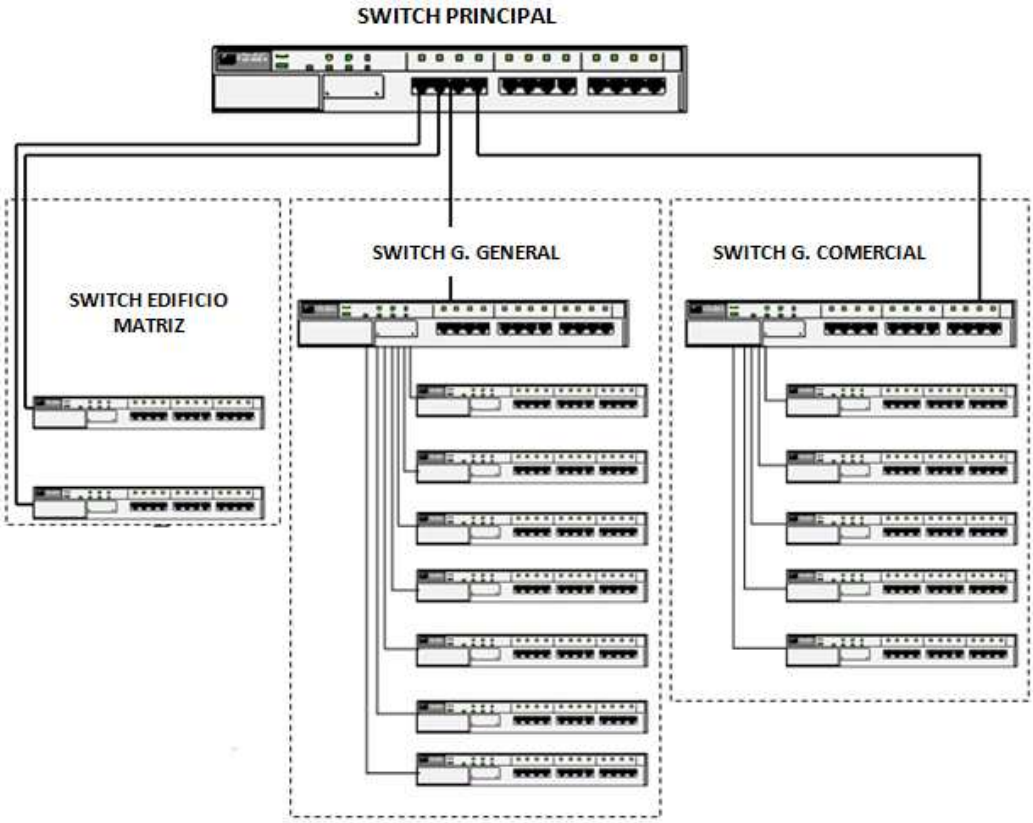


Figura 1.2 **Equipos de comunicación en cada edificio**

El edificio de la gerencia comercial tiene 5 pisos y el edificio de la gerencia general 7 pisos, todos cuentan con cableado estructurado certificado por la empresa Telalca,

En el edificio matriz se envía directamente la comunicación a los 2 únicos pisos en los cuales se tiene cableado estructurado.

En el caso de las agencias de recaudación, y distritos, la comunicación se la realiza a través de la CNT (Corporación Nacional de Telecomunicaciones), la cual es una empresa que presta servicios de transporte de información, la EMAAP-Q arrienda un enlace de 64Kbps a cada uno de estos sitios ubicados estratégicamente a lo largo de la ciudad. En la **Figura 1.3** se muestra la Distribución

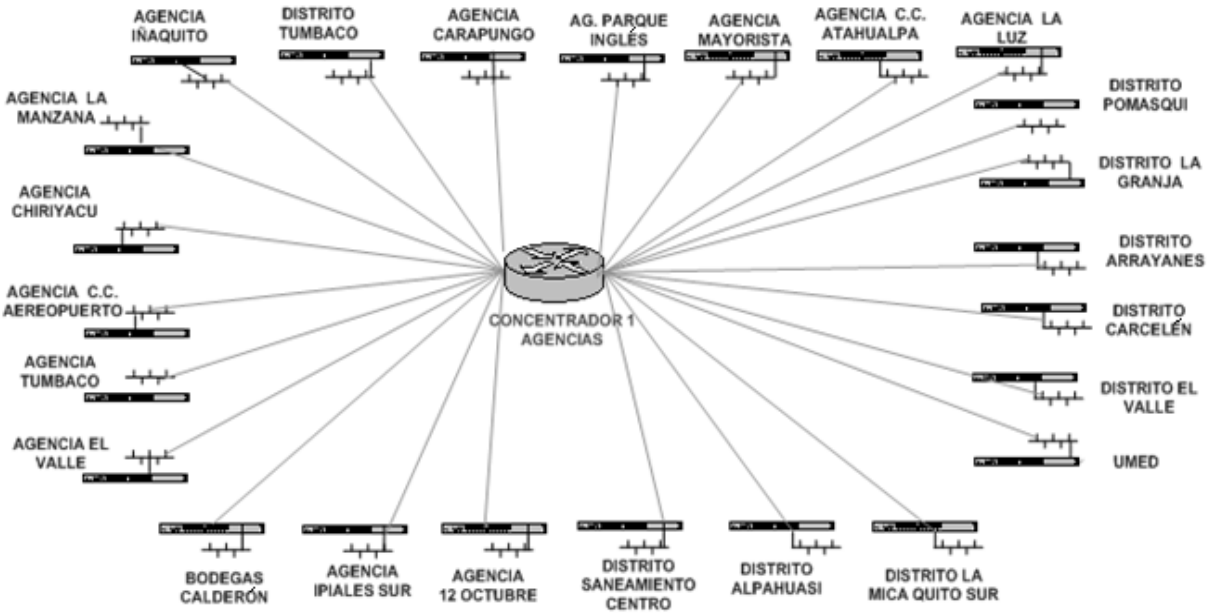


Figura 1.3 **Concentrador de agencias de recaudación y distritos**

El concentrador es un equipo de comunicación (Router) el cual está conectado con la red de la EMAAP-Q, y con la red de la CNT, es configurado por personal de la CNT y se encuentra ubicado físicamente en la EMAAP-Q, sirve para el envío y recepción de información entre las agencias de recaudación y distritos con la red central de la EMAAP-Q.

1.2.2 SERVICIO DE INTERNET

La empresa IMPSAT es la proveedora del servicio de Internet para la EMAAP-Q, la cual tiene un contrato renovable cada 2 años, el enlace se proporciona a través de fibra óptica y tiene una velocidad de 1024Kbps, su esquema se lo presenta en la **Figura 1.4.**

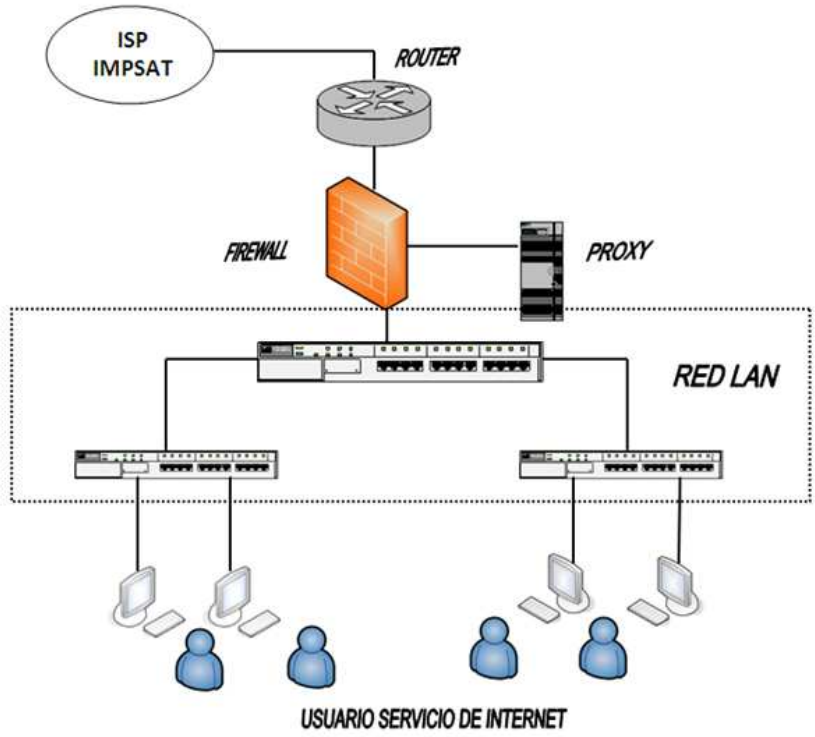


Figura 1.4 Configuración del servicio de Internet

1.2.3 CORREO ELECTRÓNICO

La EMAAP-Q cuenta con un servidor de correo llamado LOTUS DOMINO, el cual está configurado sobre el sistema operativo Windows Server 2003, también se lo puede levantar en el sistema operativo Linux en la distribución Red Hat 9.0. El administrador del correo crea, gestiona y administra las cuentas de correo de cada usuario de la red, controla los filtros anti spam y define políticas de envió y recepción de correo electrónico fuera del dominio de la empresa.

1.2.4 CONTROL DE DOMINIO

Éste servicio ayuda al administrador no solo en el control, sino también en la gestión y administración del domino empresarial. Este se encuentra configurado sobre el sistema operativo Windows Server 2003.

Para realizar todas estas tareas dentro de este servidor se encuentran levantados y configurados los siguientes servicios:

Active Directory

El servicio de directorio activo es utilizado para controlar dominios y administrar los recursos y clientes de esos dominios. Para ello utiliza un servicio de resolución de nombres de dominio DNS.

DNS (Domain Name System)

Este servicio permite resolver nombres de dominio a direcciones IP, este tipo de servicio es importante en una empresa ya que los permisos y políticas dentro de un dominio se las da a un nombre de dominio y no a una dirección IP. El nombre de dominio del servidor DNS es EMAAPQ.COM.EC.

DHCP (Dinamic Host Configuration Protocol)

Este es un protocolo de red, el cual me permite asignar una dirección IP, Mascara de Red, Gateway y el DNS a un grupo determinado de equipos, de manera dinámica.

SMS (Systems Management Server)

El servicio SMS en la EMAAP-Q ofrece funcionalidades que son aprovechadas para tener un control de acceso remoto a cualquier equipo de la empresa sin importar la ubicación física del mismo, es utilizado para distribuir parches de seguridad y actualizaciones de software de forma fiable.

1.2.5 ANTIVIRUS

La EMAAP-Q cuenta con Kaspersky Anti-Virus 6.0 empresarial, este software está configurado en un equipo servidor, con un sistema operativo Windows Server 2000, tiene uso permitido de 1000 licencias y se actualiza a diario en cada equipo de la red para que pueda responder de la manera más rápida a cualquier amenaza.

1.2.6 SERVIDOR PROXY

La EMAAP-Q trabaja con un proxy WEB o cache WEB, el cual cumple una tarea específica; el rápido acceso a la web, ya que proporciona una memoria caché para las páginas web y los contenidos descargados, que es compartida por todos los equipos de la red, esto mejora los tiempos de acceso a una página en Internet a la cual se accede de manera concurrente, por ejemplo puede ser la página de Hotmail.

Funciona de la siguiente manera: cuando un cliente realiza una petición a una página web, el servidor proxy caché recibe la petición, busca la página solicitada en su memoria caché local, si la encuentra, compara la fecha y hora de la versión de la página demandada con el servidor remoto, si la página no ha cambiado desde que se cargó en caché la devuelve inmediatamente, si la versión es antigua o simplemente no se encuentra en la caché, lo captura del servidor remoto, lo devuelve al que lo pidió y guarda o actualiza una copia en su caché para futuras peticiones.

1.2.7 SERVIDOR DE APLICACIONES

Una de las ventajas más importantes de este tipo de servicio es la centralización en el desarrollo de las aplicaciones, ésta característica permite lograr alta disponibilidad, configuración centralizada, aumentar el p*erformance* acortando el tráfico de red únicamente al tráfico en la capa de presentación.

En la EMAAP-Q existe un servidor de aplicaciones el cual es el SRVGIS.

1.2.7.1 Servidor G.I.S (Geographic Information Service)

Es un servicio centralizado de información geográfica, basado en tecnología Web que proporciona aplicaciones de usuario y servicios para la administración, visualización y análisis espacial de la información geográfica.

Es utilizado por múltiples usuarios de la empresa, los cuales deben acceder a cierta información geográfica para ubicar los sitios exactos en donde se realizarán actividades como: Entrega mensual de cartas del consumo de agua potable, instalación de nuevos medidores, inspecciones de rutina, etc.

1.2.8 INTRANET

La intranet es una red interna en la cual se comparte información de carácter no público, dentro de ésta se encuentra publicada la página web de la EMAAP-Q y el sistema SISDOC, el cual es un sistema de documentación digital, permite ahorrar la cantidad de papel dentro de una empresa y es utilizado para delegar tareas diarias, semanales y mensuales, dando prioridades de atención a las actividades relevantes de cada día.

1.2.9 FIREWALL

El firewall puede ser implementado tanto en hardware como en software, en el caso de la EMAAP-Q éste se encuentra implementado en software, su función es controlar las transmisiones entre la red más peligrosa que existe la cual es el Internet y la red interna de la EMAAP-Q, lo cual se traduce en limitar, permitir, cifrar, descifrar o denegar todo el tráfico entre estas redes, todo esto lo realiza mediante un conjunto de políticas de seguridad creadas en el firewall.

1.2.10 FILTRADO DE NAVEGACIÓN (ASTARO)

Como su nombre lo indica filtra la navegación a Internet, en la EMAA-Q cumple con la función de crear perfiles de uso de Internet, en el cual existen denominaciones como: Internet download, permitido, denegado, y gerencial, en cada uno de estos perfiles existen políticas de restricción para el acceso a Internet.

Esto evita que el canal se sature cuando se tienen múltiples peticiones de conexión, para ello las políticas restringen a los usuarios la conexión a páginas de tráfico P2P, páginas sociales, pornográficas y además restringe la descarga de música, video, programas, juegos, etc.

1.2.11 SERVIDOR ALCATEL

Este servidor es el encargado de la tarificación de las llamadas telefónicas entrantes y salientes de la EMAAP-Q, existen niveles de permisos para hacer llamadas, por ejemplo, el nivel 1 permite realizar llamadas únicamente a extensiones dentro de la empresa, el nivel 4 permite incluso llamadas internacionales, todo es gestionado por este servidor el cual permite generar reportes mensuales de uso de línea telefónica empresarial.

1.3 LA RED INALÁMBRICA

Para las plantas de tratamiento de agua y los distritos la comunicación se la realiza de forma inalámbrica, existen enlaces inalámbricos que utilizan radios de comunicación que trabajan con el estándar 802.11a, y otros trabajan con el estándar 802.11g.

Los radios de comunicación se encuentran ubicados en torres de comunicación que están ubicadas en lugares altos de la cada edificio, se utilizan frecuencias no

licenciadas en las bandas de 2.4 GHz y 5.8 GHz y para la comunicación con la planta de tratamiento de agua del placer y del troje se utiliza un repetidor, estos radios repetidores se encuentran ubicados, en miravalle y en la planta de puengasí, se puede apreciar ésto de mejor manera en la **Figura 1.5**

En cada edificio, planta de tratamiento y distrito de la EMAAP-Q existe una torre de comunicación, donde están ubicados los radios y las antenas inalámbricas. Un listado de ésta infraestructura se muestra en la **tabla 1.1**

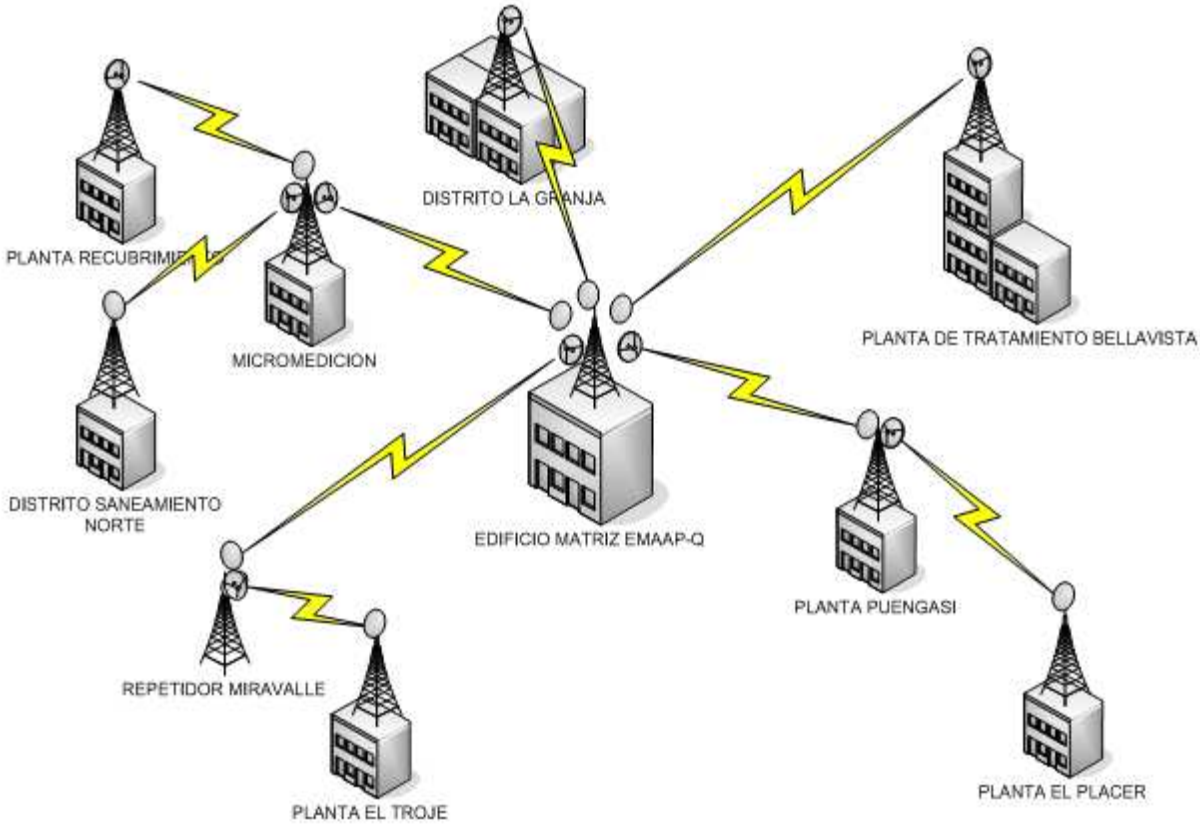


Figura 1.5 **Enlace Inalámbrico EMAAP-Q**

UBICACIÓN	TORRES DE TRANSMISIÓN
Edificio Matriz	1
Edificio Gerencia General	1
Edificio Gerencia Comercial	1
Planta de tratamiento Bellavista	3
Micromedición	1
Planta Recubrimiento	1
Planta de tratamiento el Troje	3
Planta Puengasí	3
Planta el Placer	3
Distrito La Granja	2
Distrito Saneamiento Norte	1
Miravalle (Como repetidor)	1
TOTAL	**21**

Tabla 1.1 Infraestructura física para los enlaces inalámbricos

La EMAAP-Q cuenta con los siguientes enlaces inalámbricos.

ESTACIÓN 1	ESTACIÓN 2	FRECUENCIA	DISTANCIA
Matriz	Micromedición	2.4GHz	2.4 Km
Matriz	La Granja	5.8GHz	0.9 Km
Matriz	Planta Puengasí	2.4GHz	5.4 Km
Matriz	Planta Bellavista	5.8GHz	3.3 Km
Matriz	Repetidor Miravalle	5.8GHz	9.3 Km
Micromedición	Planta Recubrimiento	2.4GHz	0.2 Km
Micromedición	Dist. Saneam. Norte	2.4GHz	0.3 Km
Repetidor Miravalle	Planta El Troje	5.8GHz	7.1 Km
Planta Puengasí	Planta El Placer	5.8GHz	3.7 Km

Tabla 1.2 Enlaces inalámbricos en la EMAAP-Q.

Los enlaces que están más distantes del edificio matriz, son los que comunican las plantas de tratamiento de agua de bellavista, el troje, puengasí y el placer, como se puede apreciar en la tabla anterior. Para ubicarlas a lo largo del Distrito Metropolitano se muestra en la **Figura 1.6** su ubicación geográfica utilizando el software gratuito GOOGLE EARTH.

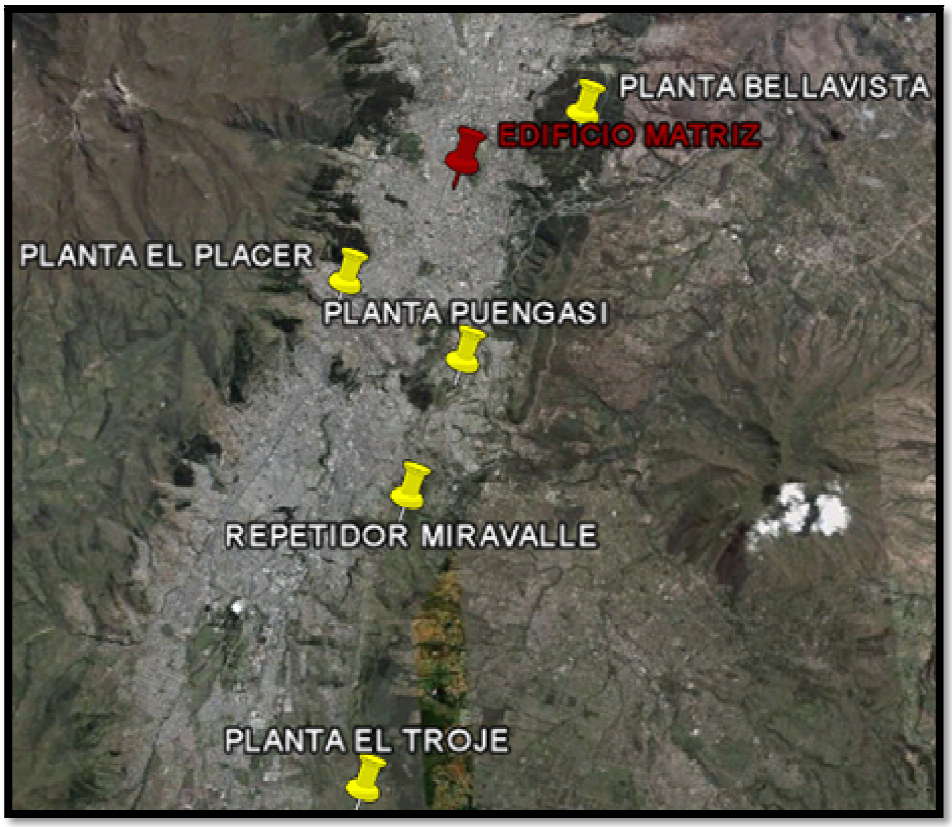


Figura 1.6 **Plantas de tratamiento de agua EMAAP-Q en el Distrito Metropolitano de Quito**

Éstas plantas de tratamiento se construyeron en sitios estratégicos, es decir donde exista afluencia de agua, ya sea de un nevado o de presas de donde la EMAAP-Q transporta el agua hasta las distintas plantas, éstas tienen estanques de gran tamaño donde se almacena el agua , después ésta es convertida en agua potable, es decir apta para el consumo humano.

El direccionamiento IP destinado a estos sitios es el siguiente:

DIRECCIONAMIENTO IP			
SITIO	**DIRECCIÓN IP**	**RANGO**	**MASCARA DE RED**
P. Bellavista	10.3.11.0	10.3.11.1 – 10.3.11.254	255.255.255.0
Micromedición	10.3.17.0	10.3.17.1 – 10.3.17.254	255.255.255.0
P. Recubrimiento	10.3.23.0	10.3.23.1 – 10.3.23.254	255.255.255.0
P. El Troje	10.3.22.0	10.3.22.1 – 10.3.22.254	255.255.255.0
P. Puengasí	10.3.21.0	10.3.21.1 – 10.3.21.254	255.255.255.0
R. Puengasí	10.3.25.0	10.3.25.1 – 10.3.25.254	255.255.255.0
P. El Placer	10.3.20.0	10.3.20.1 – 10.3.20.254	255.255.255.0
D. La Granja	10.3.10.0	10.3.10.1 – 10.3.10.254	255.255.255.0
D. Saneamiento	10.3.24.0	10.3.24.1 – 10.3 24.254	255.255.255.0
R. Miravalle	10.3.14.0	10.3.14.1 – 10.3.14.254	255.255.255.0

Tabla 1.3 Direccionamiento IP de la red inalámbrica.

1.3.1 EQUIPOS INALÁMBRICOS EXISTENTES EN LA EMAAP-Q

Los radios de comunicación que actualmente están operando en la red inalámbrica de la EMAAP-Q son los siguientes:

Para los enlaces:

- Matriz – Micromedición
- Matriz – Planta Puengasí

Se utiliza el radio inalámbrico Tsunami MP.11a Base Station, las características principales de éste equipo se las presenta a continuación.

CARACTERISTICAS DEL EQUIPO RADIO TSUNAMI MP11	
Banda de Frecuencia	2.4 – 5.8 GHz
Modulación	OFDM
Velocidad de transmisión	54Mbps
Máxima potencia de transmisión	16dBm
Sensibilidad del equipo	-94dBm
Ancho de banda del canal	10MHz, 5MHz
Modo de operación	AP (Access Point)
Seguridad	WEP, AES
Administración	RS-232, Telnet, HTTP, SNMP
Conector de antena externa	N-male
Temperatura de operación	0° a 55℃
Dimensión	215x175x40mm
Estándar	802.3 - 802.11g

Tabla 1.4 Características Radio inalámbrico Tsunami

Para los enlaces

- Matriz – La Granja
- Matriz – Bellavista
- Matriz – Repetidor Miravalle
- Repetidor Miravalle – Planta el Troje
- Planta Puengasí – Planta el Placer

Se utiliza el radio AVAYA Wireless, las características principales de éste equipo se presentan a continuación.

CARACTERISTICAS DEL EQUIPO RADIO AVAYA WIRELESS	
Tarjeta inalámbrica	PCMCIA
Frecuencia de trabajo	2.4 – 5.8 GHz
Antena externa	Incorporada
Velocidad de transmisión	11 Mbps, 5,5 Mbps, 2 Mbps y 1 Mbps
Técnica de modulación	DSSS (Direct Sequense Spread Spectrum)
Potencia de salida	8 dBm hasta15 dBm
Conector de antena	Conector propietario
Sensibilidad del equipo	-82 dBm -87 dBm -91 dBm -94 dBm
Software de monitoreo	Software propietario ORMAN (Gratuito)

Tabla 1.5 Características Radio Inalámbrico Radio Avaya

Para los enlaces:

- Micromedición – Planta Recubrimiento
- MIcromedición – Distrito Saneamiento Norte

Se utiliza el radio Lucent Orinoco 1000, las principales características de éste equipo se presentan a continuación.

CARACTERISTICAS DEL EQUIPO RADIO LUCENT ORINOCO 1000	
Velocidad de transmisión	11Mbps
Modulación	DSSS (Direct Sequense Spread Spectrum)
Antena externa	Incorporada
Banda de frecuencia	2.4 GHz
Estándar	802.3, 802.11b
Seguridad	WEP 64 bits
Interfaces inalámbricos	1 y 2 (trabaja con una o dos interfaces inalámbricas)
Interfaces Ethernet	10/100 BaseT RJ45
Sensibilidad del equipo	-82 dBm -87 dBm -91 dBm -94 dBm
Software de monitoreo	Propietario ORMAN (Gratuito)

Tabla 1.6 Características Radio inalámbrico Lucent Orinoco

Las antenas utilizadas para los enlaces inalámbricos, son antenas del tipo patch y antenas tipo grilla, para los enlaces de 2.4 se utiliza antena tipo patch cuyas características son las siguientes:

- Ganancia de 16dbi
- Banda de frecuencia: 2,4 – 2,458 GHz
- Ancho del haz (beamwidth): 26 grados
- Polarización: vertical y horizontal.

Para los enlaces de 5.8 GHz se utiliza la antena tipo grilla cuyas características son las siguientes:

- Ganancias: 20dbi - 25 dbi
- Banda de frecuencia: 4.9 - 5.850 GHz
- Ancho del haz (beamwidth): 6 grados.
- Polarización: vertical y horizontal

Los radios inalámbricos se enlazan en pares, cada par debe cumplir con el mismo estándar, trabajar en la misma frecuencia y casi siempre son de la misma marca, ya que de ésta forma el enlace entre un par de radios es aceptable.

El enlace inalámbrico funciona en las bandas de 2,4 y 5,8 Ghz, las cuales son bandas de frecuencia de uso libre no licenciado.

En la mayoría de enlaces se trabaja con DSSS (Direct Sequience Spread Spectrum), la velocidad de transmisión máxima es de 11 Mbps, trabajan en la banda de 2.4 y 5.8 GHz. Los radios de comunicación se han ido reemplazando a lo largo de los años, y estos nuevos equipos trabajan con el estándar 802.11g (54 Mbps) y 802.11b (11 Mbps), y trabajan en las mismas bandas de frecuencia.

Las comunicaciones inalámbricas son controladas y monitoreadas con ayuda del software WHAT'S UP, el cual mantiene informado el comportamiento global de estos enlaces. También a cada radio inalámbrico se lo puede administrar individualmente, esto se lo realiza vía browser o por medio de un software de administración el cual viene de forma gratuita con el equipo.

1.3.2 ADMINISTRACIÓN DE LA RED

La administración de la red está a cargo del Área de Redes y Comunicaciones, esta área cuenta con personas capacitadas para administrar la red. Las tareas están divididas de manera equitativa y cada una tiene un trabajo específico.

Si existe alguna dificultad que no se pueda resolver directamente con los administradores existe un contrato de mantenimiento que se renueva cada año, éste consiste en horas de mantenimiento preventivo y correctivo por parte de personal de soporte de tecnologías de información de empresas como son: TELALCA, GMS, TELCONET, CNT, GLOBAL CROSSING, etc. Las cuales mantienen el buen funcionamiento y gestión de las tecnologías de la información en la EMAAP-Q.

