



**FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**DISEÑO DE UNA RED INALÁMBRICA UTILIZANDO EL ESTÁNDAR 802.16  
WiMAX PARA INTERCONECTAR LA MATRIZ DE LA EMPRESA PINTULAC  
(TRECX S.A) CON SUS DIFERENTES SUCURSALES EN LA CIUDAD DE  
QUITO.**

**Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos  
establecidos para optar por el título de  
Ingeniera en Redes y Telecomunicaciones**

**Profesor Guía:  
Ing. Víctor Ulloa**

**Autora:  
Katya Verónica Villacís Onofa**

**2012**

## DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con la estudiante, orientando sus conocimientos para un adecuado desarrollo del tema escogido, y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.”

.....

Víctor Ulloa  
Ingeniero Electrónico  
CI.: 1708029796

### **DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE**

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

.....

Katya Verónica Villacís Onofa

CI.: 1714726153

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la vida y guiarme por el camino del bien.

Al Ing. Francisco Gutiérrez, quien fue el promotor para realizar este proyecto. Gracias por todo su tiempo y conocimientos brindados.

A mi profesor guía Ing. Víctor Ulloa, quien me guio con sus conocimientos para cumplir con los objetivos del proyecto.

Gracias

## **DEDICATORIA**

A mis padres Jorge y Carmita por su apoyo incondicional en todas las decisiones y retos que me he propuesto.

## RESUMEN

El siguiente proyecto tiene como objetivo principal el diseño de una Red Inalámbrica utilizando el estándar IEEE 802.16 WiMAX para interconectar la oficina matriz de la empresa PINTULAC (TRECX S.A.) con las diferentes sucursales en la ciudad de Quito.

Inicialmente se realizó una investigación del funcionamiento y situación actual de comunicaciones con la que trabaja la empresa; posteriormente se realizó un análisis de tráfico con la herramienta MRTG para confirmar el ancho de banda con el que se encuentra operando la empresa para sus diferentes aplicaciones de red.

Posteriormente se realizó un análisis de la tecnología inalámbrica de banda ancha WiMAX y sus aspectos regulatorios en el país; este análisis incluye conceptos generales, estándares, características, bandas de frecuencia, tecnologías y normas para la implementación y operación de sistemas de modulación digital de banda ancha.

Una vez culminada la parte teórica se procedió a tomar las coordenadas geográficas y las distancias entre las agencias a través del programa gratuito Google Earth. Consecutivamente con la información obtenida se procede con la simulación para analizar la primera zona de Fresnel con la herramienta ICS Telecom para determinar la ubicación de los cerros y el óptimo funcionamiento de los enlaces; es decir que no exista ningún tipo de obstáculo entre cada estación base y la estación suscriptora o sucursal.

Para determinar el fabricante con el que se va a trabajar en el proyecto se analiza las características de Airmax, Airspan y Radwin. El fabricante que cumpla con los requerimientos para cada equipo será seleccionado.

Posteriormente se realiza un análisis comparativo entre el valor que cancela actualmente la empresa Pintulac a su proveedor de servicios Telconet con la inversión del diseño de la red inalámbrica para la oficina matriz y sus sucursales. A través de este análisis comparativo se puede confirmar la factibilidad del proyecto.

Finalmente se presenta varias conclusiones y recomendaciones importantes adquiridas durante el desarrollo del proyecto.

## ABSTRACT

The following project has as its main objective to design a wireless network using the IEEE 802.16 WiMAX to connect the head office of the company PINTULAC (TRECX SA) with different branches in the city of Quito.

Initially an investigation was made of the operation and current status of communications which the company works with, and subsequently an analysis of traffic with MRTG tool to confirm the bandwidth with which the company is operating for different network applications.

After we make an analysis of the broadband wireless technology WiMAX and regulatory issues in the country, this analysis includes general concepts, standards, characteristics, frequency bands, technologies and standards for implementation and operation of modulation digital broadband.

Once completed the theoretical part we proceeded to take the coordinates of each agency and the distances between each office through the free program Google Earth.

Consequently, with the information obtained we proceed to analyze the first Fresnel zone with ICS Telecom tool to determine the location of the hills and the optimal functioning of the bonds, meaning that there is any hindrance between each base station and subscriber station or branch.

To determine the manufacturer which to work with on the project we analyze Airmax, Airspan and Radwin's characteristics. The manufacturer that meets the requirements of each team will be selected.

Subsequently, a comparative analysis between the value that is paid by Pintulac Company to its service provider Telconet and the investments with the



wireless network design for the home office and its branches. Through this comparative analysis we can confirm the feasibility of the project.

Finally we present several important conclusions and recommendations gained during the project.

# ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1.....	2
1. ANÁLISIS DE TRÁFICO.....	2
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	3
1.1.1 Oficina Matriz.....	3
1.1.2 Oficinas Sucursales.....	3
1.2 REQUERIMIENTOS DE COMUNICACIONES DE LA EMPRESA.....	6
1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA ACTUAL DE COMUNICACIONES DE LA CADENA PINTULAC	7
1.3.1 Descripción De La Red.....	7
1.3.2 Aplicaciones De Red.....	12
1.3.2.1 Servidor de Correo.....	12
1.3.2.2 Servidor Base de Datos.....	12
1.3.2.3 UTM.....	12
1.3.2.4 Voz sobre IP.....	13
1.4 ANÁLISIS DE TRÁFICO.....	13
1.4.1 Caracterización Del Tráfico.....	17
1.4.1.1 Internet.....	17
1.4.1.2 Correo Electrónico.....	18
1.4.1.3 Base de Datos.....	18
1.4.1.4 Voz sobre IP.....	19
1.4.1.5 Video.....	19
CAPITULO II.....	20
2. CONCEPTOS GENERALES SOBRE LA TECNOLOGÍA WiMAX Y SUS ASPECTOS REGULATORIOS EN EL ECUADOR.....	20
2.1 INTRODUCCIÓN.....	20

2.2 ESTÁNDAR IEEE 802.16.....	21
2.2.1 PROGRESO DE Wimax.....	23
2.3 CARACTERÍSTICAS DE WiMAX.....	25
2.4 SERVICIOS DE WiMAX.....	27
2.4.1 PRESTACIONES DE Wimax.....	27
2.5 BANDAS DE FRECUENCIA.....	28
2.6 PROPAGACIÓN.....	29
2.6.1 Introducción A La Propagación.....	30
2.6.2 Propagación Nlos Vs. Los.....	30
2.6.3 Zona De Fresnel.....	31
2.7 CAPA FÍSICA DE WiMAX.....	33
2.7.1 PARÁMETROS OFDM EN Wimax.....	33
2.7.2 Subcanales En Ofdma.....	35
2.7.3 Técnicas De Corrección De Errores.....	36
2.8 ARQUITECTURA DEL PROTOCOLO 802.16-2004...	37
2.8.1 Capa Mac.....	38
2.8.1.1 Topología Punto Multipunto.....	40
2.8.1.2 Redes Mesh.....	42
2.9 VOZ SOBRE IP.....	43
2.9.1 CODECS EN TELEFONÍA IP.....	43
2.10 ELEMENTOS DE RED.....	44
2.10.1 Estacion Base.....	44
2.10.2 CPE.....	44
2.10.3 Antenas.....	45
2.11 ASPECTOS REGULATORIOS.....	45
2.11.1 Norma Para La Implementación Y Operación De Sistemas De Modulación Digital De Banda Ancha.....	46
2.11.1.1 Características técnicas de los sistemas de modulación digital de banda ancha.....	49
2.11.2 Formularios Necesarios Para Sistemas De Modulación Digital De Banda Ancha.....	51

2.11.3 Títulos Habilitantes Para La Operación De Redes Privadas.....	51
2.11.4 Plan Nacional De Frecuencias Para Sistemas De Modulación Digital De Banda Ancha.....	52
CAPITULO III.....	54
3. DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA CON EL ESTÁNDAR IEEE 802.16 WiMAX.....	54
3.1 INTRODUCCIÓN.....	54
3.2 BANDA DE FRECUENCIA.....	54
3.3 DISEÑO DE LA RED.....	54
3.4 DIAGRAMA DE LA RED INALÁMBRICA.....	56
3.5 ANÁLISIS DE PROPAGACIÓN.....	58
3.5.1 Introducción A Ics Telecom.....	59
3.5.2 Configuración De Parámetros.....	60
3.5.3 Línea De Vista De Los Enlaces.....	65
3.5.3.1 Gráficos de perfil topográfico.....	67
3.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	79
CAPITULO IV.....	80
4. ANÁLISIS Y OMPARACIÓN DE EQUIPOS INALÁMBRICOS INCLUYENDO COSTOS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE CADA UNO	
4.1 INTRODUCCIÓN DEL EQUIPAMIENTO.....	80
4.2 ELEMENTOS DE LA RED.....	80
4.3 SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS.....	80
4.3.1 Fabricante Airmax.....	81
4.3.1.1 Estación Base.....	81
4.3.1.2 Antena.....	83
4.3.2 Fabricante Airspan.....	84

4.3.2.1 Estación Base.....	84
4.3.2.2 CPE (Customer Permisses Equipment) y Antena Integrada.....	85
4.3.2.3 Antena.....	86
4.3.3 Fabricante Radwin.....	88
4.3.3.1 Estación Base.....	88
4.3.3.2 Antena.....	89
4.4 ELECCIÓN DEL FABRICANTE WiMAX.....	91
4.5 PRECIO DE LOS ENLACES ACTUALES.....	93
4.6 ANÁLISIS COMPARATIVO.....	93
4.7 EVALUACIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO.....	94
CAPITULO V.....	97
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	97
5.1 CONCLUSIONES.....	97
5.2. RECOMENDACIONES.....	98
REFERENCIAS.....	100
ANEXOS.....	102

## INTRODUCCIÓN

El siguiente trabajo se desarrolla para la empresa Pintulac (TRECX S.A), entidad con permanente vocación de servicio y asesoría personalizada dentro del mercado de pinturas y anexos de la construcción. Pintulac tiene su oficina matriz en el sector de Cotocollao y 19 sucursales en la ciudad de Quito.

La empresa Pintulac actualmente funciona con enlaces arrendados a la operadora Telconet para comunicarse entre la oficina matriz y sus sucursales. Cabe mencionar que los enlaces que actualmente tiene la empresa presentan problemas como inestabilidad.

El desarrollo del presente proyecto comprenderá un análisis de la situación actual del sistema de transmisión de voz, datos con la que cuenta la empresa Pintulac. Una vez revisados estos aspectos se continuará con el diseño de una red inalámbrica para interconectar la matriz de la empresa Pintulac con sus respectivas sucursales en la ciudad de Quito. El estándar a ser utilizado será IEEE 802.16 WiMAX ya que posee varias ventajas con respecto a otras tecnologías.

Por tales motivos y para realizar el análisis de propagación se utilizará el software de simulación ICS TELECOM el mismo que es utilizado por la SUPERTEL (Superintendencia de Telecomunicaciones) para verificar la ubicación de las sucursales y la oficina matriz de Pintulac; con el mismo software se descartará posibles interferencias por obstáculos.

Adicionalmente se analizarán los equipos a ser utilizados con los respectivos costos de los equipos, costos de los enlaces inalámbricos y costos para la implementación de los Radioenlaces.

## CAPITULO I

### 1. ANÁLISIS DE TRÁFICO

El tráfico en las redes de área local se mide con la cantidad de información promedio que se trasfiere a través del canal de comunicación y a través de la velocidad que se transfiere. Para evaluar en forma más eficiente y eficaz el tráfico de la red se utiliza diferentes elementos.

El análisis de tráfico es el proceso a seguir para determinar la medida exacta del ancho de banda utilizado en una red. Este análisis es realizado con el fin de lograr mejoras en el rendimiento y capacidad. El análisis del flujo de tráfico se realiza con el uso de varias herramientas que registran automáticamente la información en una base de datos.

En lo que se refiere a redes más grandes, las soluciones del conjunto del software constituyen el único método eficaz para realizar el análisis de flujo de tráfico. Uno de los más utilizados es Solarwinds Orion 8.1 que controla el flujo de tráfico en una red. Este software permite recopilar datos en los que se permite observar el desempeño exacto de cada interfaz en un punto de tiempo dado en la red.

Hasta el momento no se cuenta con una definición exacta de flujo de tráfico de la red pero si se lo relaciona con la cantidad de datos enviados durante un cierto período de tiempo.

En una parte más adelante de este capítulo se analizará el tráfico de la matriz y una sucursal de la empresa PINTULAC para verificar el ancho de banda, la situación actual de la empresa y las deficiencias con las que están trabajando actualmente.

## **1.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA**

La Empresa PINTULAC nace en 1984 con permanente vocación de servicio y asesoría personalizada convirtiéndose en la mejor alternativa dentro del mercado de pinturas y anexos de la construcción. Esta empresa se dedica a la comercialización de una amplia gama de productos nacionales e importados para proporcionar soluciones integrales tanto para hogares, empresas, industrias e instituciones.

La gran necesidad de PINTULAC es establecer una comunicación entre la oficina matriz y sus respectivas sucursales en la ciudad de Quito.

### **1.1.1 OFICINA MATRIZ**

- Pintulac – Cotacollao.- es un edificio de 5 pisos en el que trabajan 150 personas

### **1.1.2 OFICINAS SUCURSALES**

- Pintulac Carcelén.- es un punto de venta de una planta y trabajan 4 personas (1 Cajera, 2 Despachadores, 1 Supervisor).
- Pintulac Carapungo.- punto de venta
- Pintulac San Carlos.- punto de venta
- Pintulac Comité del Pueblo.- punto de venta
- Pintulac Base Aérea.- punto de venta
- Pintulac El Labrador.- punto de venta
- Pintulac El Inca.- punto de venta
- Pintulac La Y.- punto de venta
- Pintulac Mañosca.- punto de venta
- Pintulac Plaza Argentina.- punto de venta
- Pintulac Santa Clara.- punto de venta
- Pintulac Basílica.- punto de venta



- Pintulac El Pintado.- punto de venta
- Pintulac Gatazo.- punto de venta
- Pintulac Guajalo.- punto de venta
- Pintulac Tumbaco.- punto de venta
- Pintulac Cumbaya.- punto de venta
- Pintulac San Rafael.- punto de venta
- Pintulac Sangolquí.- punto de venta

**Figura 1 Puntos de venta Pintulac**



Fuente: <http://www.pintulac.com.ec/>

A continuación se les asignado un código para cada una de las sucursales de la empresa PINTULAC para facilitar la identificación.

**Tabla 1 Asignación de códigos a la oficina matriz y sucursales**

<b>Códigos</b>	<b>Puntos de venta</b>	<b>Dirección</b>
Ag1	Oficina Matriz Pintulac Cotocollao	Rumihurco Oe4-365 y Pedro Freile
Ag2	Pintulac Carcelén	Av. Diego de Vásquez y Clemente Yerovi
Ag3	Pintulac Carapungo	Panamericana Norte 1100, entrada a Carapungo
Ag4	Pintulac San Carlos	Av. Mariscal Sucre N157 y Juan Figueroa
Ag5	Pintulac Comité del Pueblo	Av. Juan Molineros E10-131 y Eloy Alfaro
Ag6	Pintulac Base Aérea	De la Prensa N56-148 y Fernández Salvador
Ag7	Pintulac El Labrador	Av. 10 de Agosto N46-196 e Isaac Alberniz
Ag8	Pintulac El Inca	Av. El Inca 910 y Los Guabos Esq.
Ag9	Pintulac La Y	De la Prensa Oe-41-71 y Mariano Echeverria
Ag10	Pintulac Mañosca	Mañosca Oe3-98 y Republica Esquina
Ag11	Pintulac Plaza Argentina	Av. 6 de Diciembre N33-77 y Eloy Alfaro
Ag12	Pintulac Santa Clara	Versalles 1412 y Manchena
Ag13	Pintulac Basílica	Vargas 632 y Briceño Esquina
Ag14	Pintulac El Pintado	Av. Mariscal Sucre 988 (diagonal al IESS)
Ag15	Pintulac Gatazo	Av. Mariscal Sucre 103 y Toacazo
Ag16	Pintulac Guajalo	Av. Maldonado N10-228 (PanaSur Km 7 1/2)
Ag17	Pintulac Tumbaco	Ciudadela. La Granja Interoceánica y G. Suárez N. 30
Ag18	Pintulac Cumbaya	Av. Interoceánica a 150m de la Plaza Cumbaya
Ag19	Pintulac San Rafael	Av. Gnral. Rumiñahui 194 e Isla Baltra Esq.
Ag20	Pintulac Sangolquí	Av. Abdón Calderón entre Riofrio y Mercado

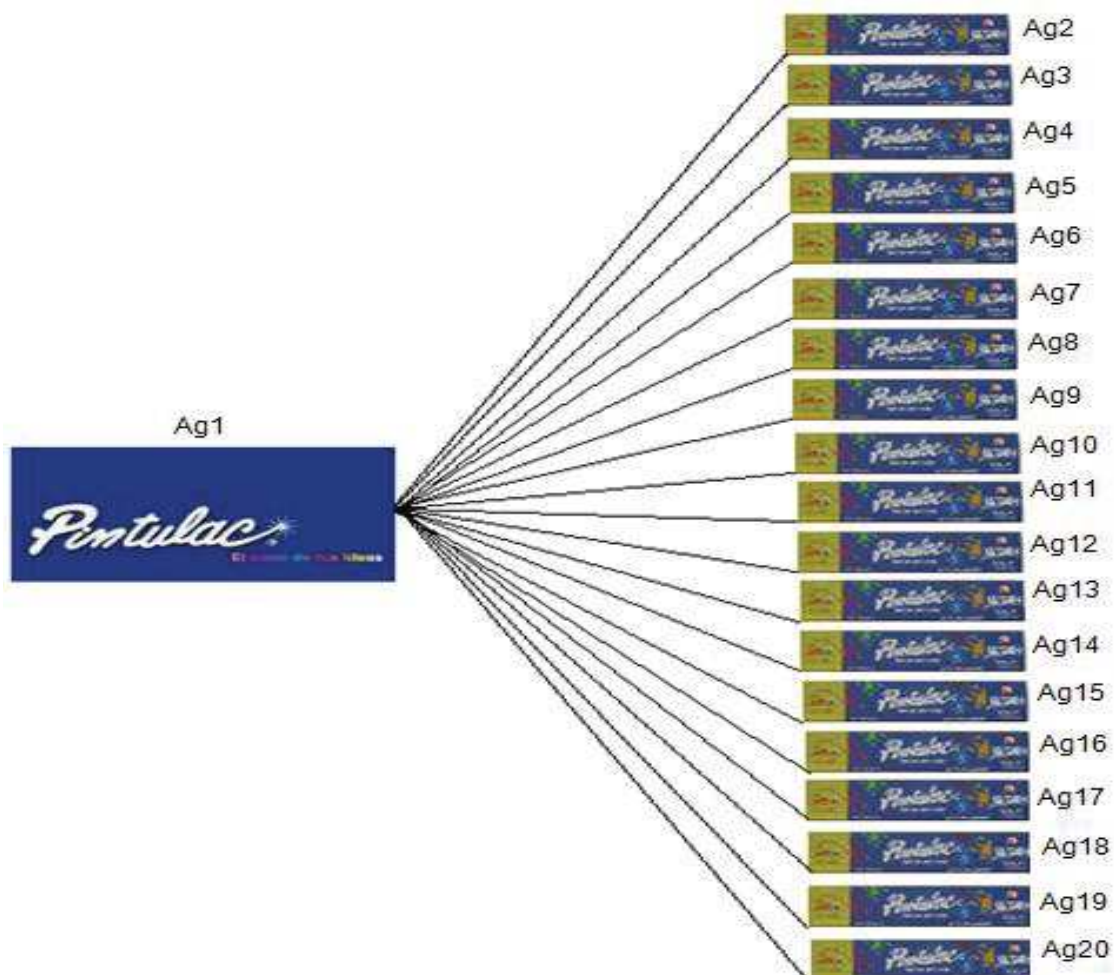
Fuente: Autor

## 1.2 REQUERIMIENTOS DE COMUNICACIONES DE LA EMPRESA

La empresa TRECX S.A - PINTULAC cuenta con una oficina matriz y 19 sucursales, no cuenta con una red integrada propia e independiente para el manejo de voz, datos y video; es por esta razón que se ven obligados a trabajar con un sistema alquilado.

Su principal necesidad de comunicaciones en la actualidad es contar con un sistema propio que se encargue de interconectar las sucursales con su oficina matriz en Quito.

**Figura 2 Diagrama general de Pintulac**



Fuente: Autor

Si fuera posible satisfacer esta necesidad con enlaces permanentes, se podría tener los siguientes beneficios para la empresa:

- En la oficina matriz se mejoraría notablemente la base de datos con la ayuda de un sistema que les permita llevar un inventario exacto de los productos en stock.
- Se perfeccionaría la contabilidad con los ingresos en cada una de las sucursales y además se estaría brindando un servicio eficiente ya que en el caso de no tener disponible algún producto en el local donde se encuentre el cliente, se realizaría inmediatamente una consulta con los otros puntos de venta para ver en cuál de ellos está disponible.
- Se reducirían costos al mejorar la comunicación a través de VoIP, al establecer varias llamadas a la vez sin ningún tipo de interferencia y con un amplio ancho de banda.
- Se establecería una red de video vigilancia para brindar mayor seguridad tanto a los clientes como al personal que trabaja en cada una de las sucursales. Además las cámaras serán utilizadas para monitorear los diferentes stands de los productos que se encuentran en exhibición es decir a libre acceso de los usuarios.

### **1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA ACTUAL DE COMUNICACIONES DE LA CADENA PINTULAC**

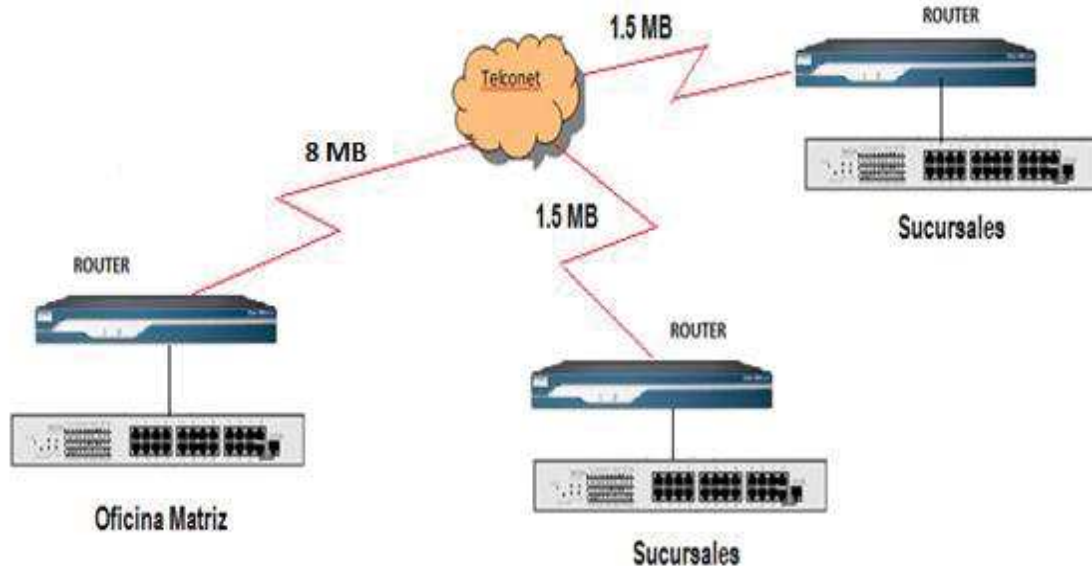
#### **1.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA RED**

La empresa PINTULAC cuenta con una red LAN. “LAN: Local Área Network (Red de área local)” en cada una de las sucursales que se encuentran dentro de la ciudad de Quito.

La empresa cuenta con un área de sistemas cuyo personal se dedica principalmente a dar soporte técnico a las aplicaciones de software para las diferentes transacciones realizadas. Sin embargo ante cualquier eventualidad

proporcionan soporte técnico como una segunda instancia en el caso de requerir la operadora.

**Figura 3 Diagrama de conexión de la oficina matriz y sus sucursales**



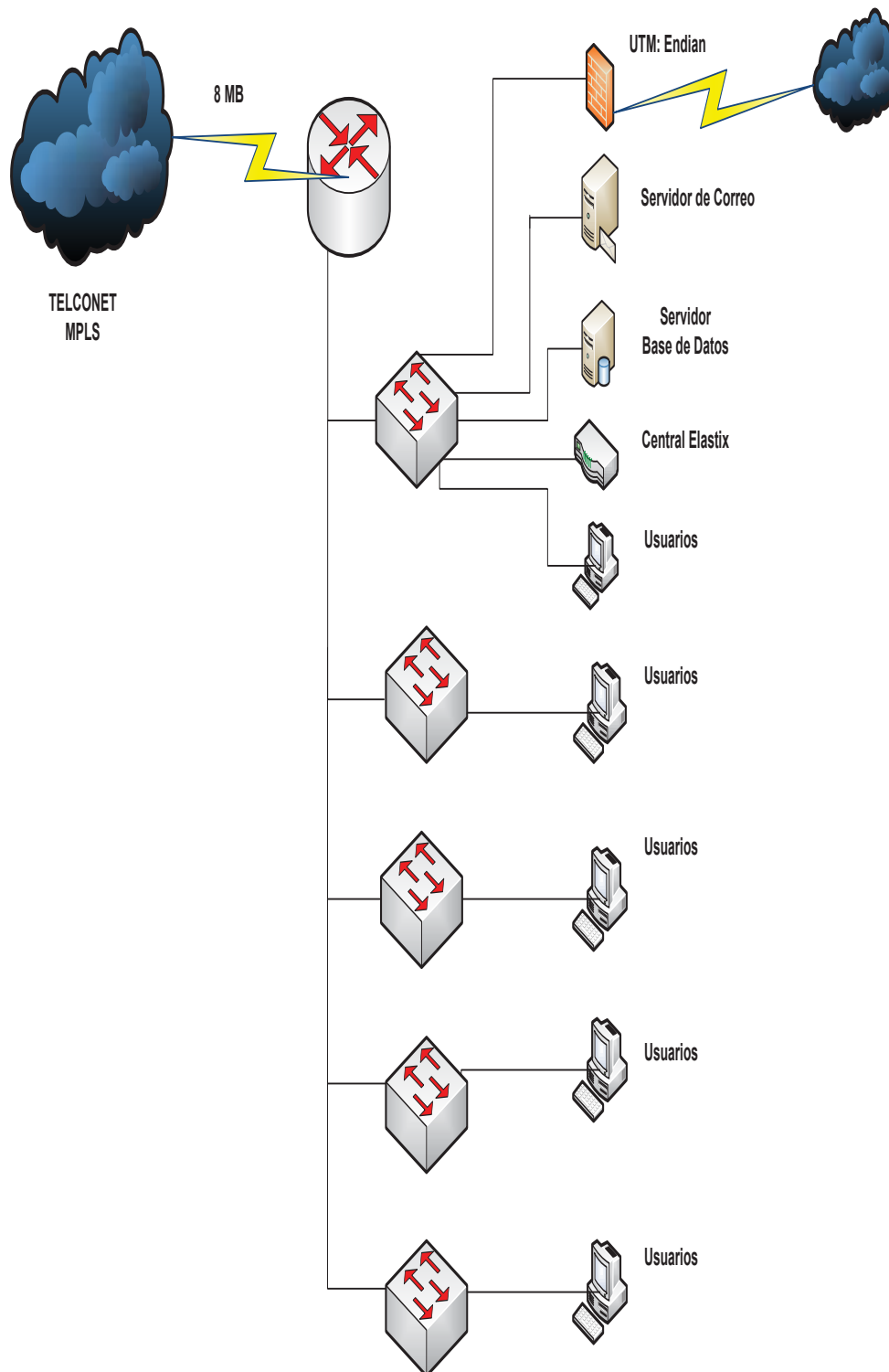
Fuente: Autor

La oficina Matriz de PINTULAC, se encuentra ubicada en Cotocollao, cuenta con un edificio de 5 pisos para su funcionamiento. Aquí se encuentran el centro de cómputo con todos los dispositivos que hacen posible la interconexión y operación de la red LAN.

Para el funcionamiento de la red LAN de PINTULAC oficina matriz, se utiliza 5 Switch HP 1400-24G J9078A (uno en cada piso), y para la red LAN de sus sucursales se utiliza un Switch Cisco 2900 (uno en cada sucursal).

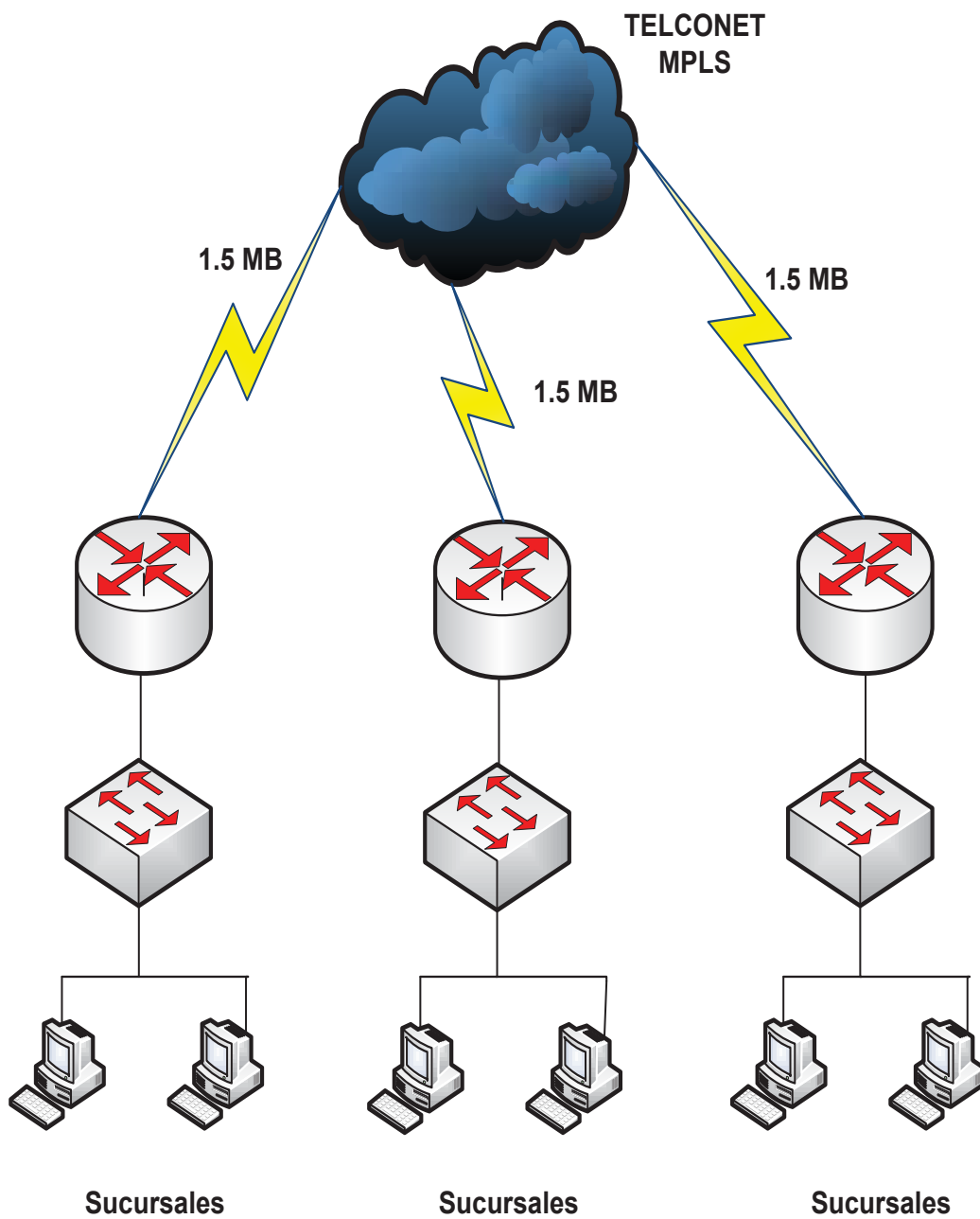
Para interconectar la oficina matriz de PINTULAC con sus sucursales; la empresa posee un contrato con la operadora de servicios TELCONET por un enlace MPLS dedicado 1:1 en cada oficina. Cabe mencionar que la operadora cuenta con Routers Cisco 1800 que cumplen la función de enrutador entre cada interconexión.

Figura 4 Diagrama de la Red LAN de la oficina matriz



Fuente: Autor

Figura 5 Diagrama de red de las sucursales



Fuente: Autor

**Tabla 2 Equipos de red para la oficina matriz y sus sucursales**

Pintulac	Equipos	Aplicaciones	Características	
			Cantidad	Descripción
Oficina Matriz	Router Cisco 1800 Series	Enrutador	1	
	Switch	Conectividad	5	HP 1400-24G J9078A
	Servidor de Correo	Correo electrónico	1	HP bl465 (Zimbra Colaboration Suite)
	Servidor Base de Datos	BDD	1	HP bl465/ Oracle Linux / Oracle BD
	Servidor UTM	Firewall	1	HP bl465/ Endian
	Servidor de telefonía	VoIP	1	Elastix ELX-5000
	Computadoras	Conectividad	150	Pentium IV
Oficinas Sucursales	Swich Cisco 2900	Conectividad	1 en cada sucursal	
	Computadoras	Conectividad	4 en cada sucursal	Pentium IV

Fuente: Autor



## 1.3.2 APLICACIONES DE RED

### 1.3.2.1 Servidor de Correo

La empresa TRECX S.A - Pintulac cuenta con un Servidor para correo HP bl465 el mismo que se encuentra configurado en Zimbra Colaboration Suite.

- **DNS (Domain Name System).**- el nombre de dominio de la empresa TRECX S.A - Pintulac es pintulac.com.ec con este sistema de nombres es posible traducir de nombre de dominio a dirección IP y viceversa.

### 1.3.2.2 Servidor Base de Datos

En la figura 4 se puede observar que el servidor de base de datos se encuentra en la oficina matriz. Este servidor trabaja con el sistema de gestión de datos Oracle que es básicamente una herramienta cliente/servidor para la gestión de bases de datos. Oracle trabaja bajo Linux.

### 1.3.2.3 UTM

En la figura 4 se puede observar que la Gestión Unificada de Amenazas o UTM se encuentra ubicada en la oficina matriz. UTM “UTM: Unified Threat Management o Gestión Unificada de Amenazas”

actúa como un Firewall o cortafuego; el mismo se encuentra configurado con Endian; es una distribución OpenSource de Linux. Con este firewall se crean reglas para limitar el ingreso a diferentes páginas.

Información de Endian (Anexo 1)

#### 1.3.2.4 Voz sobre IP

El servicio de telefonía se lo realiza a través de VoIP<sup>1</sup>; se establece a través de un servidor de comunicaciones y una central telefónica PBX ELX-5000 que permite manejar hasta 72 puertos analógicos y hasta 500 extensiones SIP<sup>2</sup> (Protocolo de señalización de inicio) las mismas que se interconectan con las sucursales por medio de líneas telefónicas suministradas por la Corporación Nacional de Telecomunicaciones.

La empresa trabaja con el software libre Elastix ya que no solamente permite contar con una central telefónica de grandes prestaciones, sino también ofrece un completo servidor unificado de comunicaciones que integra tecnologías de fax, telefonía, mensajería instantánea, correo electrónico en un solo equipo.

Información de Elastix (Anexo 2)

### 1.4 ANÁLISIS DE TRÁFICO

A través de la herramienta MRTG<sup>3</sup> se obtuvo la figura 6 con la carga de tráfico en el router de la sucursal Guamaní y la figura 7 con la carga de tráfico en el router de la oficina matriz. Las 2 figuras fueron proporcionadas por la operadora de servicios TELCONET.