1.3.3 DEFICIENCIAS DE LA RED INALÁMBRICA

La red inalámbrica en la EMAAP-Q presenta algunos inconvenientes, los cuales impiden que las comunicaciones estén activas de una manera continua, o con problemas de intermitencias en la comunicación.

Uno de los problemas, es el de seguridad, ya que no existen procedimientos para la administración de contraseñas para el acceso a los radios de comunicación, tanto es así, que en muchos de estos equipos la clave de acceso para la configuración del mismo sigue siendo la que el fabricante de los equipos inalámbricos la deja por defecto la cual es "public ".

Otro problema que se presenta es del tipo tecnológico ya que los radios de comunicación son muy antiguos y no están disponibles en el mercado y cuando se averían son reemplazados por equipos con nueva tecnología pero hay que tener en cuenta la compatibilidad con la frecuencia en la que se trabaja, cabe señalar que son difíciles de encontrar y por su escasez en el mercado son demasiado costosos.

Al trabajar en la banda de 2.4 GHz se presenta un problema de interferencia, debido a que esta banda está saturada.

Cuando existen lluvias muy fuertes y éstas vienen acompañadas de neblina existen intermitencias en la transmisión, esto podría ser causado por la potencia en la transmisión, la ganancia de las antenas y la sensibilidad en recepción, estos datos no se los tiene en la empresa, es decir se compró los equipos y se puso en funcionamiento la red inalámbrica por recomendación del fabricante, sin ningún tipo de análisis para cada uno de los enlaces inalámbricos.

El no contar con un cableado estructurado en las plantas de tratamiento de agua y distritos, es un problema, ya que la comunicación que llega a estos sitios por medio de la red inalámbrica se la entrega al usuario por medio de un cableado que carece de normas técnicas lo cual reduce el rendimiento de las comunicaciones, esto en la mayoría de puntos remotos, a excepción de la planta bellavista y el distrito la granja, por ello se pretende utilizar una red Wi-Fi dentro de cada uno de estos establecimientos.

1.3.4 DIAGRAMA DE LA RED GENERAL DE LA EMAAP-Q

A continuación se presenta el grafico de la red actual en la EMAAP-Q.

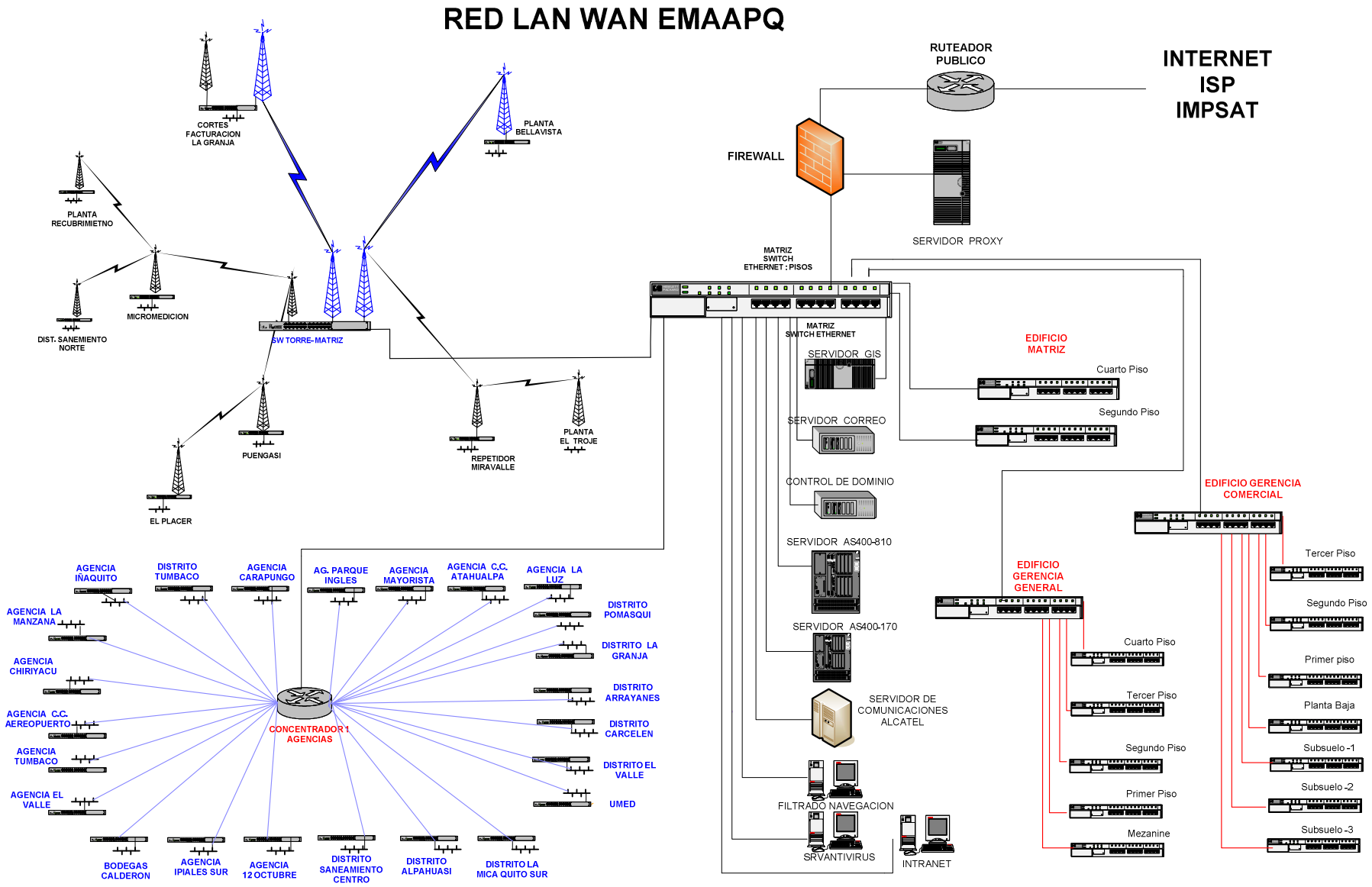


Figura 1.7 **Red LAN-WAN EMAAP-Q**

CAPÍTULO 2

TECNOLOGÍA WiMAX

2 CAPÍTULO 2

TECNOLOGÍA WiMAX

INTRODUCCIÓN

Se presentará las características más importantes acerca de WiMAX[1], ésta tecnología es muy utilizada en la actualidad para el diseño de redes inalámbricas de área metropolitana WMAN[2].

2.1 REDES INALÁMBRICAS

Las redes inalámbricas son aquellas que utilizan para su comunicación ondas electromagnéticas, su medio de transmisión no es físico, por lo cual son redes versátiles, útiles en lugares en donde la infraestructura física sea un limitante para realizar un cableado físico.

Las redes inalámbricas son el complemento perfecto de las redes cableadas, estas al fusionarse se convierten en una red híbrida, la cual es beneficiosa para el usuario ya que permite su completa movilidad, y de esta manera todo usuario puede trabajar dentro y fuera de una empresa u oficina, sin perder la comunicación.

Se las puede clasificar por su distancia de cobertura en:

- WPAN (Wireless Personal Area Network)
- WLAN (Wireless Local Area Network)
- WMAN (Wireless Metropolitan Area Network)
- WWAN (Wireless Wide Area Network)

[1] WiMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access
[2] WMAN; Wireless Metropolitan Area Network

2.2 TECNOLOGÍA WiMAX

La EMAAP-Q posee una gran infraestructura física que se encuentra distribuida a lo largo del Distrito Metropolitano de Quito, por esta razón se optó por una tecnología WMAN la cual es una red inalámbrica de área metropolitana, su rango de funcionamiento va desde algunos cientos de metros hasta varios kilómetros, el objetivo es cubrir un entorno metropolitano, el cual puede llegar a ser una ciudad, como se muestra en la **Figura 2.1,** con este tipo de tecnología se puede interconectar edificios a grandes distancias.

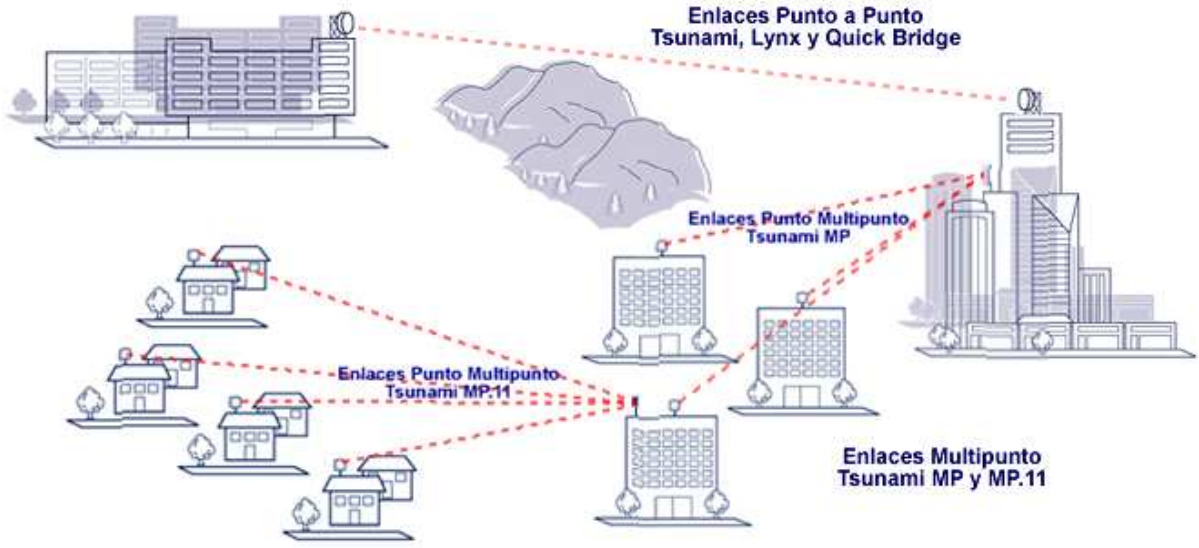


Figura 2.1 Red Inalámbrica de Área Metropolitana[1]

Las redes WMAN ofrecen ventajas ya que pueden trabajar en rangos de frecuencia de 2.4GHz, 5.7GHZ y 5.8 GHZ, son fáciles de instalar, tienen un bajo costo de mantenimiento, además son escalables.

[1] Fuente Figura: http://www.srm.com.mx/srmimg/wmanmap/wman_map_r4_c5.gif

2.2.1 ESTÁNDAR 802.16 WiMAX

WiMAX (Worldwide Interoperability for Microwave Access), es una tecnología basada en el estándar IEEE 802.16, que permite al abonado acceso inalámbrico de banda ancha, a diferencia de la mayoría de las tecnologías disponibles para enlaces inalámbricos de banda ancha, que sólo permiten conexión con línea de vista directa LOS (Line of Sight), WiMAX permite dar una cobertura excelente en condiciones en las cuales no se tenga línea de vista directa NLOS (Non line of sight).

WiMAX está orientado tanto a los proveedores de servicio de Internet (ISP), como a los suscriptores finales, es una tecnología que transforma las señales de voz y datos en ondas de radio, que se transmiten hasta una antena receptora, los ISP's y las empresas telefónicas las utilizan, para poder ofrecer un servicio de banda ancha a los clientes sin necesidad de tender cableado en la última milla.

WiMAX alcanza velocidades de transmisión de más de 100 Mbps, en un canal con ancho de banda de 28 MHz trabajando en la banda de frecuencias de 10 a 66 GHz, mientras que puede llegar a los 70 Mbps, operando en la banda de frecuencias de 2 a 11 GHz. Estas velocidades tan elevadas se consiguen gracias a la utilización de la modulación OFDM[1] con 256 subportadoras.

WiMAX es una tecnología capaz de soportar un servicio de comunicación fiable, con una potencia de transmisión limitada, compatible con las limitaciones impuestas por los organismos de control y regulación del espectro radioeléctrico en cada país.

El estándar IEEE 802.16 define las características técnicas del protocolo de comunicaciones. El WiMAX Forum es un grupo de empresas fabricantes que se

[1] OFDM Orthogonal Frequency Division Multiplexing.

encargan de diseñar las normas y estándares de la tecnología WiMAX garantizando la interoperabilidad de los nuevos productos que van surgiendo, así como un grupo industrial dedicado a fomentar el desarrollo y comercialización de la tecnología. Actualmente lo forman más de 100 compañías.

Objetivos del WiMAX Forum:

- Conseguir la interoperabilidad entre los productos de diferentes fabricantes, de forma que se realicen procesos de certificación. Esto conducirá a una mayor seguridad por parte de los usuarios a la hora de utilizar dispositivos de fabricantes diferentes.

- Reducción de costos, ya que si el estándar se consolida, muchos fabricantes optarán por soluciones homogéneas que garanticen la interoperatividad para sus productos, gracias a la utilización de una tecnología base homogénea, lo que provocará una reducción de costos.

- Promover una marca que difunda en el mercado un estándar masivo en comunicaciones inalámbricas.

- Potenciar acciones de marketing que conviertan a WiMAX en el estándar de banda ancha en el ámbito metropolitano, algo así como lo que hoy es Wi-Fi para entornos de Área Local.

La gran velocidad que ofrece WiMAX se debe a la utilización de OFDM (Orthogonal Frequency División Multiplexing), además WiMAX soporta los modos FDD[1] y TDD[2] para facilitar su interoperabilidad con otros sistemas celulares o inalámbricos.

[1]TDD Duplexación por Division de Tiempo
[2] FDD Duplexación por División de Frecuencia

2.2.1.1 Características de la Capa Física en WiMAX.

WiMAX tiene esquemas de modulación para la capa física (PHY), como son:

- ✓ OFDM con 256 subportadoras.
- ✓ OFDMA con 2048 subportadoras.

- **OFDM (Orthgonal Frequency División Multiplexing)**

La tecnología OFDM fue planteada por los Laboratorios BELL en los años 1970, siendo incorporado en varios equipos de líneas de suscriptor digital (DSL), permite obtener una alta eficiencia espectral y habilita los canales para ser procesados en el receptor de forma más eficiente. OFDM es popular en aplicaciones inalámbricas ya que es resistente a las interferencias y degradaciones por efectos de multitrayectoria y retardos.

OFDM necesita menos ancho de banda para transmitir la misma cantidad de información que utilizando FDM, lo cual se traduce en eficiencia espectral, OFDM es una técnica de modulación multiportadora, que permite solucionar los problemas debidos a la propagación multicamino, en lugar de transmitir la información en una única portadora, se divide el ancho de banda disponible en un conjunto de portadoras, cada una de las cuales transporta un ancho de banda muy pequeño.

La base de OFDM reside en la combinación de múltiples portadoras moduladas espectralmente, pero manteniendo las características individuales, gracias a su característica de ortogonalidad, es decir, utiliza espaciamiento ortogonal para evitar interferencias entre ellas, esto se consigue con un desfase de 90° entre cada una de estas señales, de manera que no se producen interferencias entre ellas. Además, es posible utilizar diferentes técnicas de modulación entre portadoras.

En WiMAX los símbolos de OFDM están formados por 256 subportadoras, WiMAX usa solo 200 subportadoras, de estas subportadoras se asignan 192 para datos y 8 como pilotos, las portadoras piloto utilizan modulación BPSK y los de datos utilizan modulaciones BPSK, QPSK, 16 QAM o 64 QAM.

- **OFDMA (Orthgonal Frequency Division Multiple Access)**

La modulación en la capa física PHY está basada en OFDMA, en combinación con una capa MAC centralizada para la asignación optimizada de recursos y soporte de calidad de servicio (QoS). Los diferentes tipos de servicios como (VoIP, servicios en tiempo real y no tiempo real) pueden definirse de forma individual al perfil del usuario. La capa física OFDMA PHY está igualmente adaptada a entornos de propagación sin línea de visión directa en la banda entre 2 y 22 GHz.

Este tipo de modulación es bastante robusta a las interferencias producidas por la dispersión de retardos debidos a las reflexiones generadas en ambientes de no línea de vista. Simultáneamente se emplea una modulación adaptativa, aplicada a cada suscriptor de manera individual, de acuerdo con la capacidad de su canal específico.

OFDMA permite a múltiples usuarios transmitir en diferentes subportadoras por cada símbolo OFDM. Así, se asegura que las subportadoras se asignan a los usuarios que ven en ellas buenas ganancias de canal.

2.2.1.2 Duplexación

Se refiere al proceso de crear canales bi-direccionales para transmisión de datos uplink (enlace de subida) y downlink (enlace de bajada). Los dos métodos comúnmente utilizados en varios sistemas inalámbricos son la Duplexación por División de Frecuencia (Frequency División Duplexing, FDD) y la Duplexación por División de Tiempo (Time- Division Duplexing, TDD).

Un sistema basado en Duplexación por División de Frecuencia (FDD) requiere dos canales que son separados para minimizar la interferencia, uno para transmisión y otro para recepción. La mayoría de las bandas FDD son asignadas a voz porque la arquitectura bi-direccional de FDD permite manejar la voz con demoras mínimas, FDD está diseñada para tráfico simétrico y no requiere de tiempo de guarda.

Un sistema basado en Duplexación por División de Tiempo (TDD), ofrece un único canal que soporta el tráfico de los enlaces directo e inverso, con un breve intervalo de tiempo usado para separar las transmisiones en cada dirección, esto significa que no puede transmitir y recibir al mismo tiempo. Un sistema TDD puede asignar dinámicamente ancho de banda al uplink y downlink, según su tráfico. La transferencia asimétrica es apropiada para el tráfico de Internet en el que hay grandes volúmenes de datos en downlink.

Las siguientes son algunas características de la Capa Física:

- *256 subportadoras OFDM*: Soporta direccionamiento multicamino en ambientes con y sin línea de vista (LOS y NLOS).

- *Soporta TDD, FDD duplex y también half - duplex FDD esto es, H - FDD*: Se adapta a los diferentes entes regulatorios a nivel mundial.

- *Tamaño flexible de canales (3.5 MHz, 5 MHz, 10 MHz)*: Provee la flexibilidad necesaria para operar en diferentes bandas de frecuencias, tanto licenciadas como no licenciadas, con diferentes variantes y requerimientos del canal alrededor del mundo.

Características	OFDM	OFDMA
Frecuencia	2- 11 GHz	2 – 11 GHz
	QPSK	QPSK
Modulación	16 QAM	16 QAM
	64 QAM	64 QAM
Número de subcarriers	256	2048
Duplexación	TDD, FDD	TDD, FDD
Canal	1.25 – 20 MHz	1.25 – 20 MHz

Tabla 2.1 Capa Física (PHY) en WiMAX

2.2.1.3 Estandarización

El estándar 802.16 fue aprobado en Junio del año 2004 por el WiMAX Forum, el proyecto general de WiMAX actualmente incluye a los estándares 802.16-2004 y el 802.16e.

Estándar	Frecuencia	Velocidad	Rango
WiMAX fijo (802.16-2004)	2 – 11 GHz (3.5 GHz en Europa)	75 Mbps	10 km
WiMAX móvil (802.16e)	2 – 6 GHz	30 Mbps	3.5 Km

Tabla 2.2 Estándares WiMAX

a. IEEE 802.16-2004

IEEE 802.16-2004 es una tecnología de acceso inalámbrico fijo, diseñado para proveer un acceso de voz y banda ancha en áreas donde no existe ninguna otra tecnología de acceso. El 802.16-2004 también es una solución viable para el backhaul[1] inalámbrico, WiMAX fijo funciona con licencia en la banda de frecuencia de 2.5 y 3.5 GHz, y sin necesidad de licencia en la banda de 5.8 GHz.

[1] backhoul: Red de retroceso para la conexión con la red principal, conexión de baja, media y alta velocidad.

La versión fija del estándar WiMAX fue aprobada en el año 2004, aunque la prueba de interoperabilidad comenzó más adelante en el año 2005.

b. IEEE 802.16e

IEEE 802.16e Está diseñado para ofrecer portabilidad y movilidad a toda escala, características que el estándar 802.16-2004 no proporciona. Por esta razón la tecnología WiMAX móvil abre las puertas para el uso de teléfonos móviles por IP e incluso servicios móviles de alta velocidad.

A continuación se muestra los estándares 802.11 existentes hasta el momento

ESTANDARES IEEE 802.16			
	802.16	**802.16 / REVd**	**802.16 e**
Completado	Dic-01	802.16a: Ene 2003 802.16 REVd: Q3 2004	Estimado: 2006
Espectro	10 a 66 GHz	< 11 GHz	< 6 GHz
Condiciones de Canal	Solo línea de vista	Sin línea de vista	Sin línea de vista
Bit Rate	32 a 134 Mbps a 28 MHz de canalización	Por encima de 75 Mbps a 20 MHz de canalización	Por encima de 15 Mbps a 5 MHz de canalización
Modulación	QPSK, 16QAM y 64 QAM	OFDM 256, OFDMA 64 QAM, 16 QAM, QPSK,BPSK	OFDM 256, OFDMA 64 QAM, 16 QAM, QPSK,BPSK
Movilidad	Fijo	Fijo y portátil	Movilidad, Regional. Roaming
Ancho de Banda	20, 25 y 28 MHz	Canales con ancho de banda seleccionables entre 1.25 y 20 MHz con subcanales lógicos superiores a 16	Igual a REVd
Radio de Celda Típico	1 a 5 Km.	3 a 8 Km.; rango máximo 48 Km. basado sobre la altura de la torre, ganancia de la antena y potencia de transmisión	1 a 5 Km.

Figura 2.2 Estándares WiMAX existentes

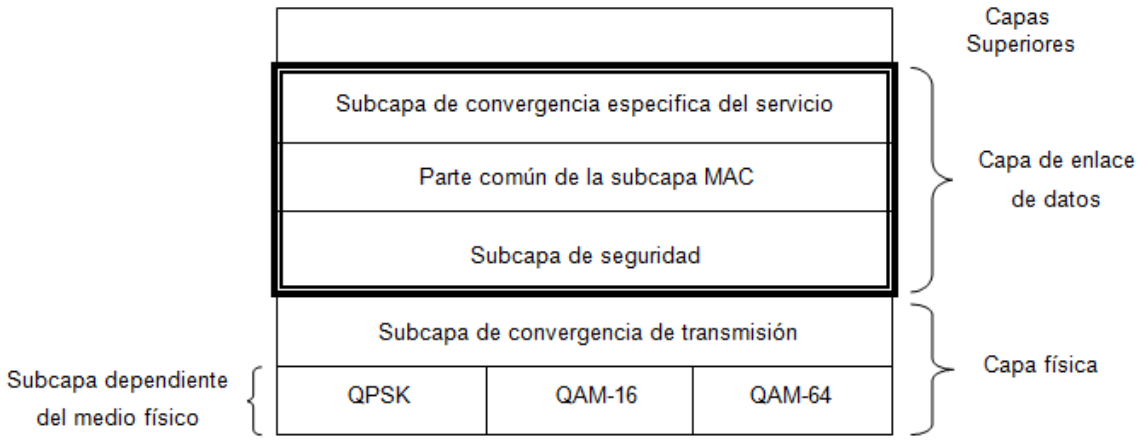


Figura 2.3 Estructura WiMAX

La subcapa de convergencia de transmisión sirve para ocultarle las diferentes tecnologías de capa física a la capa enlace de datos.

La capa de enlace de datos es capaz de funcionar con diferentes especificaciones de capa física (PHY) optimizadas para diferentes bandas de frecuencia, además de ser orientada a conexión. Esta capa se divide en subcapas con servicios específicos hacia las capas superiores.

Estas subcapas son: La Subcapa de convergencia Específica de Servicio CS (Service Specific Convergente Sublayer CS), la Subcapa Común MAC CPS (MAC Common Part Sublayer) y Subcapa de Seguridad (Security Sublayer).

La subcapa de convergencia de servicios específicos acepta los Protocolos de Unidades de Datos (PDUs) de las capas superiores, ejecuta la clasificación de éstos, ya que el estándar 802.16 trabaja con protocolos no orientados a la conexión como lo son PPP, IP, Ethernet, y con ATM el cual si es orientado a la conexión.

La subcapa común MAC (CPS) provee un mecanismo de comparación eficiente para redes que utilicen medios compartidos, considera las topologías: Punto -

Multipunto y en Malla, esta subcapa reserva ancho de banda y nos brinda calidad de servicio.

La Subcapa de Seguridad tiene la función de autenticación, encriptación e intercambio seguro de claves.

2.2.1.4 Calidad De Servicio (QoS)

Calidad de Servicio se refiere a la capacidad de una red para proporcionar prioridad incluyendo ancho de banda dedicado, estado latente (requerido por un cierto tráfico en tiempo real e interactivo).

Una red debe garantizar que puede ofrecer un cierto nivel de calidad de servicio para un nivel de tráfico que sigue un conjunto especificado de parámetros.

Los parámetros de calidad de servicio son: control de la velocidad de transmisión, específicamente la velocidad mínima, control de latencia, control de la variación del retardo (jitter) y control de pérdida de paquetes o tasa de bits errados.

WiMAX en su capa Mac tiene como filosofía la Petición / Asignación de ancho de banda, con distintas variantes (asignación por conexión, asignación por terminación de cliente CPE), pudiendo ser esta asignación vía polling en tiempo real, polling en tiempo no real o en régimen del mejor esfuerzo (best-effort).

Todos estos mecanismos ofrecen Calidad de Servicio, en ancho de banda y latencia, para acomodar todo tipo de servicios y aplicaciones (vídeo, voz, emulación de líneas alquiladas de datos, etc.), con total disponibilidad y con total garantía.

WiMAX puede soportar cuatro tipos principales de servicio:

Tiempo Concesión-Verdadero No Solicitado: servicio con retardo constante para voz y video en tiempo real.

Poleo en Tiempo Real: otro servicio en tiempo real donde la estación base censa a cada dispositivo de usuario a la vez.

Velocidad de Transmisión Variable en Tiempo No Real: servicio de datos con retardo variable con capacidad garantizada para usuarios comerciales de alta prioridad.

Velocidad de Transmisión Variable - Mejor Esfuerzo: como en IP el servicio de datos del mejor esfuerzo para usuarios residenciales del Internet.

2.2.1.5 Niveles de Servicio

Uno de los aspectos más atractivos para los proveedores de servicio y los usuarios es la capacidad de WiMAX de proporcionar diferentes niveles de servicio.

Por ejemplo, una estación base puede proporcionar hasta 75 Mbps, con esta capacidad se puede comprometer diferentes niveles de servicio, como por ejemplo 1 Mbps garantizado para los clientes del segmento empresarial, así como 128 Kbps en modalidad “best effort” para los clientes del segmento residencial.

También es posible adaptar las estaciones base al tipo de demanda. En zonas rurales donde existe gran dispersión geográfica de los clientes, se puede utilizar otro esquema de modulación el cual permite aumentar el alcance de la comunicación cuando es necesario, a costa de una reducción de la velocidad de transmisión.

Modulaciones de alto nivel (64 niveles en QAM) proporcionan una velocidad elevada en un alcance “cercano”, mientras que niveles de modulación bajos (16

niveles, en QAM), permiten un mayor alcance a costa de una reducción de velocidad de transmisión, todo dentro de la misma estación base.

El esquema de modulación se asigna dinámicamente en la estación base, dependiendo de la distancia al cliente, la interferencia existente con otras señales, etc. Esta flexibilidad permite a los proveedores de servicio adaptarse a las necesidades de las áreas de distribución específicas, haciendo que WiMAX sea rentable en una gran variedad de áreas geográficas.

WiMAX permite diferenciar calidad de servicio sobre latencia y tasa de errores, esta capacidad permite adecuar dichos parámetros al tipo de transmisión. La mayoría de las comunicaciones pueden tolerar un nivel razonable de latencia, pero no admiten los errores de comunicación. Comunicaciones de tiempo real en audio y vídeo son muy exigentes en cuanto a la latencia y más tolerantes en cuanto a errores. El poder diferenciar estos niveles de calidad de servicio permite manejar diversos servicios de comunicaciones de forma eficiente.

2.2.1.6 Seguridad

WiMAX ha sido creado con una solución robusta en materia de seguridad, proporciona un nivel de control de acceso al medio (MAC) que utiliza un mecanismo de concesión por demanda (grant-request) para autorizar el intercambio de datos, el mecanismo permite un mejor aprovechamiento del espectro radioeléctrico, la utilización de antenas de menor tamaño, así como el control individual del tráfico de cada usuario. Esto simplifica el soporte de servicios que requieran comunicaciones en tiempo real o aplicaciones de comunicaciones de voz.

WiMAX ofrece las siguientes características de seguridad:

- Autentificación del terminal por intercambio de certificados digitales que impiden la conexión de terminales no autorizados.

- Cifrado de las comunicaciones utilizando algoritmos como el DES10 o el AES11, mucho más robustos que el Wireles Equivalent Privacy (WEP) utilizado inicialmente en las WLAN.

Las ventajas de la tecnología WiMAX son:

- La instalación de las antenas se la realiza de manera sencilla, y además se puede formar una WMAN y cubrir una ciudad entera, utilizando estaciones base y antenas colocadas en lugares adecuados.

- WIMAX 802.16 tiene una velocidad de transmisión mucho mayor que la de WI-FI 802.11, y dependiendo del ancho de banda disponible, puede llegar a transmitir a una velocidad de hasta 70 Mbps comparado con los 54 Mbps que ofrece WI-FI 802.11.

- WIMAX tiene una capacidad de trasmisión de información sin necesidad de tener línea de vista.

- WiMAX permite dar acceso a Internet a grandes superficies de difícil acceso como son zonas rurales y urbano-marginales, ya que en el mercado los equipos están orientados en enlaces de alta velocidad punto - multipunto, punto – punto o conexiones a las redes públicas o privadas existentes.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA RED

3 CAPÍTULO 3

DISEÑO DE LA RED

INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se plantea una nueva solución de red para los enlaces inalámbricos de la EMAAP-Q, el cual tiene como objetivo fundamental cubrir las necesidades de los usuarios externos a la Empresa, todo esto dentro de un ambiente amigable, confiable, y sobre todo seguro.

3.1 REQUERIMIENTOS DE LA RED

El análisis realizado en el primer capítulo y los datos proporcionados por los administradores encargados de la red en la EMAAP-Q son suficiente información para poder proponer una solución con una nueva tecnología inalámbrica, la cual es WiMAX, todo en pos de mejorar las comunicaciones inalámbricas en la EMAAP-Q.