Tráfico del router en la oficina matriz y 2 sucursales proporcionadas por la operadora TELCONET. (Anexo 3)

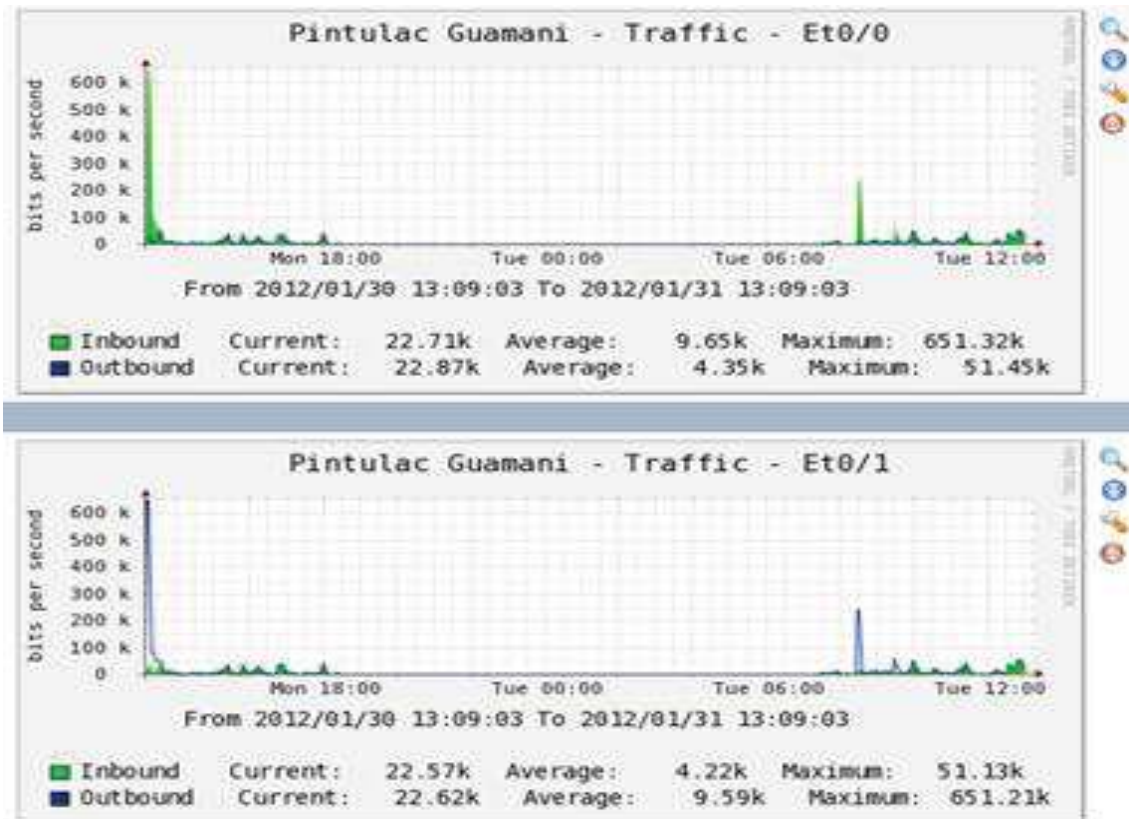
---

<sup>1</sup> VoIP: Voice over IP o Voz sobre Protocolo de Internet

<sup>2</sup> SIP: Protocolo de Señalización de inicio

<sup>3</sup> MRTG: Multi Router Traffic Grapher

Figura 6 Tráfico del router en la oficina sucursal Guamaní de Pintulac

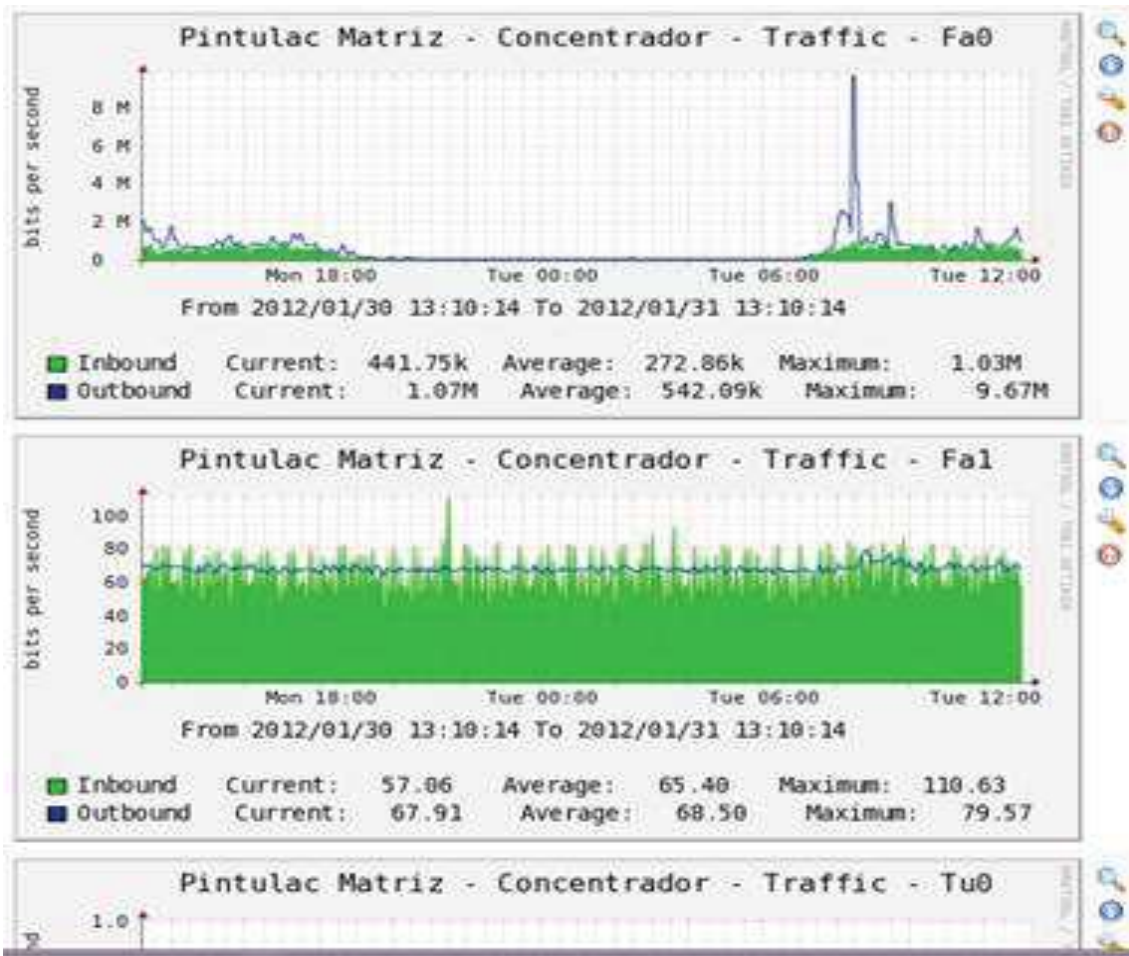


Fuente: Operadora de servicios Telconet

En la figura 6 se presenta el monitoreo realizado al router de la sucursal Guamaní el 30 de Enero del 2012, en la misma se realiza un seguimiento del tráfico de las interfaces de red del router. Se puede observar el tráfico entrante (inbound) y el tráfico saliente (outbound).

Anteriormente Pintulac en sus sucursales mantenía un ancho de banda de 512Kbps pero debido a los picos de 600Kpbs que se observa en la figura 6, la empresa se vio en la necesidad de actualizar el ancho de banda ya que se estaba presentando saturación en el enlace.

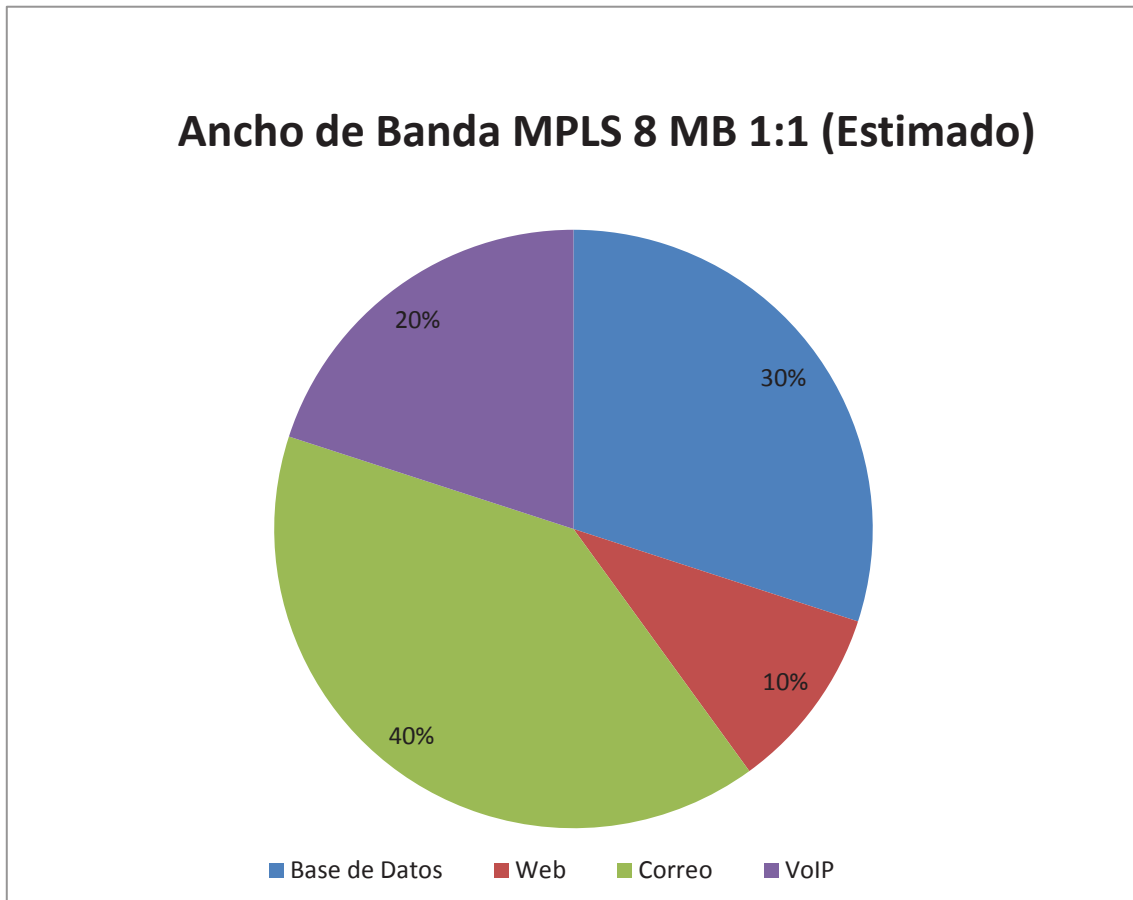
Figura 7 Tráfico del router en la oficina matriz de Pintulac



Fuente: Operadora de servicios Telconet

En la figura 7 se presenta una evolución del tráfico generado en el router concentrador en la oficina matriz, en la misma nos permite observar el seguimiento del tráfico de las interfaces Fa0 y Fa1.

El consumo entrante de tráfico se encuentra representado de color verde y el consumo de tráfico saliente se encuentra representado de color azul. Además se especifica el ancho de banda actual (current), el ancho de banda promedio (average), y el ancho de banda máximo que soporta la red es de 9 MB.

**Figura 8 Porcentaje estimado del consumo del ancho de banda**

Fuente: Empresa TRECX S.A - Pintulac

En la figura 8 se puede observar los porcentajes estimados del consumo del ancho de banda para cada aplicación.

Esta información es proporcionada por el administrador de la empresa Pintulac referente a horas y días en los que se envía mayor cantidad de información.

Los porcentajes equivalentes al consumo del ancho de banda son los siguientes:

**Tabla 3 Equivalencia de porcentajes en ancho de banda**

<b>ENLACE MPLS 8 MB</b>		
<b>Aplicaciones</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Ancho de Banda</b>
Base de datos	30%	2.4 MB
Web	10%	800 Kbps
Correo	40%	3.2 MB
VoIP	20%	1.6 MB

Fuente: Autor

### **1.4.1 CARACTERIZACIÓN DEL TRÁFICO**

Es muy importante mencionar el tipo de aplicaciones a ser utilizadas para estimar el ancho de banda que la red necesita. Las aplicaciones son el producto de las necesidades de los clientes. Al momento la empresa Pintulac transporta varios tipos de tráfico a través de la red de comunicaciones como son:

- Internet
- Correo electrónico
- Base de datos
- Voz sobre IP

#### **1.4.1.1 Internet**

Para el acceso a internet se trabaja con el protocolo de hipertexto HTTP el mismo que opera a través de solicitudes y respuestas, entre un cliente y un servidor.

El cliente son los trabajadores de Pintulac que realizan consultas a través del navegador web y el servidor es aquel en donde se almacenan las páginas de Internet para que los trabajadores puedan ingresar a ciertas informaciones de manera remota.

El ancho de banda para la navegación se encuentra restringido de acuerdo al tipo de usuario y las necesidades para cada uno por ejemplo para el departamento de contabilidad se encuentra habilitado las páginas del SRI para efectuar declaraciones de impuestos, IVA, retenciones, las páginas de los bancos para realizar transferencias y así de acuerdo al trabajo que desarrolle cada empleado se aplican limitaciones.

El ancho de banda recomendado para 150 usuarios en la oficina matriz sería de 10 MB para que no tengan inconvenientes ni saturación en la red.

#### **1.4.1.2 Correo Electrónico**

El correo electrónico es muy importante internamente en la empresa como fuera de ella ya que a través de esta aplicación se realizan peticiones, consultas, se programan las agendas, se contacta con clientes, se envían proformas, se coordinan citas y finalmente se concluyen las ventas.

Actualmente el ancho de banda para la oficina matriz y sus sucursales se encuentra restringido tanto para el envío como para recepción de correos electrónicos, al tamaño máximo de adjunto de 10 MB.

Pero posteriormente se desea incrementar el ancho de banda y a su vez el tamaño máximo de adjunto para envío y recepción de correos electrónicos ya que muchas veces hay adjuntos que sobrepasan la capacidad asignada y rebotan al remitente siendo esto muy molesto.

#### **1.4.1.3 Base de Datos**

En lo que se refiere al acceso a la base de datos se tiene dos tipos de usuarios; el usuario que cuenta con todos los permisos para ingresar, modificar, consultar y los otros usuarios que pueden ingresar pero con ciertas restricciones y solamente permitidos para realizar consultas. Los dos tipos de

usuarios ingresan a la base de datos a través de un nombre de usuario, un password y de acuerdo a su acceso pueden realizar operaciones según los privilegios asignados.

Al momento tanto en Pintulac matriz como en sus sucursales se realizan en total 200 peticiones diarias mediante un real time; este tráfico es debido a que las consultas deben ser inmediatas y no puede existir ningún tipo de retraso. El ancho de banda mínimo recomendado es de 2 MB.

#### **1.4.1.4 Voz sobre IP**

La VoIP permite la comunicación de voz entre la oficina matriz y sus sucursales a través del Internet. Para garantizar una buena calidad de voz se debe contar con un buen ancho de banda. Actualmente la empresa Pintulac cuenta con una extensión telefónica en su oficina matriz y con dos extensiones telefónicas en cada sucursal. La comunicación se la realiza en tiempo real para brindar un flujo constante de la voz y el ancho de banda mínimo recomendado para VoIP es 0.1 Mbps por extensión remota.

#### **1.4.1.5 Video**

La empresa TRECX S.A - Pintulac al momento no cuenta con un sistema de video pero posteriormente se establecerá una red de video vigilancia ya que es muy importante brindar seguridad tanto a los clientes y empleados. El ancho de banda recomendado para video será de 1 Mbps por canal.



## CAPITULO II

### 2. CONCEPTOS GENERALES SOBRE LA TECNOLOGÍA WiMAX Y SUS ASPECTOS REGULATORIOS EN EL ECUADOR

#### 2.1 INTRODUCCIÓN

WiMAX<sup>4</sup> significa "Worldwide Interoperability for Microwave Access", esta marca es la que permite certificar mundialmente un producto que está basado en el estándar de acceso inalámbrico IEEE 802.16. A través de este estándar se permiten conexiones similares a las proporcionadas por conexiones ADSL<sup>5</sup> pero sin necesidad de cables, es decir a través de una conexión inalámbrica se alcanza una cobertura de 50 a 60 Km. Este estándar es compatible con otros anteriores, como el de Wi-Fi<sup>6</sup>(IEEE 802.11).

Esta tecnología cubre redes metropolitanas es decir alcanza lugares de difícil acceso a Internet mediante un tiempo de instalación menor a la de otras tecnologías. Para comenzar a difundir esta tecnología se ha formado una asociación denominada WiMAX Forum<sup>7</sup> la misma que se encuentra integrada por varias empresas comprometidas con el cumplimiento del estándar IEEE 802.16; esta asociación ayuda a garantizar una compatibilidad e interoperabilidad de antenas, receptores y otros dispositivos electrónicos de diferentes fabricantes.

El estándar WiMAX trabaja con calidad de servicio o conocido como QoS, es decir, tiene la capacidad de garantizar que un servicio funcione cuando se utiliza. En la práctica WiMAX permite que el ancho de banda se reserve para un propósito determinado y así garantizar un servicio eficiente.

---

<sup>4</sup> WiMAX: Worldwide Interoperability for Microwave Access (Interoperabilidad mundial para acceso por microondas)

<sup>5</sup> ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line (Línea de Abonado Digital Asimétrica)

<sup>6</sup> Wi-Fi: Wireless Fidelity (Fidelidad en el envío de ondas de radio)

<sup>7</sup> WiMAX Forum: <http://www.wimaxforum.org/>

## 2.2 ESTÁNDAR IEEE 802.16

WiMAX conforma el grupo de los estándares IEEE 802.16; este estándar se encuentra trabajando en el espectro 10-66 GHz con una velocidad de 75M bps/segundo con canales de 20 MHz (802.16a).

### **Actualmente consta con dos variantes el estándar 802.16:**

**WiMAX Fijo o (IEEE 802.16d).**- fue publicado en el 2004 y es una tecnología que se encarga de realizar una conexión de punto multipunto; establece un enlace de radio entre la estación base y un equipo de usuario situado en el domicilio del usuario. Para el entorno fijo, las velocidades teóricas máximas que se pueden obtener son de 70 Mbps con un ancho de banda de 20 MHz. WiMAX fijo es usado en acceso a banda ancha, funciona en las bandas de frecuencia licenciadas de 2.5 GHz y 3.5 GHz, y en las bandas libres de frecuencia de 5.7 GHz y 5.8 GHz. Además permiten un uso con infraestructura de potencias medias/bajas y son ideales para su uso en aplicaciones de última milla y entornos rurales.

**WiMAX Móvil o (IEEE 802.16-2009).**- inicia la idea de WiMAX móvil con la tecnología definida en el estándar IEEE 802.16e-2005; pero posteriormente se fue corrigiendo e incluyendo en el estándar IEEE 802.16-2009.

El único estándar vigente y válido en la actualidad es el IEEE 802.16-2009, incluye tanto aplicaciones fijas como móviles.

A WiMAX se lo relaciona con la tecnología basada en el estándar IEEE 802.16-2009 y por su letra i minúscula se lo relaciona con interoperable es decir cualquier equipo WiMAX móvil debe poder comunicarse con equipamiento de otros fabricantes.

Por otro lado hay dos aspectos que toda tecnología denominada “móvil” suele cumplir:

- Las aplicaciones móviles requieren terminales portátiles tipo PDA o USB. El uso de estos terminales no es una opción, sino una obligación dictada por el objetivo de movilidad.
- La tecnología debe soportar Soft Hand-off. El término “hand-off” (o “hand-over”) significa que un terminal pase de la zona de cobertura de una estación base a la zona de cobertura de otra estación base. Que sea “soft” implica que se mantiene la conectividad durante ese proceso de cambio de estación base, pasando totalmente desapercibido para el usuario. De este modo, una comunicación de voz no cae aunque el usuario se desplace. En contraposición al soft hand-off está el “hard” hand-off, en el que la conexión cae durante un instante que puede ir desde un tiempo inferior a un segundo hasta varios segundos o minutos, en cualquier caso no válido para aplicaciones de voz en movilidad.

Al hablar de WiMAX móvil esos cuatro aspectos (estándar, interoperabilidad, terminales PDA/USB y soft hand-off) siempre están presentes en la mayoría de los casos y si alguno de los cuatro conceptos no se cumple, no podremos hablar de WiMAX móvil.

**WiMAX 2 o conocido como (802.16m).**- es la última versión de la tecnología de transmisión inalámbrica de datos usando ondas de radio. Es un estándar de mejor calidad respecto a la tecnología basada en el estándar 802.16e, al soportar velocidades para el usuario final de 120Mbps de bajada y de 60Mbps de subida simultáneamente junto a una menor latencia y mayor capacidad de VoIP.

Los principales proveedores de WiMAX se encuentran trabajando actualmente en estrecha colaboración con el Foro WiMAX pero lamentablemente no se cuenta con demasiados apoyos dentro de la industria. Su principal competidor tecnológico es 4G; este nuevo estándar ha recibido la aprobación a comienzo de este año con interesantes mejoras como la de aumentar la velocidad hasta 1 Gbps.

**Tabla 4 Tabla de frecuencias del estándar WiMAX**

<b>Estándar</b>	<b>Velocidad</b>
WiMAX fijo (802.16d-2004)	70 Mbps
WiMAX móvil (802.16 e)	30 Mbps

Fuente: <http://es.kioskea.net/contents/wimax/wimax-intro.php3>

### 2.2.1 PROGRESO DE WiMAX

WiMAX es interoperabilidad mundial para acceso por microondas, es una norma de transmisión de datos que utiliza las ondas de radio en las bandas de frecuencias de 2,5 y 3,5 GHz. Esta tecnología es conocida como última milla o como bucle local que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. El estándar que define esta tecnología es el IEEE 802.16. El gran beneficio de este servicio es proveer banda ancha en lugares donde se dificulta el tendido del cable o fibra óptica debido a que por sus pocos habitantes la inversión y el costo para cada uno de los habitantes son demasiado elevados; esto sucede generalmente en las zonas rurales.

#### **A continuación tenemos el desarrollo del estándar IEEE 802.16**

**Estándar 802.16.-** fue publicado en el año 2002. Este estándar utiliza espectro licenciado en el rango de 10 a 66 GHz, además necesita línea de vista directa, trabaja con una capacidad de hasta 134 Mbps en celdas de 2 a 5 millas y soporta calidad de servicio.

**Estándar 802.16a.-** fue publicado en abril del 2003. En este año presentan una ampliación del estándar 802.16 hacia bandas de 2 a 11 GHz, con sistemas NLOS<sup>8</sup> y LOS<sup>9</sup>, y protocolo PTP<sup>10</sup> y PTMP<sup>11</sup>.

<sup>8</sup> NLOS: No necesitan tener una línea de visibilidad entre las antenas

<sup>9</sup> LOS: Línea de visión directa

<sup>10</sup> PTP: Peer-to-Peer (Red punto a punto)

<sup>11</sup> PTMP: Red Punto a Multipunto

**Estándar 802.16c.-** fue publicado en enero del 2003. Trabajan en la ampliación del estándar 802.16 para definir las características y especificaciones en la banda de 10-66 GHz.

**Estándar 802.16d.-** revisión del 802.16 y 802.16a para añadir los perfiles aprobados por el WiMAX Forum. Este fue aprobado como 802.16-2004 en junio de 2004.

**Estándar 802.16e.-** extensión del 802.16 que incluye la conexión de banda ancha norma para elementos portátiles del estilo de los notebooks. La misma fue publicada en diciembre de 2005.

**Estándar 802.16-2009.-** WiMAX móvil permite usar terminales móviles como USB o PDA. Este estándar fue publicado en el 2009.

**Estándar 802.16m.-** extensión del 802.16e que entrega datos a velocidad de 1 Gbit/s en reposo y 100 Mbit/s en movimiento.

**Tabla 5 Resumen del estándar 802.16**

Estándar	Frecuencia	Estado	Rango
IEEE std 802.16	Delimita redes de área metropolitana inalámbrica (WMAN) en bandas de frecuencia superiores a 10 GHz.	Octubre de 2002	Obsoleto
IEEE std 802.16 <sup>a</sup>	Delimita redes de área metropolitana inalámbrica en bandas de frecuencia desde 2 a 11 GHz inclusive.	9 Octubre de 2003	Obsoleto
IEEE std 802.16b	Delimita redes de área metropolitana inalámbrica en bandas de frecuencia desde 10 a 60 GHz inclusive.		Anexado a 802.16a (Obsoleto)
IEEE std 802.16c	Delimita opciones (perfiles) para redes de área metropolitana inalámbrica en bandas de frecuencia sin licencia.		Julio de 2003

IEEE std 802.16d (IEEE std 802.16- 2004)	Revisión que incorporó los estándares 802.16, 802.16a y 802.16c.	1 de Octubre de 2004	Obsoleto
IEEE std 802.16e	Permite que los clientes de tecnología móvil utilicen redes de área metropolitana inalámbricas.	2005	Sin ratificar
IEEE std 802.16-2009	Trabaja en redes inalámbricas de área metropolitana	2009	Activo

Fuente: <http://es.kioskea.net/contents/wimax/wimax-intro.php3>

### 2.3 CARACTERÍSTICAS DE WiMAX

Las principales características del estándar IEEE 802.16 son las siguientes:

- **Tasa de Transferencia**

Por medio de un robusto esquema de modulación, el estándar IEEE 802.16 entrega una tasa de transferencia mayor a 70 Mbps; con una alta eficiencia espectral.

La modulación dinámica adaptativa permite a la estación base negociar la tasa de transferencia por rangos. Estas velocidades altas son conseguidas a través de la modulación OFDM<sup>12</sup> con 256 portadoras.

- **Escalabilidad y rendimiento**

IEEE 802.16 tiene la flexibilidad de asignar diferentes anchos de banda en cada canal de radio, desde canales de 1.5 MHz hasta un máximo de 20 MHz. La posibilidad de escoger diferentes anchos de banda permite la reutilización de frecuencias y un mejor planeamiento de las celdas.

---

<sup>12</sup> OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing (Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales)

El número de canales sin solaparse en IEEE 802.16 está limitado por el espectro total disponible.

En cuanto a la eficiencia espectral IEEE 802.16 permite un máximo teórico de 70 Mbps en un canal de 20 MHz. El nivel del rendimiento real dependerá de la existencia de línea de vista, distancia, interferencia y otros factores (se espera alcanzar rendimientos reales de 50 Mbps).

- **Cobertura**

La cobertura es para redes de área metropolitana cubriendo áreas mayores a 50 Km con línea de vista (LOS) y hasta 8Km sin línea de vista (NLOS).

Mientras la tecnología de radio mejora y los costos bajan, la habilidad de incrementar la cobertura y la tasa de transferencia usando múltiples antenas para crear diversidad de transmisión o recepción aumentará sensiblemente la cobertura en escenarios extremos.

A través de esta tecnología se brindará servicios de voz, datos y video.

- **Calidad de Servicio**

O también conocida como QoS. La capacidad de voz es extremadamente importante, es por esta razón que el estándar IEEE 802.16a incluye características que permite incluir servicios de voz y video.

Las características de garantía requeridas por el controlador de acceso al medio (MAC) del IEEE 802.16 permiten al operador brindar simultáneamente niveles de servicio Premium garantizados para negocios, tanto como niveles de servicio T1, y servicio de alto volumen "best effort" a hogares, similares a niveles de servicio de cable, todos dentro de la misma área de servicio perteneciente a una estación base.

- **Seguridad**

WiMAX cuenta como parte del estándar con características de privacidad y encriptación; ya que es la clave para prevenir la utilización clandestina de la conexión wireless.

En lo que se refiere a seguridad WiMAX soporta dos estándares de encriptación de calidad, DES<sup>13</sup> y AES<sup>14</sup>, que es considerado tecnología de vanguardia. Básicamente, todo el tráfico en redes WiMAX debe ser encriptado empleando el Counter Mode con Cipher Block Chaining Message Authentication Code Protocol (CCMP)<sup>15</sup> que utilizan AES para transmisiones seguras y autenticación de la integración de datos.

## **2.4 SERVICIOS DE WiMAX**

- Permite el acceso a Internet a altas velocidades
- Voz sobre protocolo de Internet (VoIP<sup>16</sup>).
- Transmisión de datos (VPN<sup>17</sup> IP<sup>18</sup>, Línea dedicada)

### **2.4.1 PRESTACIONES DE WiMAX**

- Capacidad de aumentar el ancho de banda dependiendo las necesidades de los usuarios.
- Los precios en esta tecnología son similares a los proporcionados por ADSL/Cable pero con mayor ancho de banda y canales simétricos y asimétricos.
- El ancho de banda alcanzado es hasta de 70 Mbps por usuarios y hasta 420 Mbps por cada estación base.
- Cobertura de hasta 60 Km.

---

<sup>13</sup> DES: Algoritmo de triple cifrado

<sup>14</sup> AES: Advanced Encryption Standard (Avanzado estándar de cifrado)

<sup>15</sup> CCMP: Counter Mode con Cipher Block Chaining Message Authentication Code Protocol

<sup>16</sup> VoIP: Voice over Internet Protocol (Voz sobre Protocolo de Internet o Telefonía IP)

<sup>17</sup> VPN: Virtual Private Network (red privada virtual)

<sup>18</sup> IP: Internet Protocol (Protocolo de Internet)



- Facilidad para distribuir el servicio una vez que es instalada la red.
- Al trabajar WiMAX con frecuencias de uso exclusivo, se garantizará calidad de servicio.
- Gran eficiencia en el uso del espectro y estabilidad.
- Admite la transmisión simultánea de voz, video y datos.

## **2.5 BANDAS DE FRECUENCIA<sup>19</sup>**

El estándar IEEE 802.16 define diferentes bandas de frecuencias que pueden ser licenciadas y no licenciadas. Entre las principales mencionamos a continuación

- Bandas de frecuencias licenciadas de 10-66 GHz.
- Bandas de frecuencias licenciadas inferiores a los 11 GHz.
- Bandas de frecuencias no licenciadas 5-6 GHz

### **Bandas de frecuencias licenciadas de 10-66 GHz**

Proveen un ambiente donde las longitudes de onda son muy pequeñas.

- La propagación de las ondas debido a múltiples trayectos son insignificantes. Determinan que para su transmisión sea necesario los requerimientos de LOS.
- Se definen anchos de banda del canal de 25 o 28 MHz.
- Debido a las técnicas de modulación empleadas se alcanzan tasas de transmisión de datos de hasta 120 Mbps.
- Esta banda es empleada para aplicaciones en oficinas pequeñas (SOHO)<sup>20</sup>.

### **Bandas de frecuencias licenciadas inferiores a los 11 GHz**

Proveen un ambiente donde las longitudes de onda son largas.

---

<sup>19</sup> <http://es.scribd.com/doc/60298327/80216>

<sup>20</sup> SOHO: Small office/home office o (Oficina en casa / Oficina pequeña)

- La propagación de las ondas debido a múltiples trayectos pueden ser significantes.
- Determinan que para su transmisión no sea necesario los requerimientos de LOS.
- Esta habilidad de soportar ambientes near-LOS y non-LOS (NLOS)

### **Bandas de frecuencias no licenciadas 5-6 GHZ**

Proveen un ambiente donde las longitudes de onda son largas (exentas de licencia - regulación de cada país)

- Introducen interferencias adicionales y problemas de coexistencia.
- Se definen restricciones en base a la limitación de la potencia radiada.
- Se introducen mecanismos que facilitarán la detección y prevención de interferencias dañinas hacia y desde otros usuarios, selección dinámica de frecuencia (dynamic frequency selection – DFS<sup>21</sup>).

## **2.6 PROPAGACIÓN<sup>22</sup>**

En los sistemas de radio, las ondas procedentes de una antena emisora se expanden en todas direcciones según un frente de propagación en forma de esfera; viajaran en línea recta, excepto cuando la Tierra y su atmosfera alteren su trayectoria.

**De acuerdo al trayecto de propagación se presenta varios tipos de ondas:**

- **Ondas terrestres.**- son las que viajan a lo largo de la superficie de la tierra

---

<sup>21</sup> DFS: dynamic frequency selection (Selección dinámica de frecuencia)

<sup>22</sup> Referencia: "Sistemas de Comunicaciones Electrónicas", Tomasi Wayne, 4ta Edicion, 2003

- **Ondas directas.**- si se propagan directamente de la antena de transmisión a la antena de recepción.
- **Onda reflejada en el suelo.**- las que llegan a la antena receptora luego de ser reflejadas en el suelo.
- **Ondas ionósferas u ondas de cielo.**- si la propagación se realiza a través de la ionosfera.
- **Onda troposférica.**- la que llega a la antena receptora después de sufrir una dispersión en alguna discontinuidad dieléctrica existente en la troposfera o estratosfera.

Debido a que las pérdidas en la superficie terrestre se incrementan mientras es más alta la frecuencia, las ondas espaciales son más utilizadas cuando se tienen frecuencias muy altas; sin embargo, al trabajar con frecuencias por debajo de 1.5 MHz, las ondas terrestres proporcionan mejor cobertura.

### **2.6.1 INTRODUCCIÓN A LA PROPAGACIÓN<sup>23</sup>**

Actualmente hay varias tecnologías que se encuentran disponibles para enlaces inalámbricos fijos de banda ancha los mismos que son utilizados para proveer cobertura en línea de vista (LOS).

Mientras que la tecnología WiMAX ha sido perfeccionada para mejorar la cobertura a largas distancias y proveer una excelente cobertura sin línea de vista (NLOS).

### **2.6.2 PROPAGACIÓN NLOS VS. LOS**

El canal de radio de un sistema de comunicaciones inalámbrico es descrito a menudo como “con línea de vista” (LOS) o “sin línea de vista” (NLOS). En un

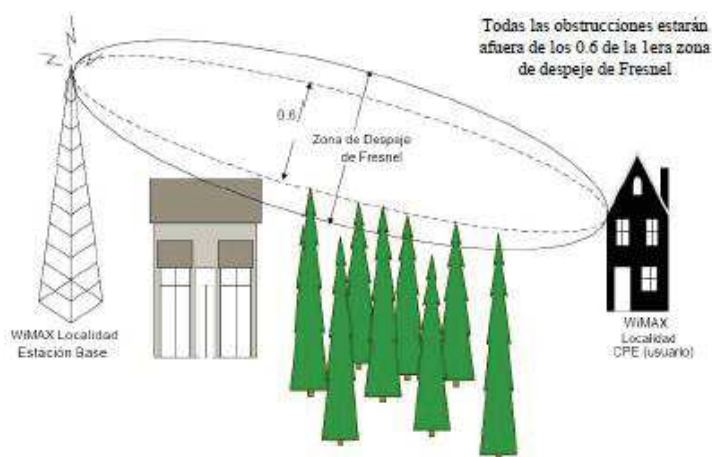
---

<sup>23</sup> Fuente: “WiMAX’s technology for LOS and NLOS environments” por el WIMAX FORUM  
<http://www.wimaxforum.org/news/downloads/WiMAXNLOSgeneral-versionaug04.pdf>

enlace LOS, la señal viaja a través de un camino directo y sin obstrucciones desde el transmisor hasta el receptor.

En la figura 9 se observa que el enlace LOS requiere que la mayor parte de la primera Zona de Fresnel esté libre de obstrucciones. Si no se cumple este requerimiento existirá una reducción significativa de la intensidad de señal. La zona de despeje de Fresnel requerida depende de la frecuencia de operación y de la distancia entre transmisor y localidades receptoras.

**Figura 9 Propagación con línea de vista**



**Fuente: WiMA Forum 2004**

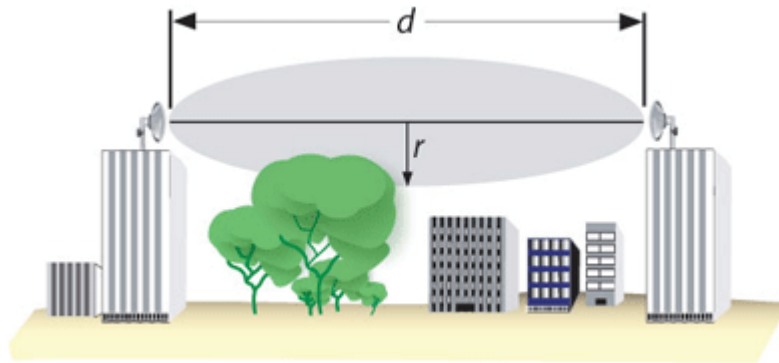
En la figura 9 se puede observar que en un enlace NLOS, la señal alcanza al receptor por medio de reflexiones, difracciones y dispersiones. Las señales que alcanzan al receptor consisten en componentes del camino directo, caminos reflejados múltiples, energía de dispersión y caminos de propagación por difracción. Estas señales poseen distintos retardos, atenuaciones, polarizaciones y estabilidad relativa al camino directo.