3.2 PROPUESTA DE RED

La propuesta es realizar una red inalámbrica con una nueva tecnología la cual es WiMAX basada en el estándar 802.16, ésta red puede ser el reemplazo de red inalámbrica actual, o a su vez, se puede establecer este nuevo diseño como la red inalámbrica principal, dejando como backup de comunicación a la red existente en la actualidad.

Para realizar ésto se deben cambiar los equipos inalámbricos, como son: los radios de comunicación, muy posiblemente las antenas, dependiendo de la distancia a la cual se va a transmitir, todos estos parámetros se analizarán en este

capítulo. Además para evitar problemas con el cableado estructurado en los distintos distritos y plantas de tratamiento de agua, se utilizará la tecnología Wi-Fi para llegar a los usuarios finales ubicados en cada uno de los sitios remotos a la empresa.

3.3 CONSIDERACIONES GENERALES DE UNA RED INALÁMBRICA

La red inalámbrica debe ser altamente confiable, por ello, dentro de un ambiente amigable de trabajo debe garantizar, escalabilidad, interoperabilidad, calidad de servicio, y seguridad de la información. A continuación se define cada uno de estos parámetros.

3.3.1 SEGURIDAD

La información es lo más importante dentro de cualquier compañía, negocio, entidad, institución, etc. Es por esta razón que está expuesta a múltiples ataques los cuales buscan vulnerabilidades dentro de los sistemas de seguridad para poder acceder a ella, cuando se habla de vulnerabilidades se refiere a los elementos que, al ser explotados por amenazas, afectan a la confidencialidad, disponibilidad e integridad de la información. Estas vulnerabilidades pueden ser de varios tipos:

- **Físicas**: ambiente en el que se almacena o maneja la información.

- **Hardware:** defectos de fabricación, de actualización, mantenimiento inadecuado.

- **Naturales:** condiciones de la naturaleza que pueden provocar riesgo.

- **Humanas:** daños que las personas pueden causar a la información (hackers, virus, empleados, etc.).

- **Software:** aplicaciones que permiten accesos indebidos.

- **Almacenamiento:** soportes físicos utilizados para almacenar información. Comunicación: fallos en la transmisión de la información.

La seguridad de la información es la protección de la misma, para afirmar que un sistema sea seguro, es preciso garantizar la autenticación, confidencialidad, integridad y disponibilidad de toda la información que cruza por nuestra red.

- **Confidencialidad:** Garantiza que la información únicamente va a ser conocida por personas autorizadas.

- **Integridad:** Garantiza que el contenido de información permanezca inalterado.

- **Disponibilidad:** Garantiza que la información este siempre disponible para ser procesada por personas o sistemas autorizados.

- **Autenticación:** Garantiza que un usuario que quiere acceder a la red es quien dice ser y no un impostor.

3.3.2 INTEROPERABILIDAD

En general, las redes de datos se encuentran distribuidas, dependiendo de la infraestructura física de la compañía en uno o varios edificios, incluso en distintas ciudades, por lo cual es indispensable compartir recursos e información. La interoperabilidad en una red significa que dos o más equipos conectados a la red pueden interactuar, haciendo peticiones y transferencias de datos por medio de

protocolos y mecanismos de comunicación estandarizados, es la capacidad de comunicarse, ejecutar programas o transferir datos entre distintas unidades funcionales para que entre ellas puedan cooperar para realizar una tarea de procesamiento de datos.

3.3.3 ESCALABILIDAD

Hoy en día las tecnologías de la información crecen de manera impresionante, es por esta razón que una red debe ser flexible, esto quiere decir que se pueda adaptar a cambios de tamaño y configuración, sin que esto afecte su disponibilidad.

3.3.4 CALIDAD DE SERVICIO

La calidad de servicio (QoS) es el rendimiento de extremo a extremo de los servicios o aplicaciones en una red. Los parámetros de QoS son: el retardo, la variación del retardo (jitter) y la pérdida de paquetes.

La implementación de Políticas de Calidad de Servicio se puede enfocar en varios puntos según los requerimientos de la red, los principales son:

- Asignar ancho de banda a ciertas aplicaciones
- Evitar y/o administrar la congestión en la red
- Manejar prioridades de acuerdo al tipo de tráfico

3.4 ANÁLISIS PARA EL DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA

Para un diseño de red es importante analizar las condiciones físicas del sitio en donde se va a establecer la red, un análisis de infraestructura, características físicas, espacios disponibles, número de usuarios, lugares potenciales de ubicación de equipos, etc. En las siguientes tablas se presenta una descripción de

la cantidad de dependencias en cada Distrito y Plantas de Tratamiento, el número de personas que laboran en cada uno, y la cantidad de equipos utilizados.

Estos datos fueron tomados de acuerdo a una inspección técnica realizada a cada una de estas dependencias, y con una comparación del número de máquinas con Dirección IP válidas registradas en el Servidor DHCP.

Distrito la Granja y oficinas del PSA (Programa de Saneamiento Ambiental)

Distrito la Granja				
Programa de Saneamiento Ambiental (PSA)				
Descripción	**Cantidad**	**Personas/oficina**	**Equipos/oficina**	**Total equipos**
Jefaturas	1	1	2	2
Oficinas	25	1	1	25
Secretarías	3	1	1	3
Impresoras	X	X	5	5
Departamento de Cortes				
Jefaturas	1	1	2	2
Oficinas	8	1	1	8
Secretarías	1	1	1	1
Impresoras	X	X	2	2
Geoprocesamiento				
Jefaturas	1	1	2	2
Oficinas	5	2	2	10
Secretarías	1	1	1	1
Impresoras	x	x	3	3
Plotter	x	x	3	3
Total de equipos en el Distrito La Granja y Oficinas PSA				67

Tabla 3.1 Número de equipos en el Distrito La Granja

Distrito de Micromedición

Micromedición				
Descripción	**Cantidad**	**Personas/oficina**	**Equipos/oficina**	**Total equipos**
Jefaturas	1	1	2	2
Oficinas	5	1	1	5
Secretarías	1	1	1	1
Impresoras	X	X	3	3
Total de equipos en Micromedición				11

Tabla 3.2 Número de equipos existentes en el Distrito Micromedición

Planta Recubrimiento

Planta Recubrimiento				
Descripción	**Cantidad**	**Personas/oficina**	**Equipos/oficina**	**Total equipos**
Jefaturas	1	1	2	2
Oficinas	5	2	2	20
Secretarías	1	1	1	1
Impresoras	X	X	3	3
Total de equipos en Planta Recubrimiento				26

Tabla 3.3 Número de equipos en la Planta Recubrimiento

Distrito Saneamiento Norte

Distrito Saneamiento Norte				
Descripción	**Cantidad**	**Personas/oficina**	**Equipos/oficina**	**Total equipos**
Jefaturas	1	1	2	2
Oficinas	4	1	1	4
Secretarías	1	1	1	1
Impresoras	X	X	2	2
Total de equipos en Distrito San. Norte				9

Tabla 3.4 Número de equipos en el Distrito Saneamiento Norte

Planta de Tratamiento de Agua El Troje

Planta El Troje				
Descripción	**Cantidad**	**Personas/oficina**	**Equipos/oficina**	**Total equipos**
Jefaturas	1	1	2	2
Oficinas	10	2	1	20
Secretarías	1	1	1	1
Impresoras	X	X	3	3
Total de equipos en Planta el troje				26

Tabla 3.5 Número de equipos en la Planta El Troje

Planta de Tratamiento de Agua El Placer

Planta El Placer				
Descripción	**Cantidad**	**Personas/oficina**	**Equipos/oficina**	**Total equipos**
Jefaturas	1	1	2	2
Oficinas	10	2	1	20
Secretarías	1	1	1	1
Impresoras	X	X	3	3
Total de equipos en El Placer				26

Tabla 3.6 Número de equipos en la Planta El Placer

Planta de Tratamiento de Agua Puengasí

Planta Puengasí				
Descripción	**Cantidad**	**Personas/oficina**	**Equipos/oficina**	**Total equipos**
Jefaturas	1	1	2	2
Oficinas	10	2	1	20
Secretarías	1	1	1	1
Impresoras	X	X	3	3
Total de equipos en Puengasí				26

Tabla 3.7 Número de equipos en la Planta Puengasí

Planta de Tratamiento de Agua Bellavista

Planta Bellavista				
Producción				
Descripción	**Cantidad**	**Personas/oficina**	**Equipos/oficina**	**Total equipos**
Jefaturas	1	1	2	2
Oficinas	15	1	1	15
Secretarías	1	1	1	1
Impresoras	X	X	3	3
Mantenimiento de Plantas de tratamiento				
Jefaturas	1	1	2	2
Oficinas	4	1	1	4
Secretarías	1	1	1	1
Impresoras	X	X	2	2
Sistemas Especiales				
Jefaturas	1	1	2	2
Oficinas	15	1	1	15
Secretarías	1	1	1	1
Impresoras	x	x	3	3
SIST. SCADA	5	1	1	5
Conducciones				
Jefaturas	1	1	2	2
Oficinas	5	1	1	5
Secretarías	1	1	1	1
Impresoras	X	X	2	2
Laboratorio de Control de Calidad				
Jefaturas	1	1	2	2
Oficinas	8	1	1	8
Secretarías	1	1	1	1
Impresoras	X	X	3	3
Total de equipos en la Planta de Tratamiento de Bellavista				80

Tabla 3.8 Número de equipos en la Planta Bellavista

3.4.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA RED INALÁMBRICA

Para realizar el dimensionamiento se debe realizar un análisis de la capacidad para cada enlace inalámbrico.

3.4.1.1 Cálculo de la capacidad

Como ejemplo se va a tomar el análisis de la capacidad de la Planta Bellavista, ya que aquí funcionan la mayor cantidad de equipos.

Para establecer la capacidad que debe soportar la red inalámbrica se ha considerado lo siguiente:

Los servicios de red que debe soportar la red inalámbrica son:

- Trafico de voz (VoIP)
- Acesso a las bases de datos de los sistemas AS400 (BDD)
- Navegación Web (WEB)
- Correo Electrónico (CE)
- Systems Management Server (SMS)

Para ajuste del cálculo de la capacidad se estima que en un instante de tiempo las conexiones simultáneas en la Planta Bellavista son del 80% de los usuarios totales. Esto en la hora pico en la que la mayoría de maquinas se conectan a la red de la empresa.

Se estima el porcentaje de uso de las aplicaciones como se indica a continuación.

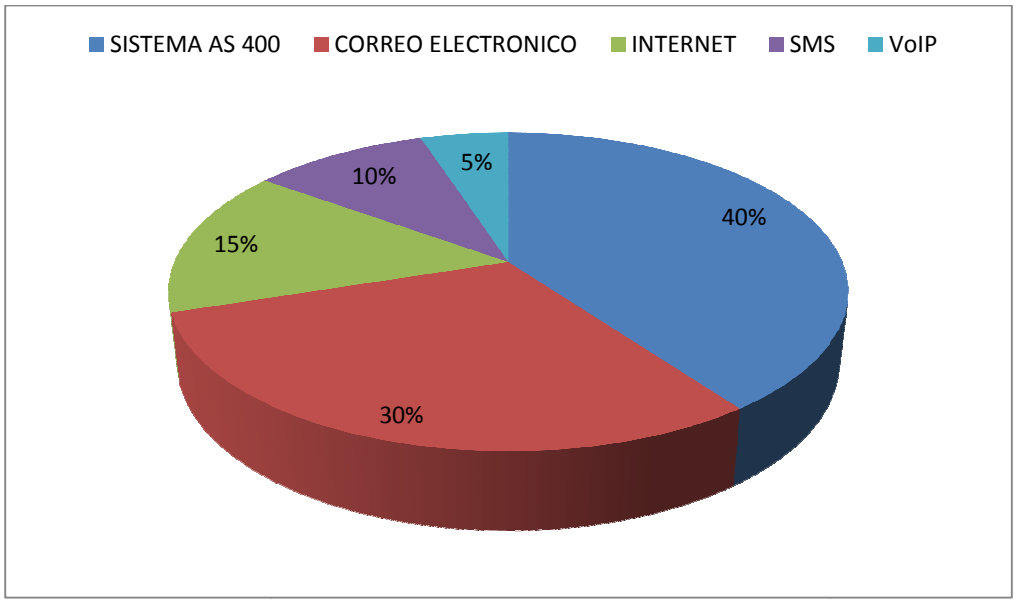


Figura 3.1 **Estimación del porcentaje uso de las aplicaciones Planta Bellavista.**

El número de usuarios simultáneos se lo calcula de la siguiente manera:

Usuarios simultáneos = #usuarios tot. x % simultaneidad x %uso de las aplicaciones **Fórmula [3.1]**

- *#usuarios totales:* Es el número de equipos existentes en la Planta Bellavista.
- *%simultaneidad:* Es el % de equipos que se conectan de manera simultánea a la red.
- *%uso de las aplicaciones:* Es el % estimado de uso de cada aplicación.

El cálculo de la capacidad de cada aplicación se lo realiza de la siguiente forma:

Capacidad requerida = #usuarios simultáneos x capacidad de la aplicación **Fórmula [3.2]**

Correo electrónico. La información intercambiada mediante el correo electrónico corresponde, principalmente a informes, datos estadísticos, presentaciones, todo esto realizado en herramientas de Microsoft Office, se tiene en promedio que el tamaño de un documento de texto de 20 Kbytes, un documento que incluya gráficos puede utilizar mucho más dependiendo del gráfico, se promedia este tipo de documentos en un tamaño de 700Kbytes. Finalmente se estima que el tamaño

de correo electrónico por persona es de 600Kbytes, y que un usuario envía 30 correos electrónicos en las dos horas (7 a 9 am) de mayor utilización de la red.

$$Capacidad\ CE = \frac{600\ KBytes}{correo} x \frac{8\ Bits}{1\ Byte} x \frac{30\ correos}{2\ horas} x \frac{1\ hora}{3600\ segundos} = 20\ Kbps$$

Internet. Para utilizar este servicio, se realizo un promedio con el tamaño (KBytes) de las páginas Web más visitadas por los usuarios de las Plantas y Distritos, ésta información se la obtuvo en un sitio web el cual es: http:// www.e-mypes.com/seo/averigua-tamaño-pagina-web.php, el cual me permite encontrar el tamaño de una página Web específica.

Página Web	Tamaño (Bytes)
www.hotmail.com	12 KBytes
www.pichincha.com	41 KBytes
www.iess.gov.ec	41 KBytes
www.google.com	10 KBytes
www.yahoo.com	145 KBytes
www.gmail.com	20 KBytes
www.bce.fin.ec	80 KBytes
Promedio	**50 KBytes**

Tabla 3.9 Tamaño promedio de páginas WEB más visitadas

Se estima que un usuario accede a una página Web cada 30 segundos, en la hora pico de mayor acceso a Internet. La cual es de 7 a 9 am.

$$\text{Capacidad WEB.} = \frac{50\ KBytes}{página} x \frac{8\ Bits}{1\ Byte} x \frac{1\ pagina}{30\ segundos} = 13,33\ Kbps$$

Acceso a bases de datos AS400 Administrativo y Comercial. Para acceder a una sesión del sistema administrativo y Comercial AS400 se realiza una petición

telnet la cual necesita una capacidad de 150 Kbps ya que realiza acceso a las bases de datos.

SMS. El servicio de administración del sistema necesita una capacidad de 100 Kbps.

VoIP. Para el tráfico de voz a través de la red se analiza el tipo de Codec utilizado en la EMAAP-Q. A continuación se presenta una tabla de los Codec's comúnmente utilizados por las centrales de telefonía para el tráfico de voz.

Codec	Método de compresión		Capacidad
G.711	PCM Pulse	Codec Modulation	64 Kbps
G. 723.1	CELP	Code Excited Linear Prediction	5.3 Kbps
G.723.1	MP-MPLQ	Law bit rate vocoder for Multimedia	6.4 Kbps
G.726	ADPCM	Adaptative Differential PCM	32 Kbps
G.728	LD-CELP	Law Delay CELP	16 Kbps
G.729a	CS-ACELP	Conjugate Strcture Alebraic CELP	8 Kbps

Figura 3.2 Características de Codec VoIP[1]

El Codec utilizado en la central Alcatel de la EMAAP-Q es el G.711, por lo que para el tráfico de voz se necesita una capacidad de 64 Kbps. Por lo tanto la capacidad requerida por aplicación es:

Aplicación	Capacidad (Kbps)
Correo electrónico (CE)	20 Kbps
Internet (WEB)	13.33 Kbps
VoIP Codec G.711 (VoIP)	64 Kbps
Acceso al sistema AS 400 (BDD)	150 Kbps
Servicio de administración (SMS)	100 Kbps

Tabla 3.10 Capacidad por aplicación

[1]Acurio Y. y Ramos T. (2006). Diseño de una red de comunicaciones para el Honorable Consejo Provincial de Cotopaxi. EPN.
[1]Vimos Y. y Pérez T. (2001). Dimensionamiento del canal de datos para la interconexión entre PBX IP para una empresa a nivel nacional. EPN

Se utiliza la Fórmula 3.1 para calcular el número de usuarios conectados simultáneamente a cada aplicación, el porcentaje de simultaneidad es del 80%

$$\#\ \textbf{Usuarios simultáneos CE} = 80\ x\ 80\%\ x\ 30\% = 20$$
$$\#\ \textbf{Usuarios simultáneos WEB} = 80\ x\ 80\%\ x\ 15\% = 10$$
$$\#\ \textbf{Usuarios simultáneos BDD} = 80\ x\ 80\%\ x\ 40\% = 26$$
$$\#\ \textbf{Usuarios simultáneos SMS} = 80\ x\ 80\%\ x\ 10\% = 7$$
$$\#\ \textbf{Usuarios simultáneos VoIP} = 80\ x\ 80\%\ x\ 5\% = 4$$

Se utiliza la Fórmula 3.2 para calcular la capacidad requerida por cada aplicación.

$$\textbf{Capacidad requerida CE} = 20\ x\ 20\ Kbps = 400 Kbps$$
$$\textbf{Capacida requerida WEB} = 10\ x\ 13.33\ Kbps = 133.3 Kbps$$
$$\textbf{Capacidad requerida BDD} = 26\ x\ 150\ Kbps = 3900\ Kbps$$
$$\textbf{Capacidad requerida SMS} = 7\ x\ 100\ Kbps = 700 Kbps$$
$$\textbf{Capacidad requerida VoIP} = 4\ x\ 64\ Kbps = 256\ Kbps$$
$$Capacidad\ total\ Planta\ Bellavista = 5389,3\ Kbps$$

Las capacidades requeridas para los demás Distritos y Plantas de tratamiento, se las resume en la siguiente tabla.

A continuación se presenta los resultados de la capacidad requerida por cada enlace inalámbrico en la EMAAP-Q.

Distrito/Planta de tratamiento	Capacidad (Kbps)					
	CE (Kbps)	WEB (Kbps)	BDD (Kbps)	SMS (Kbps)	VoIP (Kbps)	Capacidad total (Kbps)
PLANTA BELLAVISTA	400	133,3	3900	700	256	5389,3
PLANTA PUENGASÍ	140	53,22	1350	300	128	1971,32
PLANTA RECUBRIMIENTO	140	53,22	1350	300	128	1971,32
PLANTA EL TROJE	140	53,22	1350	300	128	1971,32
PLANTA EL PLACER	140	53,22	1350	300	128	1971,32
DISTRITO LA GRANJA	340	119,97	3300	600	192	4551,97
DISTRITO MICROMEDICIÓN	60	26,66	600	100	64	850,66
DISTRITO SAN. NORTE	60	26,66	450	100	64	700,66

Tabla 3.11 Capacidad total requerida por cada enlace inalámbrico

3.5 CÁLCULO DE ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL DISEÑO DE SISTEMAS INALÁMBRICOS

A continuación se detallarán las características de un sistema inalámbrico y todos los aspectos a considerarse en el diseño.

Para realizar los cálculos se detalla la siguiente nomenclatura:

Pp = Pérdida por propagación
Pt = Potencia de transmisión
Pr = Potencia del receptor
Gt = Ganancia de transmisión (ganancia de la antena)
Gr = Ganancia de recepción (ganancia de la antena)
Pc = Pérdidas del cable
Ppg = Pérdidas del pigtail
Pbr = Pérdidas del Branching
Pac = Pérdidas de acoplamiento de antenas
Fm = Margen de desvanecimiento
Lb = Link Budget
Ur = Umbral de recepción.
Sr = Sensibilidad de recepción
d = Distancia (Km)
f = Frecuencia (MHz)

3.5.1 PÉRDIDA POR PROPAGACIÓN

Es la pérdida que sufre una onda electromagnética a medida que se propaga por una línea recta a través del vacío sin ninguna absorción o reflexión de energía de los objetos cercanos. La ecuación para calcular este tipo de pérdida es la siguiente:

$$\mathrm{Pp} = 32{,}4 + 20\log f + 20\log d \qquad \textbf{Fórmula [3.3]}$$

3.5.2 POTENCIA DEL RECEPTOR

La potencia en recepción es igual a la diferencia entre la potencia de transmisión y la suma de todas las pérdidas que se encuentran entre el transmisor y el receptor, todos estos tipos de pérdidas se los presentan en la **Tabla 3.12.**

Pérdidas	Valor
Cable	0,05 - 1dB /metro
Pigtail	0,4 dB
Branching	0,4 dB
Acoplamiento	0,1 a 0,4 dB

Tabla 3.12 Distintas pérdidas consideradas para el diseño

Pérdidas en la línea de transmisión. Las pérdidas del cable, varían desde los 0.05 dB hasta 1 dB por metro. Para nuestro caso, los cables no serán mayores que un metro. Por lo tanto, se considera una pérdida de 1 dB entre el cable y los conectores; además, debemos considerar las pérdidas a causa del pigtail, que es un adaptador entre el punto de acceso y el radio inalámbrico, las pérdidas de este dispositivo son de 0.4 dB.

Pérdidas en el branching. El Line Protector, es un dispositivo que permite filtrar señales de radio frecuencia y protege los sobre voltajes y descargas eléctricas, desviándoles hacia una conexión a tierra. Este dispositivo, introduce una pérdida de 0.4 dB.

Las pérdidas totales por acoplamiento de antenas varían de 0,1 – 0,4 dB.

El cálculo se lo realiza de la siguiente forma:

$$\mathrm{Pr} = Pt + Gt - Pc - Ppg - Pbr - Pac + Gr - Pc - Ppg - Pbr - Pac - Pp \qquad \textbf{Fórmula [3.4]}$$

Para este cálculo se estimó un valor de potencia de transmisión de 100 mW, ya que de acuerdo al CONATEL[1], esta es la potencia máxima a transmitir en una comunicación inalámbrica punto - punto y punto – multipunto en bandas de frecuencia licenciadas y no licenciadas, para la cual no existen regulaciones ni valores mensuales de pago, el único pago que se debe realizar es un pago anual de utilización de una banda del espectro de frecuencia, valor detallado en el siguiente capítulo. La ganancia de las antenas de acuerdo a l resolución 417 - 15 debe tener una ganancia entre 6 y 25 dBi, en la banda de frecuencia de 5725 - 5850 MHz, para nuestros cálculos se estima un valor de 23 dBi de ganancia para las antenas, valor que está presente en la mayoría de antenas utilizables para enlaces WiMAX, en la resolución no se estable ningún valor de PIRE (Potencia Isotrópicamente Radiada Efectiva).

3.5.3 MARGEN DE DESVANECIMIENTO

Al margen de desvanecimiento se lo conoce como factor de amortiguamiento en la ganancia total del sistema, el mismo que considera características no ideales así como la propagación de ondas de múltiples trayectorias (pérdidas por múltiples trayectorias), y sensibilidad a superficie rocosa.

Es muy importante la consideración del margen de desvanecimiento en la determinación de la ganancia de un sistema, puesto que influye en las condiciones atmosféricas causando situaciones temporales anormales en la misma y produciendo alteraciones en la pérdida de trayectoria en el espacio libre. El margen de desvanecimiento permite relacionar la confiabilidad del enlace, para obtener este dato se utiliza la fórmula de Bamett-Vigant:

$$Fm = 30\log d + 10\log(6.A.B.f) - 10\log(1-R) - 70 \qquad \textbf{Fórmula [3.5]}$$

[1] Resolución 417 – 15 – CONATEL – 2005. CONATEL: Consejo Nacional de Telecomunicaciones.

Donde:

- Fm = Margen de desvanecimiento. [dB]
- 1-R = 0.00001(Objetivo de confiabilidad del enlace)
- d = Longitud de del trayecto [Km]
- A = Factor de rugosidad:
    - 4, si es terreno plano o agua
    - 1, para un terreno promedio.
    - 0.25, para un terreno rugoso.
- B= Factor climático:
    - 0.5 zonas calientes y húmedas.
    - 0.25, zonas intermedias.
    - 0.125, para áreas montañosas o muy secas.
- f=frecuencia [HZ].

Para el cálculo se asumirá que A=1 y B=0.125 y se considerará un objetivo de confiabilidad del 99.99% = (1-R) = 0.0001.

3.5.4 UMBRAL DE RECEPCIÓN

El umbral de recepción, es un valor referencial de potencia que el equipo receptor dispone; valores de señal por encima de éste, lograrán establecer una comunicación inalámbrica confiable.

$$Ur = Pr - Fm$$ **Fórmula [3.6]**

3.5.5 VIABILIDAD DEL ENLACE (LINK BUDGET)

Para conseguir un buen funcionamiento de una red inalámbrica, la potencia de emisión sumada las pérdidas de propagación, incluyendo la sensibilidad de

recepción debe ser mayor que 0. El margen resultante indica si es viable o no un enlace. Un buen radio enlace debería tener mínimo 5 dB como margen.

$$L_B = Pt + Gt - Pc - Ppg - Pbr - Pac + Gr - Pc - Ppg - Pbr - Pac + Sr - Pp \quad \textbf{Fórmula [3.7]}$$

3.6 CÁLCULOS DE ENLACES INALÁMBRICOS

Se tomará como ejemplo el enlace que se encuentra más distante al edificio matriz, el cual es con el repetidor miravalle.

f = 5800 MHz
d = 9,3 Km

Pérdida de Propagación

$$Pp = 32{,}4 + 20\,log\,f + 20\,log\,d$$
$$Pp = 127{,}04\ dB$$

Potencia del Receptor

$$\mathrm{Pr} = Pt + Gt - Pc - Ppg - Pbr - Pac + Gr - Pc - Ppg - Pbr - Pac - Pp$$
$$Pr = 20\ dBm + 23\ dBi - 1\ dB - 0.4\ dB - 04\ dB - 0{,}4dB + 23\ dBi - 1\ dB - 0.4\ dB - 04\ db$$
$$-0{,}4\ dB - 127{,}04\ dB$$
$$Pr = -65{,}44\ dB$$

Margen de Desvanecimiento

A = 1
B = 0.125

$$Fm = 30\,log\,d + 10\,log(6.A.B.f) - 10\,log(1 - R) - 70$$
$$Fm = 30\,log\ (9{,}3) + 10\,log(6\ x\ 1\ x\ 0{,}125\ x\ 5800) - 10\,log\ (0.0001) - 70$$
Fm = 35,44

Umbral del receptor

$Ur = Pr - Fm$

$Ur = -65{,}44 - 35{,}44$

$Ur = -100{,}88$

$Ur = -100{,}88\ dBm$ *Éste valor de umbral es igual a la sensibilidad del equipo en la recepción (Sr)*

Link Budget

$L_b = Pt + Gt - Pc - Ppg - Pbr - Pac + Gr - Pc - Ppg - Pbr - Pac + Sr - Pp$

$L_b = 20 + 23 - 1 - 0{,}4 - 0{,}4 - 0{,}4 + 23 - 1 - 0{,}4 - 0{,}4 - 0{,}4 + 100.88 - 127{,}04$

$L_b = 35{,}44\ dB$ *Por lo tanto se concluye que el enlace es viable*

ENLACE	DISTANCIA (Km)	FRECUENCIA (MHz)	Pp (dB)	Pr (dB)	Fm	Ur (dB)	Lb (dB)
Matriz – Repetidor Miravalle	9,3	5800	127,04	-65,44	35,44	-100,88	35,44
Matriz – Planta Bellavista	3,3	5800	118,04	-56,44	21,94	-78,39	21,95
Matriz – Planta Recubrimiento	2,4	5800	115,27	-53,67	17,80	-71,47	17,8
Matriz – Dist. San. Norte	2,6	5800	115,97	-54,37	18,34	-73,21	18,34
Matriz – Distrito la Granja	0,9	5800	106,75	-45,15	5,02	-50,17	5,02
Matriz – Micromedición	2,4	5800	115,27	-53,67	17,80	-71,47	17,8
Matriz – Planta Puengasí	5,4	5800	122.32	-60,71	28,36	-89,08	28,36
P. Puengasí – Planta el Placer	3,7	5800	119,03	-57,43	23,44	-80,87	23,44
Rep. Miravalle – Planta el Troje	7,1	5800	124,70	-63,10	31,93	-95,03	31,93

Tabla 3.13 Cálculos para cada enlace inalámbrico.

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
Radio inalámbrico	Potencia de transmisión: 100 mW Estándar 802.16 Interfases 1LAN, 1WLAN, IP Routing Seguridad AES, WEP, WPA QoS (Calidad de servicio) Frecuencia 5725 – 5850 MHz

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS
Antena	Ganancia de 16dbi – 25 dBi Frecuencia: 5725 – 5850 MHz Ancho del Haz (beamwidth): 6 – 20 grados Polarización: vertical y horizontal.

Tabla 3.14 Características de radios inalambricos y antenas para la red WiMAX

3.7 ANÁLISIS DE UBICACIÓN DE EQUIPOS INALÁMBRICOS DE LA RED WiMAX

Los lugares donde se van a ubicar los radios de comunicación y las respectivas antenas, son los mismos en los que actualmente se encuentran ubicados los enlaces inalámbricos de la EMAAP-Q, todo esto para utilizar la misma infraestructura física.

Para realizar esto se utilizó el software gratuito Radio Mobile, éste software es una herramienta para analizar y planificar el funcionamiento de un sistema de radiocomunicaciones fijo o móvil, utiliza mapas con datos digitales de elevación del terreno, junto con los datos de las estaciones de radiocomunicación y algunos algoritmos, esto con el fin de desarrollar modelos de propagación de enlaces de radiofrecuencia.