### **2.6.3 ZONA DE FRESNEL**

Se denomina Zona de Fresnel al espacio existente entre el emisor de una onda electromagnética y el receptor, dicho desfase no debe superar los  $180^{\circ}$ ; este

espacio se debe encontrar completamente despejado es decir no debe haber ningún tipo de obstáculos para que la onda electromagnética se pueda propagar sin ningún inconveniente.

**Figura 10 Zona de Fresnel NLOS**



**Fuente: WiMA Forum 2004**

Como se puede observar en la figura 10 se muestra una elipse gris que representa la primera zona de fresnel y para que se pueda establecer una comunicación a una distancia  $d$  con una frecuencia  $f$ , debemos lograr que la altura  $r$  de la primer zona de Fresnel (o por lo menos el 80% de  $r$ ) esté completamente despejado.

Para establecer las zonas de Fresnel, primero debemos de determinar la línea de vista entre la antena transmisora y la antena receptora. El radio de la sección transversal de la primera zona de Fresnel tiene su máximo en el centro del enlace, en este punto el radio  $R_1$  se puede calcular de la siguiente forma:

$$R_1 = 547,7 * \sqrt{(d1 * d2)} / (f * d)$$

Dónde:

$f$  = frecuencia de operación (MHz)

$R_1$  = radio de la primera zona de Fresnel (Km)

$d1$  = distancia desde el transmisor al punto donde se desea evaluar el radio de la zona de Fresnel (Km)

$d2$  = distancia desde el mismo punto anterior hasta el receptor (Km)

$d = d1 + d2 =$  distancia total del enlace (Km)

## 2.7 CAPA FÍSICA DE WiMAX

La capa física de WiMAX se basa en la multiplexación por división ortogonal en frecuencia (OFDM)<sup>24</sup>. Esta multiplexación es un esquema de transmisión que nos permite la transmisión de datos de alta velocidad, video y comunicaciones multimedia. OFDM es un esquema eficiente para transmisión de elevadas tasas de datos en entornos sin visión directa y con distorsión multitrayecto.

**OFDM.-** Es orthogonal frequency division multiplexing o multiplexación por división de frecuencias ortogonales. Esta tecnología es muy robusta frente a las atenuaciones en frecuencia y a las interferencias de RF (radiofrecuencia).

Una de las características sobresalientes de esta tecnología es su capacidad de resistencia ante las interferencias y degradaciones por efectos de multitrayectoria y retardos.

Con esta multiplexación se necesita menor ancho de banda para transmitir la misma cantidad de información que utilizando la tecnología FDM; lo que significa que posee una mayor eficiencia espectral.

OFDM es considerado como una técnica de modulación multiportadora, la misma que es utilizada para solucionar problemas presentados por la propagación multicamino, en vez de transmitir la información en una única portadora, se divide el ancho de banda disponible en un grupo de portadoras y cada portadora transmite un pequeño ancho de banda.

### 2.7.1 PARÁMETROS OFDM EN WiMAX

Las versiones fijas y móviles de WiMAX tienen diferentes implementaciones de OFDM en la capa física PHY. WiMAX fijo se basa en la norma IEEE 802.16-

---

<sup>24</sup> OFDM: Orthogonal frequency division multiplexing (Multiplexación por división de frecuencias ortogonales)

2004, se usa una capa física basada en OFDM con una FFT<sup>25</sup> de 256 portadoras de tamaño. Para WiMAX móvil, basado en la norma 802.16-2005, se usa una capa física basada en OFDMA variable. En el caso de WiMAX móvil, el tamaño de FFT puede variar desde 128 hasta 2048 subportadoras.

**Capa física WiMAX fijo (OFDM-PHY).**- para esta versión el tamaño de la transformada rápida de Fourier (FFT) está fijada en 256 subportadoras, de las cuales 192 son subportadoras para transportar datos, 8 son usadas como subportadoras piloto para propósitos relacionados con la estimación y la sincronización del canal y el resto son usadas como subportadoras de la banda de guarda.

Puesto que el tamaño de la FFT es fijo, el espaciado entre subportadoras varía con el ancho de banda del canal. Cuando se utilizan grandes anchos de banda, el espaciado entre subportadoras aumenta y el tiempo de símbolo disminuye. Que el tiempo de símbolo disminuya significa que será necesario asignar una mayor fracción de tiempo de guarda con el propósito de superar la difusión de retardos.

**Capa física WiMAX móvil (OFDM-PHY).**- el tamaño de la FFT puede variar entre 128 y 2048 subportadoras. En este caso cuando el ancho de banda aumenta, el tamaño de la FFT también se ve incrementado para que el espaciado entre las subportadoras siempre sea 10.94 KHz, esto mantiene la duración del símbolo OFDM fijo y por tanto las capas superiores no se tienen que preocupar de esto. Un diseño escalable también mantiene los costos bajos.

El espaciado de 10.94 KHz fue elegido como un buen equilibrio para satisfacer el retardo de propagación. Este espaciado entre subportadoras puede soportar

---

<sup>25</sup> FFT: Fast Fourier Transform (Transformada Rápida de Fourier)

un retardo de hasta 20us y una movilidad de hasta 125 Km por hora cuando opera a 3.5 GHz. El espaciado entre subportadoras de 10.94KHz implica que se usen FFT de 128, 512, 1024 y 2048 bits cuando el ancho de banda del canal es 1.25 MHz, 5MHz, 10MHz y 20MHz respectivamente.

### 2.7.2 SUBCANALES EN OFDMA

**OFDMA**<sup>26</sup>.- Es orthogonal frequency-division multiple access o acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal. Esta tecnología es utilizada para lograr que un grupo de usuarios de un sistema de telecomunicaciones puedan compartir el espectro de un cierto canal para aplicaciones de subportadoras (subcarriers) que se reparten en grupos en función de la necesidad de cada uno de los usuarios.

En OFDMA se pueden dividir las subportadoras disponibles en varios grupos llamados subcanales. WiMAX fijo basado en una capa física OFDM solamente permite una forma limitada de subcanalización en el enlace ascendente.

El estándar define subcanales, donde se pueden asignar 1, 2, 4, 8 o todos los conjuntos a una estación de abonado en el enlace ascendente.

La subcanalización del enlace ascendente en WiMAX fijo permite a las estaciones de abonados transmitir utilizando solamente una fracción del ancho de banda que le asigna la estación base, lo que proporciona mejoras económicas en el enlace que se pueden utilizar para aumentar el rendimiento y mejorar la duración de las baterías de las estaciones de abonado.

La versión móvil de WiMAX, cuya capa física esta basada en OFDMA, permite subcanalizar tanto en el enlace ascendente como el enlace descendente y aquí los subcanales forman la unidad mínima de recursos de frecuencia asignados por la estación base.

En la figura 11 se puede observar el esquema de multiacceso o llamado acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal (OFDMA) que da nombre a la capa física WiMAX móvil. Se pueden constituir subcanales utilizando

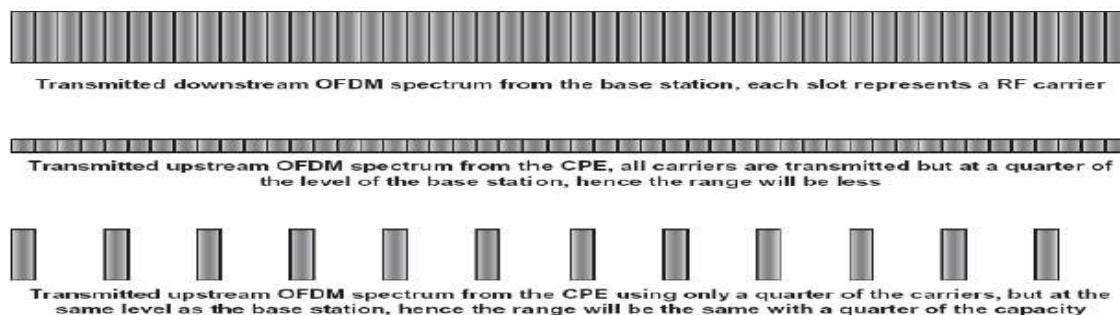
---

<sup>26</sup> OFDMA: Orthogonal frequency-division multiple access (Acceso múltiple por división de frecuencia ortogonal)



subportadoras contiguas o subportadoras distribuidas pseudo-aleatoriamente en el espectro de frecuencia. Los subcanales formados utilizando subportadoras distribuidas proporcionan más diversidad frecuencial.

**Figura 11 Efecto de la subcanalización**



Fuente: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/4507/1/sanchez.pdf>

### 2.7.3 TÉCNICAS DE CORRECCIÓN DE ERRORES

Dentro de WiMAX tenemos la presencia de 2 técnicas para corrección de errores las mismas que sirven para reducir los requerimientos de la relación señal a ruido del sistema.

Una codificación fuerte FEC<sup>27</sup> (Forward Error Correcting), codificación convolucional, esta es usada para detectar y corregir errores con el objetivo de mejorar la tasa de transferencia efectiva. FEC es el proceso en que una vez detectado el error, el receptor trata de determinar el mensaje original, usando los bits de redundancia.

Estas técnicas robustas de correcciones de errores, ayudan a recuperar tramas erradas que pueden haber sido perdidas debido al desvanecimiento selectivo.

El requerimiento de repetición automática (ARQ<sup>28</sup>) es usado para corregir errores que no pueden ser corregidos mediante FEC. La técnica ARQ es utilizada cuando no se obtiene una confirmación de recibido, es decir se asume

<sup>27</sup> FEC: Forward Error Correction (corrección de errores hacia adelante)

<sup>28</sup> ARQ: Automatic Repeat-reQuest (Requerimiento automático de repetición)

de que hubo un error y en ese momento por default se decide enviar nuevamente la información y ya depende del receptor rechazarla o volverla a poner.

## **2.8 ARQUITECTURA DEL PROTOCOLO 802.16-2004<sup>29</sup>**

Las capas de protocolos del estándar IEEE 802.16 son similares a otras redes 802 con la característica de poseer un número mayor de subcapas.

La capa física especifica el espectro de frecuencia, el esquema de modulación, las técnicas de corrección de errores, la sincronización entre el transmisor y receptor, la tasa de transferencia de datos y el tipo de multiplexación.

La capa física además define varios esquemas de modulación, dependiendo de la distancia de cobertura y la relación señal-ruido.

Sobre la capa física se encuentran las funciones asociadas a los servicios ofrecidos a los usuarios. Estas funciones implican la transmisión de datos sobre tramas y el control del acceso al medio inalámbrico; siendo estas funciones agrupadas dentro de la capa de control del acceso al medio.

La capa MAC define como y cuando la estación base (BS)<sup>30</sup> o las estaciones de suscriptor (SS)<sup>31</sup> pueden empezar la transmisión en el canal y es capaz de proporcionar calidad de servicio a protocolos de capas superiores como ATM<sup>32</sup>; asignando una cantidad suficientemente grande al canal para satisfacer las necesidades del servicio.

El control de la transmisión desde la estación base hacia la estación de suscriptor (downlink), es relativamente simple debido a que solo existe una

---

<sup>29</sup> Fuente: IEEE Estandar 802.16-2004  
<http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.16.2-2004.pdf>

<sup>30</sup> BS: Estación Base

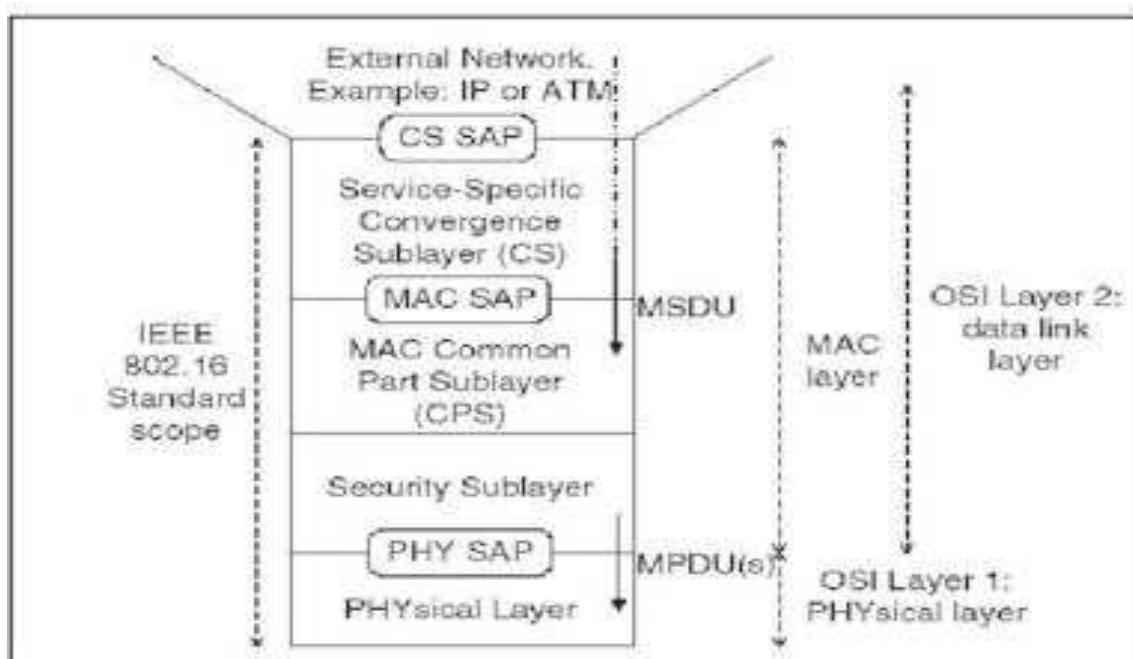
<sup>31</sup> SS: Estación de suscriptor

<sup>32</sup> ATM: Asynchronous Transfer Mode o Modo de Transferencia Asíncrona

estación transmisora, mientras tanto en el camino inverso, desde la estación de suscriptor a la estación base (uplink), existen múltiples suscriptores compitiendo por el acceso, necesitando un control más complejo.

En la figura 12 se presenta la arquitectura de capas definidas en WiMAX 802.16. Como se puede observar el estándar sólo define las dos capas de más abajo del modelo OSI, la capa física y la de control de acceso al medio.

**Figura 12 Capa de protocolos del estándar IEEE 802.16**



Fuente: <http://www.microalcarria.com/descargas/documentos/Wireless/wireless.pdf>

### 2.8.1 CAPA MAC<sup>33</sup>

La capa de control de acceso al medio MAC<sup>34</sup> se encuentra sobre la capa física y se subdivide en tres subcapas, CS<sup>35</sup> (Subcapa de convergencia), CPS<sup>36</sup>

<sup>33</sup> [http://www.oas.org/en/citel/infocitel/2009/septiembre/wimax\\_e.asp](http://www.oas.org/en/citel/infocitel/2009/septiembre/wimax_e.asp)

<sup>34</sup> MAC: Medium Access Control o Control de acceso al medio

<sup>35</sup> CS: Convergence Sublayer (Subcapa de convergencia)

(Subcapa de parte común) y la Subcapa de seguridad. La subcapa de seguridad proporciona autenticación, intercambio de llaves de seguridad y encriptación. En la subcapa de parte común están localizadas las funciones principales como la administración del canal.

La subcapa de convergencia de servicios específicos provee funciones específicas para el servicio ofrecido, su función es definir el interfaz para los diferentes tipos de redes. Cuando la capa MAC de un equipo manda una MPDU (MAC PDU) al equipo correspondiente, esta MPDU es recibida por un a PSDU (PHY Físical SDU) por la capa física.

Como ya se dijo anteriormente, esta capa determina el camino por el cual las estaciones de suscriptor acceden a la red y a los recursos que son atribuidos para cada estación. Además es la responsable de ejercer funciones relacionadas al control del acceso y la transmisión de los datos.

El protocolo MAC IEEE 802.16-2004 fue creado para soportar arquitecturas de red punto-multipunto (PMP), punto a punto y para bandas de frecuencia bajas soporta topologías en malla (Mesh). Trabaja con altas tasas de bits, tanto para el enlace downlink y uplink. Los algoritmos de acceso y de asignación de ancho banda deben ser capaces de acomodar a centenares de terminales por canal y cada terminal puede ser compartido por múltiples usuarios finales.

Los servicios que los usuarios finales exigen, son de diferente naturaleza como por ejemplo: datos, conectividad con IP, voz sobre IP (VoIP) y video. Para poder dar soporte a esta amplia gama de servicios 802.16-2004 se acomoda tanto a tráfico continuo como a tráfico en ráfagas.

---

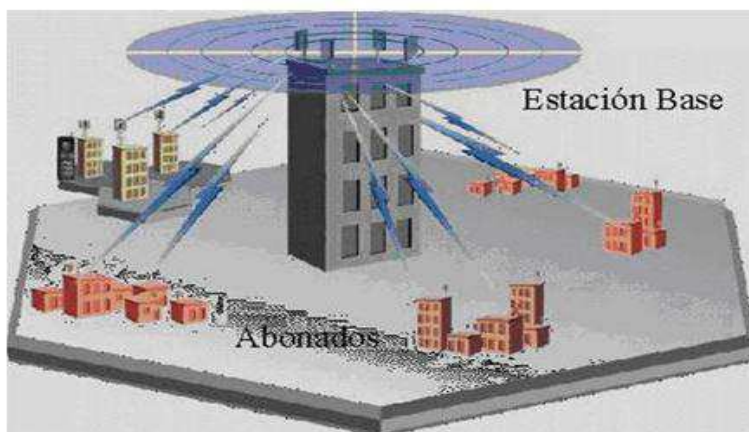
<sup>36</sup> CPS: Common Part Sublayer (Subcapa de parte común)

### 2.8.1.1 Topología Punto Multipunto

WiMAX soporta una arquitectura punto a multipunto en la banda de 10 a 66 GHz, a esas frecuencias la transmisión debe realizarse con visión directa. La capa MAC de 802.16 en cada estación base disminuye dinámicamente el ancho de banda disponible en los enlaces ascendentes y descendentes entre las estaciones de abonado mediante acceso múltiple por división en el tiempo (TDMA)<sup>37</sup>.

En la figura 13 podemos observar que cada una de las estaciones base establece conexiones con varias estaciones remotas. Esta topología permite al operador de red alcanzar el mayor número de usuarios al menor costo y limita el número de routers y switches necesarios para operar la red.

**Figura 13 Estaciones base con estaciones remotas**



**Fuente: WiMAX Forum 2004**

Al trabajar con la topología de punto-multipunto; un enlace WiMAX se realiza a partir de una estación base (BS) central con antenas sectoriales. Esto consiste en un conjunto de antenas direccionales distribuidas alrededor de un mástil central y cada antena define un sector, un área donde la frecuencia puede ser rehusada.

<sup>37</sup> TDMA: Time Division Multiple Access o Acceso Múltiple por División de Tiempo

Los sectores también pueden ser desarrollados en base a arreglos de antenas, donde un conjunto de dipolos son combinados y se consiguen lóbulos direccionales para variar las relaciones de fase de las señales de cada una de las antenas.

Para esta topología de red, el downlink se maneja mediante una estación base centralizada y una antena sectorizada que es capaz de manejar varias zonas simultáneamente. Se considera que en una frecuencia y en un sector de antenas sólo existe una BS transmitiendo, de manera que no se tiene que coordinar con las demás BS, excepto en la multiplexación de tiempo. Las transmisiones en el enlace de bajada (downlink, DL) suelen ser broadcast, de forma que todas las estaciones de usuario reciben toda la información y escogen la que vaya dirigida a ellos.

En el enlace de subida (uplink, UL) las estaciones de usuario comparten el canal mediante mecanismos de gestión de demanda. En este sentido, un enlace punto-multipunto, comparte un determinado nodo que se caracteriza por tener una antena omnidireccional y puntos de terminación con antenas direccionales con una ganancia elevada.

Por otra parte, la capa MAC es orientada a la conexión. Para propósitos de relacionar los servicios a las SS y asociarlos a los diferentes niveles de calidad de servicio (QoS), todas las comunicaciones de datos están en el contexto de una conexión.

El flujo de servicio debe ser suministrado en el momento en el que la SS se instala en el sistema y justo después de que se registra; las conexiones se deben asociar a ese flujo de servicio para tener una referencia al hacer las peticiones de ancho de banda. El flujo de servicio define los parámetros de QoS de los packet data units (PDU)<sup>38</sup> que se intercambian durante la conexión.

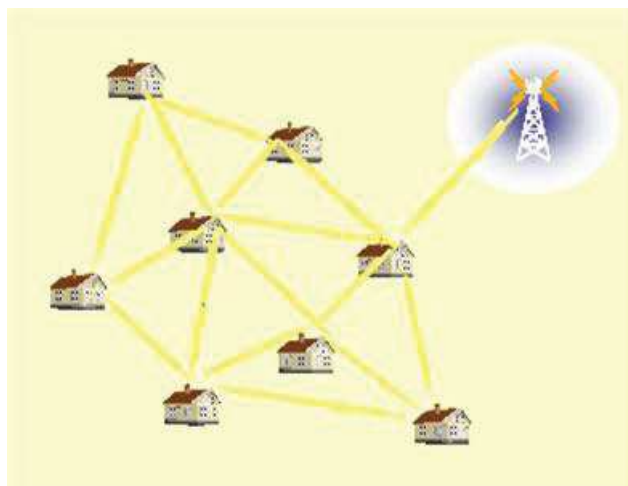
---

<sup>38</sup> PDU: Packet data unit

### 2.8.1.2 Redes Mesh

Redes mesh o también conocidas como redes enmalladas, tienen la función de realizar la comunicación entre un nodo y la estación base y entre los diferentes nodos.

**Figura 14 Arquitectura de la red mesh**



**Fuente: WiMAX Forum 2004**

Con la mencionada arquitectura se pueden realizar las operaciones de dos maneras diferentes: distribuida o centralizada: para la distribuida, todos los nodos deben coordinar con los demás, la manera de transmitir para evitar colisiones con los datos, realizar el control de tráfico y enviar por difusión (broadcast) su respectivo estado (recursos disponibles, peticiones y concesiones) a todos sus vecinos; para la centralizada, los recursos se asignan de una manera más concentrada, ya que la estación base mesh, recopila varias peticiones de un determinado sector y otorga los respectivos recursos para cada enlace, tanto para el downlink como para el uplink, al mismo tiempo que comunica estas decisiones a las demás estaciones del sector.

## **2.9 VOZ SOBRE IP**

VoIP en inglés es Voice Over Internet Protocol, que significa voz sobre un protocolo de internet. VoIP es una tecnología que nos permite transmitir la voz mediante paquetes a través de Internet utilizando el protocolo IP (Protocolo de Internet).

La telefonía IP consiste en transformar la señal de voz analógica a señal digital para transmitir por el protocolo de Internet y para recobrar la señal de voz analógica se realiza todo lo contrario.

Al momento de establecer una llamada telefónica por VoIP; la voz se digitaliza, se comprime y es transmitida en paquetes de datos IP. Estos paquetes son enviados mediante el Internet a la persona con la que se estableció la comunicación. Al momento que logran su destino es encapsulado nuevamente, se los descomprime y posteriormente son convertidos en la señal de voz original. Cada paquete de datos utiliza un camino distinto para llegar a su destino ya que se encuentran compartiendo el mismo medio o la misma red de datos pero al momento que llegan a su destino los paquetes son ordenados.

### **2.9.1 CODECS EN TELEFONÍA IP**

Los códec son los que se encargan de convertir una señal de audio analógico en una señal de audio digital. Los codecs realizan la conversión tomando muestras de la señal de audio miles de veces por segundo. El códec mas conocido es G.711 y este toma 64.000 muestras por segundo. Cada pequeña muestra es convertida en información digital y comprimida para su envío. Al momento que las 64.000 muestras son reconstruidas, los pequeños pedacitos de audio que se pierden entre medio no son percibidos por el oído humano, esta suena como una sucesión continua de audio.



**Tabla 6 Características de codecs VoIP**

<b>Codec</b>	<b>Método de Compresión</b>	<b>Capacidad</b>
G.711	Codec Modulation	64 Kbps
G.723.1	Code Excited Linear Prediction	5.3 Kbps
G.723.1	Law bit rate vocoder for Multimedia	6.4 Kbps
G.726	Adaptive Differential PCM	32 Kbps
G.728	Law Delay CELP	16 Kbps
G.729	Conjugate Structure Alebraic CELP	10 Kbps

**Fuente:** <http://www.voipforo.com/codec/codecs.php>

## **2.10 ELEMENTOS DE RED**

### **2.10.1 ESTACION BASE**

Es un transmisor / receptor de radio; este equipo es utilizado como conexión de red de área local inalámbrica. Además puede servir como puente entre las redes inalámbrica y fija.

En cada estación base se debe considerar el sistema de energía, que es el encargado del suministro de energía eléctrica a todos los equipos de telecomunicaciones que conforman la radio base.

### **2.10.2 CPE<sup>39</sup>**

El Customer Permisses Equipment o Equipo Local del Cliente es un equipo de telecomunicaciones empleado tanto en interiores como en exteriores para originar, encaminar o terminar una comunicación. El equipo puede proveer una combinación de servicios incluyendo datos, voz, video.

---

<sup>39</sup> CPE.- Customer Permisses Equipment o Equipo Local del Cliente

### **2.10.3 ANTENAS**

Una antena es un sistema conductor metálico capaz de radiar y recibir ondas electromagnéticas. Este dispositivo se utiliza como la interface entre un transmisor y el espacio libre o el espacio libre y el receptor.

Las características de las antenas dependen de la relación entre sus dimensiones y la longitud de onda de la señal de radiofrecuencia transmitida o recibida. Se debe tomar en cuenta que si las dimensiones de la antena son mucho más pequeñas que la longitud de onda las antenas se denominan elementales, si tienen dimensiones del orden de media longitud de onda se llaman resonantes, y si su tamaño es mucho mayor que la longitud de onda son directivas.

### **2.11 ASPECTOS REGULATORIOS**

En lo referente a WiMAX, en nuestro país este tipo de servicios de acceso inalámbrico de banda ancha, ya tiene una norma que controla su funcionamiento, la cual fue resuelta por el CONATEL<sup>40</sup> en su resolución No 417-15 y fue expedida el viernes 11 de noviembre del 2005.

Esta norma de nombre “NORMA PARA LA IMPLEMENTACION Y OPERACION DE SISTEMAS DE MODULACION DIGITAL DE BANDA ANCHA”, tiene por objeto regular la instalación y operación de sistemas de radiocomunicaciones que utilizan técnicas de modulación digital de banda ancha, en los rangos de frecuencias que determine el CONATEL.

Además para la autorización de operación del sistema se debe contar con un “TÍTULO HABILITANTE PARA LA OPERACIÓN DE RED PRIVADA”, según la Resolución No. 017-02-CONATEL-2002 este permiso tiene por objeto regular los procedimientos para la instalación y el otorgamiento de títulos habilitantes,

---

<sup>40</sup> CONATEL: Consejo Nacional de Telecomunicaciones

para la operación de redes privadas de acuerdo a lo establecido en el Reglamento General a la Ley Especial de Telecomunicaciones.

### **2.11.1 NORMA PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y OPERACIÓN DE SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA**

El Secretario Nacional de Telecomunicaciones es delegado por el CONATEL para emitir un certificado de registro; con este certificado estará aprobada la operación de sistemas de modulación digital de banda ancha.

Para la obtención de este registro, los interesados en cualquier parte del territorio nacional, deberán presentar una solicitud con todos los requisitos para su aprobación dirigida a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SNT)<sup>41</sup>, cumpliendo con los datos consignados en el formulario técnico que para el efecto pondrá a disposición la SNT.

Cualquier persona natural o jurídica, domiciliada en el país, podrá solicitar a la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones un permiso para la operación de redes privadas.

El plazo de duración de los permisos será de cinco años, prorrogables por igual período, a solicitud escrita del interesado, presentada con tres meses de anticipación al vencimiento del plazo original, siempre y cuando haya cumplido con los términos y condiciones del título habilitante.

**Requisitos.-** Las solicitudes para el otorgamiento de títulos habilitantes para la operación de redes privadas deberán acompañarse con los documentos y previo el cumplimiento de los requisitos determinados en el reglamento general a la ley especial de telecomunicaciones:

---

<sup>41</sup> SNT: Secretaría Nacional de Telecomunicaciones

- a) Documentos de identificación del solicitante.
- b) Proyecto técnico de la red a operar y requerimientos de conexión.
- c) El proyecto técnico debe ser elaborado por un ingeniero en electrónica y telecomunicaciones y contendrá lo siguiente:
  - Descripción de los equipos, sistemas, recursos principales y los requisitos de conexión interna y externa.
  - Descripción técnica detallada de la red propuesta, incluyendo los puntos geográficos de conexión; con redes existentes en caso de existir circuitos alquilados como parte de la red privada, identificación de los recursos del espectro radioeléctrico necesarios para operar la red y la respectiva solicitud de concesión.
  - En caso de utilizar los servicios de cualquier servicio portador, el solicitante deberá adjuntar copia simple del contrato respectivo.
  - Para efectos de la conexión se sujetará a lo dispuesto en el respectivo reglamento.

Toda la información anterior será considerada confidencial con excepción de la identificación del solicitante.

Una vez presentada esta documentación y previo al pago de los valores para la obtención del título habilitante y los costos establecidos por el reglamento de derechos por concesión y tarifas por uso de frecuencias del espectro radioeléctrico vigente a la fecha de registro; la SNT procederá con la emisión del certificado de registro de los sistemas de modulación digital de banda ancha que será entregado al interesado, el cual incluirá la descripción del sistema registrado.

Se aprobará la operación de sistemas de radiocomunicaciones que utilicen técnicas de modulación digital de banda ancha en las siguientes bandas de frecuencias:

**Tabla 7 Bandas asignadas para sistemas demodulación digital de banda ancha**

<b>BANDA [MHz]</b>	<b>ASIGNACIÓN</b>
902 - 928	ICM31
2400 – 2483,5	ICM <sup>42</sup>
5150 – 5250	INI32
5250 – 5350	INI <sup>43</sup>
5470 – 5725	INI
5725 - 5850	ICM, INI

**Fuente:** [http://www.conatel.gob.ec/site\\_conatel/](http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/)

La operación de los sistemas con técnicas de modulación digital de banda ancha se aprobará en las siguientes configuraciones:

- Sistemas punto - punto
- Sistemas punto - multipunto
- Sistemas móviles

---

<sup>42</sup> ICM: Bandas para aplicaciones industriales científicas y médicas

<sup>43</sup> INI:

### 2.11.1.1 Características técnicas de los sistemas de modulación digital de banda ancha

**Tabla 8 Características de los sistemas de modulación digital de banda ancha**

<b>Tipo de configuración del sistema</b>	<b>Bandas de operación (MHz)</b>	<b>Potencia pico máxima del transmisor (mW)</b>
punto-punto punto-multipunto móviles	902 - 928	250
punto-punto punto-multipunto móviles	2400-2483,5	1000
punto-punto punto-multipunto móviles	5150-5250	5033
punto-punto		-----
punto-multipunto móviles	5250 - 5350	25034
punto-punto punto-multipunto móviles	5470 - 5725	25034
punto-punto punto-multipunto móviles	5725 - 5850	1000

**Fuente:**[http://www.conatel.gob.ec/site\\_conatel/](http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/)

Si la ganancia de la antena direccional empleada exclusivamente en los sistemas fijos punto-punto y que operan en la banda 2400-2483,5 MHz es superior a 6 dBi, deberá reducirse la potencia máxima de salida del transmisor, esto es 1 dBm, por cada 3 dB de ganancia de la antena que exceda los 6 dBi.

Cuando en las bandas de 5150-5250 MHz, 5250-5350 MHz y 5470-5725 MHz, se utilicen equipos con antenas de transmisión de ganancia direccional mayor a 6 dBi, la potencia de transmisión pico y la densidad espectral de potencia pico deberán ser reducidas en la cantidad de dBs que superen la ganancia de la

antena direccional que exceda los 6 dBi.

Cualquier dispositivo que opere en la banda de 5150-5250 MHz deberá utilizar una antena de transmisión que sea parte integral del dispositivo.

Los sistemas que operen en la banda de 5725-5850 MHz pueden emplear antenas de transmisión con ganancia direccional mayor a 6 dBi y de hasta 23 dBi sin la correspondiente reducción en la potencia pico de salida del transmisor.

Si emplean ganancia direccional en la antena mayor a 23 dBi, será requerida una reducción de 1 dBm en la potencia pico del transmisor y en la densidad espectral de potencia pico por cada dB que la ganancia de la antena exceda a los 23 dBi.

Los equipos que emplean modulación digital de banda ancha que requieren autorización de acuerdo a lo que establece el reglamento de radiocomunicaciones, deben cumplir con lo establecido en la tabla 2.6.

**Tabla 9 Reglamento de radiocomunicaciones para equipos que emplean modulación digital de banda ancha.**

<b>Equipos con potencia (P)</b>	<b>Antenas</b>	<b>Áreas</b>
P<100 mW	directivas	públicas o privadas
P<300 mW	exteriores	públicas
$300 \leq P \leq 1000$ mW	cualquier tipo de antenas	públicas o privadas

Fuente: [http://www.conatel.gob.ec/site\\_conatel/](http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/)

### **2.11.2 FORMULARIOS NECESARIOS PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA**

Los formularios necesarios para la implementación de sistemas de modulación de banda ancha establecidos por la SNT son los siguientes:

- Formulario para información legal (sistemas de modulación digital de banda ancha): RC – 1B.
- Formulario para información de la infraestructura del sistema de radiocomunicaciones: RC – 2A.
- Formulario para información de antenas: RC – 3A.
- Formulario para información de equipamiento: RC – 4A.
- Formulario para sistemas de modulación digital de banda ancha (sistemas punto-multipunto): RC – 9B.
- Formulario para esquema del sistema de radiocomunicaciones: RC – 14A.
- Formulario para estudio técnico de emisiones de RNI (radiación no ionizante) (cálculo de la distancia de seguridad): RC-15A.

Formulario de información general para solicitar permisos de red privada (Anexo 4).

### **2.11.3 TÍTULOS HABILITANTES PARA LA OPERACIÓN DE REDES PRIVADAS**

Se denominan redes privadas a aquellas utilizadas por personas naturales o jurídicas exclusivamente, con el propósito de conectar distintas instalaciones de su propiedad que se hallen bajo su control. Una red privada puede estar compuesta de uno o más circuitos arrendados, líneas privadas virtuales, infraestructura propia o una combinación de éstos. Dichas redes pueden abarcar puntos en el territorio nacional y en el extranjero. Una red privada puede ser utilizada para la transmisión de voz, datos, sonidos, imágenes o cualquier combinación de éstos.



Para la aprobación de la operación de una red privada, el Secretario Nacional de Telecomunicaciones, por delegación del CONATEL emitirá un título habilitante denominado permiso de operación de red privada. Para la obtención de este permiso, los interesados en cualquier parte del territorio nacional, deberán presentar una solicitud con todos los requisitos para su aprobación dirigida a la SNT, cumpliendo con los datos consignados en el formulario técnico que para el efecto pondrá a disposición la SNT.

Una vez presentada esta documentación y previo al pago de los valores para la obtención del título habilitante y los costos establecidos por el reglamento de derechos por concesión; la SNT procederá con el otorgamiento del título habilitante para la operación de red privada de acuerdo al detalle del sistema presentado. Los formularios necesarios para el otorgamiento del permiso de red privada por parte de la SNT son los siguientes:

Formulario ST-1A-DGGST: Formulario de Información General sobre la Red Privada.

Formulario ST-2ª-DGGST: Formulario de Información Técnica de la Red Privada

Formularios mencionados anteriormente (ST-1A-DGGST y ST-2ª-DGGST).

(Ver Anexo 4).

#### **2.11.4 PLAN NACIONAL DE FRECUENCIAS PARA SISTEMAS DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA**

El CONATEL en su resolución No 430-15-CONATEL - 2005, resuelve actualizar y modificar el contenido del Plan Nacional de Frecuencias para la operación de sistemas de modulación digital de banda ancha.

Con esta resolución el CONATEL promueve el uso de nuevas tecnologías de acceso inalámbrico, mediante el uso de frecuencias a título secundario. Permite a múltiples usuarios compartir una misma banda de frecuencias resultado de aplicar tecnologías de punta de bajo costo y fácil implementación.

Los cambios y actualizaciones al plan nacional de frecuencias son los siguientes:

- Incorporar la siguiente nota EQA.211: el uso de las bandas de 5150-5250 MHz, 5250- 5350 MHz 5470-5725 MHz y 5725 - 5850 MHz será atribuido a las bandas INI.
- Modificar la nota EQA.150: el uso de la banda de 902 - 928 MHz atribuida al servicio fijo, aficionados, móvil salvo móvil aeronáutico y radiolocalización, se comparte con sistemas de modulación digital de banda ancha.
- Modificar la nota EQA.195: EQA.195: el uso de la banda de 2400 - 2483,5 MHz, atribuida a los servicios fijo, móvil, radiolocalización y sistemas de seguridad pública, compartido con sistemas de modulación digital de banda ancha.
- Modificar la nota EQA.215: el uso de la banda 5725 - 5850 MHz, atribuida al servicio de radiolocalización, se comparte sistemas de modulación digital de banda ancha y con enlaces radioeléctricos para radiodifusión sonora que utilizan sistemas de espectro ensanchado (spread spectrum) entre estaciones fijas con antenas direccionales punto – punto.
- Incorporar la siguiente nota EQA.212: el uso de la banda de 5150-5250 MHz, atribuida al servicio de radionavegación aeronáutica, fijo por satélite (tierra-espacio) y móvil salvo móvil aeronáutico, se comparte con sistemas de modulación digital de banda ancha.
- Incorporar la siguiente nota EQA.213: el uso de la banda de 5250-5350 MHz, atribuida al servicio de exploración de la tierra por satélite, radiolocalización, investigación espacial y móvil salvo móvil aeronáutico, se comparte con sistemas de modulación digital de banda ancha.
- Incorporar la siguiente nota EQA.214: el uso de la banda de 5470-5725 MHz, atribuida al servicio de radionavegación marítima, móvil salvo móvil aeronáutico, exploración de la tierra por satélite, investigación espacial y radiolocalización, se comparte con los Sistemas de modulación digital de banda ancha.

## CAPITULO III

### **3. DISEÑO DE LA RED INALÁMBRICA CON EL ESTÁNDAR IEEE 802.16 WiMAX**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

En este capítulo se realizará una nueva solución de red inalámbrica para integrar la matriz y sucursales de la Empresa TRECX S.A. - Pintulac, con el objetivo de cubrir las necesidades de los usuarios tanto internos como externos de la empresa. A través de una tecnología que mejore la comunicación y garantice un servicio confiable, seguro y eficiente.

#### **3.2 BANDA DE FRECUENCIA**

La tecnología WiMAX maneja dos tipos de bandas; con licencia como es la frecuencia de 3.5 GHz y sin licencia como las bandas denominadas ICM<sup>44</sup>.

El CONATEL es la entidad reguladora de Telecomunicaciones que asigna las bandas de frecuencias en el Ecuador, concesionó a la empresa Telmex que actualmente es Claro y a la empresa Setel (Grupo TV Cable) para que operen en la banda de 3.5GHz, ya que pagaron una cantidad de dinero por la concesión para la operación de la red.

Para el desarrollo del presente proyecto se va a trabajar en la banda ICM-banda libre o 5.7 GHz ya que demanda menos trámites para su asignación.

#### **3.3 DISEÑO DE LA RED**

Todas las estaciones base serán integradas a través de la tecnología WiMAX IEEE 802.16d con enlaces la matriz hacia cerro Pichincha punto a punto y la distribución al resto de agencias punto multipunto.

---

<sup>44</sup> ICM: Resolución No. 417-15-CONATEL-2005 asignadas para aplicaciones Industriales, Científicas y Médicas

Para la ubicación de las estaciones base se ha tomado en cuenta que cumplan con las siguientes exigencias.

- Línea de vista con las sucursales
- Cubrir el área requerida en su totalidad
- Prescindir de celdas que estén solapadas para no contar con la presencia de interferencia entre las estaciones

Después de haber analizado estos requisitos se decide colocar en zonas estratégicas las estaciones base. Inicialmente se realizará un enlace desde la oficina matriz de Pintulac situada en Cotocollao hacia una estación base localizada en el Cerro Pichincha. Las otras estaciones suscriptoras serán conectadas a los Cerros Pichincha, Puengasí y Ilumbisí, dependiendo del sector que se desea cubrir.

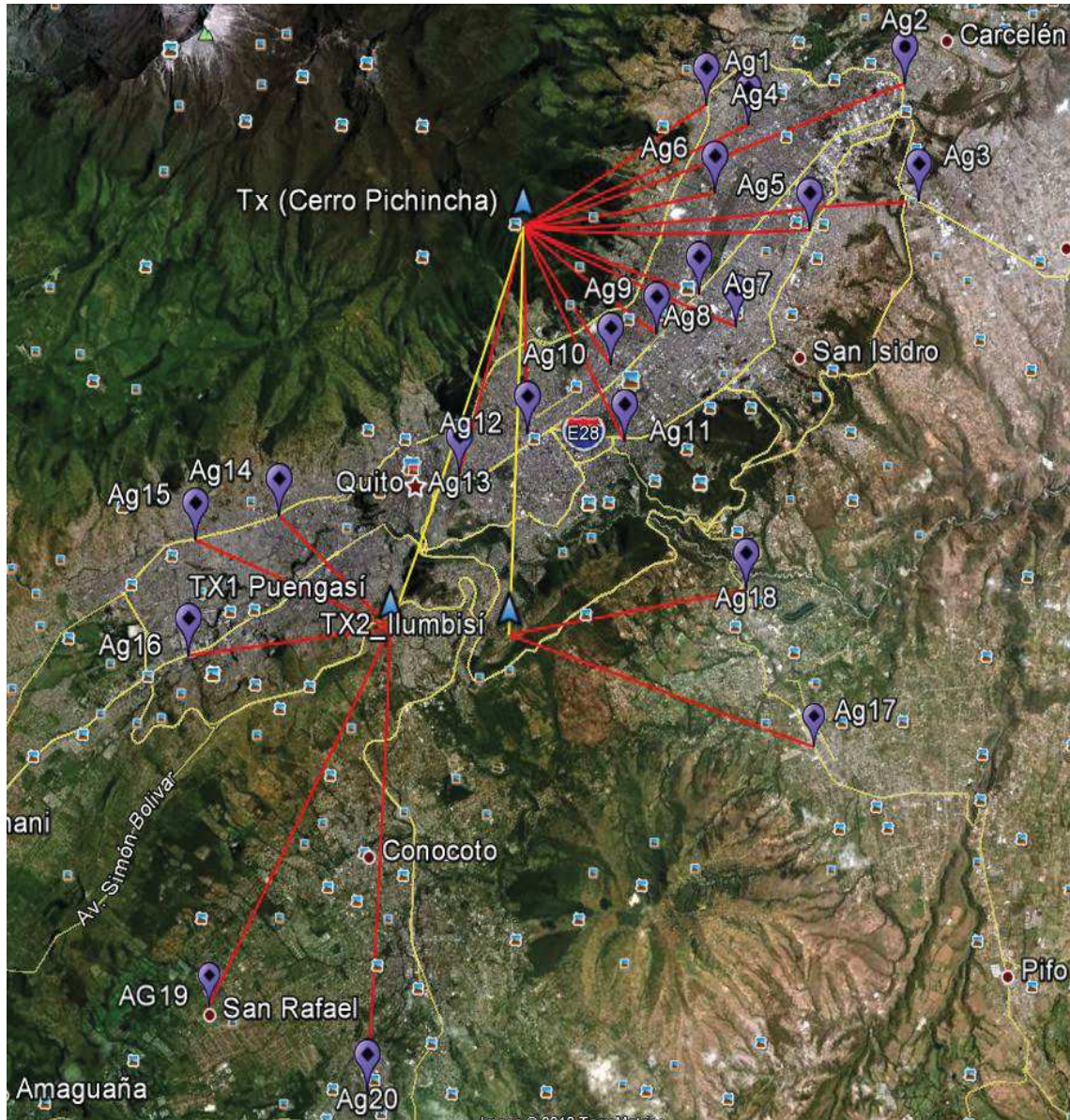
En la figura 15 se muestra las áreas de cobertura de cada TX (transmisor) y serán los siguientes:

- Cerro Pichincha.- Sector Norte y Centro de Quito
- Cerro Puengasí.- Sector Sur y Valle de los Chillos
- Cerro Ilumbisí.- Sector Valle de Cumbaya



### 3.4 DIAGRAMA DE LA RED INALÁMBRICA

Figura 15 Diagrama de red propuesta para TRECX S.A. – Pintulac



Fuente: Autor

En la tabla 10 se presenta las coordenadas geográficas de las estaciones ubicadas en cada cerro. En la tabla 11 se presenta las coordenadas geográficas de cada una de las agencias de la empresa TRECX S.A – Pintulac. En la tabla 12 se presenta las distancias entre los cerros y las agencias de Pintulac.

Para la obtención de las coordenadas geográficas y las distancias se utilizó el programa gratuito Google Earth.

**Tabla 10 Ubicación geográfica de las estaciones Tx  
(Transmisión)**

Ubicación del transmisor	Altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m)	Altura de las antenas sobre el nivel de la tierra (metros)	Coordenadas Geográficas	
			Latitud	Longitud
Cerro Pichincha	4046	20	00° 10' 01.2" S	78° 31' 22.7" W
Cerro Puengasí	3055	20	00° 15' 00 S	78° 32' 01" W
Cerro Ilumbisi	3016	20	00° 14' 08" S	78° 28' 39" W

**Fuente: Autor**

**Tabla 11 Ubicación geográfica de las sucursales**

Cód.	Lugar de Instalación	Altura sobre el nivel del mar (m.s.n.m)	Altura de las antenas sobre el nivel de la tierra (metros)	Coordenadas Geográficas	
				Latitud	Longitud
Ag1	Cotacollao	2911	20	0° 7' 7.32" S	78° 29' 44.52" O
Ag2	Carcelén	2761	20	0° 5' 27.96" S	78° 28' 19.67" O
Ag3	Carapungo	2656	20	0° 6' 30.96" S	78° 27' 19.44" O
Ag4	San Carlos	2978	20	0° 7' 16.18" S	78° 30' 20.43" O
Ag5	Comité del Pueblo	2934	20	0° 7' 43.03" S	78° 28' 18.39" O
Ag6	Base Aérea	2821	20	0° 8' 4.62" S	78° 29' 36.72" O
Ag7	El Labrador	2800	20	0° 9' 12.60" S	78° 29' 3.48" O
Ag8	El Inca	2802	20	0° 9' 15.11" S	78° 28' 25.19" O
Ag9	La Y	2793	20	0° 9' 56.88" S	78° 29' 13.92" O
Ag10	Mañosca	2816	20	0° 10' 37.31" S	78° 29' 30.61" O
Ag11	Plaza Argentina	2780	20	0° 11' 17.10" S	78° 28' 48.16" O
Ag12	Santa Clara	2808	20	0° 11' 58.21" S	78° 29' 55.38" O
Ag13	Basilica	2878	20	0° 12' 54.79" S	78° 30' 22.36" O
Ag14	El Pintado	2857	20	0° 14' 45.25" S	78° 32' 2.66" O
Ag15	Gatazo	2873	20	0° 15' 39.27" S	78° 32' 46.74" O
Ag16	Guajalo	2863	20	0° 16' 52.14" S	78° 32' 1.21" O
Ag17	Tumbaco	2334	20	0° 12' 51.38" S	78° 24' 28.34" O
Ag18	Cumbaya	2415	20	0° 11' 47.82" S	78° 26' 22.78" O
Ag19	San Rafael	2545	20	0° 6' 18.76" S	78° 25' 48.99" O
Ag20	Sangolquí	2510	20	0° 19' 53.80" S	78° 26' 54.23" O

**Fuente: Autor**

**Tabla 12 Distancia de los enlaces inalámbricos**

<b>Enlaces</b>	<b>Distancia (Km)</b>
Cerro Pichincha (TX) - Puengasí (TX1)	9.55
Cerro Pichincha (TX) - Ilumbisi (TX2)	9.13
Cerro Pichincha (TX) - Cotocollao (Ag1)	6.23
Cerro Pichincha (TX) - Carcelén (Ag2)	10.2
Cerro Pichincha (TX) - Carapungo (Ag3)	9.98
Cerro Pichincha (TX) - San Carlos (Ag4)	5.50
Cerro Pichincha (TX) - Comité del Pueblo (Ag5)	7.16
Cerro Pichincha (TX) - Base Aérea (Ag6)	4.95
Cerro Pichincha (TX) - El Labrador (Ag7)	4.67
Cerro Pichincha (TX) - El Inca (Ag8)	5.76
Cerro Pichincha (TX) - La Y (Ag9)	4.11
Cerro Pichincha (TX) - Mañosca (Ag10)	3.77
Cerro Pichincha (TX) - Plaza Argentina (Ag11)	5.41
Cerro Pichincha (TX) - Santa Clara (Ag12)	4.60
Cerro Pichincha (TX) - Basílica (Ag13)	5.73
Puengasí (TX1) - El Pintado (Ag14)	3.83
Puengasí (TX1) - Gatazo (Ag15)	5.30
Puengasí (TX1) - Guajalo (Ag16)	5.1
Puengasí (TX1) - San Rafael (Ag19)	9.87
Puengasí (TX1) - Sangolqui (Ag20)	10.7
Ilumbisi (TX2) - Tumbaco (Ag17)	8.15
Ilumbisi (TX2) - Cumbaya (Ag18)	6.1

**Fuente: Autor**

### **3.5 ANÁLISIS DE PROPAGACIÓN**

ICS Telecom, permite a sus usuarios componer esquemas de propagación, mediante la combinación de diferentes componentes disponibles a través del

eficaz motor de propagación. Con esta característica, es posible incrementar aspectos de un modelo particular, que puede contener las características de propagación necesarias para satisfacer los requerimientos del modelamiento básico de una tecnología en particular, pero la calibración insuficiente para satisfacer las exigencias de precisión o los requerimientos de fiabilidad a base de una tecnología; por ejemplo, algunos modelos que son muy dependientes de la resolución de la cartografía digital, los cuales están clasificados como modelos determinísticos; pueden no contener ningún componente para hacer uso de los cálculos de probabilidad para considerar los requisitos de fiabilidad en la cobertura de un sistema.

Aquí en donde el motor de propagación de ICS Telecom y las opciones de análisis pueden permitir a un usuario, tomar los resultados determinísticos y ajustar la salida para considerar las condiciones variables, como el desvanecimiento, el aumento del ruido y así sucesivamente, los cuales no son fácilmente modelados mediante métodos determinísticos.

### **3.5.1 INTRODUCCIÓN A ICS TELECOM**

El programa denominado ICS TELECOM, es un software de simulación que permite realizar todo tipo de simulación y representación de los sistemas de radiocomunicaciones, radiodifusión y televisión que permite la posibilidad de evaluar el desempeño de los mismos con la mayor precisión posible en sus resultados.

Este programa informático se utiliza para realizar cálculos de ingeniería y predecir las zonas de coberturas de estaciones de radiodifusión televisión VHF<sup>45</sup> y UHF<sup>46</sup> y además brinda la posibilidad de realizar la simulación de enlaces punto a punto con tecnología WiMAX, que es la posibilidad que nos interesa.

---

<sup>45</sup> VHF: Very High Frequency o Frecuencia Muy Elevada

<sup>46</sup> UHF: Ultra High Frequency o Frecuencia Ultra Alta



El sistema es utilizado por funcionarios de la SUPERTEL, (Superintendencia de Telecomunicaciones), para la verificación del área de cobertura en la elaboración de informes técnicos relacionados con la concesión de frecuencias de radiodifusión, televisión, radiocomunicaciones y enlaces radioeléctricos. Además permite la modificación de parámetros técnicos de las estaciones ya autorizadas es decir la reubicación de transmisores, incremento o disminución de potencia de transmisión, modificación a los sistemas radiantes, cambio de frecuencias de operación, entre otros, seguido del análisis de interferencias perjudiciales.

ICS Telecom ofrece una amplia gama de opciones de modelos de propagación que permite a sus usuarios escoger entre modelos determinísticos, estadísticos e híbridos basados en los siguientes criterios:

- Requerimientos de simulación tecnológica y de aplicación (frecuencia de operación, requerimientos de computación, tamaño de la red).
- Posibilidad de adquirir medición / calibración de datos.
- Resolución de cartografía disponible.

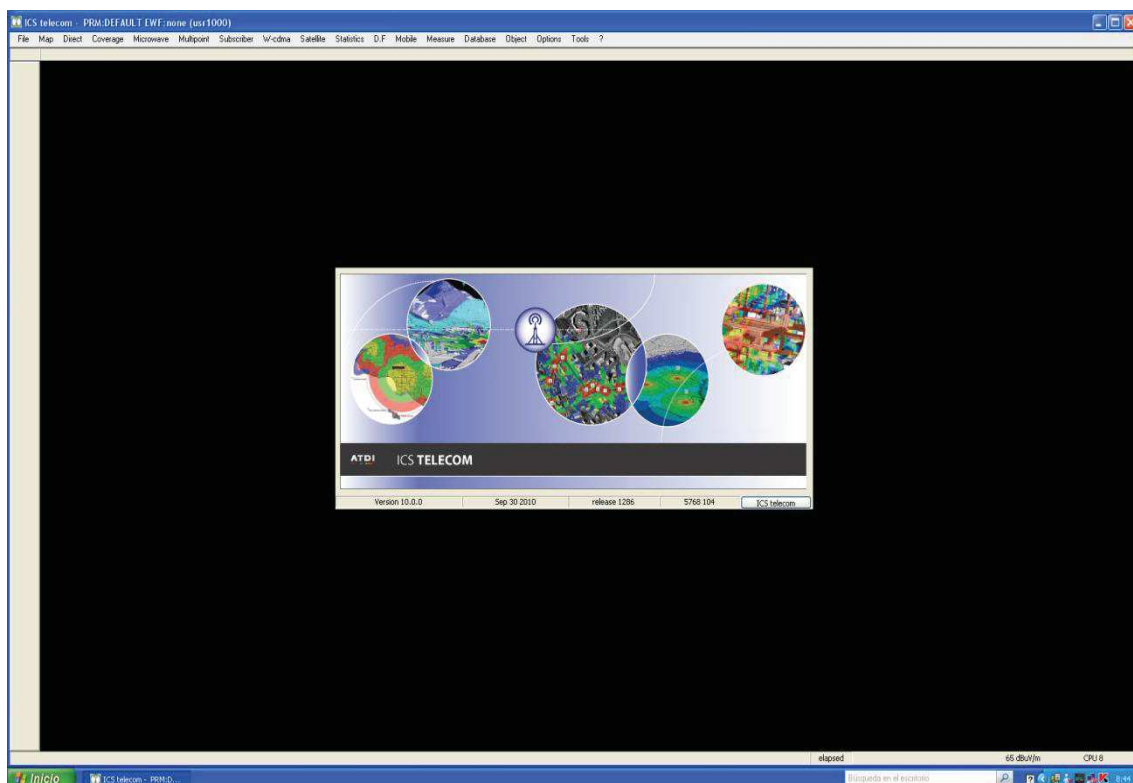
### **3.5.2 CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS**

Para realizar la simulación y obtener las gráficas con la primera zona de Fresnel; se debe haber ubicado las estaciones en los puntos mas óptimos. Sin embargo es importante verificar los parámetros más importantes de las estaciones antes de iniciar el proceso. Estos son:

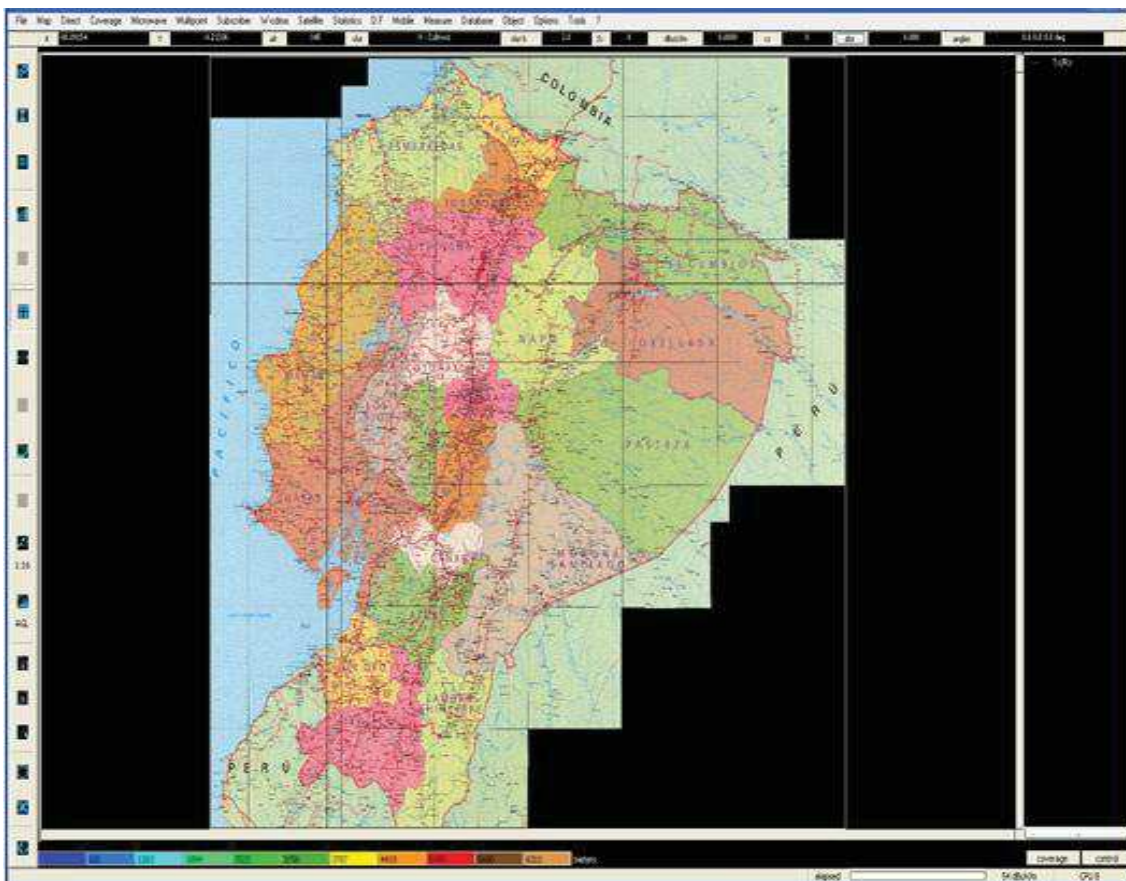
- Potencia nominal, ganancia de antena y pérdida de cables
- Frecuencia de transmisión
- Altura de la antena
- Azimut y Tilt
- Polarización

A continuación se intenta explicar la operatividad del software ICS Telecom con una serie de interfaces gráficas que son considerados como los principales parámetros para el manejo de la simulación de coberturas.

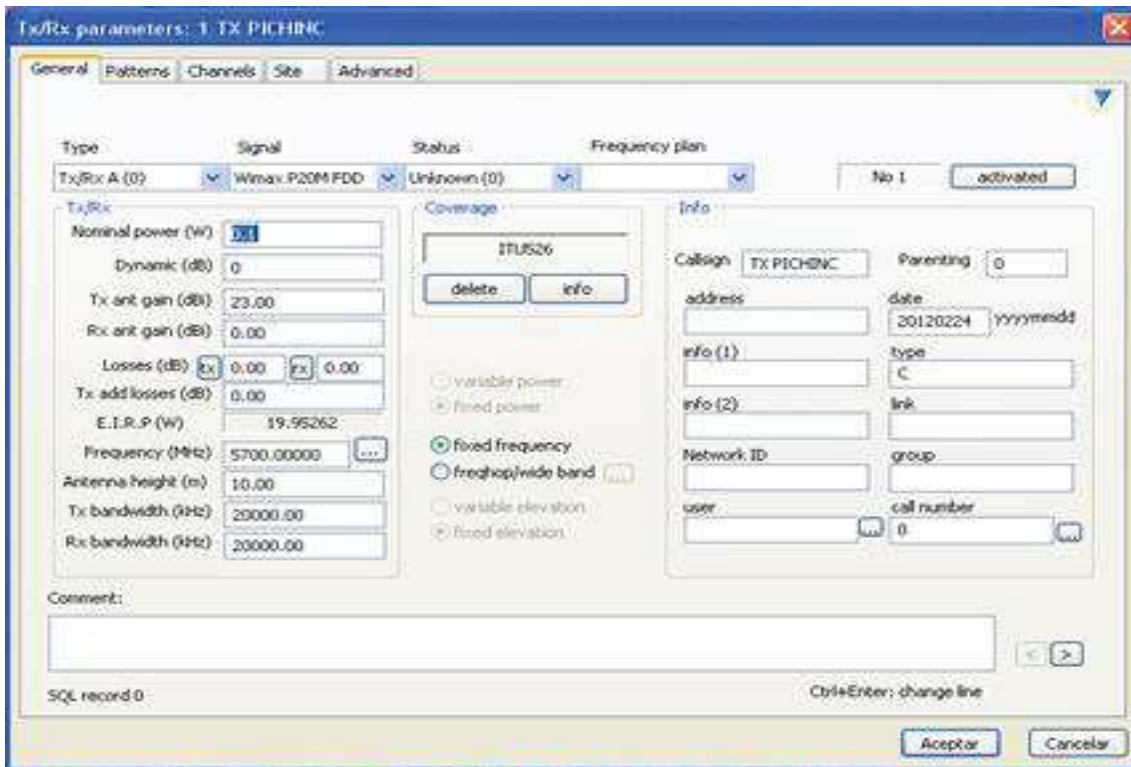
## 1.- Se inicia el programa ICS Telecom



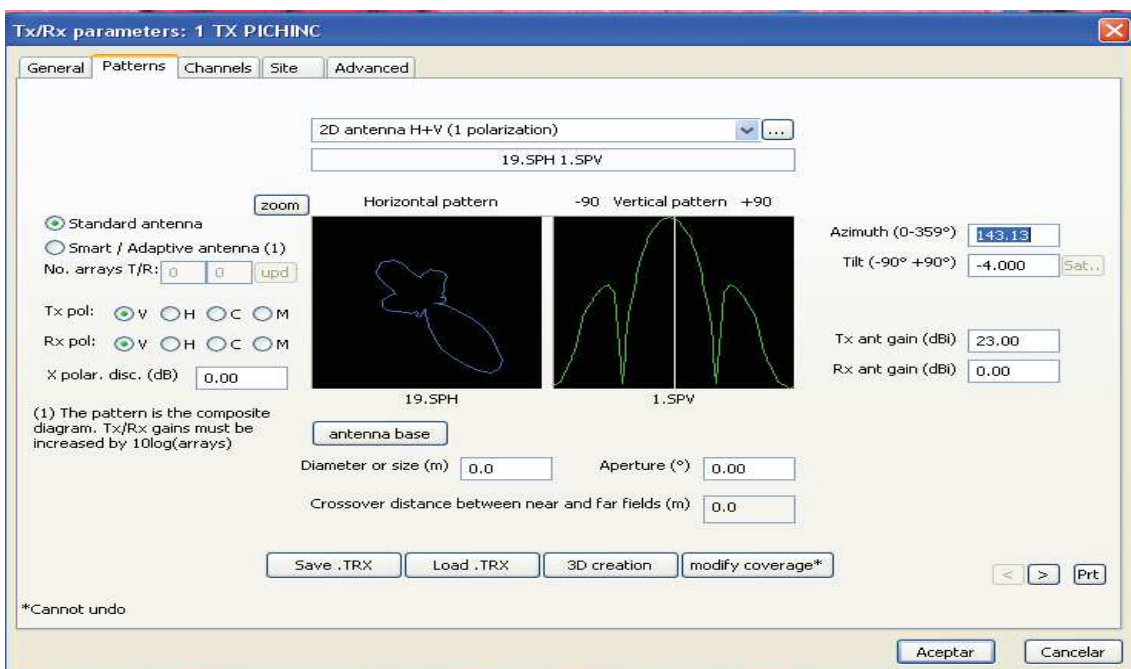
2.- Se ubica el mapa de la zona en la cual se van a realizar los análisis de cobertura de las distintas agencias; para este proyecto el mapa del Ecuador-Quito.



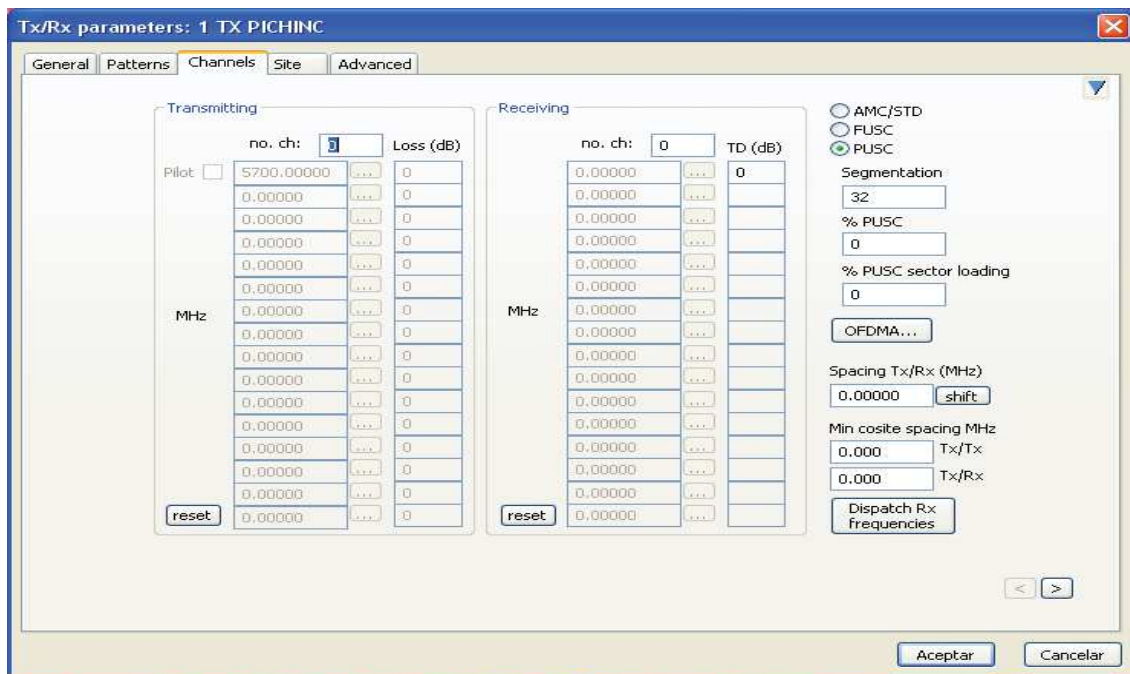
3.- Ubicación de los distintos parámetros administrativos y técnicos de los transmisores. En esta ventana se configura frecuencia = 5.7GHz, potencia = 25W, ganancia del equipo = 23dB, tamaño de la antena =20metros y se elige el tipo de señal con el estándar correspondiente.



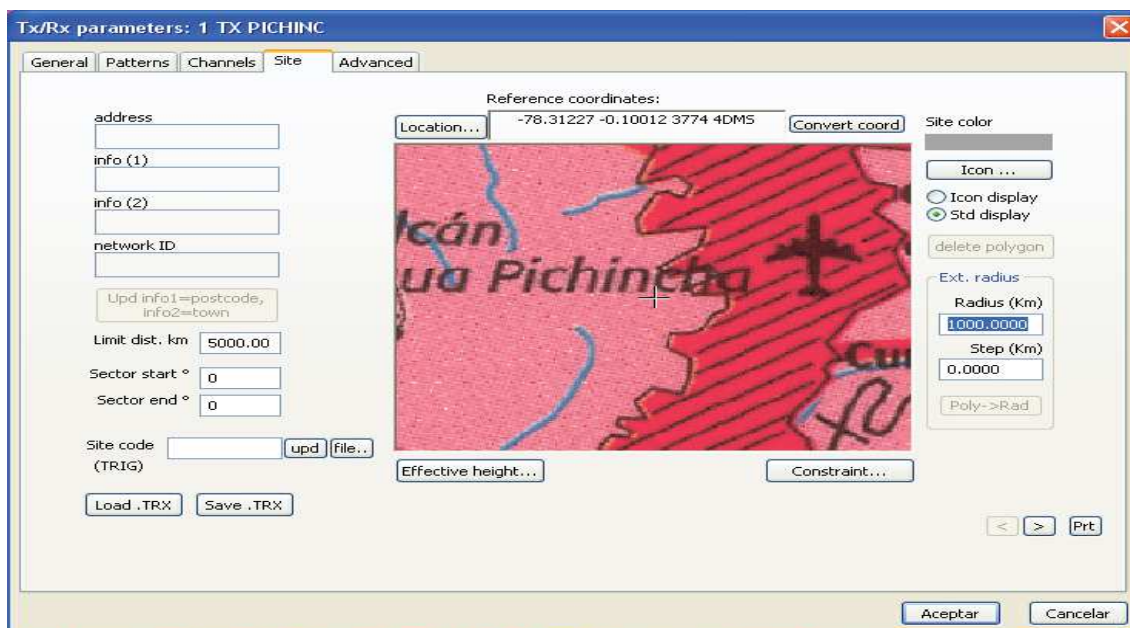
4.- Interface de usuario que hace posible indicar las características de propagación de la antenna. Aquí se toma en cuenta el azimuth y el parámetro tilt para orientación de las antenas (-4 o +4).



5.- Se ingresa el canal de operación (channel), en este caso es libre para que enganche en cualquier ubicación



6.- Opción de ubicación del transmisor, aquí se configura las coordenadas geográficas (site), latitud y longitud.





7.- Ingreso de datos adicionales como el tipo de modulación para el análisis de la cobertura deseada.

The screenshot shows the 'Tx/Rx parameters: 1 TX PICHINC' window with the 'Advanced' tab selected. The window is divided into several sections:

- General Settings:** Type (0) Tx/Rx A (0), Signal (52) Wimax P20M FDD, Modulation (13) QPSK 1/2, NFD.
- Carrier and Thresholds:** Carrier (dBm) -90, Path budget threshold 10-6 (dBm)\* -83.00, Path budget threshold 10-3 (dBm) -88.00, Coverage threshold (dBuV/m)\* 35, Rx threshold (dBuV/m)\* 30, KTBF (dBm)\*\* -97, Noise floor 0, TIL (dBW) -137, Launch delay (us) 0, Frequency offset (kHz) 0.0000.
- Options:** Activity (%) 100 ul, dl 100, EMC filter(s) 0, Initial power 0.10000, Floor offset 0, Availability % 0.00000, Total latency 0 ms, Neighbour list, Handover 0 dB, Channel (#) 0.
- Traffic parameters:** Slot/cx 0, Reserved slot 0, Erlang 0.00000, % pilot power 0, % paging pow(!) 0, % synch pow(!) 0, Mchips/s 0.000, PN code 0, DL Kbit/s 256.00, UL Kbit/s 256.00, Req C/N+I or I/N (dB) 0.
- C/I:** Steady, Tropo (selected).

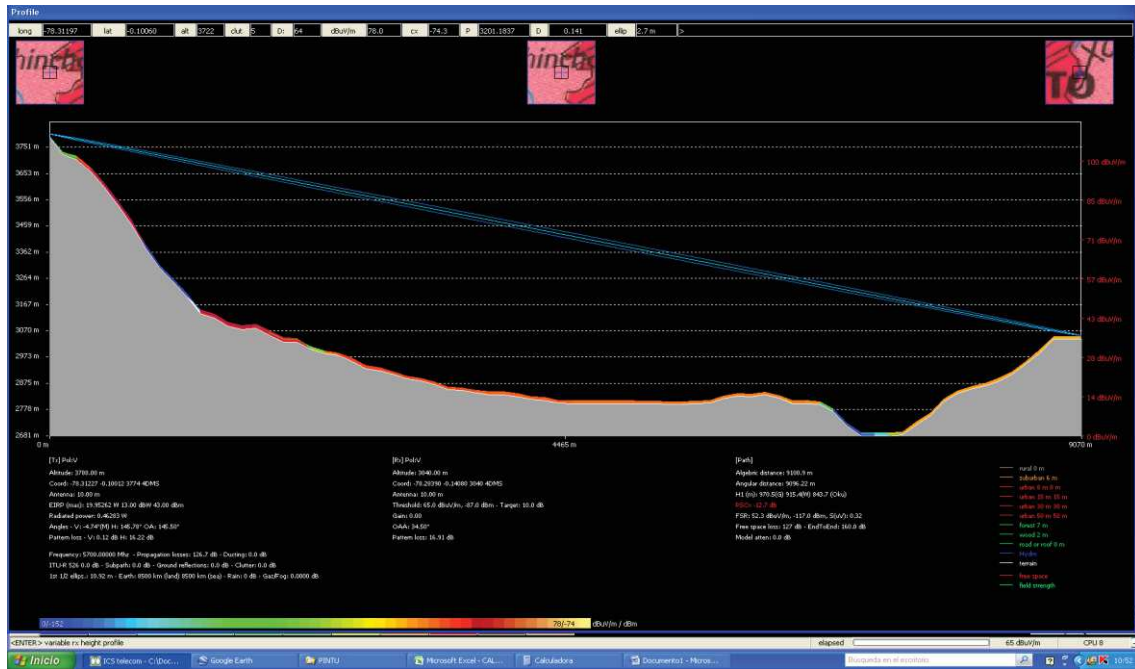
At the bottom, there are buttons for 'Aceptar' and 'Cancelar', and a small legend: 'C - C/N required, CDMA total traffic power (100% applied if < 1), (!) % pilot power', '\* Thresholds', 'Noise floor: dBm for VUSHF, dBW/Hz for HF'.