Los datos de elevación se usan para producir mapas virtuales en relieve (en escala de grises, de colores, rayos). El programa también proporciona vistas en 3D, estereoscópicas y animación. Se puede superponer una imagen en relieve con otro mapa escaneado, foto de satélite, etc.

El programa Radio Mobile acepta varios formatos de datos de elevación: GTOPO30 (Global Topographic Data), DTED (Digital Terrain Elevation Data), y SRTM (Shuttle Radar Topography Mision). En la **tabla 3.14** se muestra algunas características de Radio Mobile.

Nombre	Radio Mobile
Rango de frecuencia	20 - 20000 MHz
Altura de antenas	5 – 2999 m
Rango de elevación terreno	-999 a 2000m
Climas	Ecuatorial, subtropical continental, desértico, subtropical marino, temperado continental, etc.
Potencia de transmisión	-1^{-8} a 1^{6} W
Sensibilidad de equipos	0,01 a 2000 µV
Ganancia de antenas	-10 a 100 dBi
Número de redes	Más de 50
Número de unidades	Más de 1000
Número de sistemas	Más de 255
Topologías	Red de voz, red de datos, red de datos clúster.
Fuente de elevación	SRTM1, 3 DTED 1, 2 GTOPO30.
Resolución	1/3, 1, 3 , 30 Segundos de arco
Cobertura	5000 Km

Tabla 3.15 Características de Radio Mobile

La **tabla 3.15** muestra la ubicación de los radios de comunicación con sus respectivas antenas, cabe señalar que las alturas de las antenas representan a la altura de los edificios junto con las torres de comunicación, por eso las distancias tan elevadas.

También la tabla incluye la elevación del lugar, sobre el nivel del mar, ya que se debe tener en cuenta que la altura señalada por el software no corresponde a edificios o arboles cerca del sitio, solo el perfil topográfico del lugar en cuestión.

Lugar de ubicación de la torre	Altura del sitio sobre el nivel del mar	Altura de la antena sobre la tierra	Coordenadas Geográficas	
			Latitud	Longitud
Edificio EMAAP-Q	2780.02 m	60 m	00° 11” 24’ S	78° 29’ 22.4” O
Planta Bellavista	2968.59 m	60 m	00° 10” 51’ S	78° 27” 40.9’ O
La Granja	2846.43 m	15 m	00° 11” 08.4’ S	78° 29” 48.5’ O
Planta El Placer	2894.73 m	40 m	00° 13” 06.6’ S	78° 31” 11.4’ O
Planta Puengasí	2984.35 m	50 m	00° 14” 17.4’ S	78° 29” 36.0’ O
Micromedición	3005.28 m	25 m	00° 10” 53.3’ S	78° 30” 35.1’ O
P. Recubrimiento	3016.57 m	50 m	00° 10” 46.1’ S	78° 30” 37.4’ O
D. S. Norte	2993.17 m	40 m	00° 10” 47.2’ S	78° 30” 30.9’ O
Rep. Miravalle	3177.23 m	60 m	00° 16” 15.9’ S	78° 30” 37.4’ O
Planta El Troje	3151.1 m	40 m	00° 20” 00.6’ S	78° 31” 20.7’ O

Tabla 3.16 Ubicación geográfica de los equipos inalámbricos

La ubicación de las antenas con respecto a la tierra tienen gran altitud, por ejemplo el edificio de la EMAAP-Q, es de 60 metros debido a que la torre de comunicación se encuentra sobre el edificio matriz, el cual mide alrededor de 40 metros, la torre mide 30 metros pero los equipos se los colocará solo a 20 metros de la torre porque a esa altura tiene una visión adecuada con todos los puntos remotos.

Estos cálculos de la ubicación de las antenas se los realizó en base a la infraestructura existente, y utilizando el software Radio Mobile para observar que las zonas de Fresnel estén correctamente despejadas.

A continuación se presenta un gráfico de la ubicación física de las antenas dentro del plano de la ciudad de Quito.

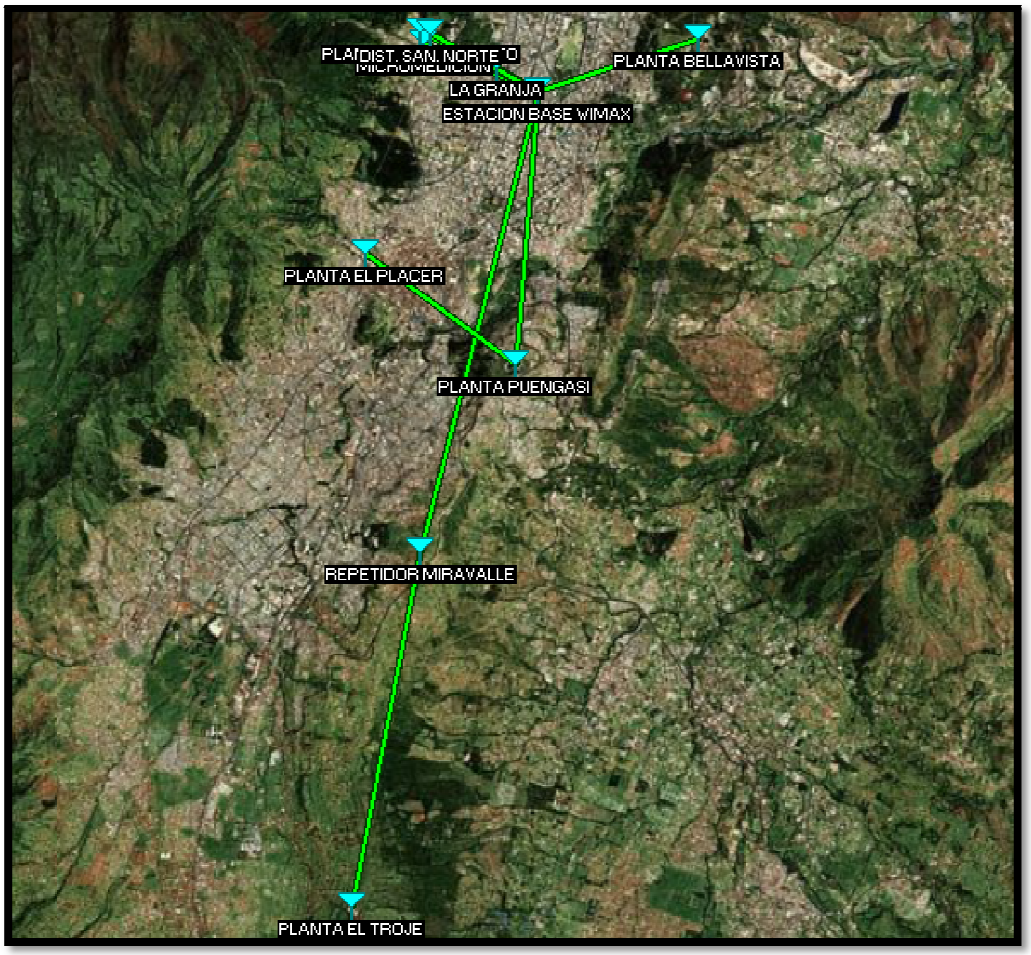


Figura 3.3 **Enlaces ubicados en el Distrito Metropolitano de Quito**

ENLACE	DISTANCIA (Km)
Matriz – Repetidor Miravalle	9,3
Matriz – Planta Bellavista	3,3
Matriz – Planta Recubrimiento	2,4
Matriz – Dist. San. Norte	2,6
Matriz – Distrito la Granja	0,9
Matriz – Micromedición	2,4
Matriz – Planta Puengasí	5,4
P. Puengasí – Planta el Placer	3,7
Rep. Miravalle – Planta el Troje	7,1

Tabla 3.17 **Distancias de los enlaces inalámbricos**

3.7.1 ZONA DE FRESNEL

Es el volumen de espacio que se tiene entre el emisor y el receptor en un enlace inalámbrico, éste espacio debe estar totalmente despejado, de manera que no existan obstáculos para la propagación de la onda electromagnética, acústica, etc.

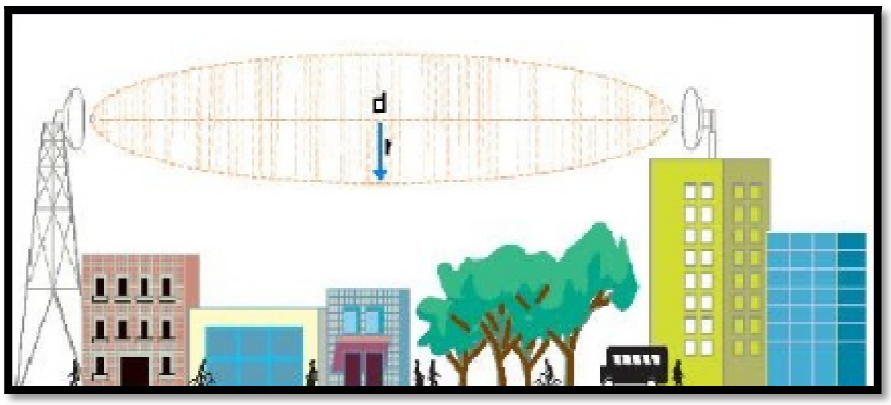


Figura 3.4 Zona de Fresnel ligeramente obstruida

Lo ideal es que la primera zona de Fresnel no esté obstruida, pero normalmente es suficiente despejar el 60% del radio de la primera zona de Fresnel para tener un enlace satisfactorio. En la **Figura 3.4** se muestra la zona de Fresnel, donde *d* es la distancia entre el emisor y receptor, y *r* es el radio de la primera zona de Fresnel.

Los siguientes gráficos muestran la zona de Fresnel de cada enlace inalámbrico de la red de la EMAAP-Q.

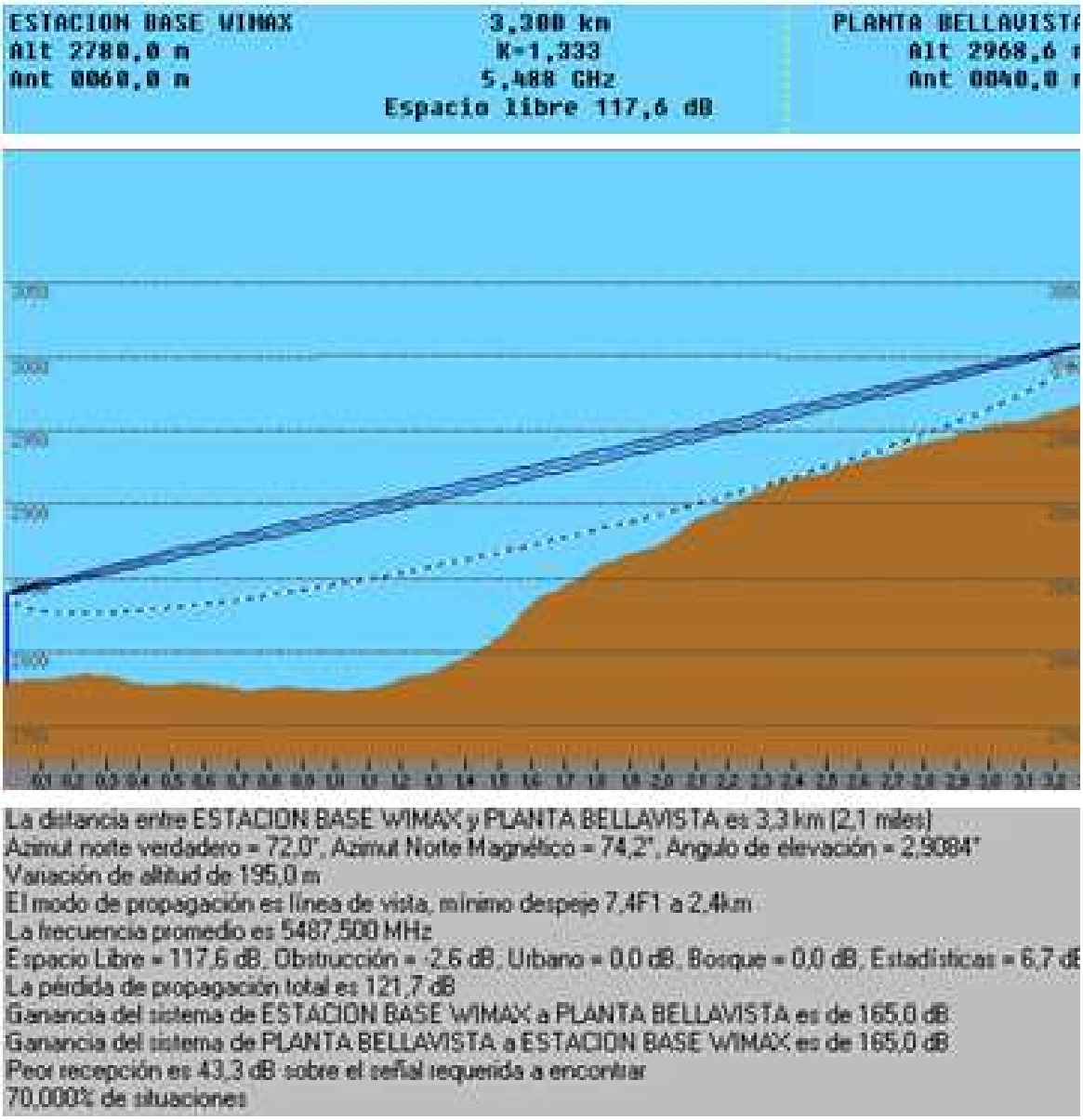


Figura 3.5 **Enlace Estación Base con Planta Bellavista**

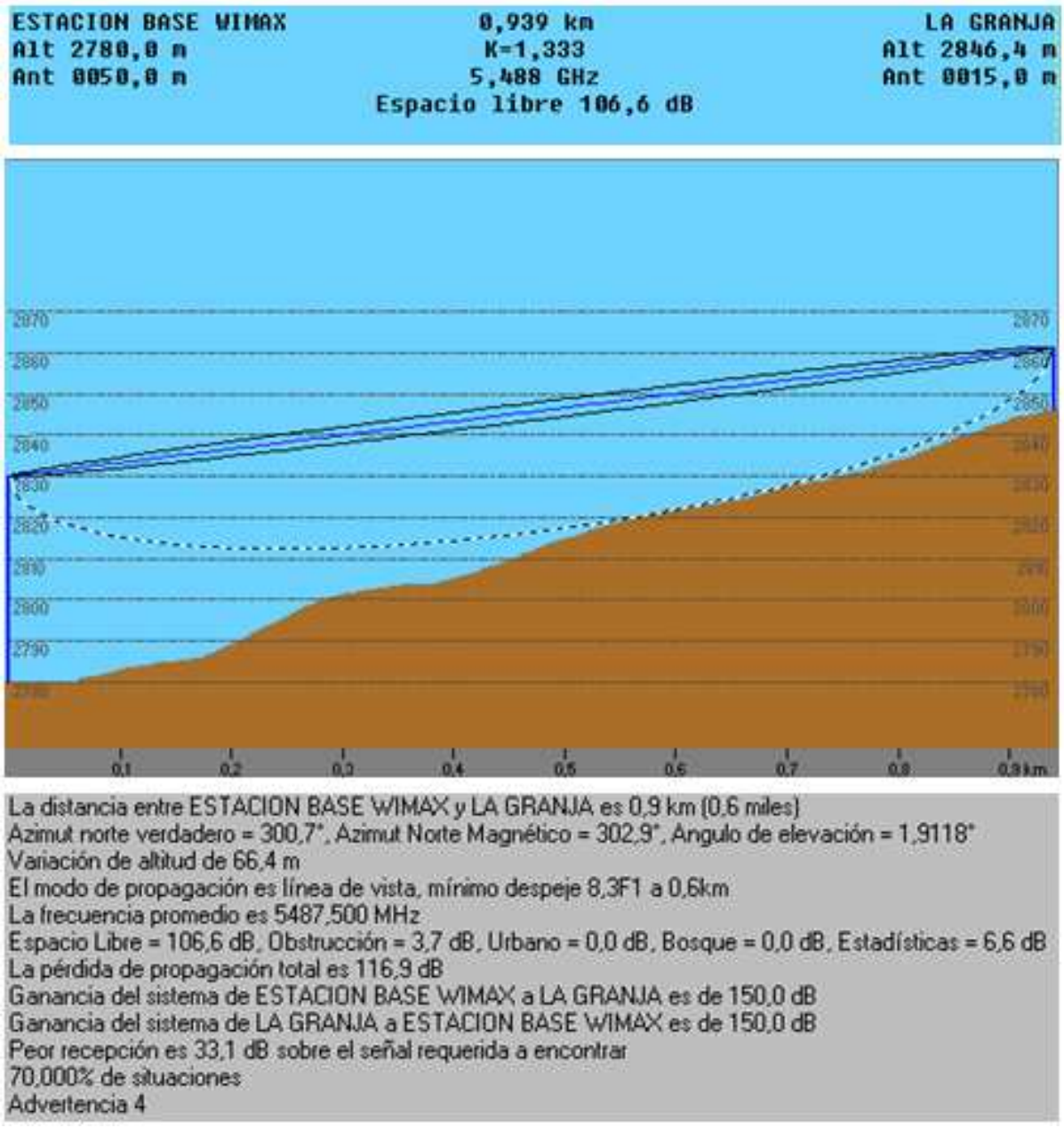


Figura 3.6 Enlace Estación Base con Distrito La Granja

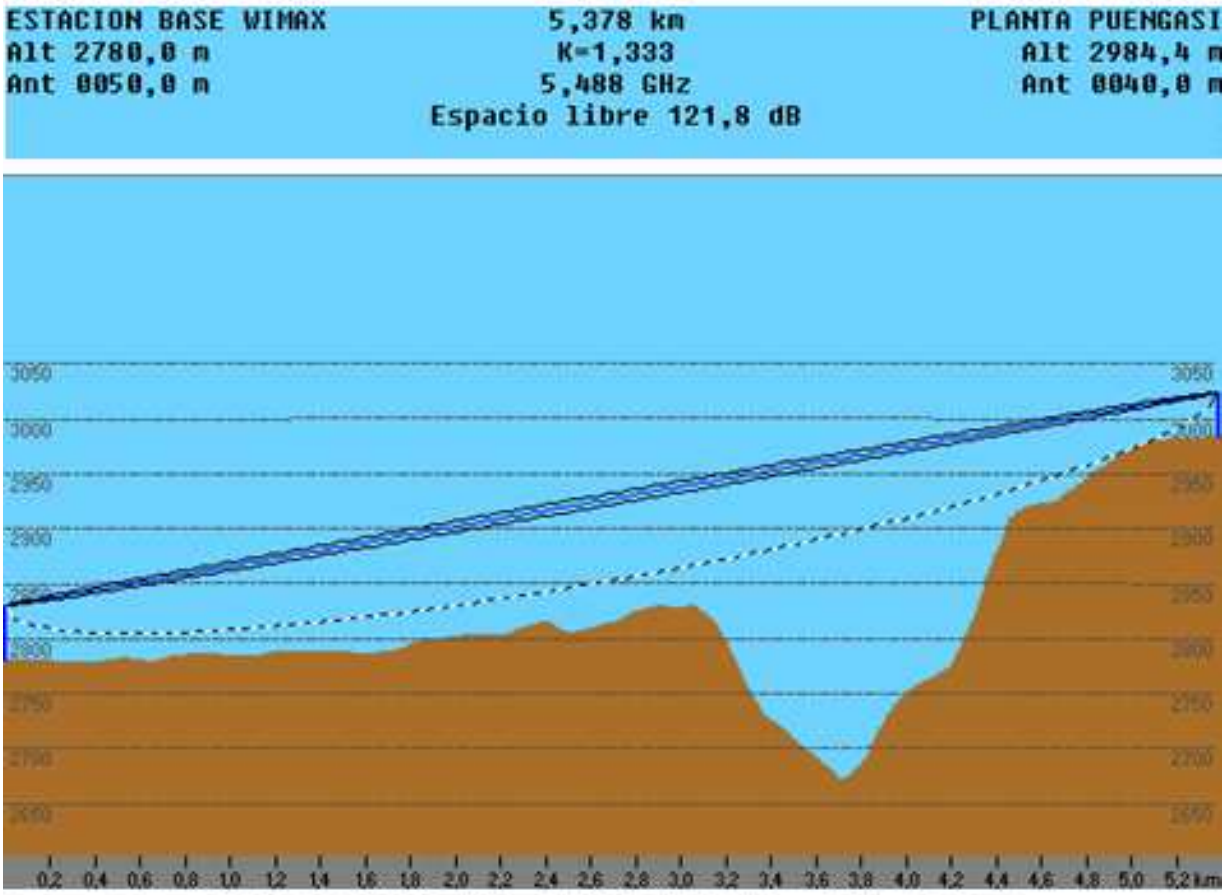
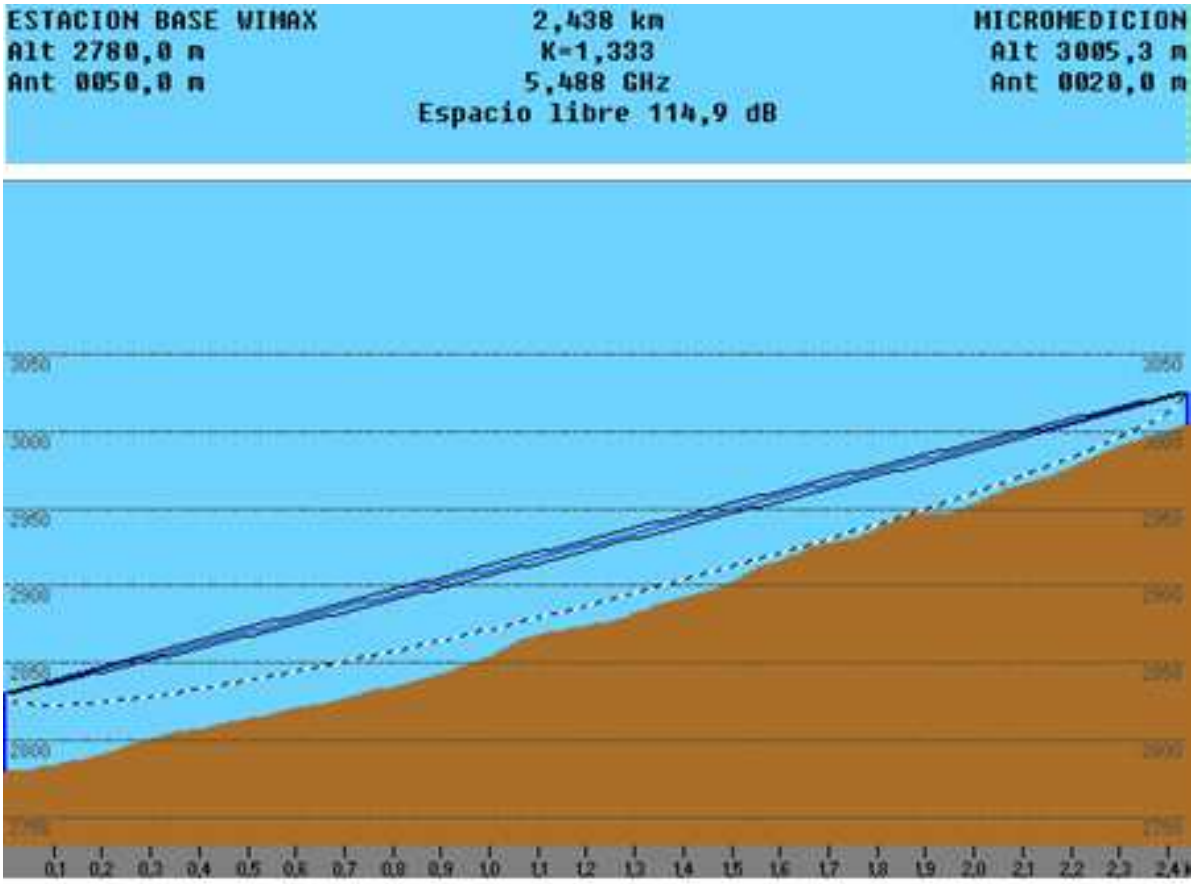


Figura 3.7 Enlace Estación Base con Planta Puengasí



La distancia entre ESTACION BASE WIMAX y MICROMEDICION es 2,4 km (1,5 miles)
Azimut norte verdadero = 292,9°, Azimut Norte Magnético = 295,1°, Angulo de elevación = 4,5659°
Variación de altitud de 225,3 m
El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 6,7F1 a 1,9km
La frecuencia promedio es 5487,500 MHz
Espacio Libre = 115,0 dB, Obstrucción = -2,6 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 6,7 dB
La pérdida de propagación total es 119,0 dB
Ganancia del sistema de ESTACION BASE WIMAX a MICROMEDICION es de 150,0 dB
Ganancia del sistema de MICROMEDICION a ESTACION BASE WIMAX es de 150,0 dB
Peor recepción es 31,0 dB sobre el señal requerida a encontrar
70,000% de situaciones

Figura 3.8 Enlace Estación Base con Distrito Micromedición

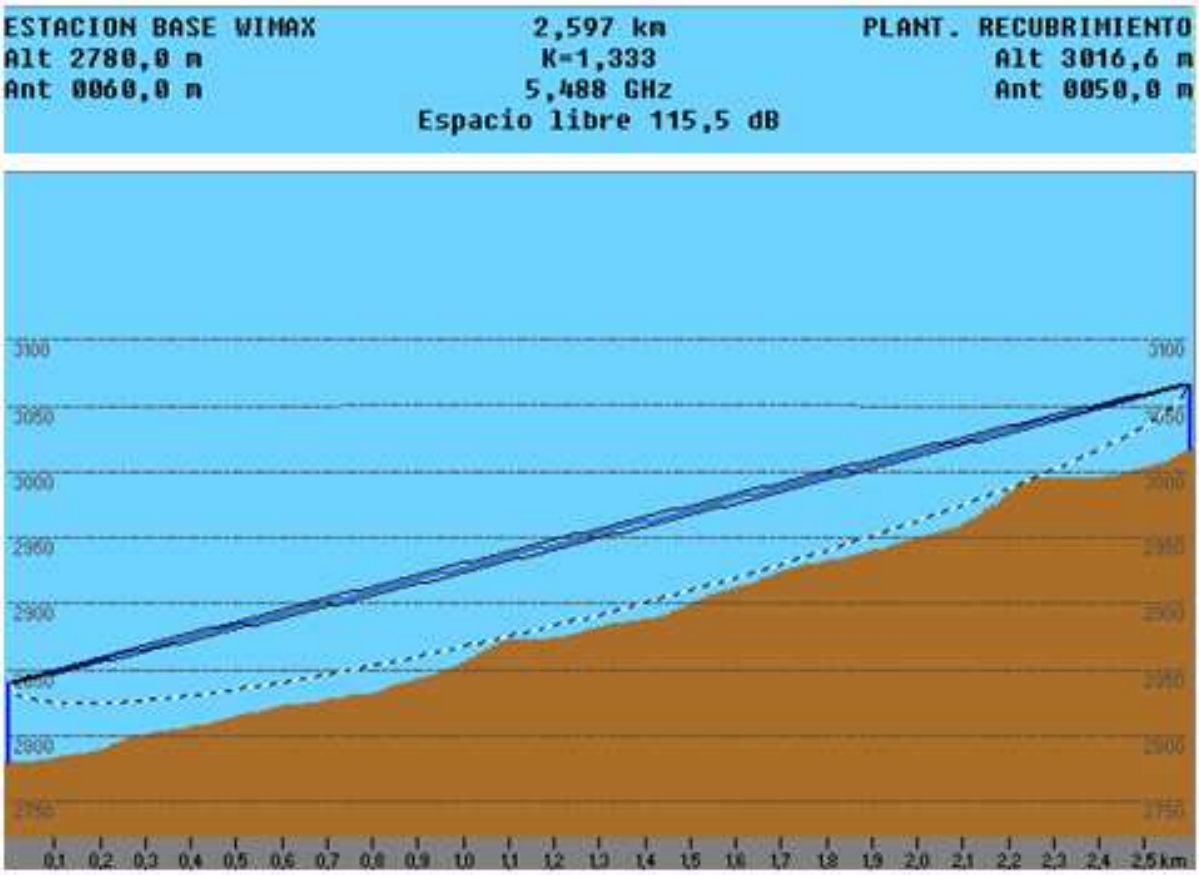
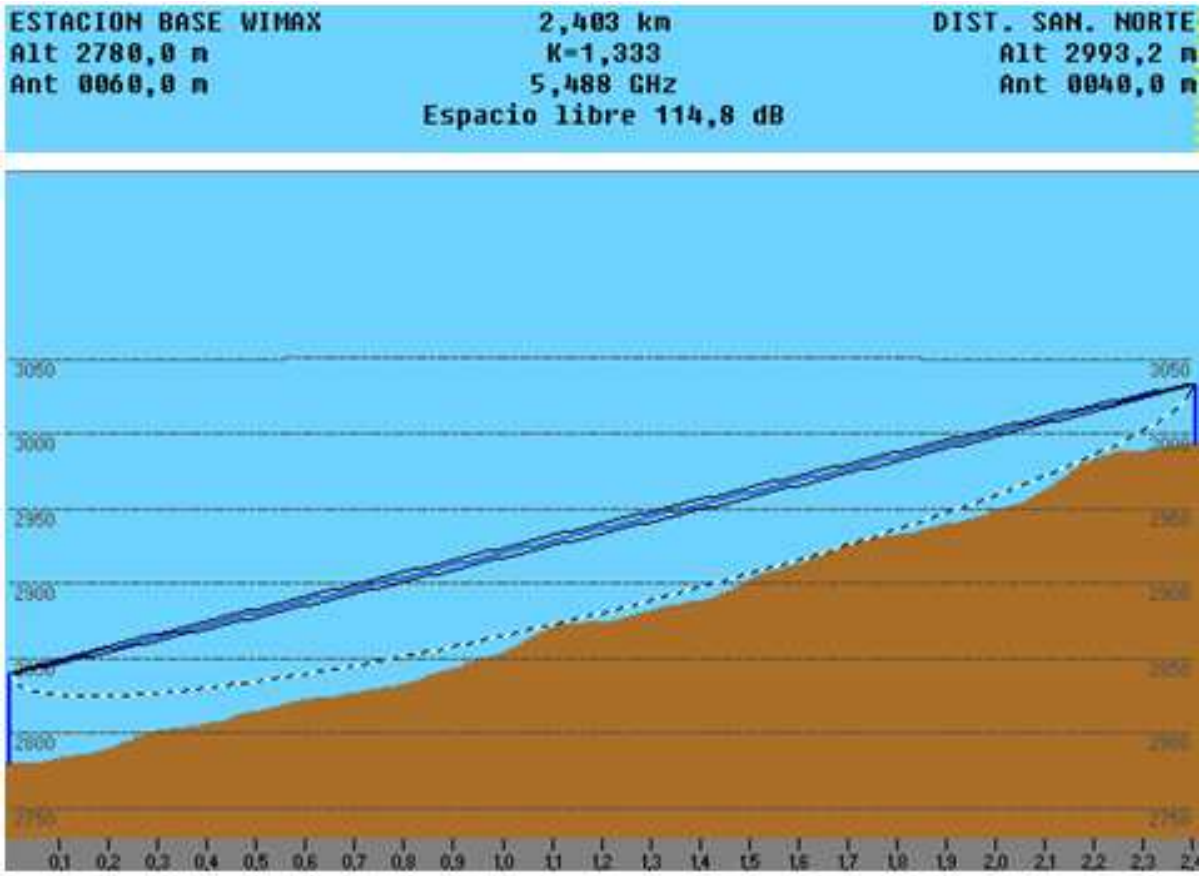
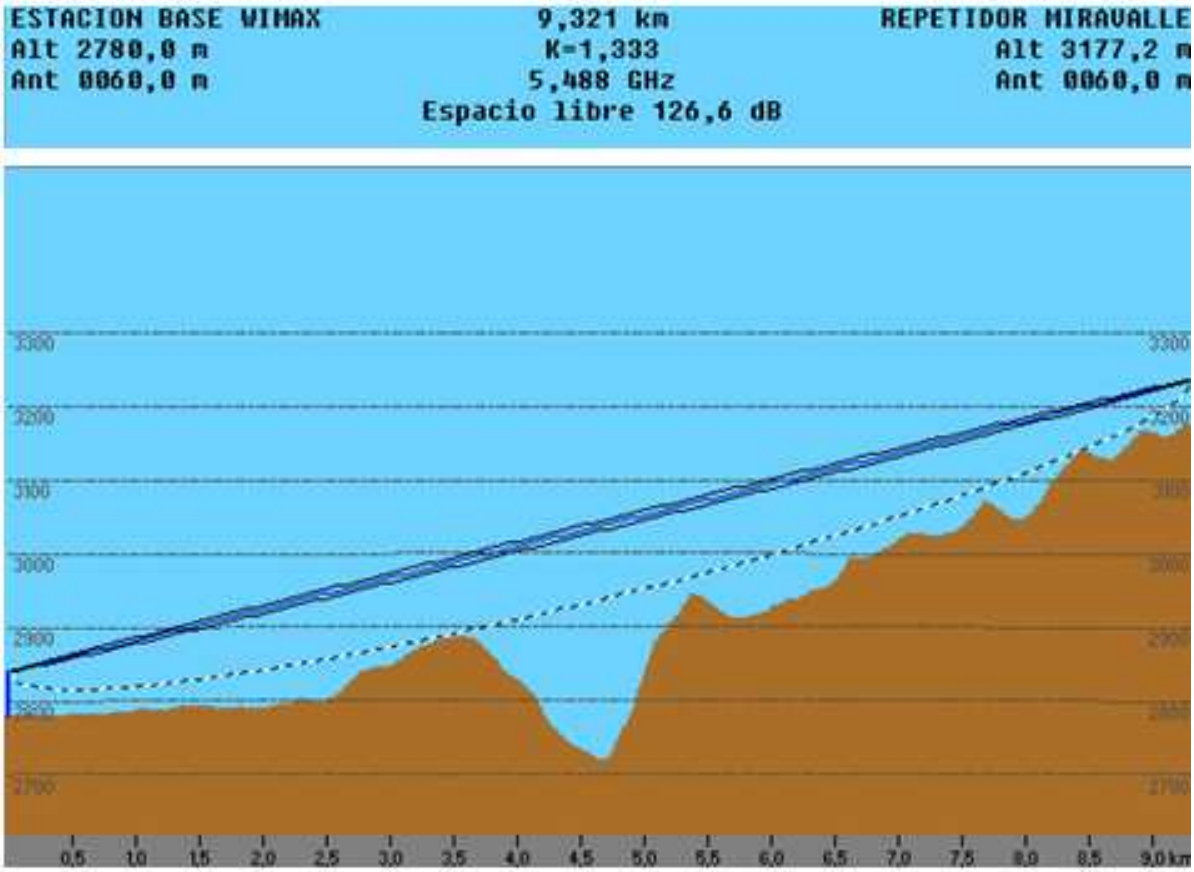


Figura 3.9 Enlace Estación Base con Planta Recubrimiento



La distancia entre ESTACION BASE WIMAX y DIST. SAN. NORTE es 2,4 km (1,5 miles)
Azimut norte verdadero = 298,2°, Azimut Norte Magnético = 300,4°, Angulo de elevación = 4,5825°
Variación de altitud de 213,1 m
El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 9,8F1 a 1,7km
La frecuencia promedio es 5487,500 MHz
Espacio Libre = 114,8 dB, Obstrucción = 4,3 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 6,7 dB
La pérdida de propagación total es 125,8 dB
Ganancia del sistema de ESTACION BASE WIMAX a DIST. SAN. NORTE es de 150,0 dB
Ganancia del sistema de DIST. SAN. NORTE a ESTACION BASE WIMAX es de 150,0 dB
Peor recepción es 24,2 dB sobre el señal requerida a encontrar
70,000% de situaciones

Figura 3.10 Enlace Estación Base con Distrito Saneamiento Norte



La distancia entre ESTACION BASE WIMAX y REPETIDOR MIRAVALLE es 9,3 km (5,8 miles)
Azimut norte verdadero = 194,4°, Azimut Norte Magnético = 196,6°, Angulo de elevación = 2,3957°
Variación de altitud de 461,5 m
El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 8,8F1 a 8,4km
La frecuencia promedio es 5487,500 MHz
Espacio Libre = 126,6 dB, Obstrucción = 0,8 dB, Urbano = 0,0 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 6,6 dB
La pérdida de propagación total es 134,1 dB
Ganancia del sistema de ESTACION BASE WIMAX a REPETIDOR MIRAVALLE es de 150,0 dB
Ganancia del sistema de REPETIDOR MIRAVALLE a ESTACION BASE WIMAX es de 150,0 dB
Peor recepción es 15,9 dB sobre el señal requerida a encontrar
70,000% de situaciones

Figura 3.11 Enlace Estación Base con Repetidor Miravalle

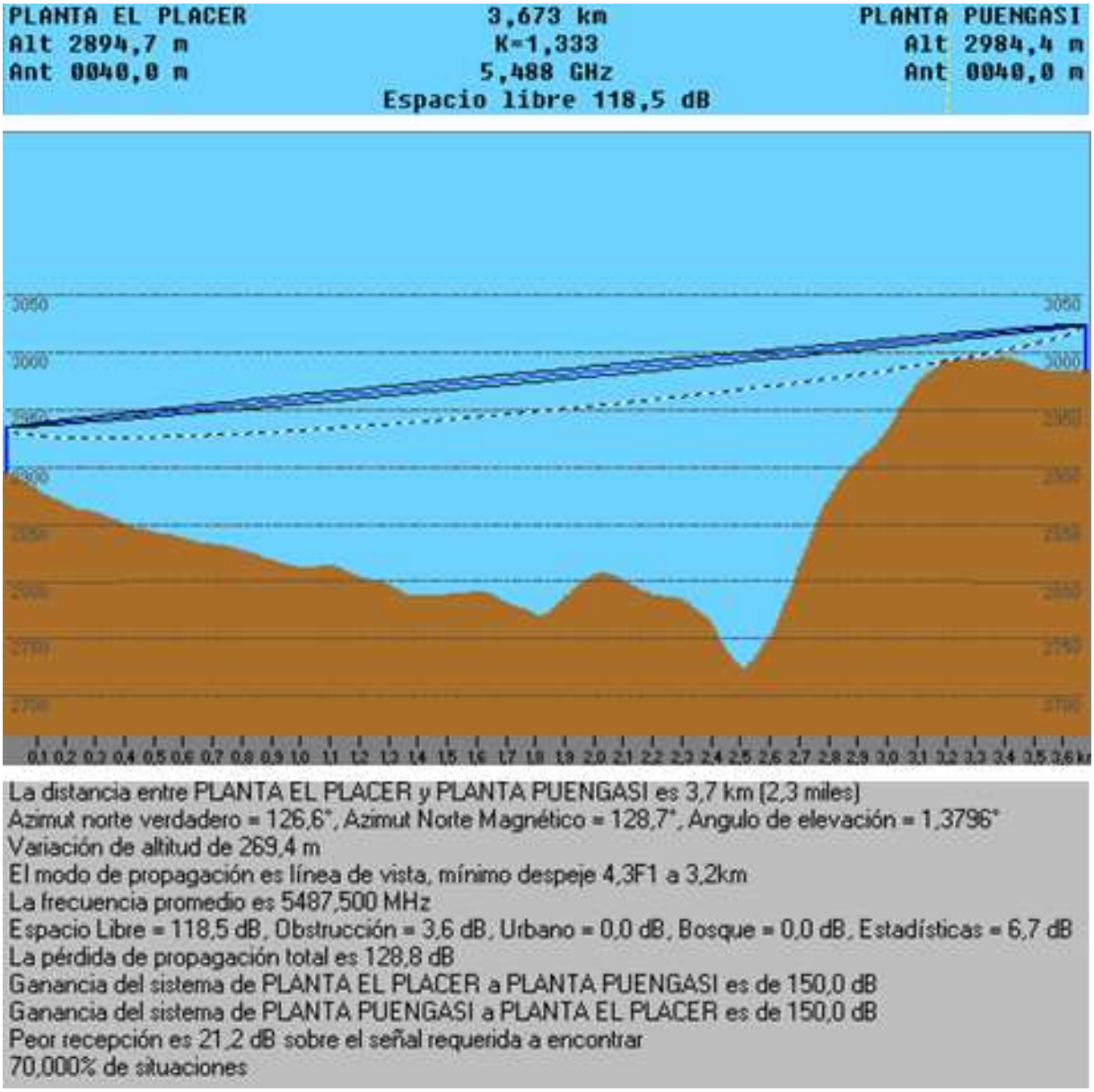


Figura 3.12 Enlace Planta El Placer con Planta Puengasí

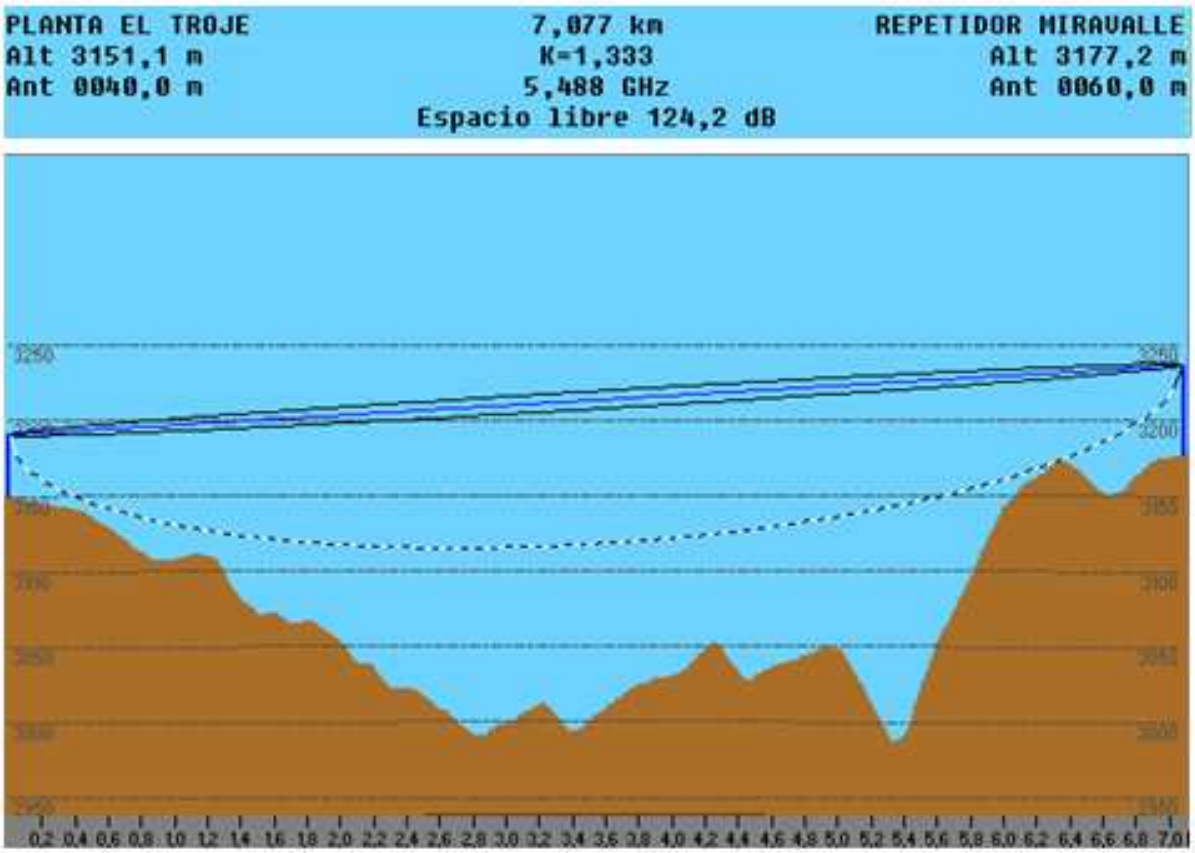


Figura 3.13 Enlace Repetidor Miravalle con Planta El Troje

3.8 BANDA DE FRECUENCIA

La tecnología WiMAX opera en bandas licenciadas y no licenciadas, el problema con las bandas licenciadas es que se necesita realizar trámites en el CONATEL para solicitar su uso, un ejemplo de este tipo de frecuencias es la banda de 3.5 GHz, para el diseño planteado utilizará la banda de 5,725 – 5,850 GHz denominada Banda ICM (Industriales, Científicas y Médicas), la cual es una banda no licenciada, además fue escogida debido a que ésta presenta mayor ancho de banda por canal, de hasta 10 MHz, según el equipo que utilice.

"El CONATEL aprobará y establecerá todas las características técnicas, de operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, previo estudio sustentado y emitido por la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones."[1]

Banda de Frecuencias (MHZ)	Asignación
902 – 928	ICM
2400 - 2483.5	ICM
5150 – 5250	INI
5250 – 5350	INI
5470 – 5725	INI
5725 – 5850	ICM, INI

Tabla 3.18 Bandas de frecuencias asignadas por la SENATEL[1]

Bandas INI.- Bandas de frecuencia asignadas para la Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha en la Banda de 5 GHz a título secundario, con el fin primario de facilitar el acceso a las TICs.

[1] Resolución 417 – 15 – CONATEL – 2005. SENATEL: Secretaría Nacional de Telecomunicaciones.

3.9 ESTRUCTURA DE LA RED

A continuación se presenta el diagrama de diseño de la red inalámbrica WiMAX ubicando los equipos de comunicación en los sitios donde están funcionando actualmente los equipos inalámbricos de la EMAAP-Q.

Como se dijo en capítulos anteriores la EMAAP-Q dentro de su infraestructura física cuenta con mástiles y torres de transmisión, la cual se encuentra en muchos de los sitios a los cuales se va a llegar con las comunicaciones, salvo en dos sitios, en la Planta Recubrimiento y Distrito Saneamiento Norte, para los cuales se va a necesitar de un mástil en cada sitio, para poder tener una línea de vista al edificio matriz de la EMAAP-Q, estos mástiles serán colocados por personal de Mantenimiento y Servicios.

La red inalámbrica estará compuesta de la siguiente forma:

Se va a trabajar con radios pares, para cada enlace inalámbrico, excepto en los enlaces Matriz – Micromedición, Matriz – Dist. San. Norte, Matriz - Distrito la Granja y Matriz – Planta Recubrimiento, en los cuales se va a utilizar una antena sectorial de 90° desde el edificio Matriz. Al inicio se había considerado utilizar una antena omnidireccional para la transmisión desde el Edificio Matriz, pero existen restricciones por parte del CONATEL para este tipo de transmisiones.

3.10 DIRECCIONAMIENTO IP

En la siguiente tabla se presenta el direccionamiento IP que será utilizado para los sitios remotos de la red inalámbrica, se ha considerado el mismo direccionamiento IP anterior simplemente utilizando de manera contigua las direcciones para cada enlace inalámbrico.

DIRECCIONAMIENTO IP			
SITIO	**DIRECCIÓN RED**	**RANGO**	**MASCARA DE SUBRED**
Plt. Bellavista	10.3.11.0	10.3.11.1 – 10.3.11.254	255.255.255.0
Plt. Recubrimiento	10.3.12.0	10.3.12.1 – 10.3.12.254	255.255.255.0
Dist. San. Norte	10.3.13.0	10.3.13.1 – 10.3.13.254	255.255.255.0
Dist. La Granja	10.3.14.0	10.3.14.1 – 10.3.14.254	255.255.255.0
Micromedición	10.3.15.0	10.3.15.1 – 10.3.15.254	255.255.255.0
Plt. Puengasí	10.3.16.0	10.3.16.1 – 10.3.16.254	255.255.255.0
Plt. El Troje	10.3.17.0	10.3.17.1 – 10.3 17.254	255.255.255.0
Plt. El Placer	10.3.18.0	10.3.18.1 – 10.3.18.254	255.255.255.0
P. Puengasí – P. El Placer	192.168.1.0	192.168.1.1 – 192.168.1.2	255.255.255.252
R. Miravalle – P. EL Troje	192.168.1.4	192.168.1.5 – 192.168.1.6	255.255.255.252

Tabla 3.19 Direcciones IP para sitios remotos de la EMAAP-Q

El direccionamiento IP está destinado para las maquinas (Host) de cada sitio remoto, y para los interfaces inalámbricos de cada radio, ya que estos funcionan como radios-routers (capa 3), se les asigna una dirección IP a cada interfaz del radio inalámbrico y se coloca una tabla de enrutamiento estático para su funcionamiento.

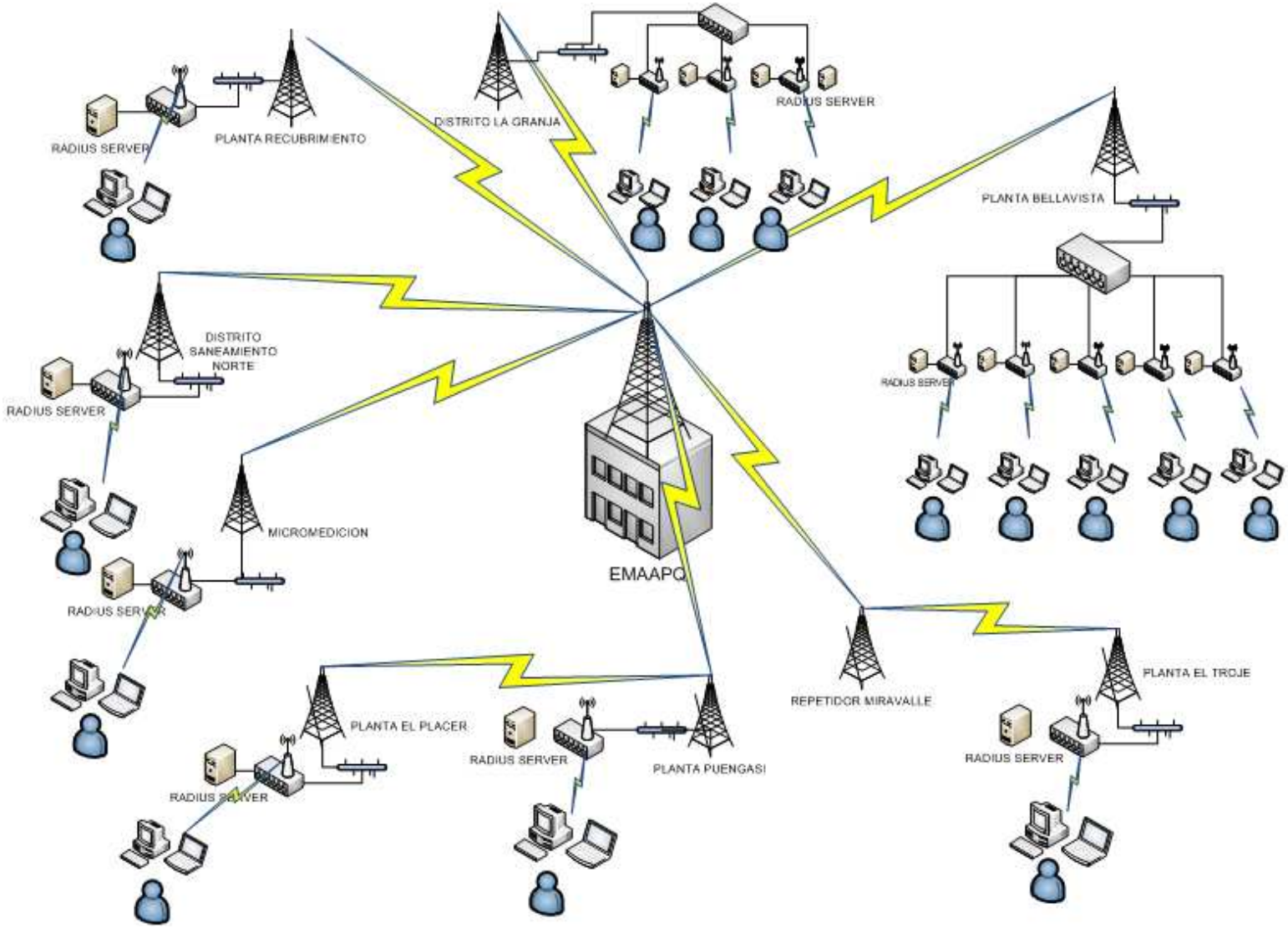


Figura 3.14 Diseño de la Red Inalámbrica para la EMAAP-Q

3.11 SEGURIDAD EN REDES INALÁMBRICAS

Las redes inalámbricas permiten flexibilidad y movilidad, lo cual se traduce en grandes comodidades para el usuario, por ésta y otras razones se han convertido en un complemento de las redes cableadas tradicionales.

Sin embargo, por la naturaleza del medio físico empleado (señales de radio) se convierte en un medio de transmisión inseguro ya que es susceptible de ser interceptado, y se convierte en un problema ya que abre un espacio para ataques a través de él y pone en riesgo la integridad de toda la red, por lo que deberá implementarse un mecanismo de seguridad, que garantice el acceso únicamente a usuarios pertenecientes a la empresa.

3.11.1 AMENAZAS EN LAS REDES INALÁMBRICAS

Un ataque a una red inalámbrica tiene dos etapas, un ataque pasivo donde se obtiene información sobre la red y un ataque activo con el cual se consigue tener acceso a la red. La siguiente figura muestra la clasificación de estos ataques

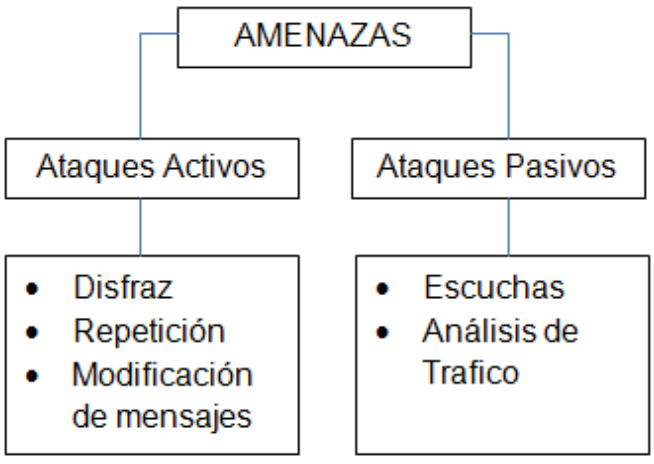


Figura 3.15 Principales tipos de amenazas en redes inalámbricas

3.12 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Para acceso a la red dentro de los Distritos y Plantas de Tratamiento de Agua se van a utilizar Access Point, ya que en estos lugares no poseen un cableado estructurado con normas que garanticen el correcto funcionamiento de la red, la configuración se los presenta en la **Figura 3.14**

Para enfrentar los problemas de seguridad en la red Wi-Fi interna para cada Distrito, se utilizara un servidor RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service), su configuración se la presenta en el anexo I.

Para enfrentar los problemas de seguridad en nuestra red inalámbrica WiMAX, se toma las siguientes precauciones:

- Algoritmos de seguridad incluidos en las características de los equipos.
- Manejo de claves de acceso a los equipos, y direccionamiento IP.

Los algoritmos más comunes para seguridad que los equipos incluyen son los siguientes:

Estándar WEP (Wired Equivalent Privacy)

El objetivo del algoritmo WEP es mitigar la vulnerabilidad de escuchas ilegales y la modificación no autorizada de los datos, esto lo realiza mediante el cifrado de los mismos, otro propósito del algoritmo WEP, es evitar que usuarios no autorizados accedan a las redes inalámbricas, para esto utiliza autenticación.

WEP puede permitir dos tipos de autenticación:

- Un sistema abierto, que concede permiso de acceso a la red inalámbrica a todos los usuarios sin necesidad de claves ni ningún tipo de autenticación.

- Un sistema que utiliza autenticación por clave compartida, el cual concede el ingreso únicamente a usuarios autorizados, siendo de esta forma el más seguro, en este último se utiliza una clave secreta compartida entre todas las estaciones y puntos de acceso del sistema.

Estándar WPA (WI-FI Protect Access)

WPA es un estándar propuesto por los miembros de la Wi-Fi Alliance conjuntamente con la IEEE, este estándar busca corregir los problemas de WEP, realizando mejoras en el cifrado de los datos y ofreciendo un mejor mecanismo de autenticación.

Para solucionar el problema de cifrado de los datos, WPA utiliza un nuevo protocolo para cifrado, el cual es TKIP (*Temporary Key Integrity Protocol*), este protocolo se encarga de cambiar la clave compartida entre el punto de acceso y el suscriptor cada cierto tiempo, y fortalece el proceso de cifrado WEP ampliando la longitud de la clave de 40 a 128 bits, de esta manera minimiza la reutilización de claves.

El mecanismo de autenticación usado en WPA emplea el estándar 802.1x y EAP (*Extensible Authentication Protocol*), según la complejidad de la red, un punto de acceso compatible con WPA puede operar en dos modalidades:

- **Modalidad de red empresarial.** Para operar en esta modalidad se requiere de la existencia de un servidor RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service) en la red. El punto de acceso emplea entonces 802.1x y EAP para la autenticación, y el servidor RADIUS suministra las claves compartidas que se usarán para cifrar los datos.

- **Modalidad de red doméstica, o PSK (Pre-Shared Key).** WPA opera en esta modalidad cuando no se dispone de un servidor RADIUS en la red. Se requiere entonces introducir una contraseña compartida en el punto de acceso y en los dispositivos móviles. Solamente podrán acceder al punto de acceso los dispositivos móviles cuya contraseña coincida con la del punto de acceso. Una vez logrado el acceso, TKIP entra en funcionamiento para garantizar la seguridad del acceso. Se recomienda que las contraseñas empleadas sean largas (20 o más caracteres), porque ya se ha comprobado que WPA es vulnerable a ataques de diccionario si se utiliza una contraseña corta, además un equipo de red inalámbrica que posea el sello “Wi-Fi” podrá ser actualizado por software para que cumpla con la especificación WPA.

Existe la versión WPA2 que es la segunda generación del WPA. Este proporciona encriptación con AES (Advanced Encryptation Standard), un alto nivel de seguridad en la autentificación de usuarios y tiene como desventaja que no es compatible con versiones anteriores de software.

ESTÁNDAR 802.1x

El estándar 802.1x es una solución de seguridad para el acceso y autenticación basado en la arquitectura cliente/servidor, que restringe la conexión de equipos no autorizados a una red, inicialmente fue creado para uso en redes LAN, pero se ha extendido también a las redes inalámbricas, el estándar 802.1x involucra elementos mostrados en la **Figura 3.16**.

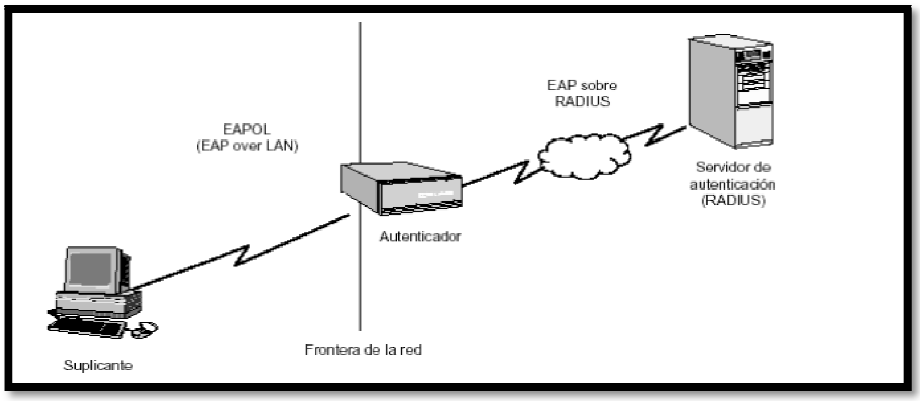


Figura 3.16 Estándar 802.11

- El suplicante, es el equipo cliente, que desea conectarse con la red.

- El servidor de autorización, es el que contiene toda la información necesaria de los equipos y/o usuarios autorizados para acceder a la red.

- 802.1x fue diseñado para emplear servidores RADIUS (Remote Authentication Dial In User Service) Estos servidores fueron creados inicialmente para autenticar el acceso de usuarios remotos por conexión vía telefónica y por las ventajas que ofrecen, han sido empleados también para autenticación en las LAN.