### 3.5.3 LÍNEA DE VISTA DE LOS ENLACES

Para determinar el número de estaciones base Tx (transmisores) que serán instaladas se realizó un análisis previo; para mencionado análisis se procede a realizar la simulación con el programa ICS Telecom del enlace entre el cerro Pichincha (Tx) y la sucursal de Cumbaya (Ag18).

Se tomó como ejemplo a la agencia Cumbaya porque es la agencia que se encuentra más alejada y por esta razón es muy probable que presente problemas en el trayecto de línea de vista o que no sea una conexión óptima.

Figura 16 Conexión entre el Cerro Pichincha (Tx) - Cumbaya (Ag18)



Fuente: Autor

Figura 17 Resultados del parámetro PSO



Fuente: Autor

En la figura 16 podemos observar que la simulación entre el cerro Pichincha y la agencia Cumbaya aparentemente no presenta obstáculos ya que se puede observar línea de vista entre los 2 puntos pero en la figura 17 el programa ICS Telecom determina que no es un enlace óptimo a través de el parámetro PSO<sup>47</sup> (Probability of Successful Operation o probabilidad de exitosa operación) ya que se encuentra de color rojo.

<sup>47</sup> PSO: Probability of Successful Operation (Probabilidad de exitosa operación)

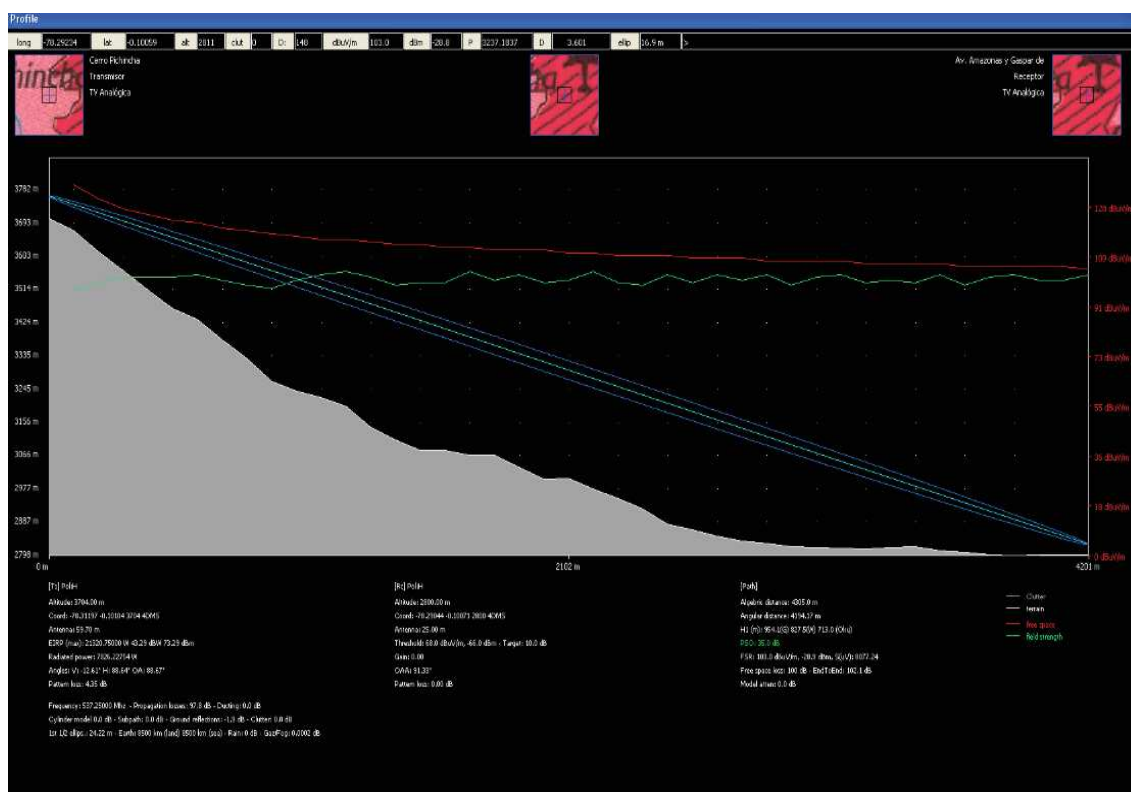
En otras palabras se podría realizar el enlace porque hay línea de vista pero de acuerdo a la determinación del parámetro PSO que se encuentra de color rojo no se garantizaría que el enlace funcione correctamente.

Este análisis se lo realizó para todas las agencias y en base al caso práctico con el que se encuentra trabajando la empresa Puntonet se determina que debe existir 3 estaciones base Tx (Transmisores) como son el Cerro Pichincha, el Cerro Puengasí y el Cerro Ilumbisí.

### 3.5.3.1 Gráficos de perfil topográfico

El gráfico de perfil topográfico y zona de Fresnel, del enlace comprendido entre el cerro Pichincha (Tx) y la agencia Labrador (Rx), se muestra en la figura 19.

**Figura 18 Perfil topográfico y zona de Fresnel del enlace cerro Pichincha – El Labrador (Ag7)**



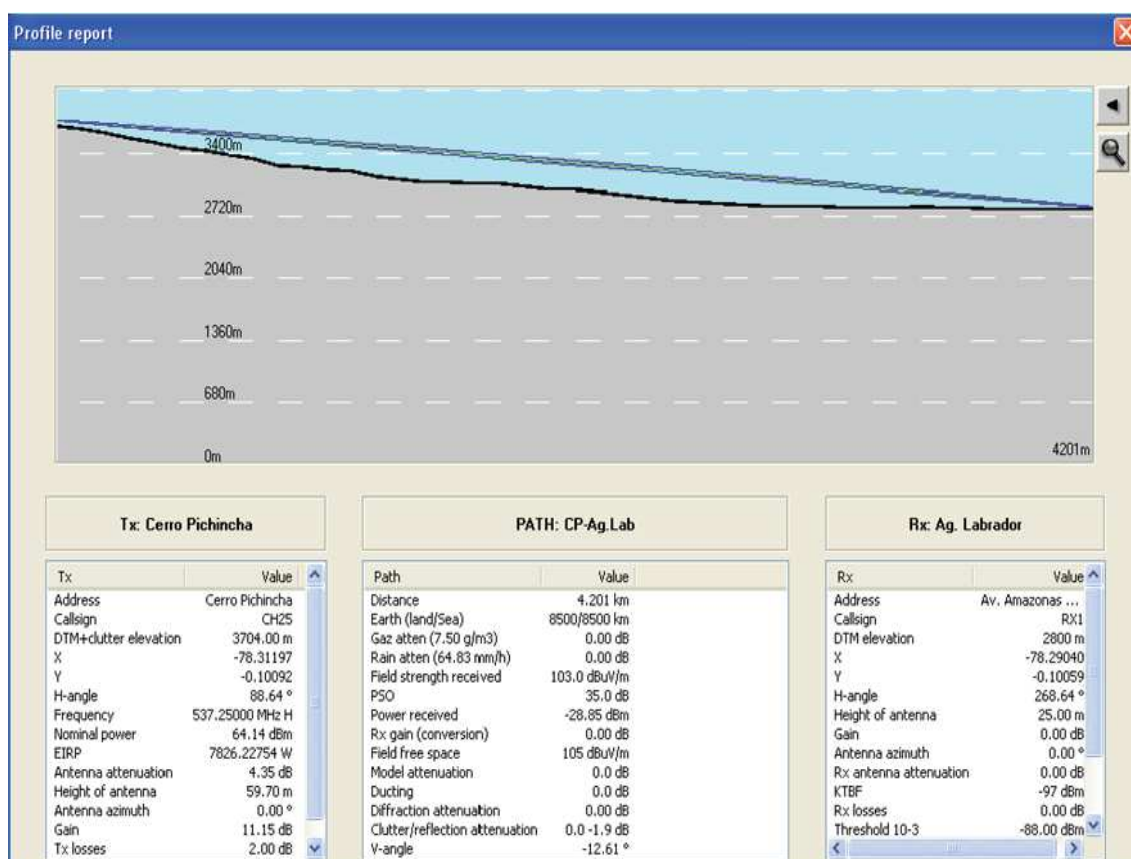
Fuente: Autor



En la figura 18 se puede ver que para el enlace cerro Pichincha - agencia El Labrador (Ag7), está garantizada la primera zona de Fresnel, esto es favorable debido a que la influencia de onda reflejada tiene poco efecto, ya que existe una gran separación entre la zona de Fresnel y los lugares que se podrían considerar zonas de reflexión de onda tales como trayectorias sobre la ciudad.

El programa ICS Telecom, analiza el perfil topográfico, ubica a todas las zonas de fresnel y sitúa a la línea de vista más óptima donde no exista ningún tipo de obstáculo al momento de realizar la propagación de la onda electromagnética; además nos permite observar que el enlace descrito es factible para su operación conforme nos indica el parámetro PSO que se encuentra de color verde cuando indica la probabilidad de éxito del enlace.

**Figura 19 Resultados de la simulación**



Fuente: Autor

**Tabla 13 Resultado de la simulación entre el cerro Pichincha – Ag7**

<b>Tx: Cerro Pichincha</b>	
DTM +Clutter elevation	3704 m
Longitud (x)	-78,31197
Latitud (y)	-0,10092
H-angle	88,64 °
Frecuencia	537,25000 Mhz
Potencia nominal	64,14 dBm
Atenuación de la antena	4,35 dB
Altura de la antena	59,70m
Azimuth de la antena	0,0 °
Ganancia	11,15 dB
Perdidas del Tx	2 dB

<b>Rx: Ag. Labrador</b>	
DTM elevación	2800 m
Longitud (x)	-78,29040
Latitud (y)	-0,10059
H-angle	268,64 °
Altura de la antena	25m
Ganancia de la antena	0,0 dB
Azimuth de la antena	0,0 °
Atenuación de la antena Rx	0,0 dB
Perdidas Rx	0,0 dB

Distancia entre los puntos	4,201 Km
PSO	35,0 dB

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

Los perfiles topográficos de los demás enlaces se presentan en el Anexo 5, donde se puede observar que para estos enlaces también está garantizando la primera zona de Fresnel.

En las siguientes tablas se presenta los parámetros más importantes de la simulación entre cada punto.

**Tabla 14 Resultado de la simulación entre el cerro Pichincha – Ag1**

<b>Cerro Pichincha- Ag1</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>Cotocollao</b>
Ángulo	29.06°	Ángulo	209.64°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	33m
Potencia nominal	43.50 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	11 dB	Azimut de la antena	330°
Altura antena	15m	Atenuación antena Rx	13.6dB
Azimut	150.45°		
Ganancia	23 dB		
Distancia entre los dos puntos		6.22 Km	
PSO		17.5 dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

**Tabla 15 Resultado de la simulación entre el cerro Pichincha – Ag2**

<b>Cerro Pichincha- Ag2</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>Carcelén</b>
Ángulo	145.78°	Ángulo	325.78°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	10m
Potencia nominal	43.93 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	1.35 dB	Azimut de la antena	313.48°
Altura antena	10m	Atenuación antena Rx	1.42dB
Azimut	133.48°		
Ganancia	23 dB		
Distancia entre los dos puntos		9.070 Km	
PSO		26.2dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

**Tabla 16 Resultado de la simulación entre el cerro Pichincha – Ag3**

<b>Cerro Pichincha- Ag3</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>Carapungo</b>
Ángulo	145.78°	Ángulo	325.78°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	10m
Potencia nominal	43.58 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	1.97 dB	Azimut de la antena	310.91°
Altura antena	10m	Atenuación antena Rx	2.04dB
Azimut	130.91°		
Ganancia	23 dB		
Perdidas del Tx			
Distancia entre los dos puntos		9.070 Km	
PSO		25.6dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

**Tabla 17 Resultado de la simulación entre el cerro Pichincha – Ag4**

<b>Cerro Pichincha- Ag4</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>San Carlos</b>
Ángulo	33.85°	Ángulo	213.05°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	23m
Potencia nominal	43.90 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	11 dB	Azimut de la antena	299.20°
Altura antena	10m	Atenuación antena Rx	12.2dB
Azimut	159.20°		
Ganancia	23 dB		
Distancia entre los dos puntos		10.234 Km	
PSO		14.3 dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

**Tabla 18 Resultado de la simulación entre el cerro Pichincha – Ag5**

<b>Cerro Pichincha- Ag5</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>Comité del Pueblo</b>
Ángulo	145.78°	Ángulo	325.78°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	10m
Potencia nominal	43.93 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	3.59 dB	Azimut de la antena	306.80 <sup>0</sup>
Altura antena	10m	Atenuación antena Rx	3.67dB
Azimut	126.80 <sup>0</sup>		
Ganancia	23 dB		
Distancia entre los dos puntos		9.070 Km	
PSO		23.90 dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

**Tabla 19 Resultado de la simulación entre el cerro Pichincha – Ag6**

<b>Cerro Pichincha- Ag6</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>Base Aérea</b>
Ángulo	33.05°	Ángulo	213.05°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	10m
Potencia nominal	43.90 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	15.47 dB	Azimut de la antena	317.60 <sup>0</sup>
Altura antena	10m	Atenuación antena Rx	16.34dB
Azimut	337.60 <sup>0</sup>		
Ganancia	23 dB		
Distancia entre los dos puntos		10.234 Km	
PSO		10.2 dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

**Tabla 20 Resultado de la simulación entre el cerro Pichincha – Ag8**

<b>Cerro Pichincha- Ag8</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>El Inca</b>
Ángulo	74.74°	Ángulo	254.74°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	33m
Potencia nominal	43.50 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	13.84 dB	Azimut de la antena	265.58°
Altura antena	10m	Atenuación antena Rx	14.62dB
Azimut	4.50°		
Ganancia	23 dB		
Distancia entre los dos puntos		5.7 Km	
PSO		16.9 dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

**Tabla 21 Resultado de la simulación entre el cerro Pichincha – Ag9**

<b>Cerro Pichincha- Ag9</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>La Y</b>
Ángulo	87.14°	Ángulo	267.14°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	33m
Potencia nominal	43.90 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	14.72 dB	Azimut de la antena	272°
Altura antena	10m	Atenuación antena Rx	2.25dB
Azimut	4.58°		
Ganancia	23 dB		
Distancia entre los dos puntos		4.005 Km	
PSO		27.9 dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

**Tabla 22 Resultado de la simulación entre el cerro Pichincha – Ag10**

<b>Cerro Pichincha- Ag10</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>Mañosca</b>
Ángulo	107.45°	Ángulo	207.45°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	10m
Potencia nominal	43.90 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	0.01dB	Azimut de la antena	287.50 <sup>0</sup>
Altura antena	10m	Atenuación antena Rx	2.21dB
Azimut	107.50 <sup>0</sup>		
Ganancia	23 dB		
Distancia entre los dos puntos		3.669 Km	
PSO		33 dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

**Tabla 23 Resultado de la simulación entre el cerro Pichincha – Ag11**

<b>Cerro Pichincha- Ag11</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>Plaza Argentina</b>
Ángulo	145.78°	Ángulo	365.78°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	10m
Potencia nominal	43.98 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	9.76dB	Azimut de la antena	296.0 <sup>0</sup>
Altura antena	10m	Atenuación antena Rx	9.07dB
Azimut	116 <sup>0</sup>		
Ganancia	23 dB		
Perdidas del Tx			
Distancia entre los dos puntos		9.070 Km	
PSO		17.7 dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

**Tabla 24 Resultado de la simulación entre el cerro Pichincha – Ag12**

<b>Cerro Pichincha- Ag12</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>Santa Clara</b>
Ángulo	142.35°	Ángulo	322.35°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	10m
Potencia nominal	43.98 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	0.07dB	Azimut de la antena	323.06 <sup>0</sup>
Altura antena	10m	Atenuación antena Rx	1.45dB
Azimut	143.06 <sup>0</sup>		
Ganancia	23 dB		
Distancia entre los dos puntos		4.420 Km	
PSO		32.2 dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

**Tabla 25 Resultado de la simulación entre el cerro Pichincha – Ag13**

<b>Cerro Pichincha- Ag13</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>Basilica</b>
Ángulo	160.28°	Ángulo	340.28°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	40m
Potencia nominal	21.10 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	0.07dB	Azimut de la antena	70.62 <sup>0</sup>
Altura antena	50m	Atenuación antena Rx	1.00dB
Azimut	199.38 <sup>0</sup>		
Ganancia	23 dB		
Distancia entre los dos puntos		5.630 Km	
PSO		10.6 dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**



**Tabla 26 Resultado de la simulación entre el cerro Puengasí – Ag14**

<b>Puengasí-Ag14</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>El Pintado</b>
Ángulo	276.01°	Ángulo	96.01°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	25m
Potencia nominal	43.90 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	0.10dB	Azimut de la antena	47.01 <sup>0</sup>
Altura antena	42m	Atenuación antena Rx	0.14dB
Azimut	277.01 <sup>0</sup>		
Ganancia	23 dB		
Distancia entre los dos puntos		3.621 Km	
PSO		16.3 dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

**Tabla 27 Resultado de la simulación entre el cerro Puengasí – Ag15**

<b>Puengasí-Ag15</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>Gatazo</b>
Ángulo	257.01°	Ángulo	77.01°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	10m
Potencia nominal	43.90 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	10.21dB	Azimut de la antena	32.22 <sup>0</sup>
Altura antena	40m	Atenuación antena Rx	10.31dB
Azimut	263.22 <sup>0</sup>		
Ganancia	23 dB		
Distancia entre los dos puntos		5.33 Km	
PSO		13.2 dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

**Tabla 28 Resultado de la simulación entre el cerro Puengasí – Ag16**

<b>Puengasí-Ag16</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>Guajalo</b>
Ángulo	227.35°	Ángulo	47.56°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	30m
Potencia nominal	43.90 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	10.30dB	Azimut de la antena	132.79 <sup>0</sup>
Altura antena	60m	Atenuación antena Rx	20dB
Azimut	312.79 <sup>0</sup>		
Ganancia	23 dB		
Distancia entre los dos puntos		5.166 Km	
PSO		12.5 dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

**Tabla 29 Resultado de la simulación entre el cerro llumbisí – Ag17**

<b>Puengasí-Ag17</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>Tumbaco</b>
Ángulo	73.37°	Ángulo	253.37°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	10m
Potencia nominal	43.90 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	13.26dB	Azimut de la antena	107.05 <sup>0</sup>
Altura antena	30m	Atenuación antena Rx	14.68dB
Azimut	207.60 <sup>0</sup>		
Ganancia	23 dB		
Distancia entre los dos puntos		8.06 Km	
PSO		14.0 dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

**Tabla 30 Resultado de la simulación entre el cerro Ilumbisí – Ag18**

<b>Puengasí-Ag18</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>Cumbaya</b>
Ángulo	44.33°	Ángulo	224.30°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	40m
Potencia nominal	19.30 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	13.26dB	Azimut de la antena	196.02 <sup>0</sup>
Altura antena	50m	Atenuación antena Rx	20dB
Azimut	305.82 <sup>0</sup>		
Ganancia	23 dB		
Distancia entre los dos puntos		6.011 Km	
PSO		11.1 dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

**Tabla 31 Resultado de la simulación entre el cerro Puengasí – Ag19**

<b>Puengasí-Ag19</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>San Rafael</b>
Ángulo	172.44°	Ángulo	262.44°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	10m
Potencia nominal	43.90 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	11.00dB	Azimut de la antena	252.10 <sup>0</sup>
Altura antena	10m	Atenuación antena Rx	0.01dB
Azimut	172.10 <sup>0</sup>		
Ganancia	23 dB		
Distancia entre los dos puntos		9.00 Km	
PSO		26.3 dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

**Tabla 32 Resultado de la simulación entre el cerro Puengasí – Ag20**

<b>Puengasí-Ag20</b>	<b>Tx (transmisor)</b>		<b>Rx (receptor)</b>
	<b>Cerro Pichincha</b>		<b>Sangolquí</b>
Ángulo	167.45°	Ángulo	327.65°
Frecuencia	5700 MhZ	Altura de la antena	10m
Potencia nominal	43.90 dBm	Ganancia de la antena	0.00 dB
Atenuación antena	5.01dB	Azimut de la antena	147.00 <sup>0</sup>
Altura antena	10m	Atenuación antena Rx	6.66dB
Azimut	327.00 <sup>0</sup>		
Ganancia	23 dB		
Distancia entre los dos puntos		10.65 Km	
PSO		20.3 dB	

**Fuente: Simulación programa ICS Telecom**

### **3.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS**

Después de haber realizado el análisis de propagación utilizando la herramienta de simulación ICS Telecom se determina que efectivamente es factible aplicar el diseño para la empresa TRECX S.A Pintulac; la misma que consiste en realizar la interconexión punto a punto entre el cerro Pichincha y la oficina matriz de Pintulac y una interconexión punto multipunto de los cerro Ilumbisí y Puengasí a las sucursales, ya que no presenta ningún tipo de obstáculos. Para la misma es preciso tomar en cuenta que se instalarán 3 estaciones base (Cerro Pichincha, Ilumbisí, Puengasí); siendo estos lugares escogidos ya que hay línea de vista y además se va arrendar el espacio físico de la caseta que ya tiene el proveedor de servicios de internet Puntonet, esto es para ahorrar costos en la implementación de las torres y para contar con el servicio de energía eléctrica para los equipos. Asimismo en cada una de las agencias se instalará una antena y el CPE.

## CAPITULO IV

### 4. ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE EQUIPOS INALÁMBRICOS INCLUYENDO COSTOS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE CADA UNO

#### 4.1 INTRODUCCIÓN DEL EQUIPAMIENTO

Tomando en cuenta las conexiones a realizarse para los enlaces inalámbricos de la empresa TRECX S.A. – Pintulac; se buscará equipos que cumplan con los parámetros necesarios para el diseño propuesto. Los equipos presentados serán los que existen en el mercado y cada uno estará con sus respectivas características y costos.

#### 4.2 ELEMENTOS DE LA RED

Los elementos que conformarán la red inalámbrica utilizando el estándar IEEE 802.16 WiMAX serán los siguientes:

- Estación base
- CPE 48
- Antenas

#### 4.3 SELECCIÓN DE LOS EQUIPOS

Actualmente existen varios fabricantes que trabajan con la tecnología WiMAX. Todos los fabricantes a ser mencionados se encuentran homologados por el CONATEL y son reconocidos mundialmente en el mercado ya que cuentan con la última tecnología para satisfacción a todo tipo de usuario.

---

<sup>48</sup> CPE: Customer Premises Equipment o Equipo local del cliente

Para escoger el fabricante adecuado para el proyecto se deben seguir ciertos pasos:

- Solicitar varias ofertas, las cuales cumplan con los requisitos del sistema.
- Analizar las características técnicas (Datasheet) que adjunte cada fabricante.
- Considerar los costos de cada cotización presentada por cada fabricante.
- Seleccionar dos cotizaciones para elaborar una comparación.
- Definir la mejor opción a ser contratada.

A continuación se presenta tres fabricantes con las características principales de cada uno.

- Radwin
- Airspan
- Airmax

#### **4.3.1 FABRICANTE AIRMAX**

##### **4.3.1.1 Estación Base**

Rocket es la radio base muy resistente, de alta potencia y de mayor rendimiento como receptor. Cuenta con increíbles características de rendimiento (hasta 50 km) y de velocidad (150 Mbps reales). El dispositivo fue diseñado específicamente como estación base Airmax punto multipunto y para enlaces de larga distancia.

**Figura 20 Radio base Airmax**



**Fuente: Datasheet Airmax**

En la tabla 33 se presenta las características de la estación base y el precio aproximado de WiMAX ofrecido por el fabricante Airmax.

**Tabla 33 Características de la estación base Airmax (Ubiquiti)**

<b>FABRICANTE</b>	<b>AIRMAX (UBIQUITI)</b>
<b>Características</b>	<b>Rocket M5 MIMO 500mw</b>
Bandas de frecuencia	5.7GHz-5.8GHz
Estándar	802.16
Potencia de salida	20 -27 dBm
Sensibilidad en recepción	21 – 27 dBm
Rendimiento	50 Km
Velocidad de avance	de 150 Mbps reales
Peso	0.5 Kg
Máximo poder de consumo	6.5 Watts
Operación a intemperie	-30 <sup>0</sup> a 75 <sup>0</sup> Centígrados
Operación sobre humedad	5 a 95% de humedad
<b>Costo</b>	<b>\$ 4.600</b>

**Fuente: Datasheet Airmax**

### 4.3.1.2 Antena

Las antenas tipo rejilla son ideales para los sistemas punto a punto y de múltiples puentes inalámbricos. Su diseño compacto hace que sea casi invisible en la mayoría de las instalaciones. La instalación se puede realizar horizontal o con polarización vertical. Su gran ventaja es su robustez y resistencia a la intemperie.

**Figura 21 Antena rejilla Airmax**



**Fuente: Datasheet Airmax**

En la tabla 34 se presenta las características de la antena y el precio aproximado de WiMAX ofrecido por el fabricante Airmax.

**Tabla 34 Características de la antena Airmax (Ubiquiti)**

<b>FABRICANTE</b>	<b>AIRMAX</b>
<b>Características</b>	<b>Ant. Grilla HG5827G</b>
Frecuencia	5,7 GHz y 5.8 GHz
Ganancia	27 dBi
Polarización	Horizontal y Vertical
Peso	5,3 libras (2,4 kg)
Temperatura de funcionamiento	-40 a 85 Centígrados
Conector	N-Hembra
<b>Costo</b>	<b>\$ 415</b>

**Fuente: Datasheet Airmax**



**Observación.-** los CPE no han sido citados ya que en el mercado no se encuentran comercializados para la marca Airmax.

Las especificaciones técnicas de Airmax (Ubiquiti) se encuentran en el (Anexo 6)

### **4.3.2 FABRICANTE AIRSPAN**

#### **4.3.2.1 Estación Base**

Hipermax es la estación base que ha sido diseñada para proporcionar una gran escalabilidad, además es un producto de la estación base totalmente redundante que seguirá para proporcionar el rendimiento óptimo para los próximos años.

**Figura 22 Radio Base Airspan**



**Fuente: Datasheet Airspan**

En la tabla 35 se presenta las características de la estación base y el precio aproximado de WiMAX ofrecido por el fabricante Airspan.

**Tabla 35 Características de la estación base Airspan**

<b>FABRICANTE</b>	<b>AIRSPAN</b>
<b>Características</b>	<b>HyperMax</b>
Bandas de frecuencia	3.3GHz, 3.5GHz, 5.4GHz, 5.8GHz
Estándar	IEEE 802.16-2004
Potencia del transmisor	25 W
Sensibilidad del receptor	-115 dBm
Channel size	10, 5, 3.5, 2.75, 2.5, 1.75, 1.5 MHz
Modulación	BPSK- QPSK - 16QAM - 64QAM
Ganancia	23 dB
IPv6	SI
Red VLAN	SI
Actualización del software	SI
<b>Costo</b>	<b>\$ 4.500</b>

**Fuente: Datasheet Airspan**

#### **4.3.2.2 CPE (Customer Premises Equipment) y Antena Integrada**

El equipo local del cliente CPE MiMAX Pro. Está diseñado para una implementación pronta y para mejorar la conectividad a internet. Este equipo cuenta con una antena direccional integrada (MIMO<sup>49</sup>). La unidad tiene una antena incorporada con 27 dBm de potencia Tx.

<sup>49</sup> MIMO: Múltiples entradas y múltiples salidas

Figura 23 CPE Airspan



Fuente: Datasheet Airspan

En la tabla 36 se presenta las características del equipo local del cliente y el precio aproximado de WiMAX ofrecido por el fabricante Airspan.

Tabla 36 Características del CPE Airspan

FABRICANTE	AIRSPAN
Características	CPE MiMAX Pro
Frecuencia	700 MHz a 5.95 GHz
Ganancia	17 dBi
Estándar	IEEE 802,16
Antena incorporada	
Potencia Tx antena	27 dBm
Antena externa	SI
Costo	\$ 850,00

Fuente: Datasheet Airspan

#### 4.3.2.3 Antena

La plataforma de Airspan ASWipLL es un bajo costo de alto rendimiento del sistema de acceso inalámbrico fijo diseñado para proporcionar datos de alta

velocidad, voz sobre IP (VoIP) y servicios multimedia para clientes residenciales y corporativos.

**Figura 24 Antena Airspan**



**Fuente: Datasheet Airspan**

En la tabla 37 se presenta las características de la antena y el precio aproximado de WiMAX ofrecido por el fabricante Airspan.

**Tabla 37 Características de la antena Airspan**

<b>FABRICANTE</b>	<b>AIRSPAN</b>
<b>Características</b>	<b>ASWipII</b>
Frecuencias	700 MHz, 2.5 GHz, 2.7-2.9GHz y 3.8GHz y 900MHz, 2,4 GHz y 5,8 GHz
Ganancia	17 dBi
Polarización	Vertical y Horizontal
Velocidad	hasta 4 Mbps
<b>Costo</b>	<b>\$ 455</b>

**Fuente: Datasheet Airspan**

Las especificaciones técnicas de Airspan se encuentran en el (Anexo 7)

### **4.3.3 FABRICANTE RADWIN**

#### **4.3.3.1 Estación Base**

Radwin RW-5200 es una serie de unidades de clase portadora del sector de radio base station, que proporciona hasta 200 Mbps de rendimiento neto total y la entrega de conectividad de acceso de hasta 16 unidades de abonados.

**Figura 25 Estación base Radwin**



**Fuente: Datasheet Radwin**

En la tabla 38 se presenta las características de la estación base y el precio aproximado de WiMAX ofrecido por el fabricante Radwin.

**Tabla 38 Características de la estación base Radwin**

<b>FABRICANTE</b>	<b>RADWIN</b>
<b>Características</b>	<b>RADWIN RW-5200</b>
Bandas de frecuencia	4,8 - 6 GHz y 3,3 - 3,8 GHz
Estándar	IEEE 802.16
Potencia del transmisor	25 dBm
Rendimiento	200 Mbps
Rango	40km / 25 millas
Modulación	OFDM (BPSK/QPSK/16QAM/64QAM)
Corrección de errores FEC	K = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6
Peso	1,8 Kg / 3,6 lbs
Temperatura de funcionamiento	-35 C a 60 Centígrados
<b>Costo</b>	<b>\$ 4000</b>

**Fuente: Datasheet Radwin**

#### 4.3.3.2 Antena

La antena tipo panel es para estaciones base de alta calidad exclusivamente para proveedores que trabajan en la banda no licenciada de 5.00 a 5.8 GHz.

Figura 26 Antena Radwin



Fuente: Datasheet Radwin

En la tabla 39 se presenta las características de la antena y el precio aproximado de WiMAX ofrecido por el fabricante Radwin.

Tabla 39 Características de la antena Radwin

FABRICANTE	RADWIN
Características	Radwin HSU 520 SU
Bandas de frecuencia	Desde 4,90 a 6.06 GHz
Estándar	IEEE 802.16
Potencia	25 dBm
Ganancia	-23 dBi
<b>Costo</b>	<b>\$ 490</b>

Fuente: Datasheet Radwin

**Observación.-** las características del equipo local del cliente o conocido como CPE en la marca Radwin no se presentan ya que no son muy conocidos en el mercado.

Las especificaciones técnicas de Radwin se encuentran en el (Anexo 9)

#### 4.4 ELECCIÓN DEL FABRICANTE WiMAX

Después de haber analizado las características de cada uno de los fabricantes se decidió trabajar con la marca Airspan debido a las siguientes características:

- Airspan es una marca que cumple con los requerimientos de frecuencia, ganancia y cobertura aplicada al diseño de red privada para la empresa Pintulac, que es el objetivo primordial de la tesis.
- Los equipos CPE Airspan disponen de la opción de configuración iprouting que nos permitirá realizar el acceso de los usuarios de Pintulac hacia la red hacia el internet.
- Además los equipos Airspan permiten controlar el ancho de banda y crear grupos de trabajo con diferentes privilegios a través de redes virtuales (VLAN, como ejemplo se puede citar una Vlan para departamento técnico otra Vlan para el departamento de contabilidad, etc).

Cabe mencionar además que la marca Airspan fue seleccionada además por todas las razones mencionadas anteriormente y debido a que es un fabricante que ya está posicionado en el mercado ecuatoriano y ha garantizado un buen desempeño en proyectos emprendidos por la empresa Puntonet.

**Tabla 40 Parámetros principales de los equipos**

<b>Equipos</b>	<b>Características</b>	
Estación Base	Frecuencia	F = 5.7 GHz
	Potencia	P = 25 Watts
	Ganancia	G = 23 dB
Antena	Ganancia	G = 17dBi
	Potencia	P = 27 dBm
CPE	Ganancia	G = 17dBi

**Fuente: Datasheet Airspan**



A continuación se detalla el precio estimado del diseño presentado de la red WiMAX, en la tabla 41; no se incluye mantenimiento de la red ya que la empresa contará con personal capacitado para este trabajo.

**Tabla 41 Precio estimado del diseño de la red inalámbrica**

<b>Descripción del Equipo</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
<b>Equipos Airspan</b>			
Radio Base Hipermax	3	\$ 4.500,00	\$ 13.500,00
CPE MiMAX Pro con Antena integrada	20	\$ 850,00	\$ 17.000,00
Arrendamiento de Casetas PuntoNet anual	3	\$ 100,00	\$ 300,00
Instalación Estación base	3	\$ 440,00	\$ 1.320,00
Instalación Antena y CPE	20	\$ 308,00	\$ 6.160,00
Derecho de Concesión anual	20	\$ 300,00	\$ 6.000,00
Ingenieros de infraestructura	2	\$ 800,00	\$ 1.600,00
Servicio de Internet Oficina matriz 4 Megas por 1 año	1	\$ 1.000	\$ 12.000
<b>SUB-TOTAL</b>			\$ 57.880,00
IVA (12%)	12%		\$ 6.945,60
<b>TOTAL</b>			\$ 64.825,60

**Fuente: Autor**

#### 4.5 PRECIO DE LOS ENLACES ACTUALES

A continuación se presenta los valores que la empresa TRECX S.A. – Pintulac cancela mensualmente a su operadora de servicios Telconet por los enlaces dedicados 1:1 tanto para la oficina matriz como para sus sucursales.

**Tabla 42 Pago mensual a la Operadora Telconet**

<b>OPERADORA DE SERVICIOS TELCONET</b>			
<b>ENLACES DEDICADOS 1:1</b>			
<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Precio Total</b>
Oficina Matriz "8 Mb (Megabits por segundo)"	1	\$ 1.900	\$ 1.900
Sucursales "1.5 Mb (Megabits por segundo)"	19	\$ 350	\$ 6.650
<b>TOTAL</b>			<b>\$ 8.550</b>

**Fuente: Autor**

#### 4.6 ANÁLISIS COMPARATIVO

Después de haber realizado el cálculo estimado para el diseño de la red inalámbrica y comparada con el pago mensual que realiza la empresa TRECX S.A. – Pintulac a su operadora de servicios TELCONET se concluye que el diseño de la red inalámbrica con los equipos Airspan es lo mejor; debido a que la inversión que realiza mensualmente la empresa TRECX S.A. – Pintulac por los enlaces dedicados de fibra óptica sobrepasa el costo en un tiempo estimado de 12 meses con respecto al valor estimado para la implementación de la red.