- El autenticador, que es el equipo de red (switch, enrutador, servidor de acceso remoto, etc) que recibe la conexión del suplicante, actúa como intermediario entre los dos extremos de la negociación y solamente permite el acceso del solicitante a la red previa autorización del servidor de autenticación.

CAPÍTULO 4

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS A UTILIZARSE EN EL DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA

4 CAPÍTULO 4

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS A UTILIZARSE EN EL DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA

Introducción

Es importante dar a conocer que equipos existen en el mercado y saber cuáles son sus beneficios en cuanto a eficiencias, ganancias potencias de transmisión y demás parámetros propios de cada equipo, en éste capítulo se realizará el análisis de equipos que cumplan con las características calculadas en el capítulo anterior, y se detallará los costos totales para la implementación de la red WIMAX.

También se realizará un análisis de los Access Point y adaptadores inalámbricos a utilizarse para la red Wi-Fi de cada oficina externa perteneciente a la EMAAP-Q.

4.1 ANÁLISIS DE CARACTERÍSTICAS DE EQUIPOS A UTILIZARSE EN LA RED WIMAX-WI-FI

En el mercado existen algunos fabricantes de equipos WIMAX que poseen diferentes modelos y trabajan en distintas bandas de frecuencia, cada fabricante oferta sus equipos de acuerdo a estas características.

A continuación se menciona las características técnicas de algunos equipos WIMAX de acuerdo a cada fabricante.

4.1.1 NETKROM TECHNOLOGIES (LONG RANGE WIRELESS NETWORKS)

NETKROM TECHNOLOGIES es diseñador, desarrollador y fabricante de equipos de telecomunicaciones, antenas y accesorios para redes inalámbricas en las bandas de frecuencia libres, bandas de frecuencias licenciadas, la tecnología con la cual están hechos los productos NETKROM es revolucionaria, y cuenta con tecnología WI-FI, Mesh y WiMAX 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.

Multi-band Backhaul/AP Dual Radio

Figura 4.1 **Multi-band Backhaul/AP Dual Radio**

Las características más importantes de este equipo se las presenta a continuación.

CARACTERISTICAS	MULTIBAND BACKHAUL/AP DUAL RADIO
Banda de frecuencias	180 – 280 MHz, 760 – 780 MHz, 2.3 – 3.7 GHZ, 5.20, 5.825 GHz, 4.9 – 6.1 GHz
Estándar	802.11a,b,g actualizable 802.16
Modo duplexación	TDD, FDD
Técnica de Modulación	OFDM (BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM)
Potencia de salida	20 – 28 dBm
Sensibilidad en recepción	-72 a -95 dBm
Funciones de red	IP routing, DHCP, NAT, QoS (Calidad de servicio) con administración de ancho de banda.
Seguridad	WEP(64-128bits), WPA1, WPA2, AES, listas de control de acceso.
Softaware Administración	NMS (Network Management System) gratuito
Temperature	-60 hasta 230°C
Conexión de energía	POE (Power Over Ethernet)
Antenas externas	2 slots para antennas directivas.
Administración	SNMP, HTTP, SSH
PRECIO ($)	**$ 700,00**

Tabla 4.1 Características equipo NETKOM

4.1.2 PROXIM

Proxim tiene como objetivo acelerar la introducción de servicios de acceso inalámbrico de banda ancha, de manera eficiente y a bajo costo, ya que la creación de estándares y grupos de trabajo, así como la necesidad de proporcionar múltiples servicios a zonas no abastecidas, hacen que WiMAX sea no sólo la competencia entre diferentes estándares sino una herramienta que puede implantarse para soluciones inalámbricas.

Figura 4.2 Tsunami MP.11 5054 R

CARÁCTERÍSTICAS	TSUNAMI MP.11 5054 BSU	TSUNAMI MP.11 5054 SU
Banda de Frecuencia	5,25 - 5,35 GHz, 5,47 - 5,725 GHz, 5,725 - 5850 GHz	5,25 - 5,35 GHz, 5,47 - 5,725 GHz, 5,725 - 5850 GHz
Estándar	802.16 – 2004	802.16 – 2004
Modo duplexación	TDD	TDD
Tipo de modulación	OFDM (BPSK, QPSK 16QAM, 64QAM)	OFDM (BPSK, QPSK 16QAM, 64QAM)
Potencia de transmisión	21 dB	
Ganancia de antena	18 – 23 dBi, se puede colocar antena externa	18 – 23 dBi, se puede colocar antena externa
Interfaz	1 Ethernet, 1 inalámbrica	1 Ethernet, 1 inalámbrica
Seguridad	WPA con AES, RADIUS	WPA con AES, RADIUS
Funciones de red	DHCP, NAT, IP Routing, QoS, administración del ancho de banda	DHCP, NAT, IP Routing, QoS, administración del ancho de banda
PRECIO ($)	**2 971,00**	**1 971,00**

Tabla 4.2 Características de Equipos PROXYM

4.1.3 ALVARION

Figura 4.3 Equipos WiMAX ALVARION

Alvarion como miembro del Foro WiMAX es uno de los principales interesados en el desarrollo de la tecnología WiMAX para producir equipos que manejen este estándar. Durante una década, Alvarion ha estado desarrollando y ha ofrecido tecnologías inalámbricas de banda ancha para proveedores de servicios, municipalidades y empresas.

Por tal motivo Alvarion introduce la familia BreezeMAX, la cual posee una avanzada tecnología OFDM para soportar operaciones sin línea de vista (NLOS), modulación adaptable y eficiencia espectral, permitiendo a operadores empezar a construir su red WiMAX.

El sistema BreezeMAX consta de los siguientes componentes:

Equipos de Estaciones Bases

- De alta densidad.
- Micro estación base.

Equipo de usuarios CPEs BreezeMAX

- BreezeMAX CPE IDU
- BreezeMAX CPE ODU

CARACTERISTICAS	BreezeMAX Estación Base	BreezeMAX CPE
Estándar	802.16 – 2004	802.16 – 2004
Banda de frecuencia	1 GHz, 2.4 GHz, 3.3 GHz, 5 GHz.	1 GHz, 2.4 GHz, 3.3 GHz, 5 GHz
Ancho de banda del canal	1.75MHz, 3.5GHz, 5MHz, 7MHz, 10 MHz	1.75MHz, 3.5GHz, 5MHz, 7MHz, 10 MHz
Tipo de Modulación	OFDM 64QAM to BPSK	OFDM 64QAM to BPSK
Potencia de transmisión	34 dBm	20 y 24 dBm
Interfaz	10/100/1000 Base-T.	10/100 Base-T, 802.11g Wi-Fi, RJ-11
Precio $	**3 714,00**	**711,00**

Tabla 4.3 Características de equipos ALVARION

4.1.4 Vecima Netwoks

Vecima Networks diseña equipos para trabajar en redes cableadas e inlambricas, los equipos cumplen con los estándares actuales de funcionamiento, es el caso de los equipos WiMAX, para este tipo de tecnología nos ofrece el VistaMAX OBR5000, el cual es un radio BS (Base Station) y el VistaMAX OSR5000, el cual es una estación suscriptora, estos equipos cuentan con POE Power Over Ethernet, por lo que no necesitan de alimentación de energía externa para su funcionamiento.

Las características de cada uno se las presenta a continuación:

CARACTERÍSTICAS	VistaMAX OBR5000 BS	VistaMAX OSR5000 S
Estandar	802.16 – 2004	802.16 - 2004
Frecuencia	5.15 – 5.875 GHz	5.15 – 5.875 GHz
Modulación	OFDM, TDD	OFDM, TDD
Funciones de red	Ip routing	Ip routing
Interfases	Ethernet, inalámbrica	Ethernet, inalámbrica
Administración	SNMP, TELNET/SSH	SNMP, TELNET/SSH
PRECIO	**$ 3 600,00**	**$ 400,00**

Cabe señalar q estos precios son en el Pais de Mexico DF. Si se escogen estos equipos se tendría q aumentar los costos por ingreso al país, impuestos, homologación, etc. Es por eso que los equipos a seleccionarse serán de empresas nacionales para evitar costos excesivos.

4.1.5 EQUIPOS MOTOROLA

Figura 4.4 Equipos CANOPY MOTOROLA

CANOPY ofrece una línea de productos inalámbricos de banda ancha orientados a proveer servicio de acceso de datos de alta velocidad en áreas de cobertura amplia o WMAN. Motorola Canopy System es la solución de banda ancha que reduce significativamente el costo y el tiempo que se necesita para ofrecer un servicio inalámbrico. La plataforma Motorola Canopy dispone de una conectividad

robusta de alta velocidad para redes privadas como gobiernos o empresas para ISP y carriers. Esta plataforma es escalable y segura soportando aplicaciones de alta velocidad, la seguridad: Canopy ofrece encriptación DES (Data Encryption Standard) en todos sus equipos y encriptación AES (Advanced Encryption Standard) de forma opcional.

Las características de estos equipos se las presenta a continuación.

SERIE PtP 400		
CARACTERÍSTICAS	**BACKHAUL 30**	**BACKHAUL 60**
Frecuencia	5.4 y 5.8 GHz	5.4 y 5.8 GHz
Capacidad	1.5 Mbps – 30 Mbps	3 Mbps – 60 Mbps
Cobertura	200 Km LOS, 10 Km NLOS	200 Km LOS, 10 Km NLOS
Interfases	Ethernet, WLAN	Ethernet, WLAN
Extras	POE Power Over Ethernet, antenna incorporada o externa	POE Power Over Ethernet, antenna incorporada o externa
PRECIO	**No especificado**	**No especificado**

Tabla 4.4 Características de equipos CANOPY MOTOROLA serie PtP400

SERIE PtP 600		
CARACTERÍSTICAS	**BACKHAUL 150**	**BACKHAUL 300**
Frecuencia	5.4 y 5.8 GHz	5.4 y 5.8 GHz
Capacidad	4 Mbps – 150 Mbps	5 Mbps – 300 Mbps
Cobertura	200 Km LOS, 10 Km NLOS	200 Km LOS, 10 Km NLOS
Interfases	Ethernet, WLAN	Ethernet, WLAN
Extras	POE Power Over Ethernet, antenna incorporada o externa	POE Power Over Ethernet, antenna incorporada o externa
PRECIO	**No especificado**	**No especificado**

Tabla 4.5 Características de equipos CANOPY MOTOROLA serie PtP400

4.1.6 Antena tipo Grilla NETKROM

Figura 4.5 Antena tipo grilla NETKROM

Las Antenas Wideband de 5GHz tipo Grilla que ofrece Netkrom utilizan un exclusivo diseño patentado con un alimentador (feeder) compacto de alto rendimiento. Las antenas están hechas a base de alambres de acero soldados los cuales son galvanizados y luego pintados al seco con una pintura de color gris, el diseño parabólico tipo grilla ofrece una muy baja resistencia al viento mientras mantiene un buen desempeño en RF. El montaje se simplifica gracias al sistema de brackets hecho de acero galvanizado con un hardware de acero inoxidable. Además la antena viene con un conector estándar Tipo N Hembra impermeable.

CARACTERÍSTICAS	ANTENA TIPO GRILLA
Ganancia	25dBi
Frecuencia:	5725 – 5850 MHz
Ancho del Haz (beamwidth):	6 grados
Polarización	vertical y horizontal.
PRECIO $	**75,00**

Tabla 4.6 Características antena tipo grilla

4.1.7 Antena de Grilla HYPERLINK

Figura 4.6 Antena tipo grilla HYPERLINK

La HG5822G es una antena reflectora de rejilla de alto desempeño ideal para aplicaciones direccionales en la banda de 5.8 GHz, esta antena es ideal para sistemas punto a punto, punto a multipunto y bridges inalámbricos. Su diseño compacto la hace virtualmente invisible en la mayoría de las instalaciones, y puede ser instalada en polarización vertical u horizontal.

CARACTERÍSTICAS	ANTENA TIPO GRILLA
Ganancia	22 dBi
Frecuencia:	5725 – 5850 MHz
Ancho del Haz (beamwidth):	10 grados
Polarización	vertical y horizontal.
PRECIO $	**75,00**

Tabla 4.7 Características de antena HYPERLINK

4.1.8 Antenas Sectoriales de 90° NETKROM

Figura 4.7 Antena sectorial 90° NETKROM

Los sistemas de Antenas Sectoriales con polarización vertical ofrecidos por Netkrom están construidos en base a cubiertas protectoras de plástico resistente a las radiaciones UV (Ultravioletas) y soportes de acero inoxidable galvanizado para una larga vida útil en las más exigentes condiciones. La operatividad ultra wideband permite a una sóla antena cubrir un amplio rango de frecuencias, de esta forma le brinda al operador una máxima flexibilidad a su propia red. Las antenas cuentan con protección a prueba de rayos.

CARACTERÍSTICAS	ANTENA SECTORIAL
Ganancia	17 dBi
Frecuencia:	5725 – 5850 MHz
Ancho del Haz horizontal	90 grados
Ancho del Haz vertical	6 grados
Polarización	vertical y horizontal.
PRECIO $	**281,00**

Tabla 4.8 Características de antena sectorial NETKROM

4.1.9 Antena sectorial 90° UBIQUITI airMAX

Figura 4.8 Antena sectorial de 90°UBIQUITI

Útil para ambientes externos, construida con materiales resistentes a la interperie, lista para instalarse, funciona adecuadamente en frecuencias de 4,90 GHz – 5,90 GHz, sus demás características se presentan a continuación.

CARACTERÍSTICAS	ANTENA SECTORIAL
Ganancia	17 dBi
Frecuencia:	5725 – 5850 MHz
Ancho del Haz horizontal	93 grados
Ancho del Haz vertical	9 grados
Polarización	vertical y horizontal.
PRECIO $	**415,00**

Tabla 4.9 Características de antena sectorial UBIQUITI

4.1.10 ACCESS POINT Y ADAPTADORES INALÁMBRICOS

El Access Point será utilizado en la red WI-FI interna en cada uno de los Distritos y Plantas de Tratamiento de la EMAAP-Q, lo que hay que tener en cuenta es que este dispositivo debe soportar un esquema de seguridad con servidor RADIUS, ya que en nuestro esquema de seguridad se trabaja con este tipo de servicio para la autenticación, además debe soportar más de 30 usuarios simultáneos, tener herramientas de administración remota como: HTTP, HTTPS, TELNET, etc.

Para elegir Access Point se realizó una comparación entre diferentes marcas de equipos, y sus características principales. Para realizar la comparación se eligió las marcas más destacadas, por recomendación de personal de la empresa Enlace Digital de la ciudad de Quito. Todos estos detalles se los puede apreciar en las tablas 4.10 y 4.11

Después de realizada la comparación, se eligío la marca D-LINK, y su Access Point modelo DWL-3200AP, ya que cumple con la mayoría de especificaciones necesarias para el diseño de la red Wi-Fi interna de cada Distrito y Planta de Tratamiento. Además su precio es muy económico, ya que los Access Point marca Cisco cumplen igual con todos los requisitos, pero su precio es demasiado elevado, alrededor de 4 veces mas el costo del DWL-3200AP D-LINK, algo interesante es la garantía del equipo, el DWL-3200AP D-LINK, ofrece Lifetime Warranty, que es una garantía de por vida.

MARCA	D-Link	LINKSYS	NETGEAR	TP-LINK
MODELO	DWL-3200AP	WAP54G	WG602	WA-501G
IMAGEN				
IEEE 802.11a/b/g/n	b/g	b/g	b/g	B
POE (Power over Ethernet)	✔	x	X	X
Multiple SSID/IEEE 802.1q	<Up to 8>	X	X	X
Velocidad	54/108 Mbps	54 Mbps	54 Mbps	54 Mbps
Potencia de transmisión	11g - 21dBm 11b - 21dBm	11g - 13.5dBm 11b - 16.5dBm	16 dBm	18 dBm
WEP Encryption	64/128/152-bit	64/128 bit	64 bit	64 bit
TKIP/AES Encryption	✔	✔	✔	✔
WPA-Personal	✔	✔	✔	✔
WPA2-Personal	✔	✔	✔	✔
WPA2-Enterprise	✔	X	X	✔
Access Control List	✔	X	X	X
Servidor RADIUS	✔	✔	X	✔
WEB <HTTP>	✔	✔	✔	✔
HTTPS	✔	✔	X	X
SNMP	✔	✔	X	X
Telnet	✔	✔	X	X
SSH	✔	✔	X	X
SNTP	✔	✔	X	X
Mac filter limit	256	X	X	X

Tabla 4.10 Características de Access Point inlámbricos

Marca	EDIMAX	TRENDNET	CISCO	3COM
Modelo	EW-7206APg	TEW-638APB	AIR-AP1242AG-x-K9	3CRWE915075
Imagén				
IEEE 802.11a/b/g/n	b/g	b/g	a/b/g	b/g/ draft n
POE (Power over Ethernet)	X	X		
Multiple SSID/IEEE 802.1q	X	X		
Velocidad	54 Mbps	300 Mbps	108 Mbps	300 Mbps
Potencia de transmisión	18 dBm	11g – 15 dBm 11b – 18 dBm 11n – 6dBm	11a - 17dBm 11b/g - 20dBm	18 dBm
WEP Encryption	64/128 bit	64/128 bit	64/128 bit	64/128 bit
TKIP/AES Encryption	✔	✔	✔	✔
WPA-Personal	✔	✔	✔	✔
WPA2-Personal	✔	✔	✔	✔
WPA2-Enterprise	✔	✔	✔	✔
Access Control List	X	✔	✔	✔
Servidor RADIUS	X	X	✔	✔
WEB <HTTP>	✔	X	✔	✔
HTTPS	X	X	✔	X
SNMP	X	X	✔	X
Telnet	X	X	✔	✔
SSH	X	X	✔	✔
SNTP	X	X	✔	✔
Mac filter limit	X	X	500	256

Tabla 4.11 Catcaterísticas de Access Point inalámbricos (continuación)

4.1.11 Adaptadores inalámbricos

Adaptador PCI inalámbrico D-Link

Figura 4.9 Adaptador PCI Wireless

La tarjeta D-Link DWL-AG530 es un adaptador Wireless PCI de alto rendimiento que trabaja con los estándares 802.11a, 802.11g y 802.11b, pudiendo operar de manera estándar a velocidades de 54Mbps hasta 108Mbps, también trabajar de forma transparente con cualquier producto D-Link o con cualquier producto de otras marcas fabricantes que operen bajo éstos estándares, el adaptador incorpora mecanismos de seguridad tales como Wi-Fi Protected Access (WPA), Advanced Encryption Standard (AES) y 802.1x, que en conjunto con un servidor Radius proporcionan un mayor nivel de Seguridad.

Adaptador USB inalámbrico D-Link

Figura 4.10 Adaptador USB inalámbrico

Este adaptador está orientado a soluciones en el hogar y en la pequeña empresa, el adaptador USB D-Link DWL-G132 es un adaptador inalámbrico de alto rendimiento para una PC de escritorio y notebooks, cumple con el estándar 802.11g WLAN, operando a una velocidad de transmisión de hasta 54Mbps y 108Mbps en el modo Turbo, es una excelente solución inalámbrica ya que ofrece facilidades avanzadas de conectividad inalámbrica, seguridad y facilidades de configuración.

Adaptador PCI inalámbrico LINKSYS

Figura 4.11 Adaptador PCI inalámbrico

Este adaptador PCI ofrece una conectividad de alto rendimiento a la mayoría de redes inalámbricas, lo que le permite acceder a Internet o a otros dispositivos conectados en red, como impresoras y sistemas de almacenamiento, se instala en la ranura PCI de la PC, la seguridad viene dada por un esquema de encriptación WPA.

Adaptador USB Wireless

Figura 4.12 Adaptador USB Wireless

El adaptador incorpora USB 2.0 y Wireless-G, que le permiten ofrecer velocidades de transferencia de datos de hasta 54 Mbps, lo cual es 5 veces más rápido que 802.11b, sin el inconveniente de tener que abrir el CPU para instalarlo, ya que para instalar el adaptador basta con conectarlo en cualquier puerto USB disponible, se puede conectar directamente al PC o bien se puede utilizar el cable de extensión USB incluido para colocar el adaptador en cualquier lugar, a una distancia máxima de 1.5 metros de la PC, la seguridad inalámbrica viene dada por (WPA), además obtiene la alimentación a través de la conexión USB.

4.1.12 COSTOS EQUIPOS INAMALBRICOS

Los precios que se detallan a continuación fueron proporcionados por personal de las Empresas Enlace Digital y TELALCA, en la ciudad de Quito, y por la empresa ZC Mayoristas de la ciudad de Guayaquil. Los precios de la mayoría de equipos son locales, y además los equipos ya se encuentran homologados por parte de las autoridades de telecomunicaciones del país.

Los precios de los equipos de la marca Vecima Netwoks en la línea vistaMAX son precios dados por personal de la empresa vía correo electrónico desde la ciudad de Mexíco DF. Por lo que si se utilizarían estos equipos en la red inalámbrica, se tendría que considerar un porcentaje extra del valor inicial, esto por impuestos en nuestro país.

EQUIPO	**PRECIO $**
Estación Base WiMAX VistaMAX® OBR5000	3 600,00
Estación Suscriptora WiMAX VistaMAX® OSR5000	400,00
MULTIBAND BACKHAUL/AP DUAL RADIO	700,00
TSUNAMI MP.11 5054 BSU	2 971,00
TSUNAMI MP.11 5054 SU	1 971,00
BreezeMAX Estación Base	3 714,00
BreezeMAX CPE	711,00
Antena de Grilla HYPERLINK	72,00
Antena de Grilla NETKROM	75,00
Antena sectorial NETKROM	281,00
Antena sectorial UBIQUITI	415,00
AP DWL-3200AP D-LINK	125,00
Adaptador Wireless PCI D-link	35,00
Adaptador Wireless USB D-link	28,00
Adaptador Wireless PCI Linksys	48,00
Adaptador Wireless USB Linksys	49,00

Tabla 4.12 Costo de equipos WiMAX-Wi-Fi

Los costos de los demás equipos no se incluyen debido a que no existían referencia en las páginas web y no se pudo establecer comunicación con las empresas que proveen estos dispositivos.

4.2 UBICACIÓN DE LOS EQUIPOS INALÁMBRICOS

Los equipos WiMAX serán ubicados como ya se mencionó en el capítulo anterior en las mismas ubicaciones de la red inalámbrica que funciona en la actualidad. Los Access Point Inalámbricos se los ubicará de la siguiente manera:

Distrito de Micromedición

Micromedición			
Descripción	**Cantidad**	**Personas/oficina**	**Ubicación de equipos**
Router Inalámbrico Adaptador inalámbrico	1 7	8	El Router inalámbrico, funcionando en el canal 6 se lo colocará en el techo del pasillo en el centro de las oficinas las cuales están separadas únicamente por modulares los cuales no son obstáculo para la red Wi-Fi.
Total routers inalámbricos			1
Total adaptadores inalámbricos			7

Tabla 4.13 Número de equipos inalámbricos Distrito Micromedición

Planta Recubrimiento

Planta Recubrimiento			
Descripción	**Cantidad**	**Usuarios**	**Ubicación de los equipos**
Router Inalámbrico Adaptador inalámbrico	1 12	13	El Router inalámbrico funcionando en el canal 6 se lo colocará en el techo del pasillo en el centro del laboratorio, no existe interferencia desde ese lugar para la red Wi-Fi.
Total de routers inalámbricos			1
Total adaptadores inalámbricos			12

Tabla 4.14 Número de equipos inalámbricos Planta Recubrimiento

Distrito Saneamiento Norte

Distrito Saneamiento Norte			
Descripción	**Cantidad**	**Usuarios**	**Ubicación de equipos**
Router Inalámbrico Adaptador inalámbrico	1 6	7	El Router inalámbrico funcionando en el canal 6 se lo colocará en el techo del pasillo en el centro del laboratorio, no existe interferencia desde ese lugar para la red Wi-Fi.
Total routers inalámbricos			1
Total adaptadores inalámbricos			6

Tabla 4.15 Número de equipos inalámbricos Distrito Saneamiento Norte

Planta de tratamiento de agua El troje

Planta el Troje			
Descripción	**Cantidad**	**Usuarios**	**Ubicación de equipos**
Router Inalámbrico Adaptador inalámbrico	1 22	23	El Router inalámbrico funcionando en el canal 6 se lo colocará en el techo del pasillo en el centro del laboratorio, no existe interferencia desde ese lugar para la red Wi-Fi.
Total routers inalámbricos			1
Total adaptadores inalámbricos			22

Tabla 4.16 Número de equipos inalámbricos Planta El Troje

Planta de tratamiento de agua El Placer

El Placer			
Descripción	**Cantidad**	**Usuarios**	**Ubicación de equipos**
Router Inalámbrico Adaptador inalámbrico	1 14	15	El Router inalámbrico funcionando en el canal 11 se lo colocará en el techo del pasillo en el centro del laboratorio, no existe interferencia desde ese lugar para la red Wi-Fi.
Total routers inalámbricos			1
Total adaptadores inalámbricos			14

Tabla 4.17 Numero equipos inalámbricos Planta el Placer

Planta de tratamiento de agua Puengasí

Puengasí			
Descripción	**Cantidad**	**Usuarios**	**Ubicación de equipos**
Router Inalámbrico Adaptador inalámbrico	1 14	15	El Router inalámbrico funcionando en el canal 6 se lo colocará en el techo del pasillo en el centro del laboratorio, no existe interferencia desde ese lugar para la red Wi-Fi.
Total routers inalámbricos			1
Total adaptadores inalámbricos			14

Tabla 4.18 Numero equipos inalámbricos Puengasí

Distrito la Granja y oficinas del PSA (Programa de Saneamiento Ambiental)

Distrito La Granja			
Programa de Saneamiento Ambiental (PSA)			
Descripción	**Cantidad**	**Usuarios**	**Ubicación de equipos**
Router Inalámbrico Adaptador inalámbrico	1 29	30	El Router inalámbrico, funcionando en el canal 11 se lo colocará en el techo del pasillo en el centro de las oficinas las cuales están separadas únicamente por modulares los cuales no son obstáculo para la red Wi-Fi.
Departamento de Cortes			
Router Inalámbrico Adaptador inalámbrico	1 10	11	El Router inalámbrico, funcionando en el canal 6 se lo colocará en el techo del pasillo en el centro de las oficinas las cuales están separadas únicamente por modulares los cuales no son obstáculo para la red Wi-Fi.
Geoprocesamiento			
Router Inalámbrico Adaptador inalámbrico	1 12	13	El Router inalámbrico, funcionando en el canal 11 se lo colocará en el techo del pasillo en el centro de las oficinas las cuales están separadas únicamente por modulares los cuales no son obstáculo para la red Wi-Fi.
Total Routers inalámbricos			3
Total Adaptadores inalámbricos			51

Tabla 4.19 Número de equipos inalámbricos Distrito La Granja.

Planta de Tratamiento de agua Bellavista

Planta Bellavista			
Producción			
Descripción	**Cantidad**	**Usuarios**	**Ubicación de equipos**
Router Inalámbrico Adaptador inalámbrico	1 17	18	El Router inalámbrico, funcionando en el canal 6 , se lo colocará en el techo del pasillo, en el centro de las oficinas las cuales están separadas únicamente por modulares los cuales no son obstáculo para la red Wi-Fi.
Mantenimiento de Plantas de tratamiento			
Router Inalámbrico Adaptador inalámbrico	1 6	7	El Router inalámbrico funcionando en el canal 11 se lo colocará en el techo del pasillo en el centro de las oficinas las cuales están separadas únicamente por modulares los cuales no son obstáculo para la red Wi-Fi.
Sistemas Especiales			
Router Inalámbrico Adaptador inalámbrico	1 24	25	El Router inalámbrico, funcionando en el canal 6 , se lo colocará en el techo del pasillo, en el centro de las oficinas las cuales están separadas únicamente por modulares los cuales no son obstáculo para la red Wi-Fi.
Conducciones			
Router Inalámbrico Adaptador inalámbrico	1 7	8	El Router inalámbrico funcionando en el canal 11 se lo colocará en el techo del pasillo en el centro de las oficinas las cuales están separadas únicamente por modulares los cuales no son obstáculo para la red Wi-Fi.

Laboratorio de Control de Calidad			
Router Inalámbrico Adaptador inalámbrico	1 10	11	El Router inalámbrico funcionando en el canal 6 se lo colocará en el techo del pasillo en el centro del laboratorio, no existe interferencia desde ese lugar para la red Wi-Fi.
Total routers inalámbricos			5
Total adaptadores inalámbricos			64

Tabla 4.20 Número de equipos inalámbricos Planta Bellavista

4.3 COSTOS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA RED WiMAX-Wi-Fi

4.3.1 ELECCIÓN DE EQUIPOS WiMAX

La elección se la realizó tomando en cuenta las características de los equipos presentados anteriormente, sus características, y por la recomendación de la Empresa NETKOM fabricante de equipos para soluciones inalámbricas. Estos equipos se ajustan al requerimiento necesario para el diseño realizado en el capítulo anterior.

Descripción	Marca	Precio ($)	Cantidad
Estación base	NETKROM	600,00	2
Estación suscriptora	NETKROM	600,00	9
Modulos en 5.8 GHz	NETKROM	200,00	15
Antena tipo grilla	NETKROM	75,00	14
Antena sectorial 90°	NETKROM	281,00	1

Tabla 4.21 Equipamiento WiMAX

Figura 4.13 **Diseño de la red inalámbrica WiMAX a implementarse**

4.3.2 ELECCIÓN DE EQUIPOS WI-FI

La elección se la realizó basándose en las características de los equipos presentados anteriormente, y tomando en cuenta cuál de ellos se ajustan a nuestras necesidades de diseño.

Descripción	Marca	Precio ($)	Cantidad
AP DWL-3200AP	D-Link	125,00	14
Adaptador inalámbrico	USB D-link	28,00	183

Tabla 4.22 Equipos Wi-Fi

4.3.3 PRECIO ESTIMADO DE LA RED WiMAX-Wi-Fi A SER IMPLEMENTADA.

Para el uso del espectro de frecuencias en nuestro país, inclusive en las bandas no licenciadas el CONATEL establece un valor por derechos de concesión para utilizar cierta banda de frecuencia, en nuestro caso la banda de [5725 - 5850] MHz.

4.3.4 DERECHOS DE CONCESIÓN[1]

Es el valor a pagar por derechos para operar la red inalámbrica por un intervalo de tiempo, este pago se lo realiza una sola vez por el tiempo de duración de la concesión.

Para determinar el costo que conlleva esta concesión se aplica la **Ecuación [4.1]**

$$Derecho\ Concesión\ = T\ (\$\ uds)\ x\ T_c\ x\ F_{cf} \qquad \textbf{Ecuación [4.1]}$$

[1] Reglamento de derechos por concesión y tarifas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico.

Dónde:

T ($\$\, uds$): Tarifa mensual por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico estipulado en dólares de los Estados Unidos de América correspondiente al servicio y al sistema en consideración, se tomar el valor que resulte de la suma de los resultados de las ecuaciones [4.2] y [4.3].

$\mathrm{T_c}$: Es el tiempo de concesión, que es un valor descrito en meses, de la concesión a otorgarse para el uso de la frecuencia asignada, se toma como ejemplo 36 meses (3 años).

$\mathrm{F_{cf}}$: Es el factor de concesión de frecuencias, se toma el valor de 0.47714 para enlaces Fijos, los cuales pueden ser enlaces punto-multipunto, o punto – punto.

Uso anual de frecuencia para una estación base

Se refiere a la tarifa anual para la operación de los enlaces, considerando que Sistemas de Radiocomunicaciones con fines privados pagarán éste uso por utilización de frecuencias del espectro radioeléctrico en el Ecuador.

$$Uso\ Anual\ = K_a\ x\ \alpha_4\ x\ \beta_4\ x\ A\ x\ D^2 \qquad \textbf{Ecuación [4.2]}$$

Dónde:

K_a: Factor de ajuste por inflación, inicialmente se toma el valor de 1.

α_4 : Coeficiente de valoración del espectro para el Servicio Fijo y Móvil (Multiacceso), Se toma el valor de 0,0015625 para Enlaces Fijo (Punto – multipunto) para la banda 2690 MHz – 6 GHz

β_4: Coeficiente de corrección para la tarifa a pagar por Estación Base o Estación Central Fija. Inicialmente se toma el valor de 1.

A: Ancho de banda del bloque de frecuencias en MHz concesionado en transmisión y recepción. Para equipos que trabajan con modulación digital de banda ancha en la banda de frecuencia de 5725MHz – 5850 MHz el valor es de 125MHz.

D: Radio de cobertura de la Estación de Base o Estación Central Fija, en Km. Se toma el valor de 10 Km, que es aproximadamente nuestra distancia de cobertura.

Uso anual de frecuencia para abonados

$$Uso\ Anual\ = K_a x\ \alpha_5\ x\ F_d \qquad \textbf{Ecuación [4.3]}$$

Dónde:

K_a: Factor de ajuste por inflación. Inicialmente se toma el valor de 1.

α_5 : Coeficiente de valoración del espectro por estaciones de Abonado Móviles y Fijos para el Servicio Fijo y Móvil.

F_d: Factor de capacidad aplicable a cada servicio en función del número de estaciones radioeléctricas de abonado móviles y fijas habilitadas en el sistema, se toma el valor de 10 que corresponde al número de estaciones 20<N≤30.

Para el Servicio Fijo, en la modalidad enlaces punto-multipunto (Multiacceso), todas las frecuencias de enlace entre las distintas estaciones deben ser las mismas y podrán llegar a un máximo de dos frecuencias, para el pago, se considera todas las Estaciones Fijas, inclusive la Estación Central Fija y todos los enlaces punto-multipunto (Multiacceso) como enlaces punto-punto individuales.

Se realiza el cálculo para un enlace y el resultado se lo multiplica por la cantidad de enlaces que se tenga.

$$Uso\ Anual\ abonado = K_a x\ \alpha_5\ x\ F_d$$
$$Uso\ Anual\ abonado = \$\ 10{,}00$$

$$Uso\ Anual\ estación\ base\ = K_a x\ \alpha_4\ x\ \beta_4\ x\ A\ x\ D^2$$
$$Uso\ Anual\ estación\ base\ = \$\ 19{,}53$$

$$Derecho\ Concesión\ anual\ = T\ (\$\ uds)\ x\ T_c\ x\ F_{cf}$$
$$Derecho\ Concesión\ anual\ 1\ enlace\ = \$\ 335{,}49$$

$$Derecho\ Concesión\ anual\ todos\ los\ enlaces\ = \$\ 2.683{,}91$$

A continuación se detalla el precio estimado de la red WiMAX, no se incluye en este listado el precio de mano de obra ni de mantenimiento ya que la EMAAP-Q cuenta con personal suficiente, y además entrenado para este tipo de trabajo, en el Departamento de Seguridad Física, Radiocomunicaciones y en el Departamento de Recursos Informáticos.

Cantidad	Descripción	Precio Unitario ($ usd)	Precio Total ($ usd)
2	Estación Base [5725 - 5850] MHz	600,00	1 200,00
9	Estación Suscriptora [5725 - 5850] MHz	600,00	5 400,00
15	Módulos en 5.8 GHz	200,00	3 000,00
14	Antena tipo grilla	75,00	1 050,00
1	Antena sectorial de 90°	281,00	281,00
14	Access Point inalámbrico	125,00	1 750,00
183	Adaptador inalámbrico	28,00	5 124,00
1	Derechos de Concesión (anual)	2 683,91	2 683,91
		VALOR TOTAL	20 488,91

Tabla 4.23 **Presupuesto de equipos necesarios para la red inalámbrica diseñada**

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5 CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- La frecuencia utilizada en el estándar 802.11 es una banda saturada debido a que la mayoría de empresas y compañías la utilizan en sus enlaces, de hecho la EMAAP-Q tiene sus enlaces actuales funcionando en esta banda (2.4 GHz), por esta razón utilizar la banda de [5,725 – 5,825] GHz es una buena opción que resulta ideal para trabajar en enlaces dentro del Distrito Metropolitano de Quito.

- Las regulaciones en Ecuador acerca del uso y concesión de frecuencias en cualquier tipo de banda se encuentra establecido en la constitución de la República del Ecuador, ya que en El artículo 408 menciona que “son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y de hidrocarburos, sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo, incluso los que se encuentren en las áreas cubiertas por las aguas del mar territorial y las zonas marítimas; así como la biodiversidad y su patrimonio genético y el espectro radioeléctrico”, por lo que al utilizar cualquier banda de frecuencia inclusive las que se dicen no licenciadas, tienen un costo de operación por concesión de frecuencias, este se calculó en el capitulo 4 y es obligatorio su cancelación anual, cabe destacar que los equipos que distribuyen las empresas nacionales ya están homologados por la SUPERTEL, ese costo lo asume el distribuidor.

- La distancia más larga de los enlaces en el diseño planteado es de 9 Km, al mantener distancias relativamente cortas en enlaces inalámbricos, se

puede utilizar equipos que trabajen con potencias y ganancias bajas, lo cual se traduce en una disminución de costos en el equipamiento de la red, además algo importante, es que los enlaces inalámbricos que utilicen equipos que trabajen con potencias menores o iguales a 100mW se encuentran fuera de las regulaciones realizadas por la SUPERTEL[1], es decir que no se debe cancelar un valor mensual de pago por utilización del espectro radioeléctrico.

- WIMAX es una tecnología recientemente difundida, pero se perfila como una solución inalámbrica de banda ancha que permitirá reducir notablemente los costos de operación y mantenimiento, constituyéndose como complemento para redes WI-FI, en el caso del diseño realizado, se complementan la red WiMAX y la red Wi-Fi, para trabajar en conjunto y brindarnos flexibilidad en el diseño.

- Para que un enlace inalámbrico funcione de manera adecuada uno de los requisitos necesarios es que la zona de Fresnel este despejada, para ello se utilizó el software gratuito Radio Mobile, el cual aproxima de una manera muy exacta el perfil topográfico de cada país, se lo hace descargándose el programa en el idioma que se desee, Radio Mobile puede trabajar con datos de elevación en diferentes formatos entre los cuales están DTED (Digital Terrain Elevation Data), GTOPO30 (Global Topographic Data), SRTM (Shuttle Radar Topography Misión). Siendo el mejor de estos el formato SRTM, el cual tiene muy buena resolución e información actualizada de las elevaciones en el país indicado. Este software es muy útil para realizar diseños de cualquier tipo de enlace ya que realiza los cálculos de pérdidas de propagación

[1] **Resolución No 469-19-CONATEL-2001 SUPERTEL Superintendencia de Telecomunicaciones**

Ganacia de enlaces, grafíca zonas de Fresnel para cada enlace, etc. Todo esto con datos reales de ganancias y potencias de equipos seleccionados.

5.2 RECOMENDACIONES

- Al configurar un servidor Radius para la autenticación de usuarios utilizando certificados digitales dentro de una red WI-FI, hay que tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

  El Access Point inalámbrico debe estar dispuesto para acceder a su configuración mediante una clave la cual debe tener únicamente el administrador de la red.

  En las opciones de seguridad el Access Point tiene la opción de WPA utilizando EAP, aquí se coloca la dirección IP para el Radius server, esta es la misma dirección IP de la maquina en la cual está levantado el servidor, y se coloca también el puerto por el cual Radius Server realiza la autenticación.

  El puerto que utiliza Radius para realizar la autenticación es el 1812, esté debe estar abierto en la maquina donde levantamos el servidor, esto se lo realiza el momento de la instalación del sistema operativo, en nuestro caso se utilizó el S.O Centos 5.4, si no se lo realizo en ese momento se puede utilizar el comando *iptables stop* en el terminal, comando que me permite desactivar completamente el firewall, lo cual no es seguro, pero sirve para realizar pruebas de autenticación locales y saber que nuestro servidor funciona. En el caso del Router inalámbrico simplemente se lo coloca en las opciones de configuración de seguridad inlambrica el número de puerto (1812).

- La clave secreta de acceso al servidor de autenticación Radius debe ser 8 o 13 caracteres, caso contrario no funciona, y además el computador cliente donde se va a instalar los certificados digitales tiene que tener instalado el Service Pack 3 de Microsoft.

- El software Radio Mobile trabaja con cualquier formato de altitud tal como DTED (Digital Terrain Elevation Data), GTOPO30 (Global Topographic Data) pero el mejor es el SRTM (Shuttle Radar Topography Misión) el cual al utilizarlo y combinarlo con imágenes y fotos del Google Earth tiene muy buena resolución, al utilizar este Software es preciso crear las carpetas necesarias para guardar la información de los mapas que se van creando, en la carpeta Radio_Mobile se crean las carpetas DTED, googlemap, srtm1, Terraserver, toporama, virtualearth, yahoomap. En cada una de estas carpetas se van almacenando los archivos que se crean al extraer los mapas con diferentes tamaños de altitud al igual que las fotos que se crean al combinar los mapas creados con las fotos aéreas y de caminos que tienen Google Earth y en Yahoomap.

- El análisis y diseño fue realizado con equipos inalámbricos los cuales necesitan línea de vista para su correcto funcionamiento, sin embargo en la actualidad existen equipos que funcionan con el mismo performance y que no necesitan línea de vista para ello, lo cual brinda mucha más versatilidad en cuanto al alcance y penetración de cualquier servicio de banda ancha.

- El diseño realizado fue específico para los Distrito y Plantas de Tratamiento de agua más grandes de la empresa, pero sería un gran proyecto aumentar el tamaño de la red inalámbrica, para cubrir inclusive las agencias de recaudación de la EMAAP-Q, ya que este enlace entre la matriz y cada agencia es un servicio de la CNT, el cual tiene un costo mensual. Al tener enlaces propios para cada agencia externa se ahorraría el costo mensual

de arriendo de enlaces con la CNT lo cual sería un ahorro en cuanto a pagos que la EMAAP-Q realiza mes a mes.

BIBLIORAFÍA

- Jeffrey, G. Andrews., Arunabha, Ghosh., Rias, Muhamed (2007) “Fundamentals of WIMAX” , editorial Prentice Hall.

- Herrera Myriam, Hidalgo Wendy. (2004) “Ingeniería de detalle para el diseño de una Intranet con conexión a Internet”. EPN.

- 1Acurio Y. y Ramos T. (2006). “Diseño de una red de comunicaciones para el Honorable Consejo Provincial de Cotopaxi”. EPN.

- 1Vimos Y. y Pérez T. (2001). “Dimensionamiento del canal de datos para la interconexión entre PBX IP para una empresa a nivel nacional”. EPN

- Comer, Douglas E. (2006). “Internetworking with TCP/IP V.I Principles, protocols, and architecture”, editorial Prentice Hall.

- Comer, Douglas E.,Stevens, David. (2000) “Interconectividad de redes con TCP/IP” editorial Prentice Hall.

- www.webpageoptimization.com

- www.dlink.com

- http://es.kioskea.net/contents/wireless/wlintro.php3

- http://compnetworking.about.com/cs/wireless80211/a/aa80211standard.htm

- http://www.WiMAX.com/education

- http://es.kioskea.net/contents/WiMAX/WiMAX-intro.php3
- http://www.cplus.org/rmw/msgen.html
- http://www.ve2dbe.com/english1.html
- http://www.pizon.org/files/index.html
- http://www.cplus.org/rmw/dataen.html
- www.conatel.gov.ec
- www.supertel.gov.ec
- www.EMAAP-Q.gov.ec
- www.linksys.com
- www.wni.com.mx
- http://www.netkrom.com/es/prod_airnet_outdoor_54mb_ap-bridge.html
- http://deb.utalca.cl/public/imagenes/radius.pdf
- http://www.cplus.org/rmw/data.html
- http://ocw.upm.es/teoria-de-la-senal-y-comunicaciones-1/radiocomunicacion/contenidos/utilidades/RadioMobile/leeme

ANEXO A

CONFIGURACIÓN DEL SERVIDOR RADIUS

CONFIGURACIÓN DE UN SERVIDOR RADIUS

Para la configuración de nuestro ejemplo de servidor RADIUS se requiere lo siguiente:

Sistema Operativo: CentOS 5.4
Certificados Digitales: Openssl 0.98b
Servidor Radius: Freeradius version 1.1.7

Se instala el openssl el cual nos ayudara con los certificados digitales, y también el software gratuito del servidor Radius.d

yum -y install
yum –y freeradius

Dentro de etc/ssl se crea lo siguiente:

mkdir private
mkdir newcerts
Touch index.txt
Echo ‘01’ > serial

Se modifica el archivo /etc/pki/tls/openssl.cnf

dir = ../../CA # Where everything is kept

Con lo siguiente

dir = /etc/ssl # Where everything is kept

Luego se realiza lo siguiente para crear una autoridad de certificados, los campos se los llena de la siguiente forma, la clave debe ser recordada ya que será utilizada más adelante, inclusive en la configuración de router para que acepte clientes Radius.

[mi@router ssl]# openssl req -new -x509 -extensions v3_ca -keyout private/cakey-.pem -out cacert.pem -days 3650

Req: x.509 Certificate signing request management
x.509: certificate data management
ssl v2 y ssl v3.. consultar
prívate/cakey-pem crea la autoridad y le llamo cacert.pem…
Generating a 1024 bit RSA private key
..++++++
..++++++
writing new private key to 'private/cakey.pem'
Enter PEM pass phrase: clave1
Verifying - Enter PEM pass phrase: clave1
Country Name (2 letter code) [GB]:EC
State or Province Name (full name) [Berkshire]: pichincha
Locality Name (eg, city) [abbottabad]:quito
Organization Name (eg, company) [ciit]:emaapq
Organizational Unit Name (eg, section) []:
Common Name (eg, your name or your server's hostname) []:localhost
Email Address []:Santiago10119@gmail.com

Luego se crea un certificado del servidor en la carpeta etc/ssl

[mi@router ssl]# openssl req -new -nodes -keyout server_key.pem -out server_req.pem -days 730
Generating a 1024 bit RSA private key
.......++++++
.....++++++

Country Name (2 letter code) [GB]:EC
State or Province Name (full name) [Berkshire]: pichincha
Locality Name (eg, city) [abbottabad]:quito
Organization Name (eg, company) [ciit]:emaapq
Organizational Unit Name (eg, section) []:
Common Name (eg, your name or your server's hostname) []:localhost
Email Address []:Santiago10119@gmail.com
Please enter the following 'extra' attributes
to be sent with your certificate request
A challenge password []:clave2
An optional company name []:epn

Se crea un archivo llamado xpextensions en la ubicación etc/ssl con el siguiente contenido, y se firma el certificado del servidor con la autoridad de certificados creada anteriormente.

[xpclient_ext]
extendedKeyUsage = 1.3.6.1.5.5.7.3.2

[xpserver_ext]
extendedKeyUsage = 1.3.6.1.5.5.7.3.1

[mi@router ssl]# openssl ca -policy policy_anything -out server_cert.pem -extensions xpserver_ext -extfile /etc/ssl/xpextensions -infiles /etc/ssl/server_req.pem

Using configuration from /etc/pki/tls/openssl.cnf
Enter pass phrase for /etc/ssl/private/cakey.pem = clave1
Check that the request matches the signature
Signature ok
ertificate Details:
Serial Number: 1 (0x1)
Validity

Not Before: Jun 10 03:22:22 2008 GMT

Not After : Jun 10 03:22:22 2009 GMT

Subject:

countryName = EC

stateOrProvinceName = pichincha

localityName = quito

organizationName = emaapq

commonName = loclahost

emailAddress = santiago10119@gmail.com

X509v3 extensions:

X509v3 Extended Key Usage:

TLS Web Server Authentication

Certificate is to be certified until Jun 10 03:22:22 2009 GMT (365 days)

Sign the certificate? [y/n]:y

1 out of 1 certificate requests certified, commit? [y/n]y

Write out database with 1 new entries

Data Base Updated

Se crea un archivo de servidor llamado server_keycert.pem, con la clave de servidor y con el certificado de servidor de la siguiente forma.

cat server_key.pem server_cert.pem > server_keycert.pem

Se crea una solicitud del certificado de un cliente

[mi@router ssl]# openssl req -new -keyout client_key.pem -out client_req.pem -days 730

Generating a 1024 bit RSA private key

.....++++++

.....++++++

writing new private key to 'client_key.pem'

Enter PEM pass phrase: clave1

Verifying - Enter PEM pass phrase: clave1

Country Name (2 letter code) [GB]:EC

State or Province Name (full name) [Berkshire]: pichincha

Locality Name (eg, city) [abbottabad]:quito

Organization Name (eg, company) [ciit]:emaapq

Organizational Unit Name (eg, section) []:

Common Name (eg, your name or your server's hostname) []:localhost

Email Address []:Santiago10119@gmail.com

Please enter the following 'extra' attributes

to be sent with your certificate request

A challenge password []:clave2

An optional company name []:epn

Se firma el certificado de cliente con la autoridad de certificados creada anteriormente.

[root@ciitwifi ssl]# openssl ca -policy policy_anything -out client_cert.pem -extensions xpclient_ext -extfile /etc/ssl/xpextensions -infiles /etc/ssl/client_req.pem

Using configuration from /etc/pki/tls/openssl.cnf

Enter pass phrase for /etc/ssl/private/cakey.pem:

Check that the request matches the signature

Signature ok

Certificate Details:

Serial Number: 2 (0x2)

Validity

Not Before: Jun 10 03:49:46 2008 GMT

Not After : Jun 10 03:49:46 2009 GMT

Subject:

countryName = EC

stateOrProvinceName = pichincha

localityName = quito

organizationName = emaapq

commonName = localhost

emailAddress = santiago10119@gmail.com

X509v3 extensions:

X509v3 Extended Key Usage:

TLS Web Client Authentication

Certificate is to be certified until Jun 10 03:49:46 2009 GMT (365 days)

Sign the certificate? [y/n]:yes

1 out of 1 certificate requests certified, commit? [y/n]y

Write out database with 1 new entries

Data Base Updated

Se exporta el certificado de cliente en el formato apropiado para ser configurado en la máquina cliente, esta puede ser una extensión .p12 o .crt

openssl pkcs12 -export -in client_cert.pem -inkey client_key.pem -out client_cert.p12 –clcerts

La contraseña a utilizar en el router a ser configurado es la clave1, la configuración del router se la detallará más adelante, después se borra los certificados que el FreeRadius tiene por defecto los cuales se ubican en etc/raddb/demoCA de esta forma.

rm -Rf /etc/raddb/demoCA

rm borra

Después se crea una carpeta llamada certs de la siguiente forma

mkdir /etc/raddb/certs

A continuación se trasladan los archivos cacert.pem y server_key.pem a la carpeta creada denominada certs, de la siguiente forma.

cp /etc/ssl/cacert.pem /etc/raddb/certs/ -v

cp /etc/ssl/server_keycert.pem /etc/raddb/certs/ -v

Luego se crea los parametros de Diffie-Hellman de la siguiente forma.

[mi@router ssl]# openssl dhparam -check -text -5 512 -out dh
Generating DH parameters, 512 bit long safe prime, generator 5
This is going to take a long time
.+.....+
.....+.....+.....+.....+.....+.....
.....+.....+.....+.....
.....+.....+.....+.....+.....+.....+.....
.....+.....+.....++*++*++*
++*++*++*
DH parameters appear to be ok.

Se crea un archivo aleatorio y se cambia la propiedad del certificado para que se pueda leer el archivo freeradius, de la siguiente forma.

[mi@router certs]# dd if=/dev/urandom of=random count=2
2+0 records in
2+0 records out
1024 bytes (1.0 kB) copied, 0.000545195 seconds, 1.9 MB/s
chown -R radiusd /etc/raddb/certs

Se modifica el archivo /etc/raddb/eap.conf de la siguiente forma

```
eap {
default_eap_type = ttls
timer_expire = 60
ignore_unknown_eap_types = no
cisco_accounting_username_bug = no
md5 {
```

```
}
leap {
}
gtc {
auth_type = PAP
}
tls {
private_key_password = lettheserverin
private_key_file = ${raddbdir}/certs/server_keycert.pem
certificate_file = ${raddbdir}/certs/server_keycert.pem
CA_file = ${raddbdir}/certs/cacert.pem
dh_file = ${raddbdir}/certs/dh
random_file = ${raddbdir}/certs/random
}
ttls {
default_eap_type = mschapv2
use_tunneled_reply = yes
}
peap {
default_eap_type = mschapv2
}
mschapv2 {
}
}
```

Se modifica el archivo /etc/raddb/radius.conf de la siguiente forma

```
log_auth = yes
authorize {
preprocess
chap
```

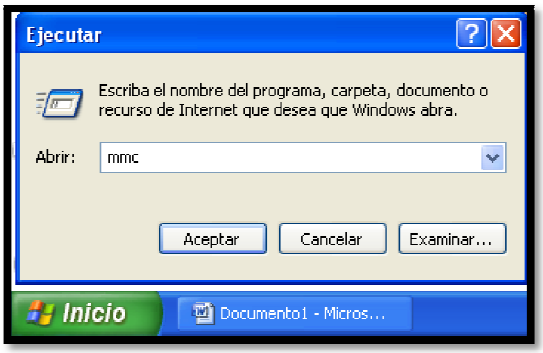
```
mschap
suffix
pap
eap
files
}
authenticate{
Auth-Type PAP {
pap
}
Auth-Type CHAP {
chap
}
Auth-Type MS-CHAP {
mschap
}
# unix
Eap
}
```

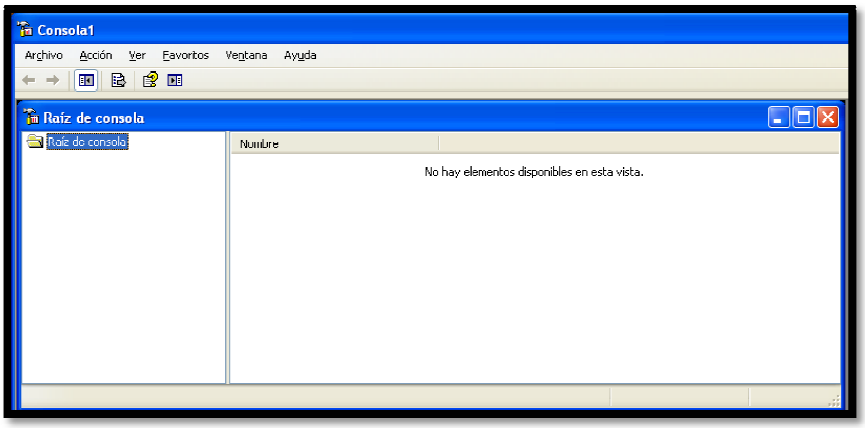
Finalmente se inicia el Freeradius de la siguiente forma:

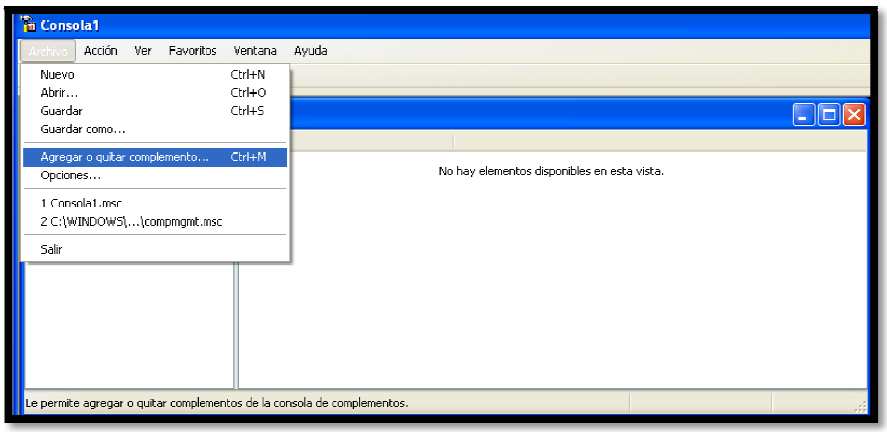
```
/etc/init.d/radiusd start
```

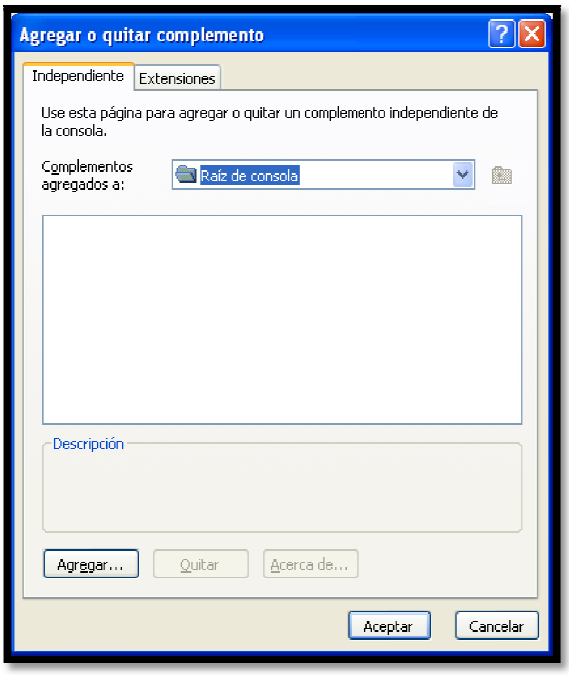
Configuración del cliente Radius

Para insertar un nuevo certificado en una PC, en este caso un certificado de autenticación para el servidor Radius, se lo realiza de la siguiente manera:

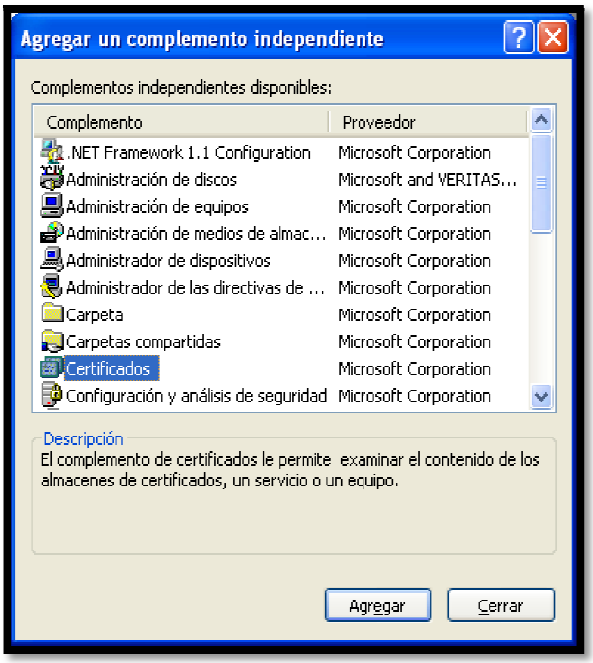


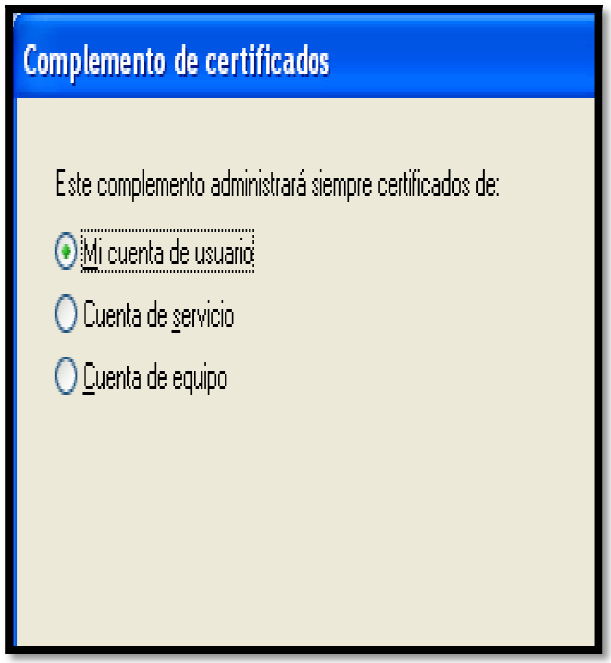


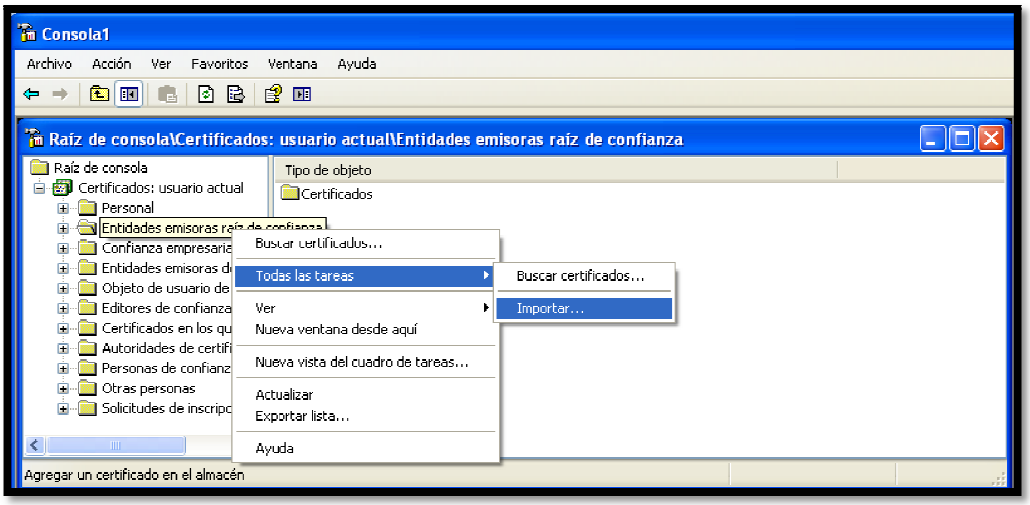



Agregar o quitar complemento
Independiente
Extensiones
Use esta página para agregar o quitar un complemento independiente de la consola.
Complementos agregados a:
Raíz de consola
Descripción
Agregar...
Quitar
Acerca de...
Aceptar
Cancelar