## 4.7 EVALUACIÓN DE COSTOS DEL PROYECTO

Para evaluar el aspecto económico del presente proyecto se realiza un análisis de costos el mismo que permitirá confirmar la viabilidad del proyecto a través de las herramientas financieras VAN<sup>50</sup> (valor actual neto) y TIR<sup>51</sup> (tasa interna de retorno).

- **VALOR ACTUAL NETO (VAN)**

“El VAN es un indicador financiero que mide los flujos de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto, para determinar, si luego de descontar la inversión inicial, nos quedaría alguna ganancia. Si el resultado es positivo, el proyecto es viable.”<sup>52</sup>

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1 + TIR)^t} - I = 0$$

Donde:

F<sub>t</sub> = es el flujo de caja en el periodo t

n = es el numero de periodos

I = es el valor de la inversión inicial

Se debe tomar en cuenta que cuando:

VAN > 0 : el proyecto es viable

VAN < 0 : el proyecto no es viable

---

<sup>50</sup> VAN: Valor Actual Neto

<sup>51</sup> TIR: Tasa Interna de Retorno

<sup>52</sup> <http://www.crecenegocios.com/el-van-y-el-tir/>

- **TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)**

“La TIR es la tasa de descuento (TD)<sup>53</sup> de un proyecto de inversión que permite que el BNA<sup>54</sup> sea igual a la inversión (VAN igual a 0). La TIR es la máxima TD que puede tener un proyecto para que sea rentable, pues una mayor tasa ocasionaría que el BNA sea menor que la inversión (VAN menor que 0).”<sup>55</sup>

**Tasa de interés de descuento.-** la tasa referencia promedio es estimada como el 11% anual para inversiones en el país; pero en el presente proyecto la tasa de interés de descuento es 0.92% mensual, debido a que el capital de inversión en menos del año ya va a ser recuperado.

**Valor actual de la inversión.-** es tomado en cuenta como el precio estimado del diseño de la red correspondiente a la inversión inicial que es \$ 64.825,60

Para resumir el cálculo se ha utilizado una hoja de Excel en la que se calcula el VAN.

Valor actual de Inversión	\$ 64.825,60	
Cuotas mensuales	\$ 8.550,00	
Tasa de interés de descuento	11%	Anual
Tasa de interés de descuento	0,92%	Mensual
1+TIR	1,0092	

---

<sup>53</sup> TD: Tasa de Descuento

<sup>54</sup> BNA: Beneficio Neto Actualizado

<sup>55</sup> <http://www.crecenegocios.com/el-van-y-el-tir/>

**Tabla 43 Cálculo del Valor Actual Neto (VAN)**

Valor actual de inversión	Valor actual neto (VAN)	1er Mes	2do Mes	3er Mes	4to Mes	5to Mes	6to Mes	7mo Mes	8vo Mes	9no Mes
		Cuota # 1	Cuota # 2	Cuota # 3	Cuota # 4	Cuota # 5	Cuota # 6	Cuota # 7	Cuota # 8	Cuota # 9
\$ 64.825,60	\$ 73.526,49	\$ 8.472,06	\$ 8.394,82	\$ 8.318,30	\$ 8.242,47	\$ 8.167,33	\$ 8.092,87	\$ 8.019,10	\$ 7.945,99	\$ 7.873,56

**Fuente: Autor**

En la tabla 43 se presenta el cálculo del VAN tomando en cuenta el valor actual de inversión que es de \$ 64.825,60; las cuotas mensuales que actualmente la empresa TRECX S.A - Pintulac cancela a su proveedor de servicios es \$ 8.550,00 y la tasa de interés de descuento considerado mensualmente es de 0,92%.

El proyecto si es viable ya que el VAN (Valor actual neto) está superando por \$8.701 al valor actual de inversión en el noveno mes.

Es decir  $\$ 73.526,49 > \$ 64.825,60$

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1 CONCLUSIONES

A continuación se detallan las conclusiones alcanzadas durante el desarrollo del presente proyecto.

- El presente proyecto ha conseguido cumplir con los objetivos planteados al inicio, ya que se ha determinado las necesidades y exigencias tanto de los clientes como de los empleados de la empresa Pintulac (TRECX S.A.), mediante el diseño de una red inalámbrica que consiste en interconectar la matriz de la empresa Pintulac (TRECX S.A.) con sus diferentes sucursales en la ciudad de Quito.
- La red inalámbrica utilizando el estándar IEEE 802.16 fue diseñada con el objetivo de brindar al personal de la empresa un servicio de calidad con altas velocidades de transmisión de datos y de esta manera mejorar notablemente el trabajo interno que se desarrolla dentro de la empresa como externo ya que se estaría brindando un servicio rápido y eficaz a los clientes.
- Para que un enlace inalámbrico funcione adecuadamente uno de los requisitos necesarios es que la zona de Fresnel este despejada, para el mismo se utilizó el programa gratuito ICS Telecom, el cual aproxima de una forma muy exacta el perfil topográfico y a través del parámetro PSO determina el funcionamiento óptimo del enlace.
- Inicialmente se tenía previsto trabajar con el fabricante Airmax pero después de haber analizado cada una de los fabricantes, costos y características técnicas que cumplan con los requerimientos se optó por

Airspan; ya que tiene variedad de anchos de canal y no es muy costoso para realizar la homologación de los equipos.

- En el actual proyecto se presenta el estudio de factibilidad incluyendo el costo estimado de \$ 64.825,60 dólares incluido el IVA; valor que necesitaría la empresa para llevar a cabo la implementación en cualquier momento.
- Después de haber realizado una comparación de costos entre el valor que la empresa Pintulac (TRECX S.A.), cancela actualmente a su proveedor de servicios Telconet podemos mencionar que el valor de la inversión prácticamente sería recuperada en los primeros 9 meses; ya que sería una inversión fuerte al inicio pero después de los 9 meses metódicamente comenzaría a recuperar el valor invertido en la implementación de la red, debido a que la empresa ya contaría con la infraestructura de red propia y ya no tendría que seguir cancelando valores elevados mensuales por los mismos.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

- Se debe tomar en cuenta que este proyecto está trabajando en la banda de frecuencia 5.7 GHz que es no licenciada pero a pesar de eso debe acudir al CONATEL a cancelar un valor de Derecho de Concesión Anual.
- Al momento de seleccionar la ubicación de los TX transmisores se debe tomar en cuenta que la altura de los cerros garantice línea de vista con las diferentes estaciones de suscriptor y sobre todo cuenten con infraestructura como torres, energía eléctrica, casetas y seguridad.
- Al momento de adquirir los equipos es muy importante verificar su óptimo funcionamiento y la garantía de los mismos.

- Es aconsejable en el caso de implementarlo que los ingenieros encargados de realizar los enlaces elaboren un diagrama de red en el que se explique completamente las conexiones y las configuraciones realizadas para que el personal de la empresa pueda dar soporte e incluso realizar modificaciones.
- Se pide capacitar al personal que será el encargado de los equipos de comunicaciones ya que ellos serán los encargados de solucionar problemas en el caso de que se presenten.
- Posteriormente se aconseja explotar esta tecnología WiMAX con nuevas aplicaciones ya que no implicaría nuevos gastos.



## REFERENCIAS

- Stallings, William, Comunicaciones y Redes de Computadoras; Editorial Prentice Hall; Quinta Edición; España 1977.
- Huidobro, José y Roldan, David; Integración de Voz y Datos; España 2003.
- Behrouz, Forouzan; Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones; Segunda edición.
- Wendell, Odon; CCENT/CCNA ICND1; Guía Oficial para el examen de Certificación; Segunda edición.
- Tomasi, Wayne; Sistemas de Comunicaciones Electrónicas; 4ta Edición; 2003
- [http://www.intel.com/p/en\\_US/embedded/hwsw/hardware/atom-n2000-d2000](http://www.intel.com/p/en_US/embedded/hwsw/hardware/atom-n2000-d2000) (Diciembre 2011)
- <http://www.slideshare.net/rivamara/ieee-80216-wman-wimax-presentation> (Diciembre 2011)
- <http://computopractico.blogspot.com/2009/10/ccna-1-225-tasa-de-transferencia.html> (Enero 2012)
- <http://www.mintel.gob.ec> (Enero 2012)
- <http://www.conatel.gob.ec> (Enero 2012)
- <http://www.wimaxforum.org/> (Enero 2012)
- <http://www.wimax.com/> (Febrero 2012)
- [http://www.laserwifi.com/wimax\\_estandar.htm](http://www.laserwifi.com/wimax_estandar.htm) (Enero 2012)
- <http://www.wi-fiplanet.com/tutorials/article.php/3550476> (Febrero 2012)
- [http://www.ocitel.net/index.php?option=com\\_content&view=article&id=52:conceptos-de-voip&catid=39:infotelecom&Itemid=65](http://www.ocitel.net/index.php?option=com_content&view=article&id=52:conceptos-de-voip&catid=39:infotelecom&Itemid=65) (Marzo 2012)
- <http://shop.wirelessguys.com/s.nl?ext=F&sc=13&category=380&search=cpe%20for%20wimax> (Marzo 2012)
- <http://shop.wirelessguys.com/s.nl/it.A/id.7887/.f> (Marzo 2012)
- <http://shop.wirelessguys.com/RADWIN-HBS-5200-Base-Station-Connectorized> (Abril 2012)
- <http://www.ubiquiticolombia.com/ubiquiti-rocket-m5/> (Abril 2012)
- [http://foro.seguridadwireless.net/wimax/estandar-802-16-\(wimax\)/](http://foro.seguridadwireless.net/wimax/estandar-802-16-(wimax)/) (Febrero 2012)

- <http://www.ubiquiticolombia.com/ubiquiti-airmax-sector-am5g19/>.(Abril 2012)
- <http://www.airspan.com/products/hipermax-flexible-wimax-base-station/>  
(Abril 2012)
- <http://www.aire.ec/Antenas-Cables-Accesorios/Ant-Grilla-HG5827G-5-8-GHz-27-dBi-Grid-Antenna-N-Female-Connector-p130.html> (Abril 2012)
- <http://landamex.com/catalog/ubiquiti-networks-c-175.html> (Abril 2012)
- [http://www.oas.org/en/citel/infocitel/2009/septiembre/wimax\\_e.asp](http://www.oas.org/en/citel/infocitel/2009/septiembre/wimax_e.asp)(Junio 2012)
- <http://wndw.net/pdf/wndw-es/chapter3-es.pdf> (Julio 2012)

# ANEXOS

## ANEXO 1

### INFORMACIÓN DE ENDIAN

#### ENDIAN FIREWALL

##### GENERALIDADES

Endian Firewall es una “llave en mano” de distribución de seguridad para Linux que convierte a todo el sistema en un dispositivo de seguridad con todas las funciones con gestión unificada de amenazas (UTM) funcionalidad. El software ha sido firmado con la de “pensando en el usuario” y es muy fácil de instalar, utilizar y gestionar, sin perder su flexibilidad.

##### CARACTERÍSTICAS

Las características incluyen un firewall de inspección de paquetes, proxis a nivel de aplicación para los distintos protocolos (HTTP, FTP, POP3, SMTP) con el apoyo de antivirus, virus y spamfiltering para el tráfico de correo electrónico (POP y SMTP), filtrado de contenido de tráfico Web y una “libre” solución VPN (basada en OpenVPN).

##### PLATAFORMA DE SEGURIDAD INTEGRAL

Endian Firewall es un Appliance de Seguridad Integral que protege su red y mejora la conectividad, ofreciendo todos los servicios que necesita y más, seguros y fácil de configurar. Endian Firewall es 100% open source e incluye, entre sus funciones principales, una variedad de características:

- Firewall con inspección de estados.
- Antivirus HTTP/FTP.
- Filtro de Contenido Web. Antivirus POP3/SMTP, Anti-Phishing y Antispam.
- VPN SSL/TLS.
- IDS.

### **Sistema de Seguridad de Correos**

Mantenga sus e-mails protegidos de virus y spam. Endian Firewall asegura cualquier servidor o cliente de correos, gracias a proxies transparentes. Cualquier servidor de correos, como Microsoft Exchange o clientes como Outlook o Mozilla Thunderbird automáticamente serán protegidos y filtrados por Endian Firewall antivirus y antispam, no hay necesidad de modificar configuraciones de su servidor o cliente de correos.

### **Seguridad Web**

El filtro de contenidos de Endian Firewall mantiene una experiencia de navegación web de forma segura, protegiendo contra virus y contenidos no deseados como violencia, pornografía o software pirata. Permite al administrador de la red monitorizar accesos, mejorando así la productividad.

### **VPNs fáciles y rápidas**

OpenVPN, permite levantar un túnel seguro encriptado con SSL entre sucursales de tu compañía o entre agentes remotos hacia la red corporativa de la Empresa. Los clientes soportados abarcan una gran cantidad de Sistemas Operativos como lo son Linux, Mac OSX o Windows.

### **Hot Spot para Navegar en Áreas Publicas**

La solución Endian Hostspot es una completa y flexible herramienta para manejar el acceso a Internet. Endian Hotspot permite a hoteles, librerías, escuelas, aeropuertos, bancos, ciber-cafes, entre otros, entregar a sus clientes acceso fácil y seguro a navegación Web.

### **REQUISITOS DEL SISTEMA / SOPORTE PARA HARDWARE**

- CPU: Intel x86 compatible (500MHz mínimo, 1GHz recomendado), incluyendo VIA, AMD Athlon, Athlon 64, Opteron, Intel Core 2 Duo, Xeon, procesadores Pentium y Celeron
- Procesador: múltiple: Soporte incluido para Multiprocesador simétrico (SMP)

- RAM: 256MB mínimo (512MB recomendados)
- Discos: Discos SCSI, SATA, SAS o IDE requeridos (4GB mínimo, 20GB recomendados)
- Software RAID: Para software RAID1 (mirroring) dos discos del mismo tipo (las capacidades no deben ser iguales) son requeridos.
- CDROM: Un dispositivo IDE, SCSI o USB CDROM es requerido para la instalación (no es necesario después de la instalación).
- Tarjetas de Red: Las tarjetas de red interfaz más populares tienen soporte incluyendo Gigabit y NIC fibra
- Monitor/teclado: Sólo necesarios para la instalación pero no para la configuración y el uso
- Sistema operativo: Endian Firewall incluye el sistema operativo basado en Hardened Linux

**Sitio Web:**

- <http://www.i-t-m.com/productos-servicios/endian-firewall>
- <http://www.endian.com/es/products/software/>

## ANEXO 2

### INFORMACIÓN DE ELASTIX

#### ELASTIX

Elastix es una distribución libre de Servidores de Comunicaciones Unificadas que integra en un solo paquete:

- VoIP PBX
- Fax
- Mensajería Instantánea
- Correo electrónico
- Colaboración

Elastix fue creado y actualmente es mantenido por la compañía ecuatoriana PaloSanto Solutions.

Elastix fue liberado por primera vez en Marzo de 2006 pero no se trataba de una distribución sino más bien de una interfaz para mostrar registros de detalles de llamadas para asterisk, fue recién a finales de Diciembre de 2006 cuando se lo lanzó como una distribución que contenía muchas herramientas interesantes administrables bajo una misma interfaz Web que llamó la atención por su usabilidad.

Desde entonces hasta la fecha esta distribución no ha parado de crecer en popularidad y actualmente es una de las preferidas del mercado. En 2007 el proyecto estuvo nominado en 2 categorías para los premios CCA de SourceForge.

Elastix implementa gran parte de su funcionalidad sobre 4 programas de software muy importantes como son Asterisk, Hylafax, Openfire y Postfix. Estos brindan las funciones de PBX, Fax, Mensajería Instantánea y Correo electrónico respectivamente.

## **CARACTERISTICAS**

Las características proveídas por Elastix son muchas y variadas. Elastix integra varios paquetes de software, cada uno incluye su propio conjunto de características. Además Elastix añade nuevas interfaces para el control y reportes de si mismo, lo que lo hace un paquete completo. Algunas de las características proveídas por Elastix son:

- Soporte para VIDEO. Se puede usar video llamadas con Elastix.
- Soporte para Virtualización. Es posible correr múltiples máquinas virtuales de Elastix sobre la misma caja.
- Interfaz Web para el usuario, realmente amigable.
- “Fax a email” para faxes entrantes. También se puede enviar algún documento digital a un número de fax a través de una impresora virtual.
- Interfaz para tarifas.
- Configuración gráfica de parámetros de red.
- Reportes de uso de recursos.
- Opciones para reiniciar/apagar remotamente.
- Reportes de llamadas entrantes/salientes y uso de canales.
- Módulo de correo de voz integrado.
- Interfaz Web para correo de voz.
- Módulo de panel operador integrado.
- Módulos extras SugarCRM y Calling Card incluidos.
- Sección de descargas con accesorios comúnmente usados.
- Interfaz de ayuda embebido.
- Servidor de mensajería instantáneo (Openfire) integrado.
- Soporte Multi-lenguaje.



- Servidor de correo integrado incluye soporte multi-dominio.
- Interfaz web para

## **BENEFICIOS**

- Desvío de llamadas
- Transferencia de llamadas
- Tono de ocupación
- Llamada en espera
- Buzón de voz
- Fax virtual
- Claves
- Rutas salientes
- Control de tiempo de utilización de las llamadas (programada para cinco minutos máximo)

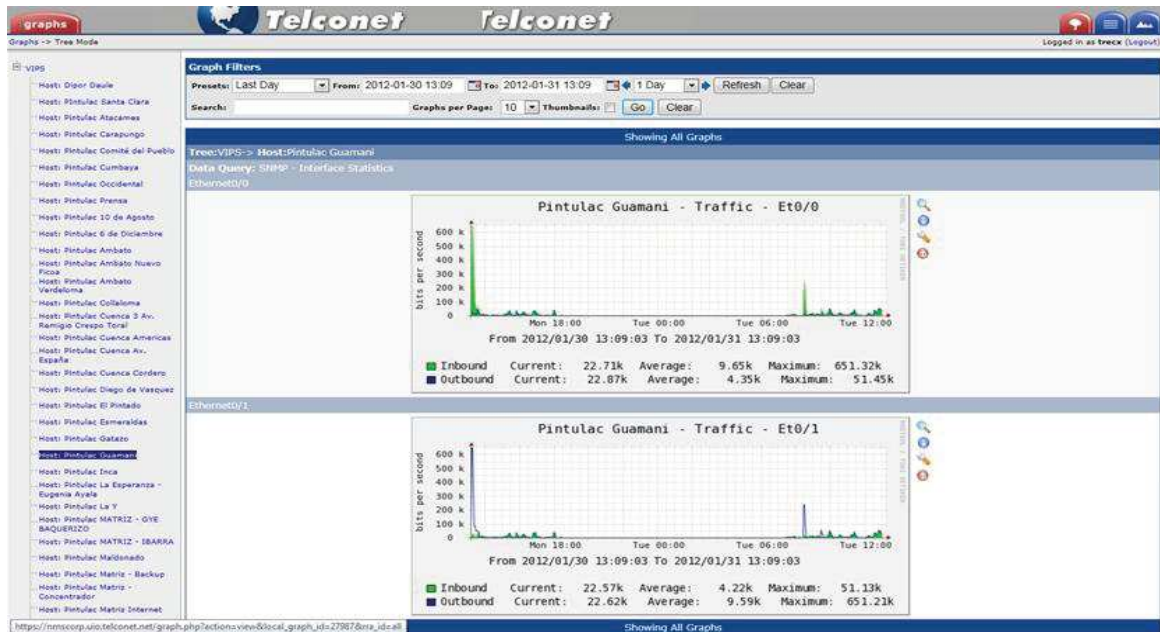
## **FUENTE:**

- [http://www.softwarelibre.ec/site/index.php?option=com\\_content&view=article&id=176%3Aelastix&catid=38%3Adistribuciones&Itemid=151](http://www.softwarelibre.ec/site/index.php?option=com_content&view=article&id=176%3Aelastix&catid=38%3Adistribuciones&Itemid=151)
- <http://www.elastix.org/>

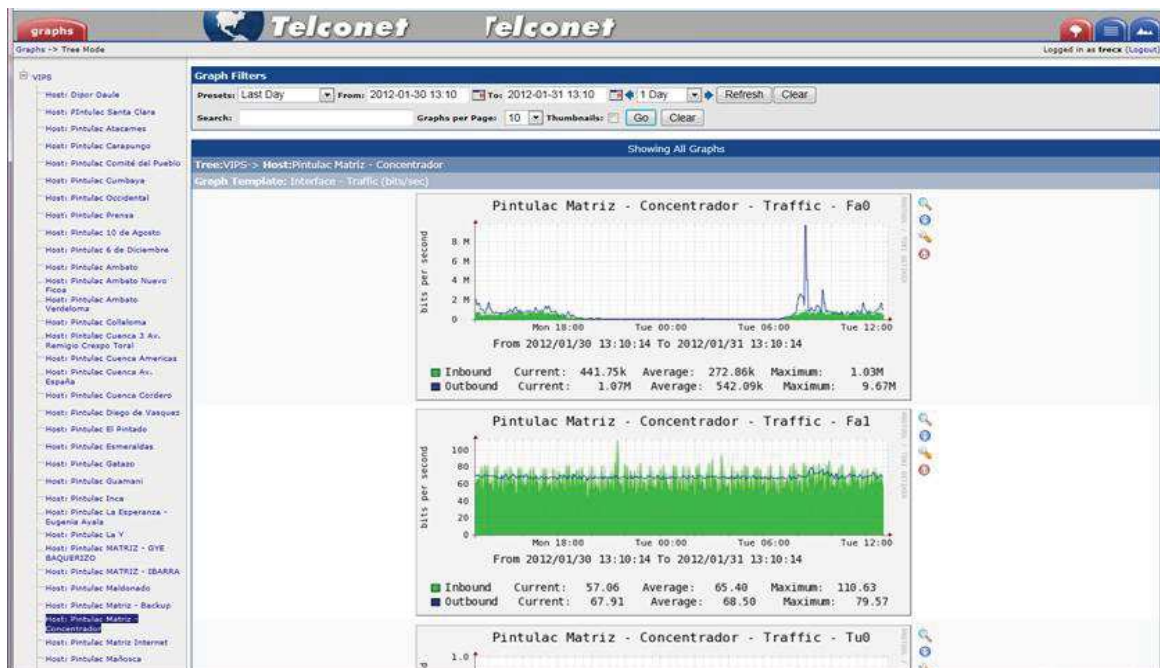
## ANEXO 3

## GRÁFICAS MRTG DE LA MATRIZ Y DE 2 SUCURSALES

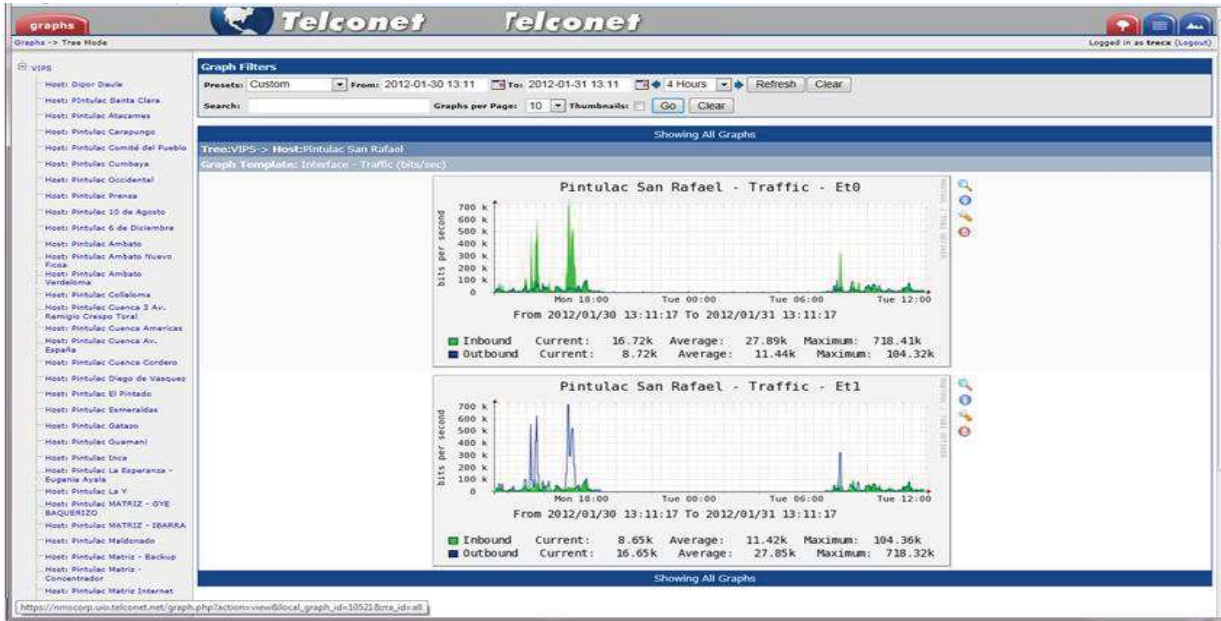
Pantallas capturadas con la herramienta MRTG proporcionadas por la operadora Telconet.



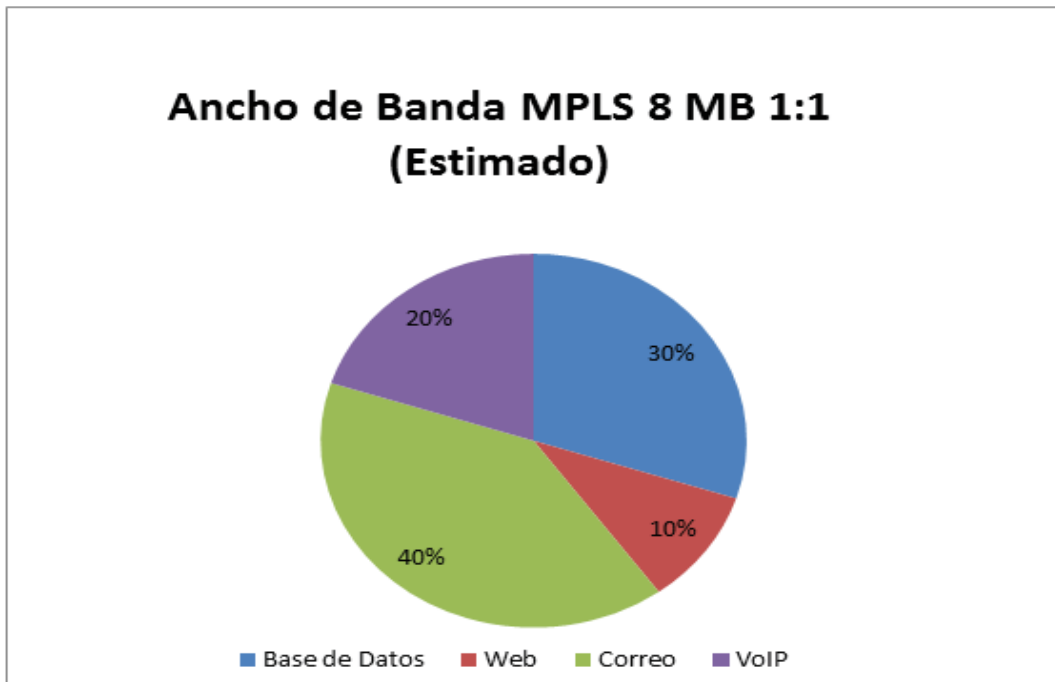
Tráfico del router en la oficina Sucursal Guamani de Pintulac



Tráfico del router en la oficina Matriz de Pintulac




Tráfico del router en la oficina Sucursal San Rafael de Pintulac




Consumo del Ancho de Banda estimado para cada aplicación

## ANEXO 4

## FORMULARIO DE INFORMACIÓN GENERAL PARA SOLICITAR PERMISOS DE RED PRIVADA

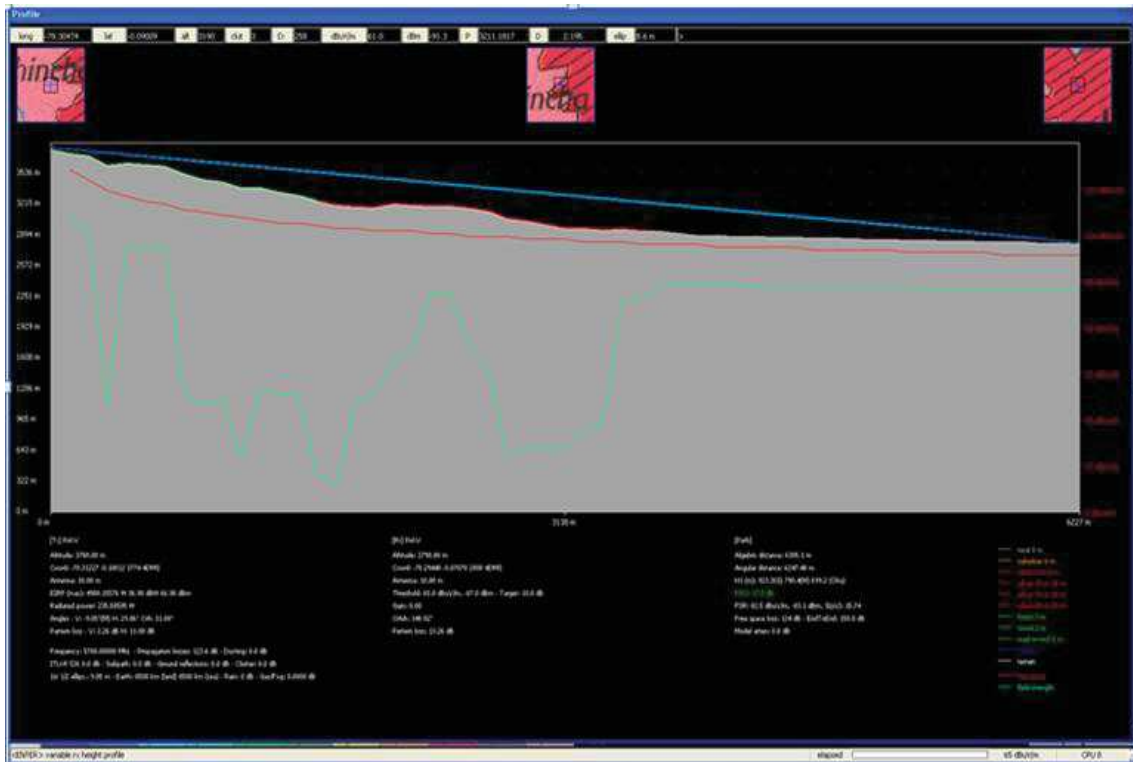
	<b>FORMULARIO DE INFORMACION GENERAL PARA SOLICITAR PERMISOS DE RED PRIVADA</b>	<b>ST - 1A</b> Elab.: DGGST	
<b>SOLICITUD:</b>			
2) OBJETO DE LA SOLICITUD:	<input type="checkbox"/> PERMISO RED PRIVADA <input type="checkbox"/> MODIFICACIÓN Y/O AMPLIACIÓN RED PRIVADA		
3) MEDIO DE TRANSMISIÓN DE SISTEMA:	<input type="checkbox"/> MEDIO FÍSICO <input type="checkbox"/> SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA <input type="checkbox"/> SERVICIO FLOJÓ MOVIL POR SATELITE		
<b>DATOS DEL SOLICITANTE Y PROFESIONAL TECNICO:</b>			
<b>PERSONA NATURAL</b>			
4) NOMBRE			
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES*      C*:	
<b>PERSONA JURIDICA</b>			
5) NOMBRE DE LA EMPRESA:			
6) REPRESENTANTE LEGAL			
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES*      C*:	
7) CARGO*			
8) ACTIVIDAD DE LA EMPRESA:		RUC*:	
<b>DIRECCION</b>			
PROVINCIA:	CIUDAD:	DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No.):	
e-mail:	CASILLA:	TELEFONO / FAX*:	
<b>10) CERTIFICACION DEL PROFESIONAL TECNICO (RESPONSABLE TECNICO)</b>			
Certifico que el presente anteproyecto técnico fue elaborado por el suscrito y asumo la responsabilidad técnica respectiva			
APELLIDO PATERNO:	APELLIDO MATERNO:	NOMBRES*      LIC. PROF*:	
e-mail:	CASILLA:	TELEFONO / FAX*:	
DIRECCION (CIUDAD, CALLE Y No.):		FECHA:	
		_____	
		FIRMA	
<b>11) DECLARACION DE LA PERSONA NATURAL, REPRESENTANTE LEGAL, O PERSONA DEBIDAMENTE AUTORIZADA</b>			
Declaro bajo juramento que la información proporcionada es verídica y que conozco que la comprobación de falsedad de la misma o de los documentos anexos, determinará el archivo de esta solicitud.			
NOMBRE:	FECHA:	_____	
		FIRMA	
12) OBSERVACIONES:			
<b>13) PARA USO DE LA SNT</b>			
SOLICITUD SECRETARÍO NACIONAL ( )	CONSTITUCIÓN DE LA CIA. ( )	NOMB. REPRESENTANTE LEGAL ( )	CUMP. SUPER BANCOS O CIAB. ( )
REGISTRO UNICO CONTRIBUY. ( )	COMPROBANTE DEL 1/1000 ( )	ANTEPROYECTO TECNICO ( )	COPIA LICENCIA PROFESIONAL ( )
COPIA CARACTERÍSTICAS MEDIOS FÍSICOS DE TRANSMISION ( )	CORA CONTRATOS CON PORTADOR ( )	C. SLPTEL ( )	
COPIA DE ESCRITURAS PROPIEDAD ( )	CORAS CONTRATOS DE ARREND ( )	OTROS (AGUALLUZ, IMPREDIAL) ( )	

		<b>FORMULARIO DE INFORMACIÓN TÉCNICA PARA SOCILITAR PERMISOS DE RED PRIVADA</b>				<b>ST- 2A</b> Elab.: DGGST	
<b>2) CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA (SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA)</b>							
PUNTO A PUNTO ( )				PUNTO A MULTIPUNTO ( )			
<b>3) COBERTURA ( Provincias, ciudades o poblaciones que cubre el sistema solicitado)*</b>							
<b>4) CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA (SISTEMA MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA, SERVICIO FIJO MÓVIL POR SATÉLITE, COBRE Y/O FIBRA ÓPTICA)*</b>							
No. ESTACIONES	No. REPETIDORES	No. ENLACES FÍSICOS		ENLACES INALÁMBRICOS		No. TOTAL DE ENLACES	
		COBRE	FIBRA ÓPTICA	FIJO MÓVIL POR SATÉLITE	MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA		
<b>5) FORMULARIOS QUE SE DEBEN ADJUNTAR</b>							
<b>SISTEMA DE MODULACIÓN DIGITAL DE BANDA ANCHA (en el caso de utilizar este tipo de sistemas)</b>							
FORMULARIO RC-1B FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL				( )			
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS				( )			
FORMULARIO RC-8A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMOBA (ENLACES PUNTO-PUNTO)				( )			
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA				( )			
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO				( )			
FORMULARIO RC-8B FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS DE SMOBA (SISTEMA PUNTO-MULTIPUNTO)				( )			
FORMULARIO RC-15A FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI				( )			
<b>SERVICIO FIJO MOVIL POR SATÉLITE (en el caso de utilizar este tipo de sistemas)</b>							
FORMULARIO RC-1A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN LEGAL				( )			
FORMULARIO RC-3A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE ANTENAS				( )			
FORMULARIO RC-11A FORMULARIO PARA LOS SISTEMAS FIJO POR SATÉLITE				( )			
FORMULARIO RC-2A FORMULARIO PARA LA INFORMACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DEL SISTEMA				( )			
FORMULARIO RC-4A FORMULARIO PARA INFORMACIÓN DE EQUIPAMIENTO				( )			
FORMULARIO RC-15A FORMULARIO DE EMISIONES DEL RNI				( )			