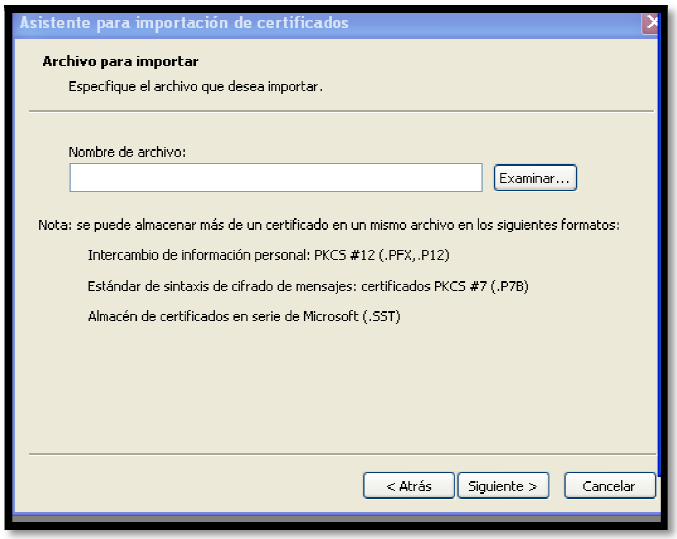
Agregar un complemento independiente
Complementos independientes disponibles:
Complemento
Proveedor
.NET Framework 1.1 Configuration
Microsoft Corporation
Administración de discos
Microsoft and VERITAS...
Administración de equipos
Microsoft Corporation
Administración de medios de almac...
Microsoft Corporation
Administrador de dispositivos
Microsoft Corporation
Administrador de las directivas de ...
Microsoft Corporation
Carpeta
Microsoft Corporation
Carpetas compartidas
Microsoft Corporation
Certificados
Microsoft Corporation
Configuración y análisis de seguridad
Microsoft Corporation
Descripción
Allows you to configure the .NET Framework 1.1
Agregar
Cerrar

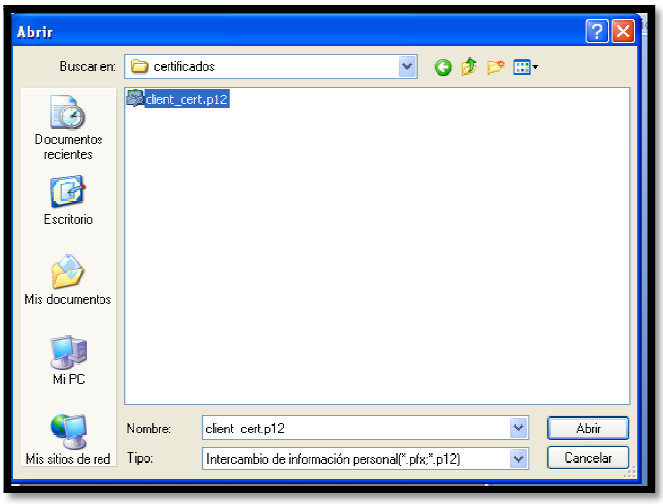

Agregar un complemento independiente
Complementos independientes disponibles:
Complemento
Proveedor
.NET Framework 1.1 Configuration
Microsoft Corporation
Administración de discos
Microsoft and VERITAS...
Administración de equipos
Microsoft Corporation
Administración de medios de almac...
Microsoft Corporation
Administrador de dispositivos
Microsoft Corporation
Administrador de las directivas de ...
Microsoft Corporation
Carpeta
Microsoft Corporation
Carpetas compartidas
Microsoft Corporation
Certificados
Microsoft Corporation
Configuración y análisis de seguridad
Microsoft Corporation
Descripción
El complemento de certificados le permite examinar el contenido de los almacenes de certificados, un servicio o un equipo.
Agregar
Cerrar

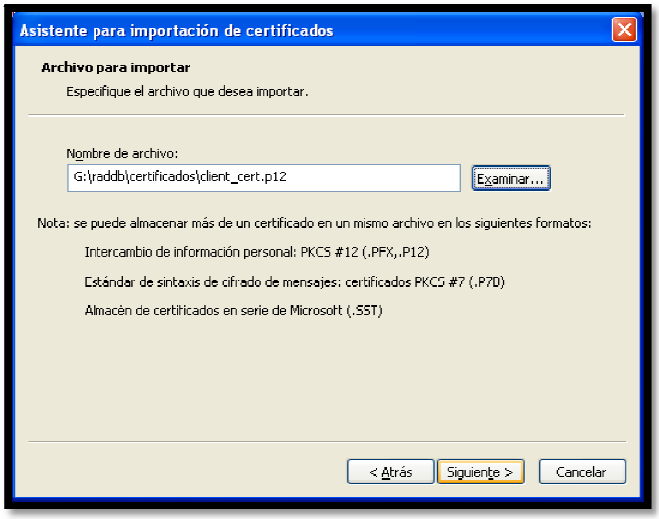

Complemento de certificados
Este complemento administrará siempre certificados de:
Mi cuenta de usuario
Cuenta de servicio
Cuenta de equipo

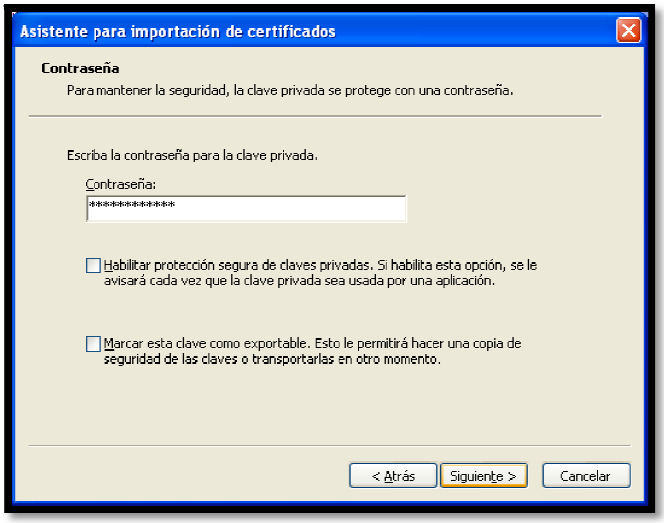

Consola1
Archivo Acción Ver Favoritos Ventana Ayuda
Raíz de consola\Certificados: usuario actual\Entidades emisoras raíz de confianza
Raíz de consola
Certificados: usuario actual
Personal
Entidades emisoras raíz de confianza
Confianza empresarial
Entidades emisoras de
Objeto de usuario de
Editores de confianza
Certificados en los qu
Autoridades de certif
Personas de confianz
Otras personas
Solicitudes de inscripc
Tipo de objeto
Certificados
Buscar certificados...
Todas las tareas
Ver
Nueva ventana desde aquí
Nueva vista del cuadro de tareas...
Actualizar
Exportar lista...
Ayuda
Buscar certificados...
Importar...
Agregar un certificado en el almacén

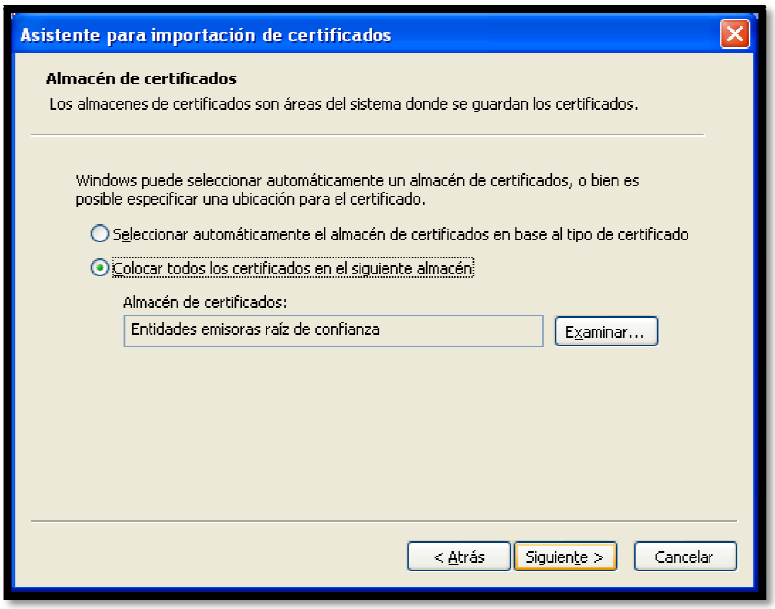
Asistente para importación de certificados
Éste es el Asistente para importación de certificados
Este asistente le ayuda a copiar certificados, listas de confianza de certificados y listas de revocaciones de certificados desde su disco a un almacén de certificados.
Un certificado, que se emite por una entidad emisora de certificación, es una confirmación de su identidad y contiene información que se utiliza para proteger datos o para establecer conexiones de red seguras. Un almacén de certificados es el área del sistema donde se guardan los certificados.
Haga clic en Siguiente para continuar.
< Atrás
Siguiente >
Cancelar

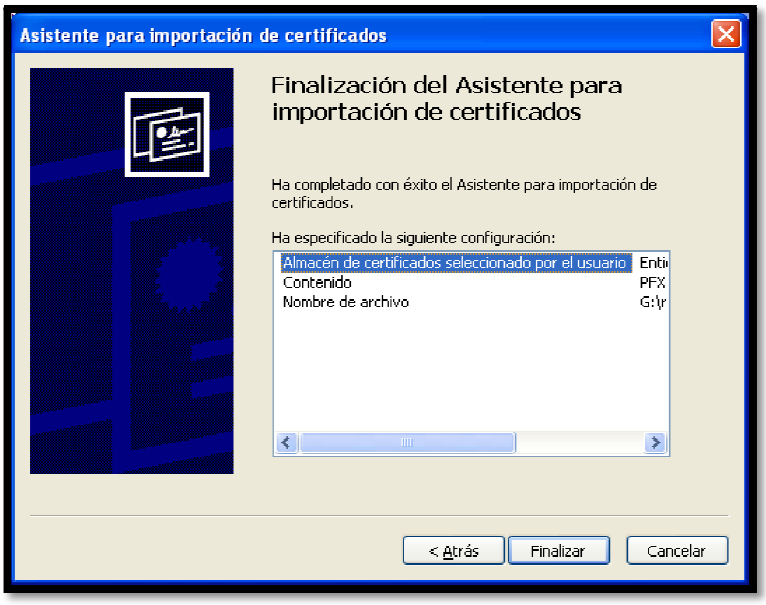

Asistente para importación de certificados
Archivo para importar
Especifique el archivo que desea importar.
Nombre de archivo:
Examinar...
Nota: se puede almacenar más de un certificado en un mismo archivo en los siguientes formatos:
Intercambio de información personal: PKCS #12 (.PFX, .P12)
Estándar de sintaxis de cifrado de mensajes: certificados PKCS #7 (.P7B)
Almacén de certificados en serie de Microsoft (.SST)
< Atrás
Siguiente >
Cancelar


Abrir
Buscar en:
certificados
client_cert.p12
Documentos recientes
Escritorio
Mis documentos
Mi PC
Mis sitios de red
Nombre:
client_cert.p12
Tipo:
Intercambio de información personal(*.pfx;*.p12)
Abrir
Cancelar

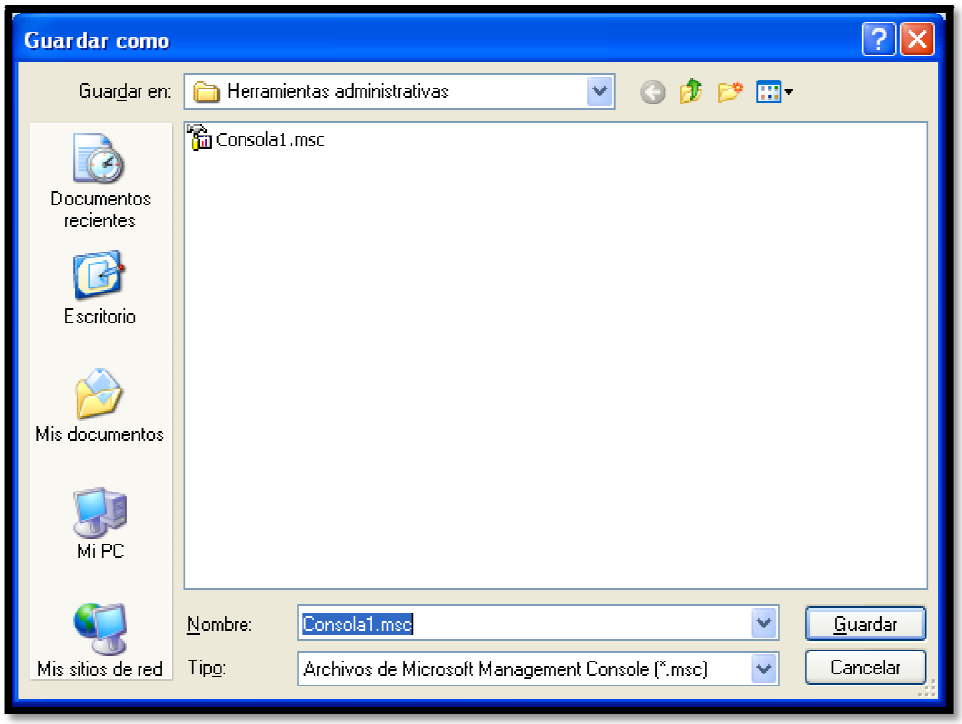

Asistente para importación de certificados
Archivo para importar
Especifique el archivo que desea importar.
Nombre de archivo:
G:\raddb\certificados\client_cert.p12
Examinar...
Nota: se puede almacenar más de un certificado en un mismo archivo en los siguientes formatos:
Intercambio de información personal: PKCS #12 (.PFX,.P12)
Estándar de sintaxis de cifrado de mensajes: certificados PKCS #7 (.P7D)
Almacén de certificados en serie de Microsoft (.SST)
< Atrás
Siguiente >
Cancelar

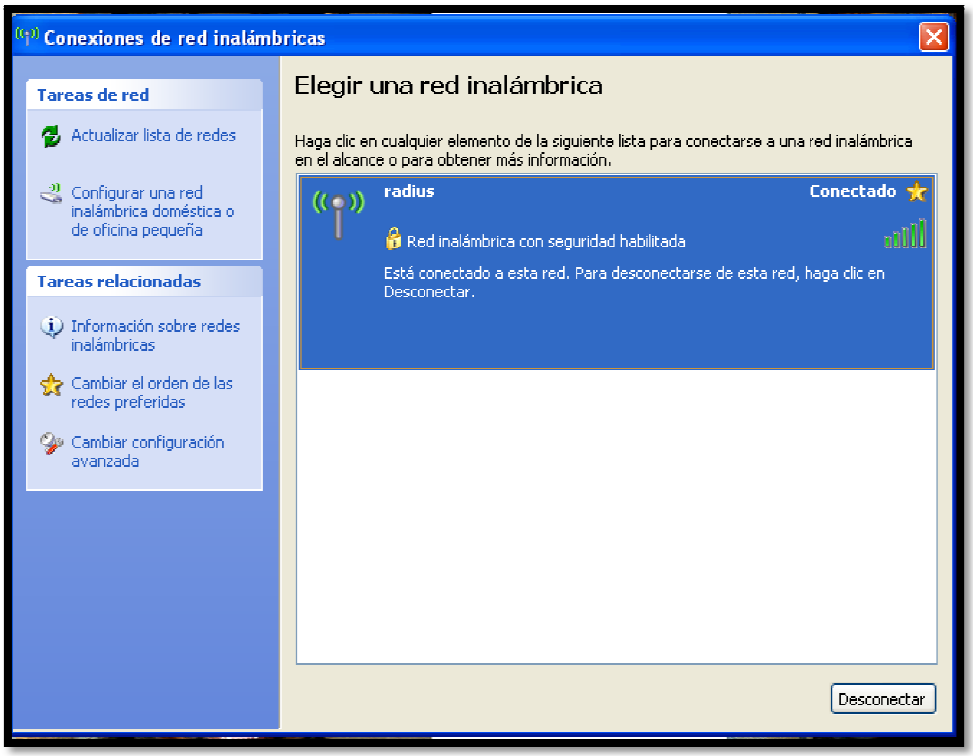

Asistente para importación de certificados
Contraseña
Para mantener la seguridad, la clave privada se protege con una contraseña.
Escriba la contraseña para la clave privada.
Contraseña:
Habilitar protección segura de claves privadas. Si habilita esta opción, se le avisará cada vez que la clave privada sea usada por una aplicación.
Marcar esta clave como exportable. Esto le permitirá hacer una copia de seguridad de las claves o transportarlas en otro momento.
< Atrás
Siguiente >
Cancelar


Asistente para importación de certificados
Almacén de certificados
Los almacenes de certificados son áreas del sistema donde se guardan los certificados.
Windows puede seleccionar automáticamente un almacén de certificados, o bien es posible especificar una ubicación para el certificado.
Seleccionar automáticamente el almacén de certificados en base al tipo de certificado
Colocar todos los certificados en el siguiente almacén
Almacén de certificados:
Entidades emisoras raíz de confianza
Examinar...
< Atrás
Siguiente >
Cancelar

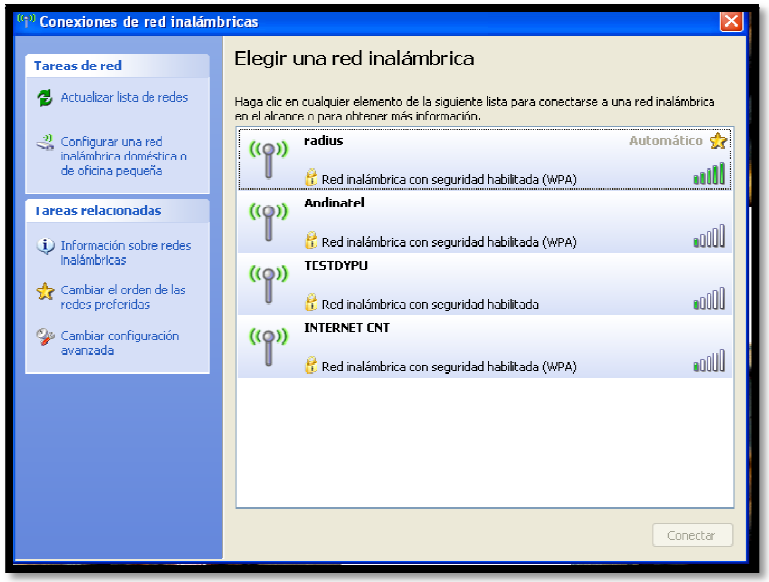

Asistente para importación de certificados
Finalización del Asistente para importación de certificados
Ha completado con éxito el Asistente para importación de certificados.
Ha especificado la siguiente configuración:
Almacén de certificados seleccionado por el usuario
Contenido
Nombre de archivo
PFX
< Atrás
Finalizar
Cancelar

Asistente para importación de certificados
La importación se completó correctamente.
Aceptar

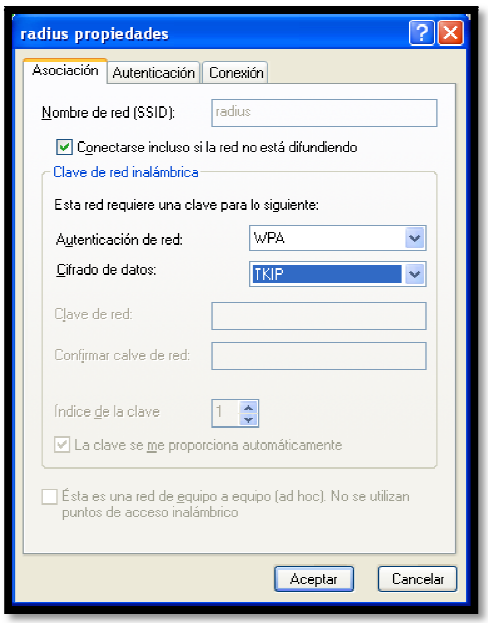

Guardar como
Guardar en:
Herramientas administrativas
Consola1.msc
Documentos recientes
Escritorio
Mis documentos
Mi PC
Mis sitios de red
Nombre:
Consola1.msc
Tipo:
Archivos de Microsoft Management Console (*.msc)
Guardar
Cancelar

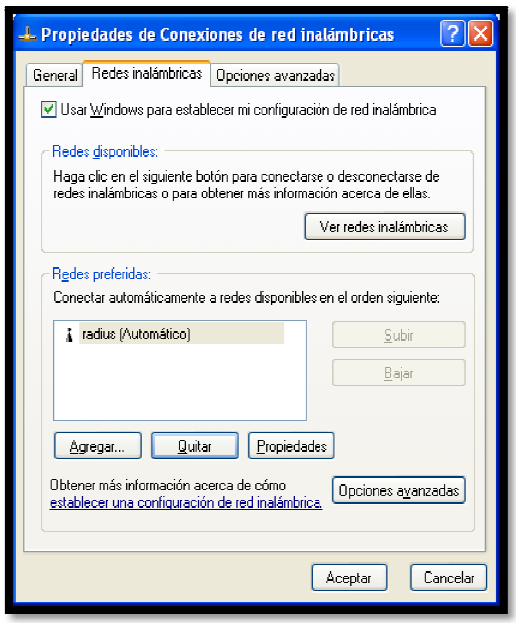

Conexiones de red inalámbricas
Tareas de red
Actualizar lista de redes
Configurar una red inalámbrica doméstica o de oficina pequeña
Tareas relacionadas
Información sobre redes inalámbricas
Cambiar el orden de las redes preferidas
Cambiar configuración avanzada
Elegir una red inalámbrica
Haga clic en cualquier elemento de la siguiente lista para conectarse a una red inalámbrica en el alcance o para obtener más información.
radius
Conectado
Red inalámbrica con seguridad habilitada
Está conectado a esta red. Para desconectarse de esta red, haga clic en Desconectar.
Desconectar

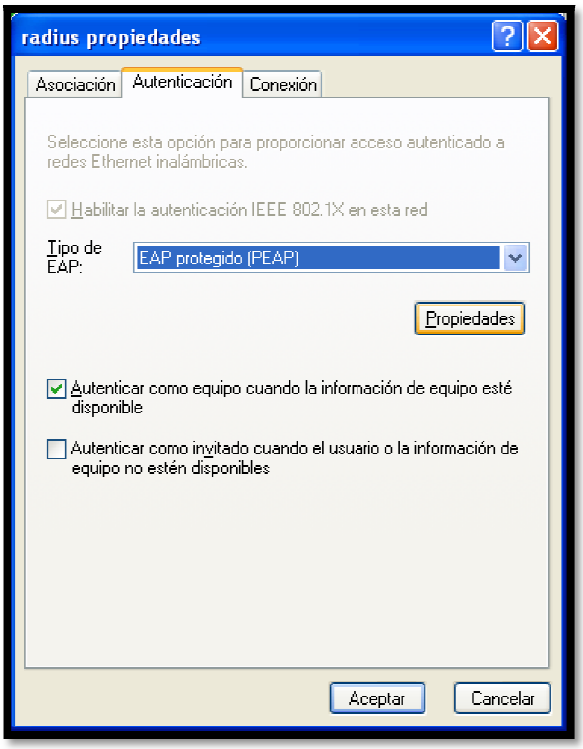
A continuación se debe realizar lo siguiente, primero se descubre la red, para nuestro ejemplo nuestra red se llama radius.

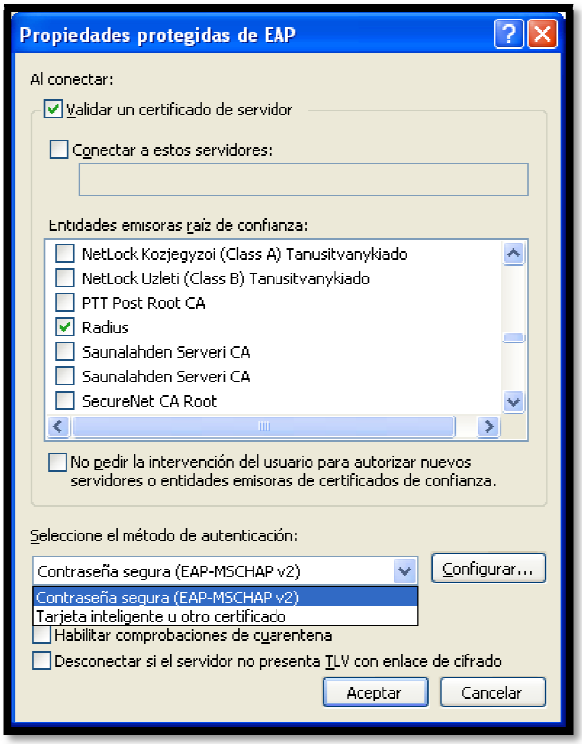


Después se realiza lo que a continuación se muestra en los gráficos, para configurar la tarjeta inalámbrica.

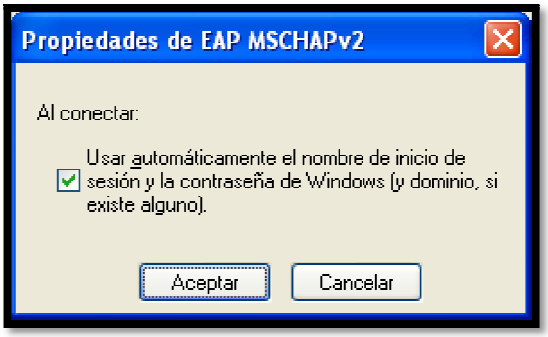




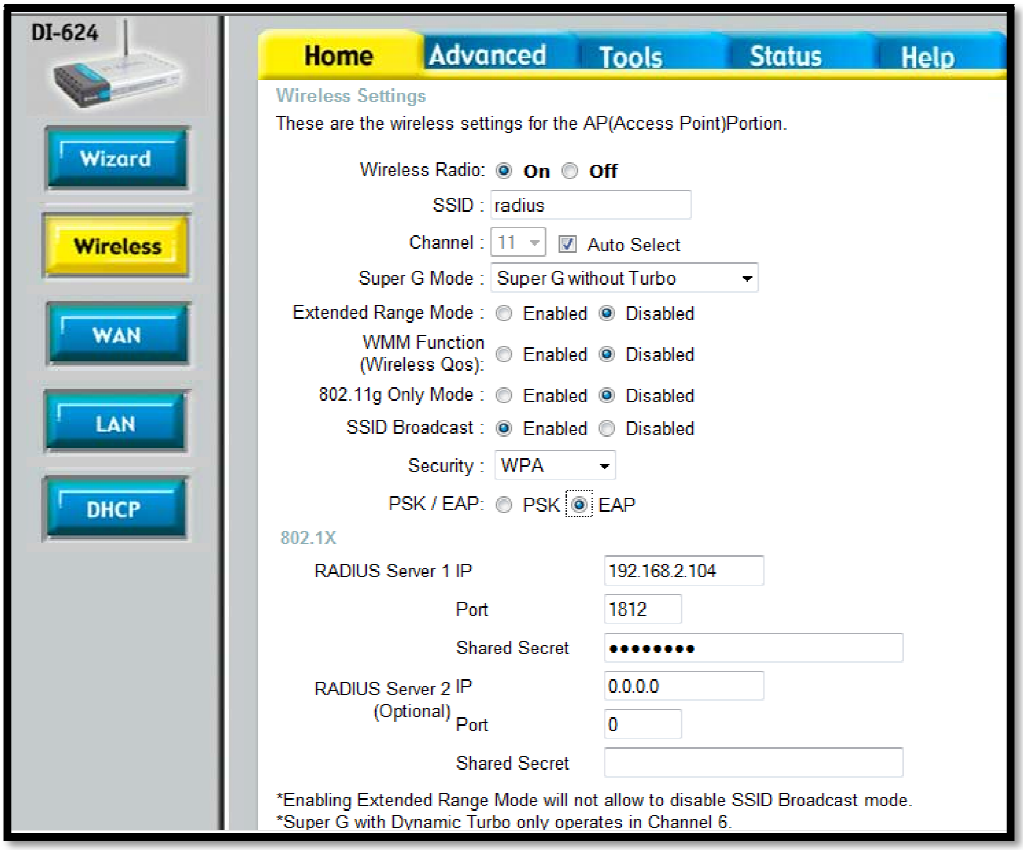




En las propiedades de EAP MSCHAPv2 se retira el visto de la propiedad para conectarse automáticamente, cuando se conecte por primera vez se la activa para que el usuario no esté escribiendo su contraseña cada vez que enciende la PC, sino que se autentica de manera transparente al usuario.



Configuración de Router/AP Dlink



La IP que se utiliza es la IP de la máquina donde está configurada el Servidor Radius, la clave es la que se usó en la configuración de los certificados, clave1, y el puerto 1812 es el puerto asignado para Radius, y se utiliza WPA con EAP como se indica en la figura.