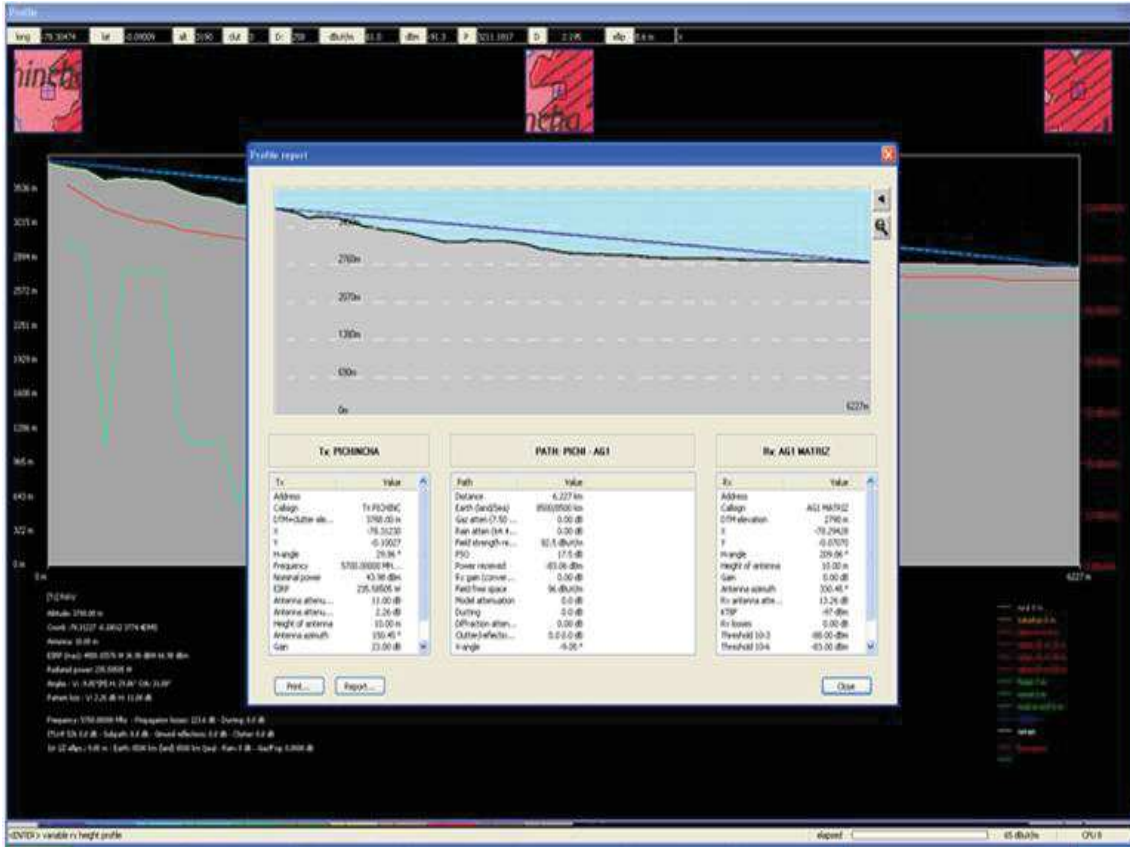
## ANEXO 5

# SIMULACIÓN DE LA PRIMERA ZONA DE FRESNEL DE TODAS LAS AGENCIAS

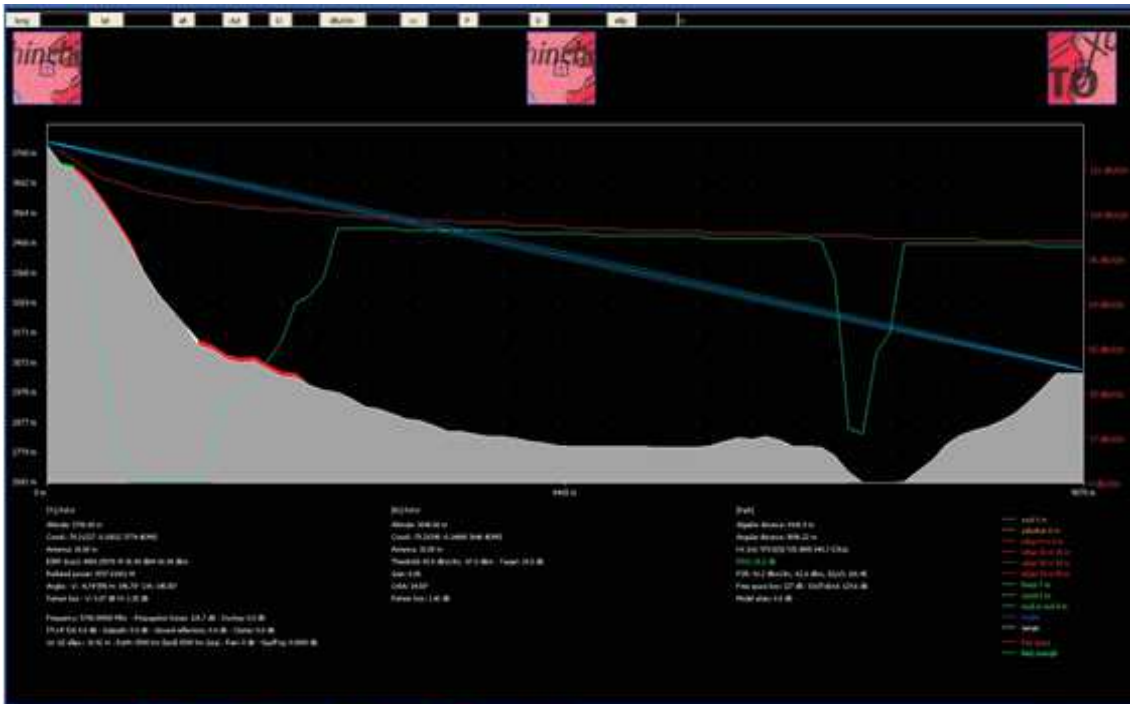
## Enlace cerro Pichincha – Cotocollao (Ag1)

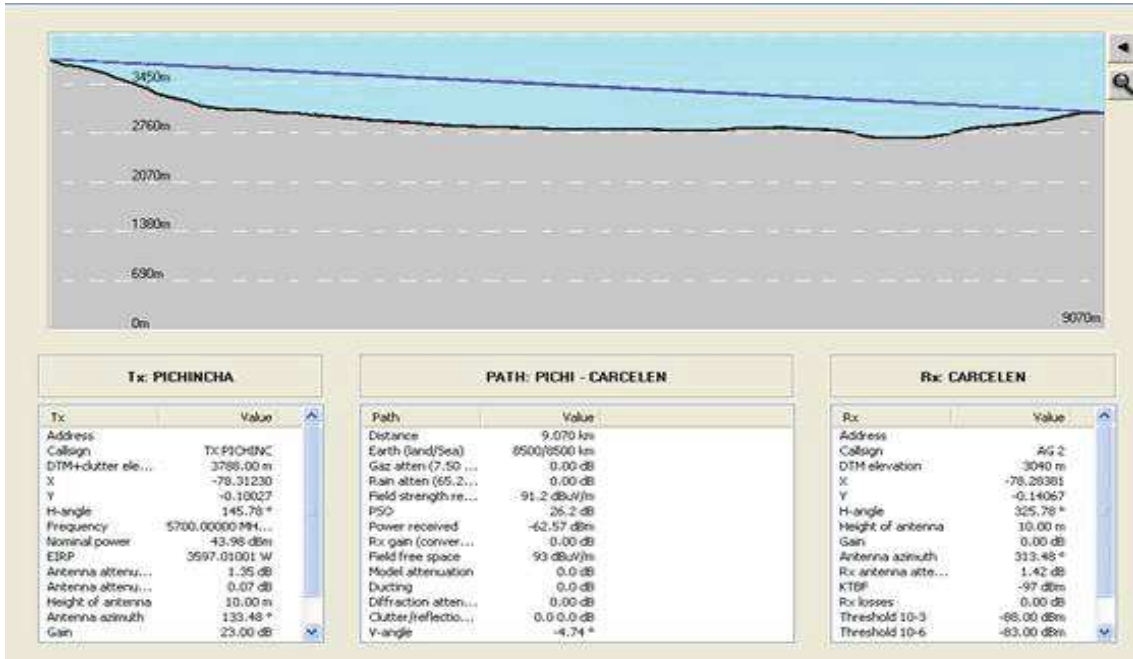




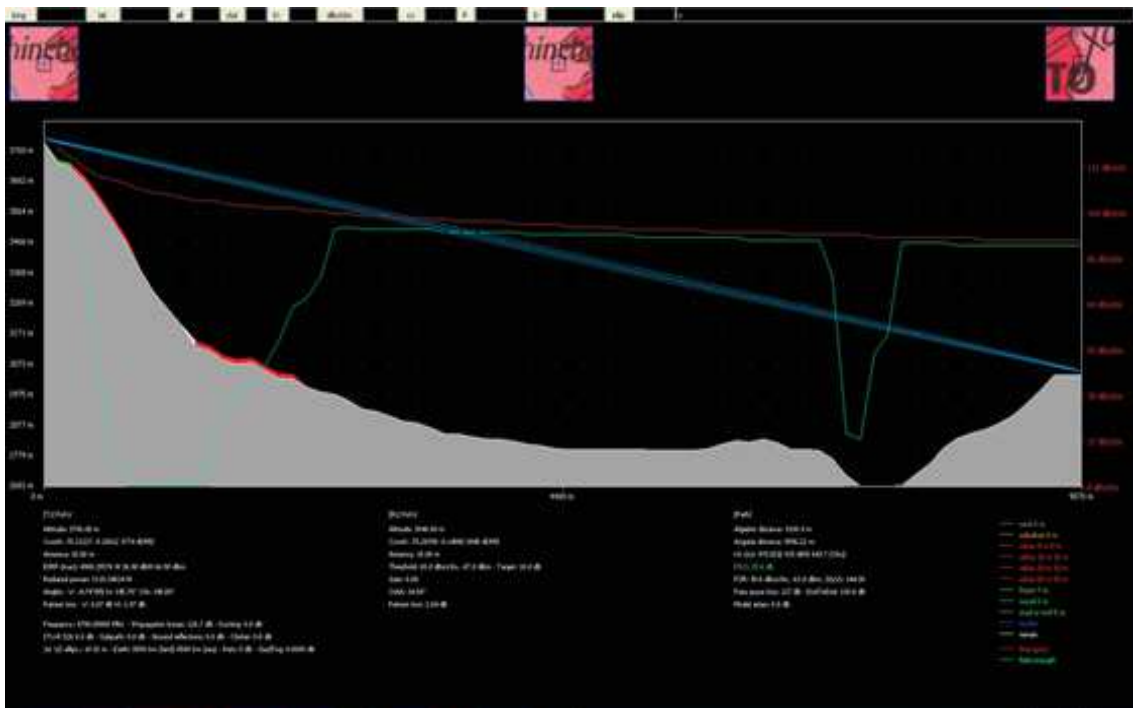


Enlace cerro Pichincha – Carcelén (Ag2)

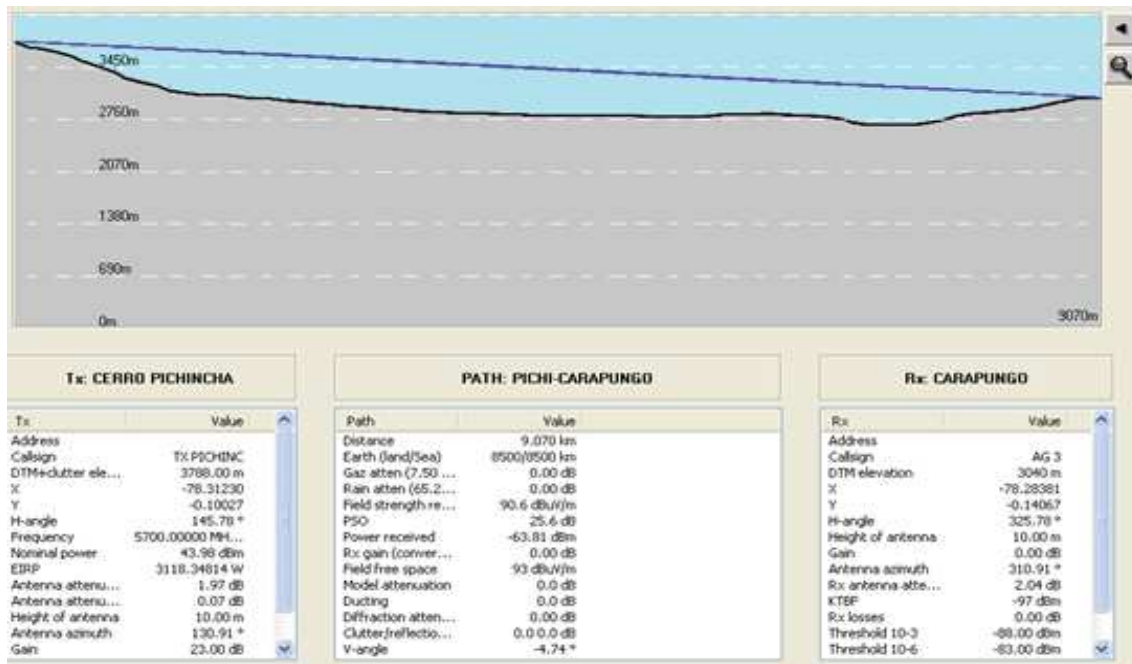




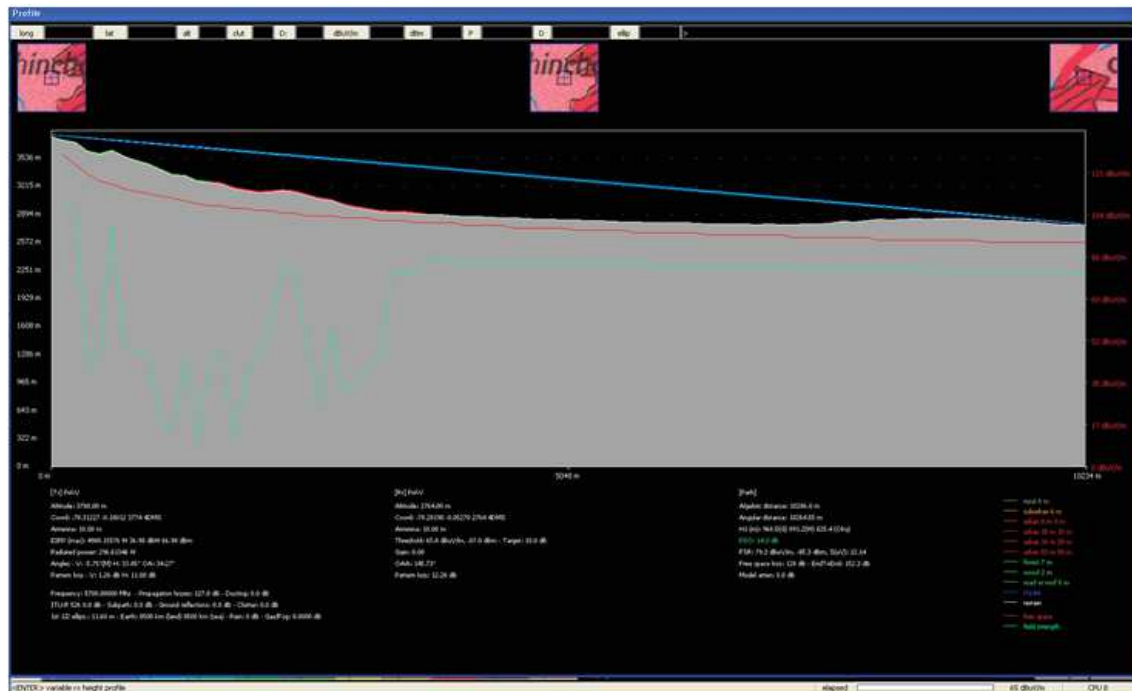
Enlace cerro Pichincha – Carapungo (Ag3)

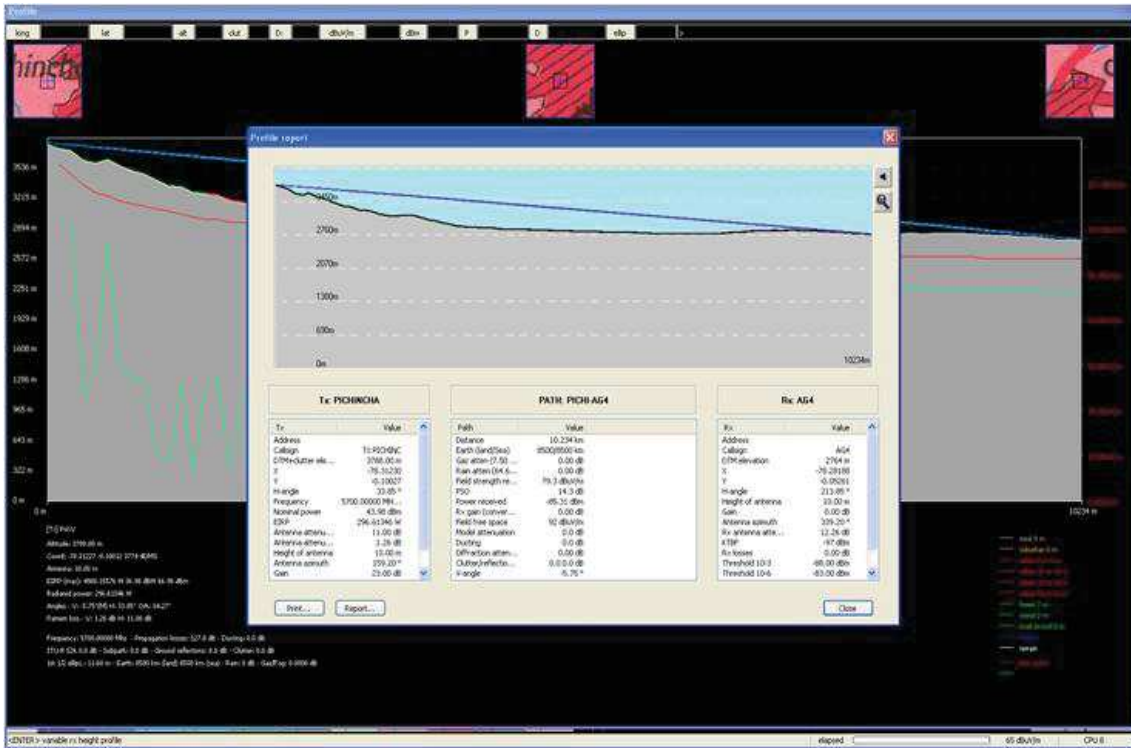






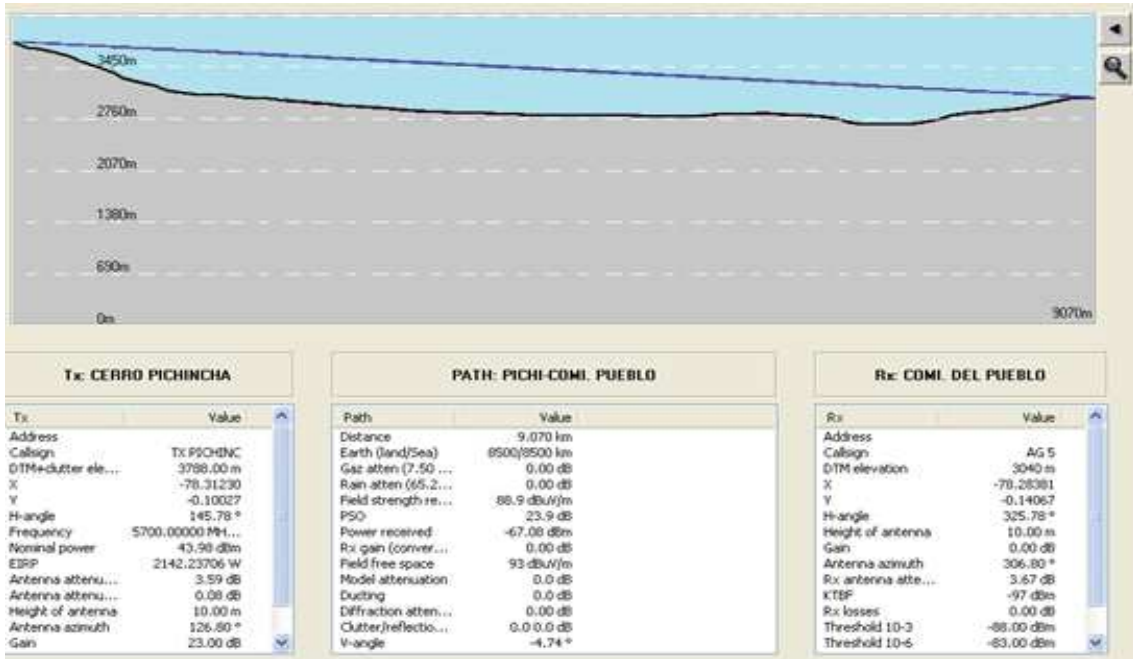
### Enlace cerro Pichincha – San Carlos (Ag4)



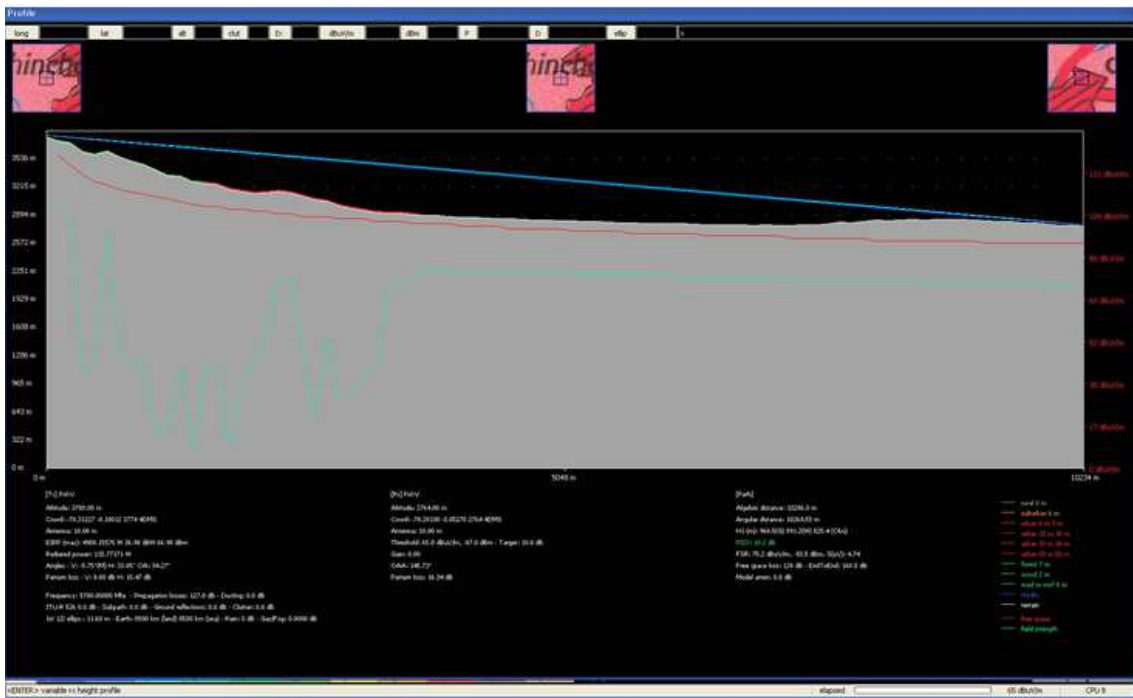


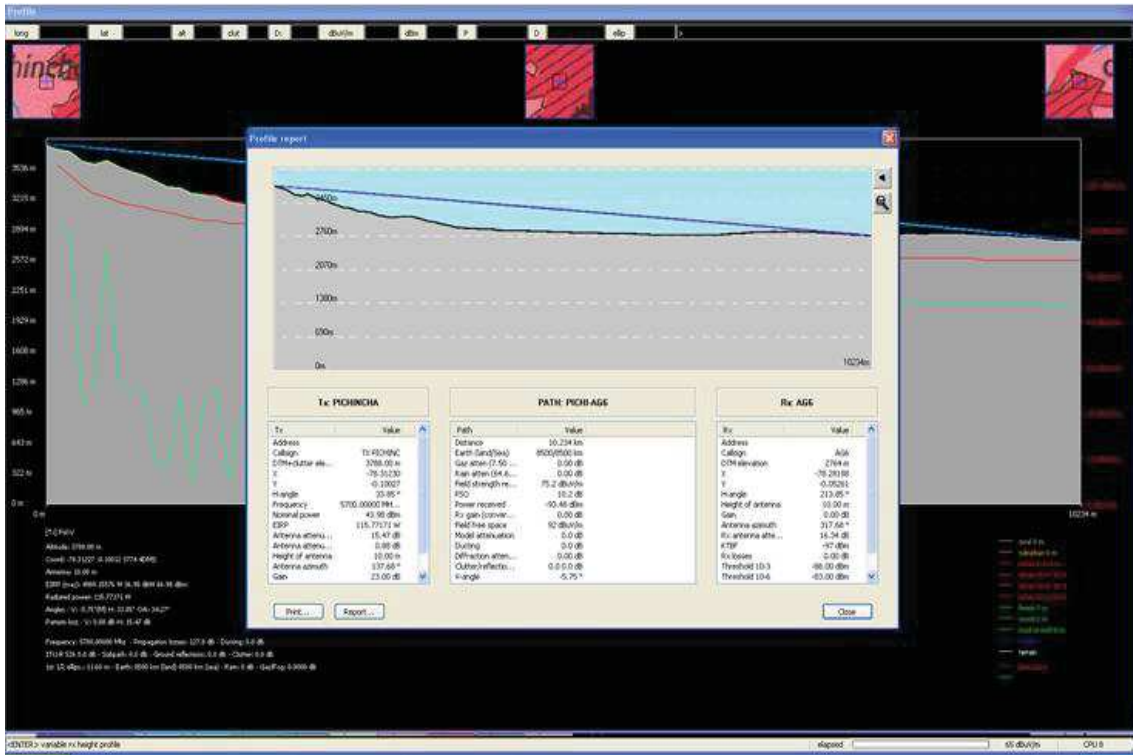
Enlace cerro Pichincha – Comité del Pueblo (Ag5)



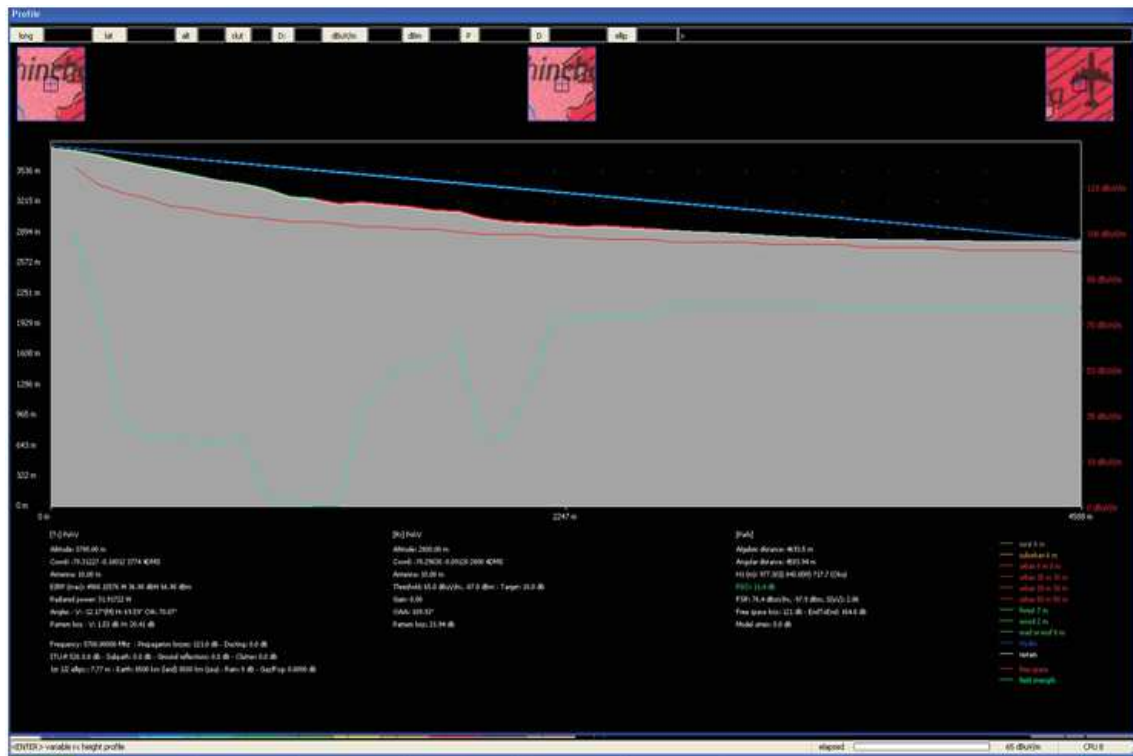


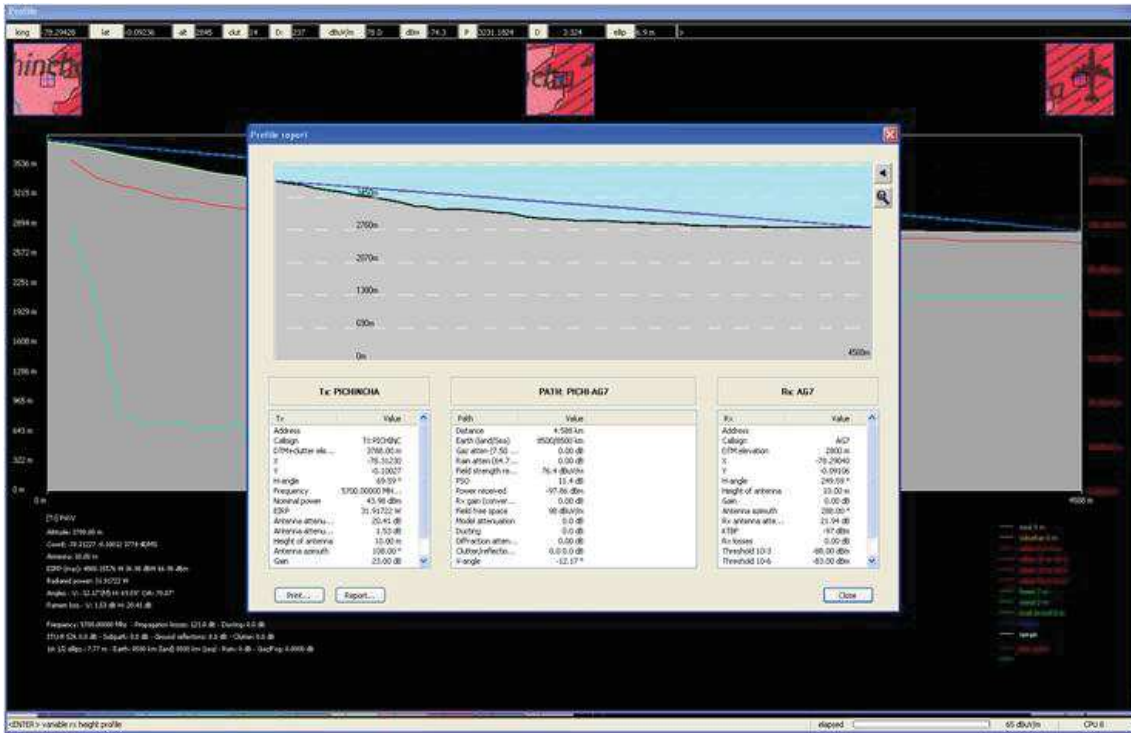
### Enlace cerro Pichincha – Base Aérea (Ag6)



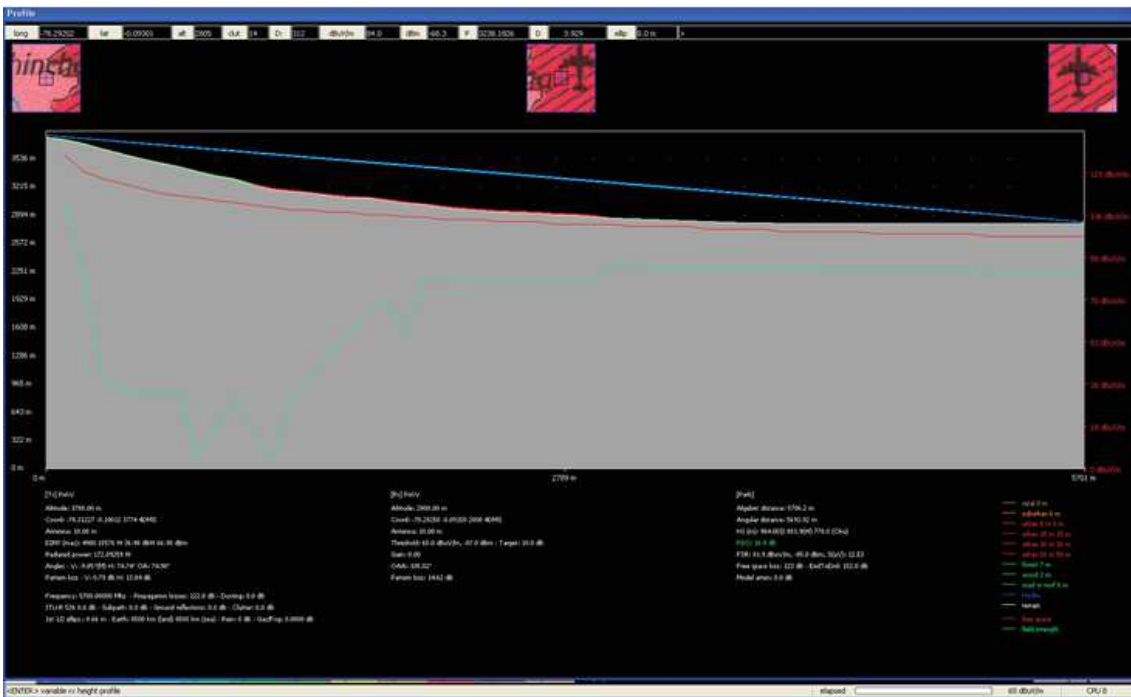


Enlace cerro Pichincha – El Labrador (Ag7)

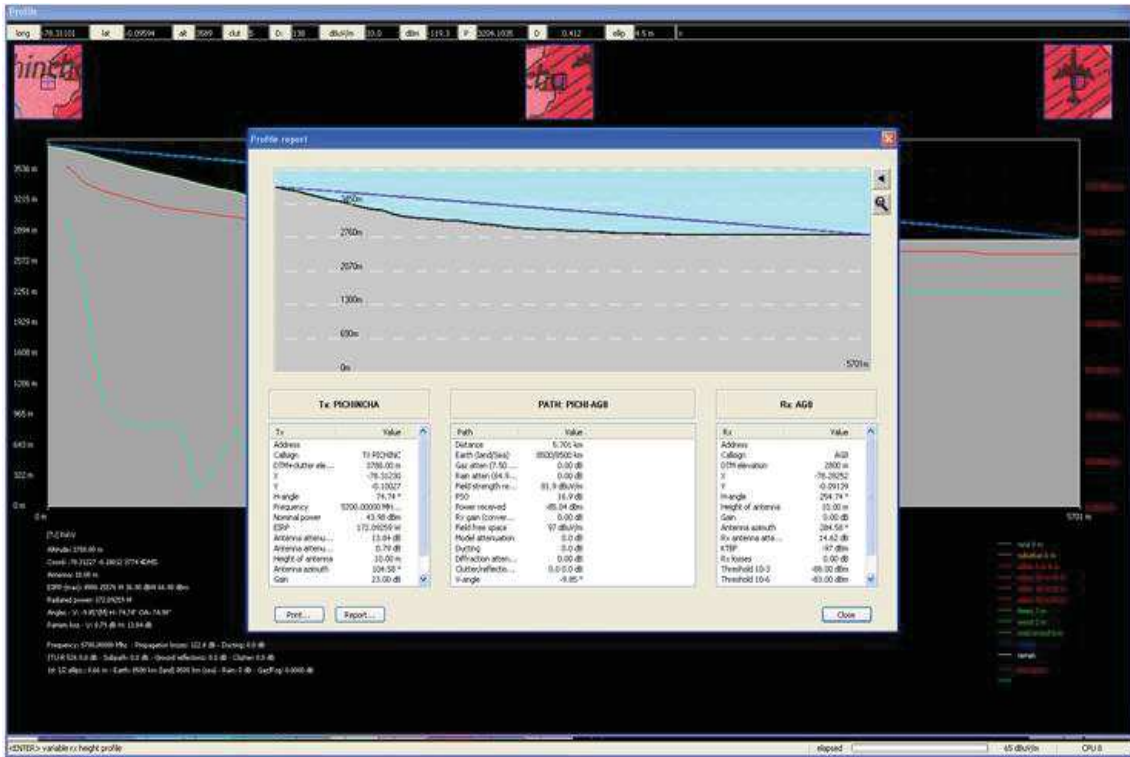




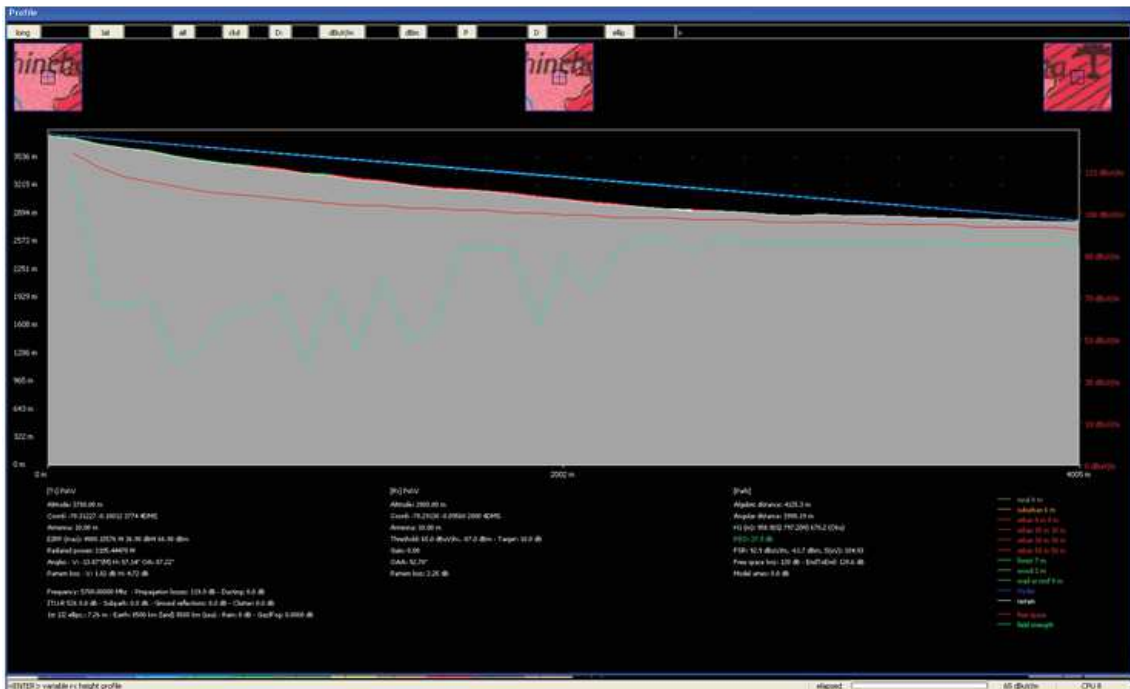
Enlace cerro Pichincha – El Inca (Ag8)

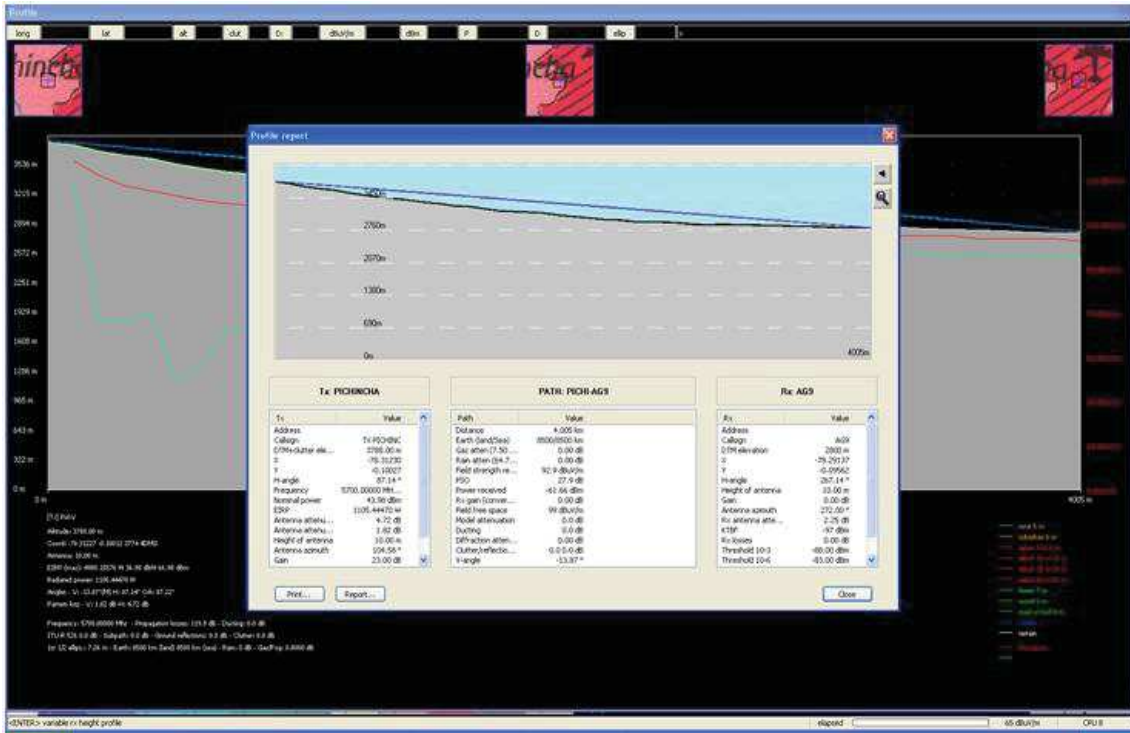




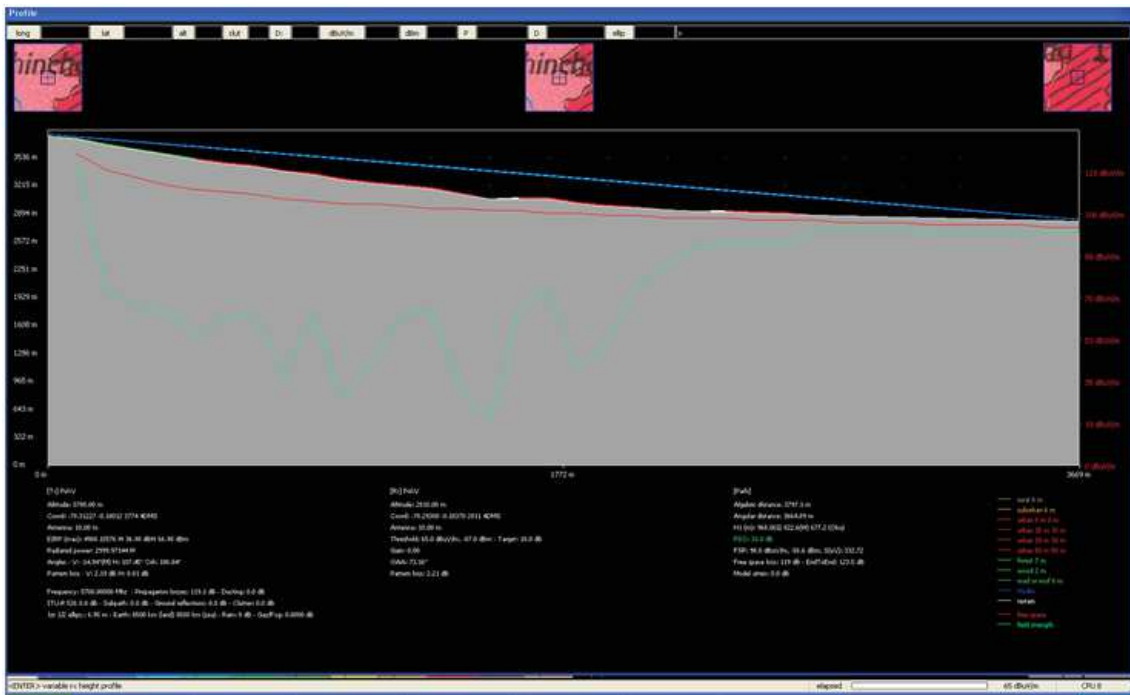


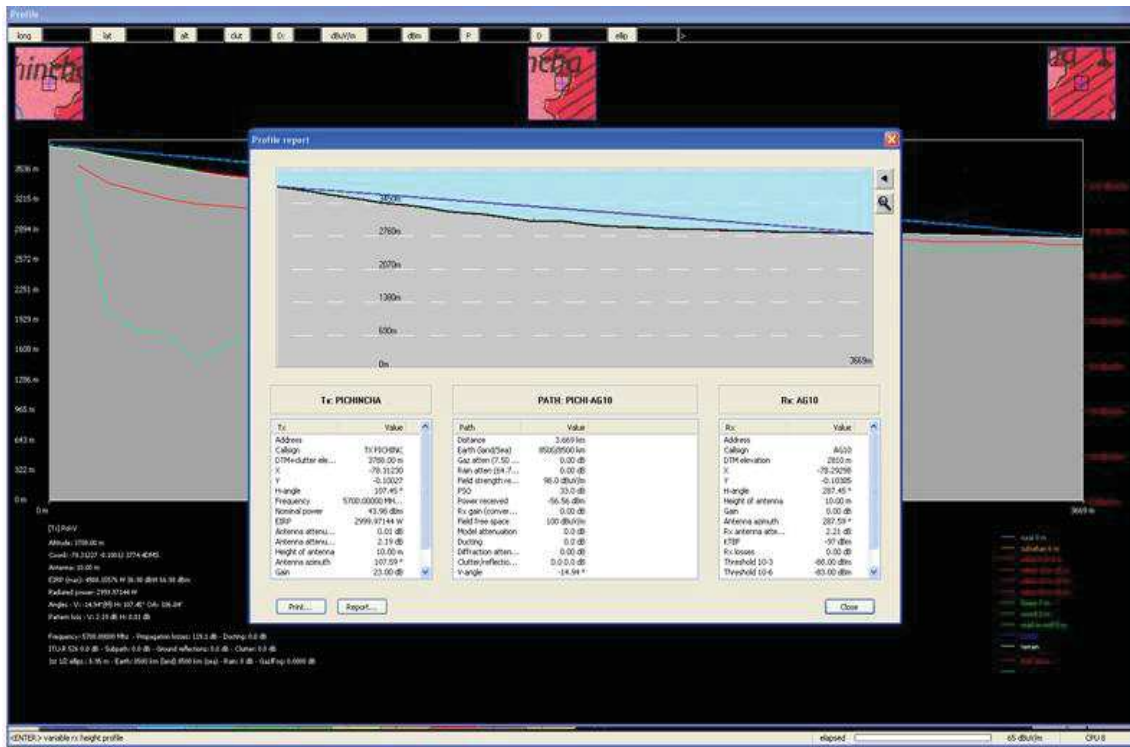
Enlace cerro Pichincha – La Y (Ag9)



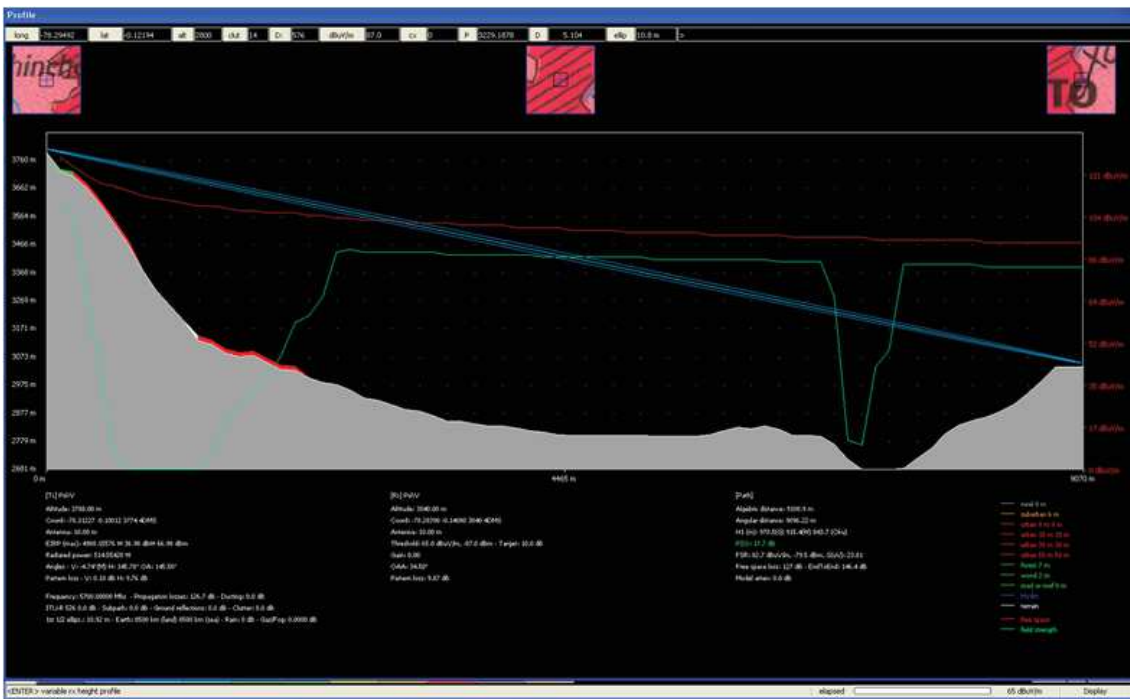


Enlace cerro Pichincha – Mañosca (Ag10)

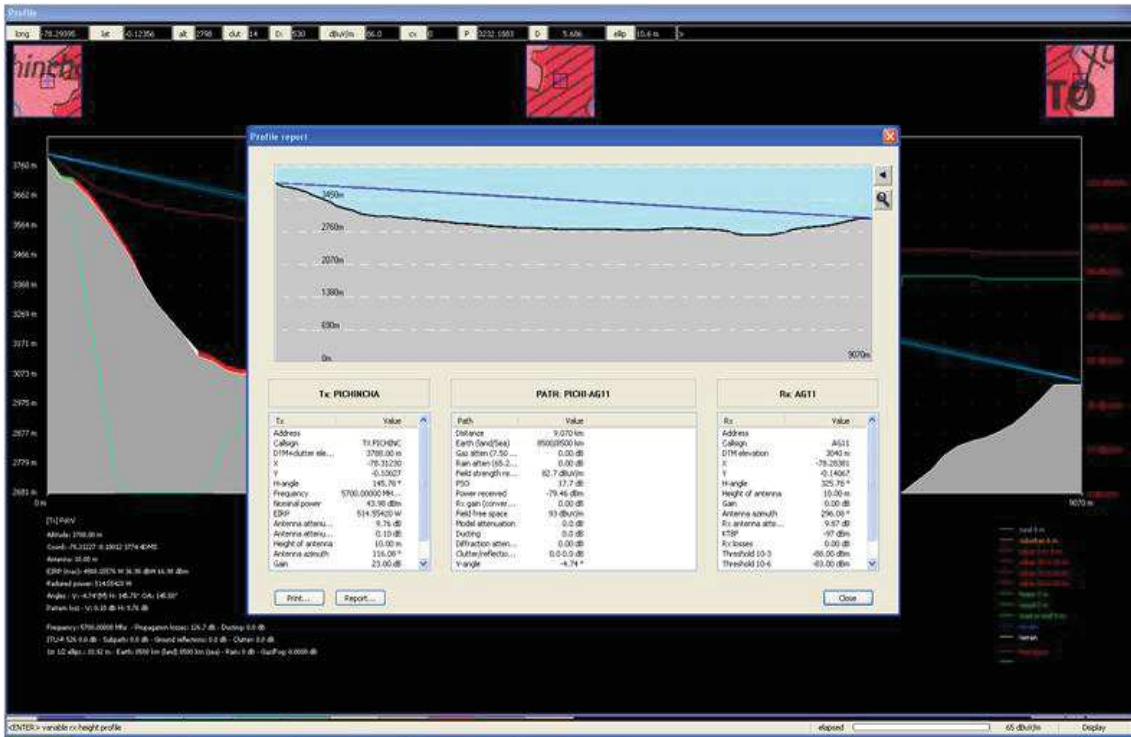




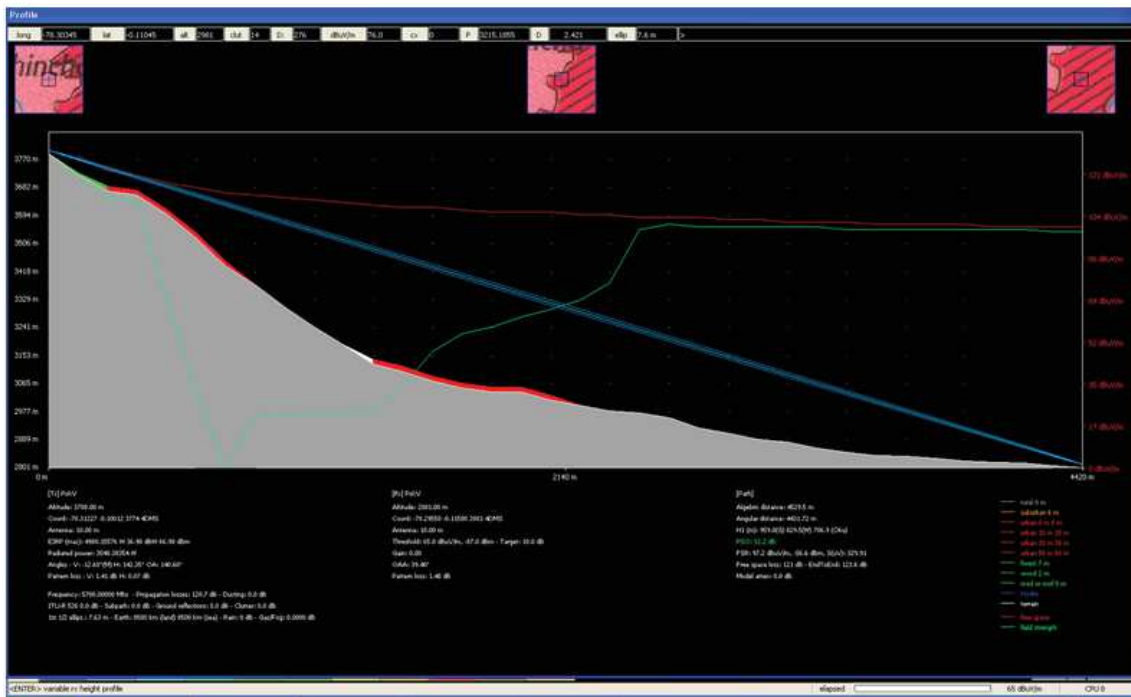
Enlace cerro Pichincha – Plaza Argentina (Ag11)

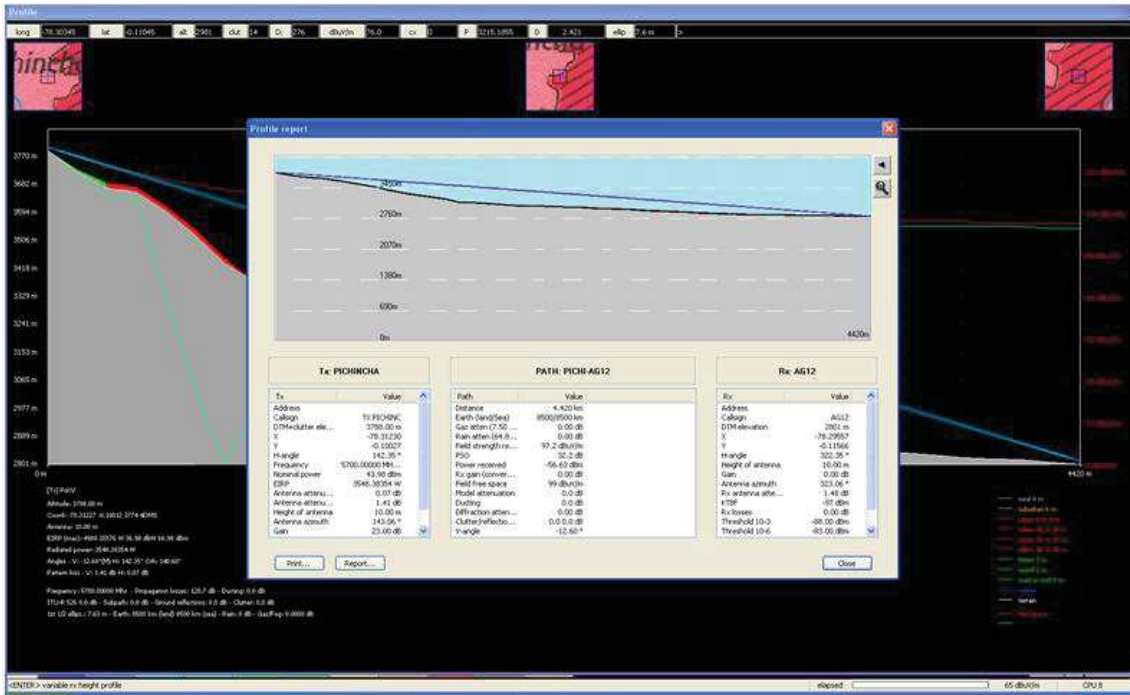




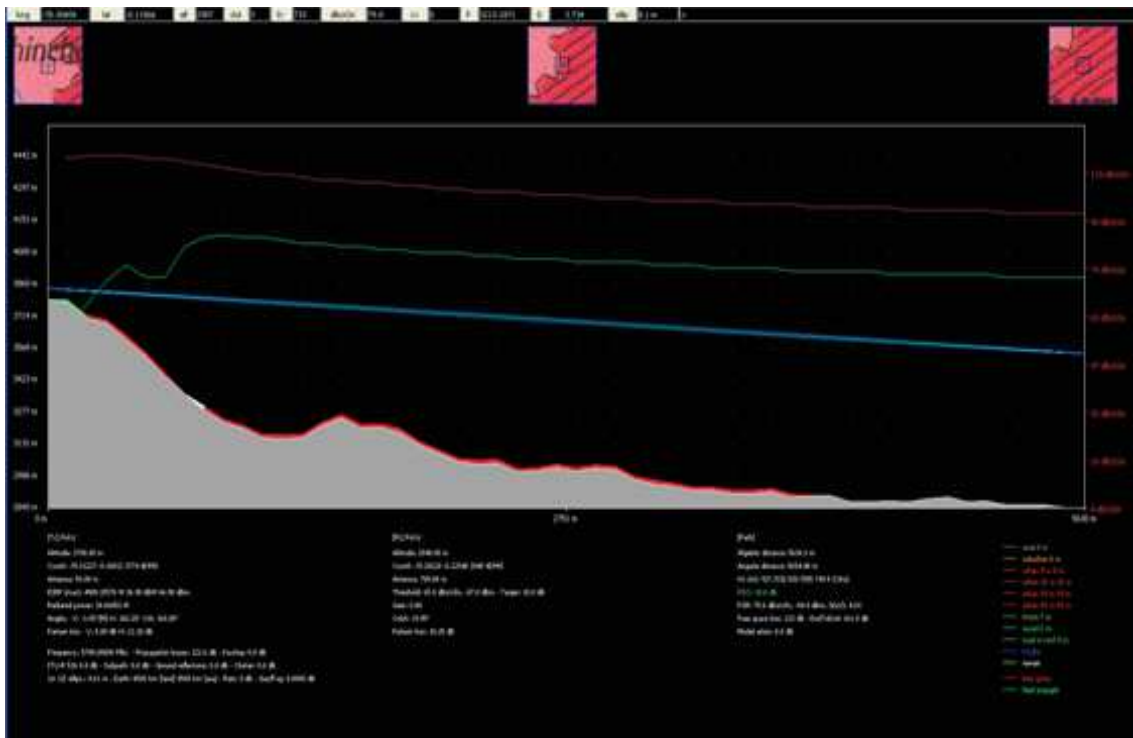


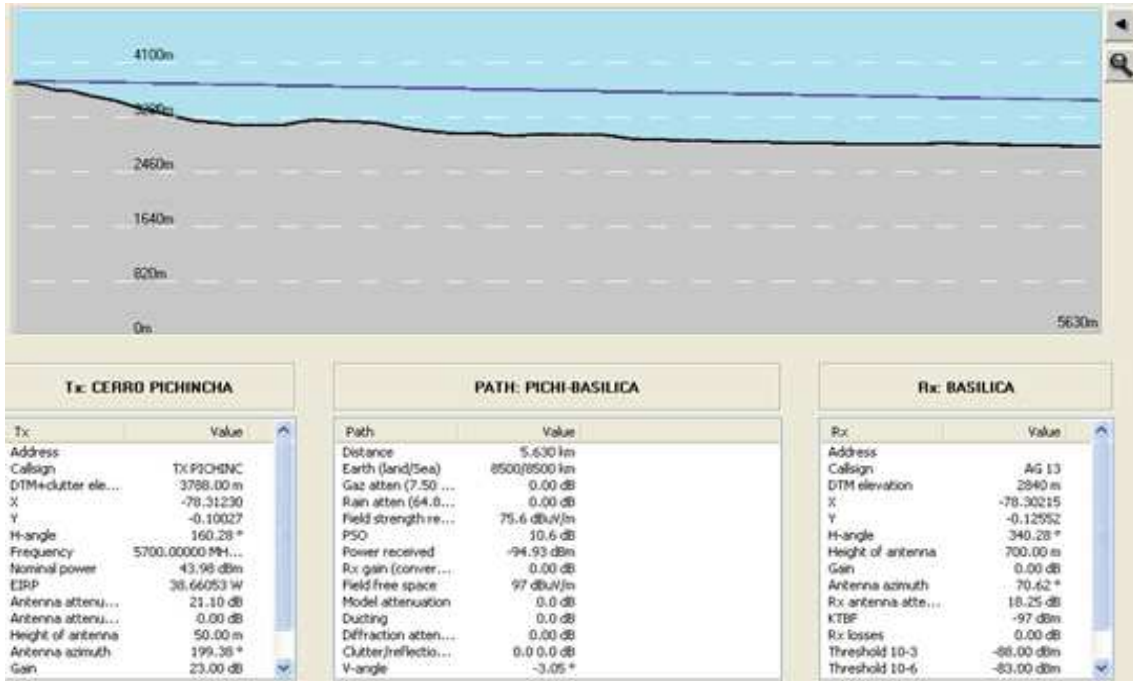
Enlace cerro Pichincha – Santa Clara (Ag12)



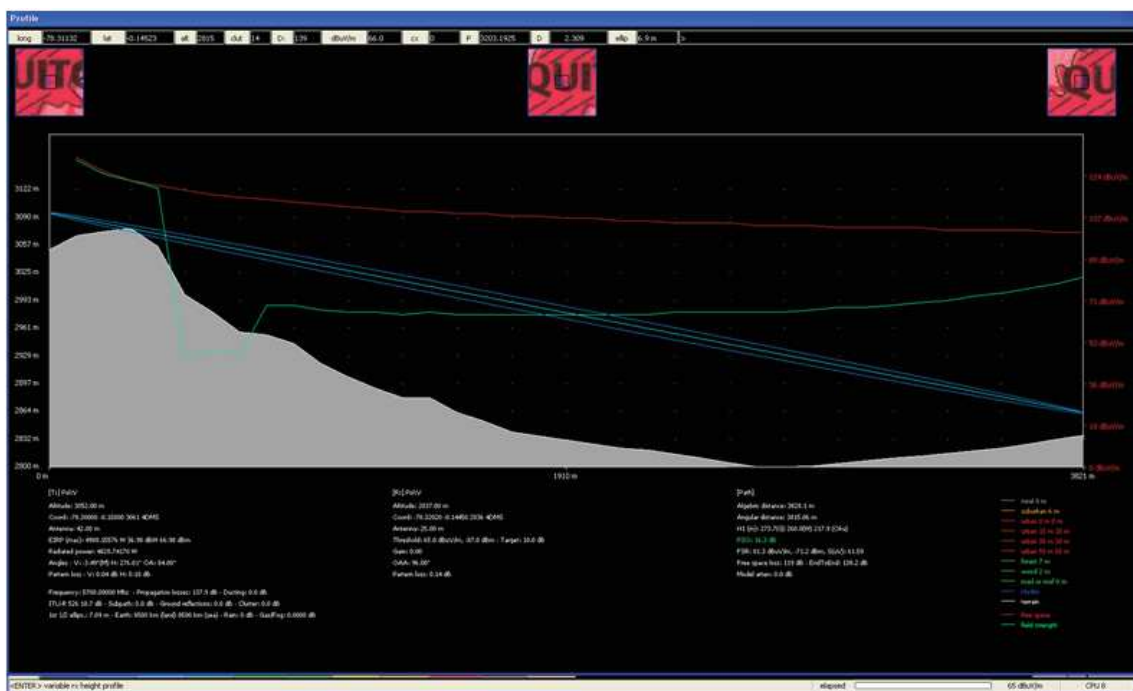


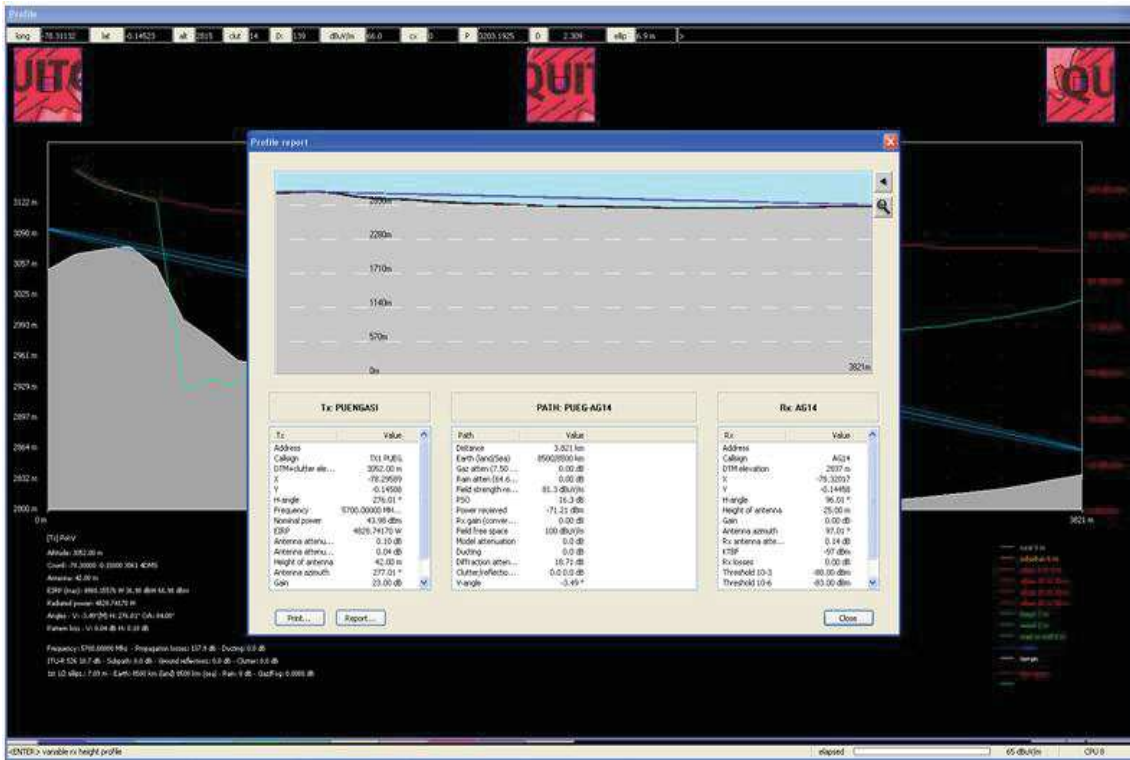
Enlace cerro Pichincha – Basílica (Ag13)



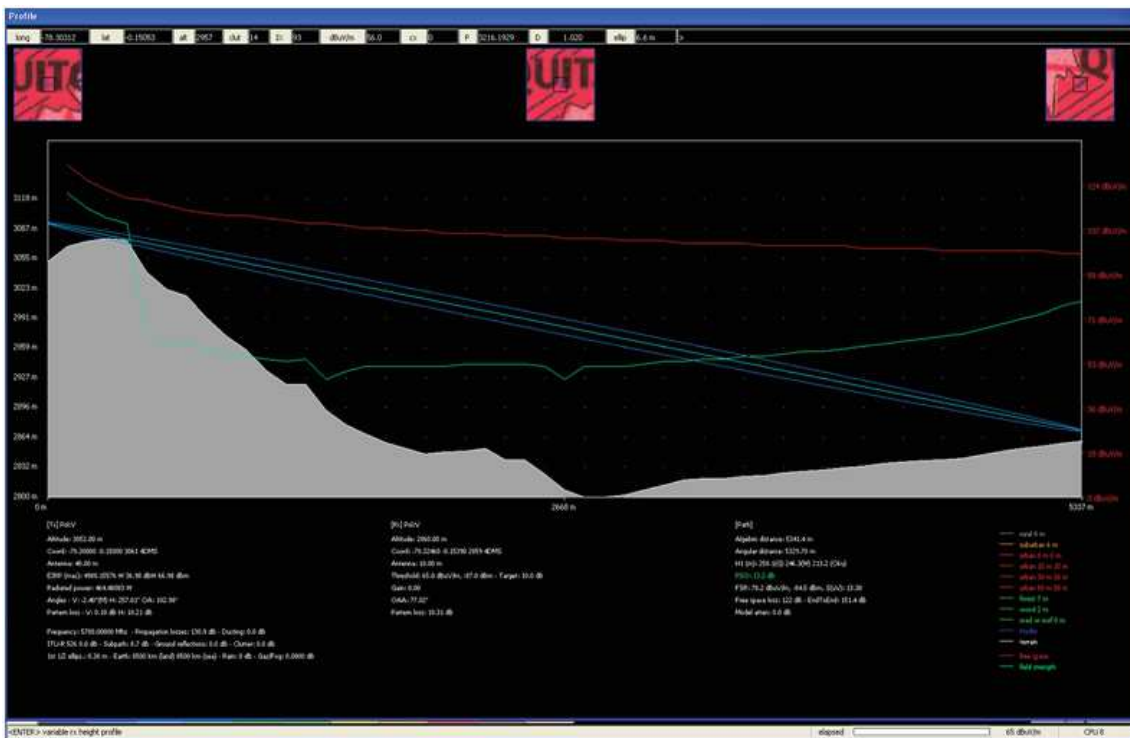


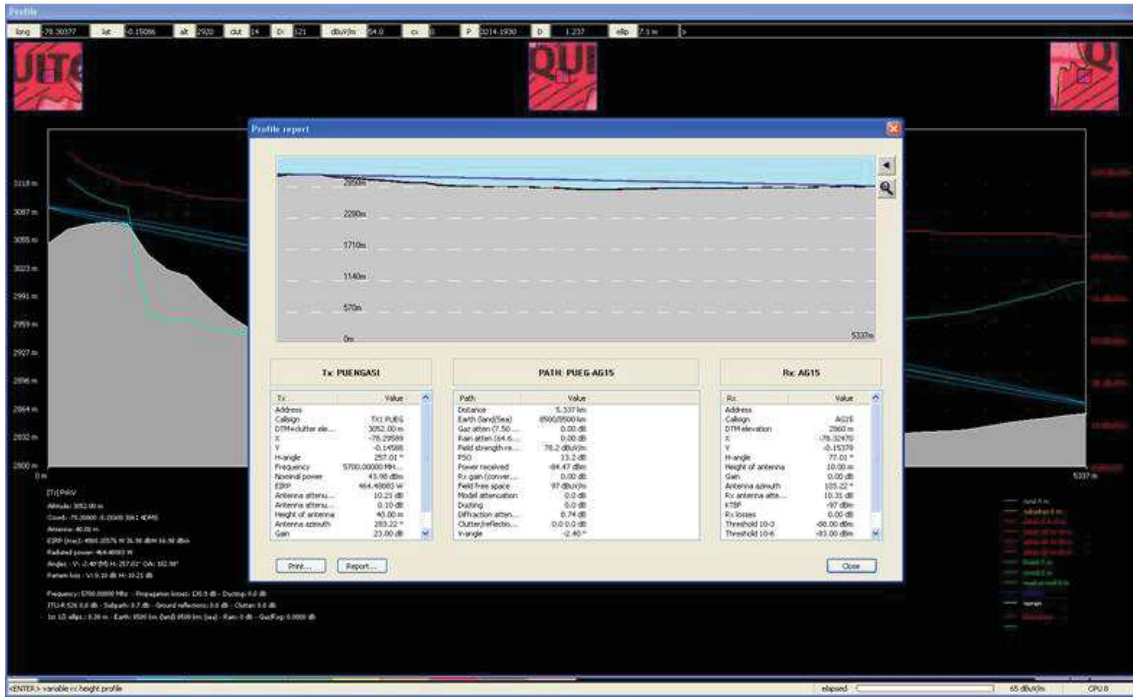
Enlace cerro Puengasí – El Pintado (Ag14)



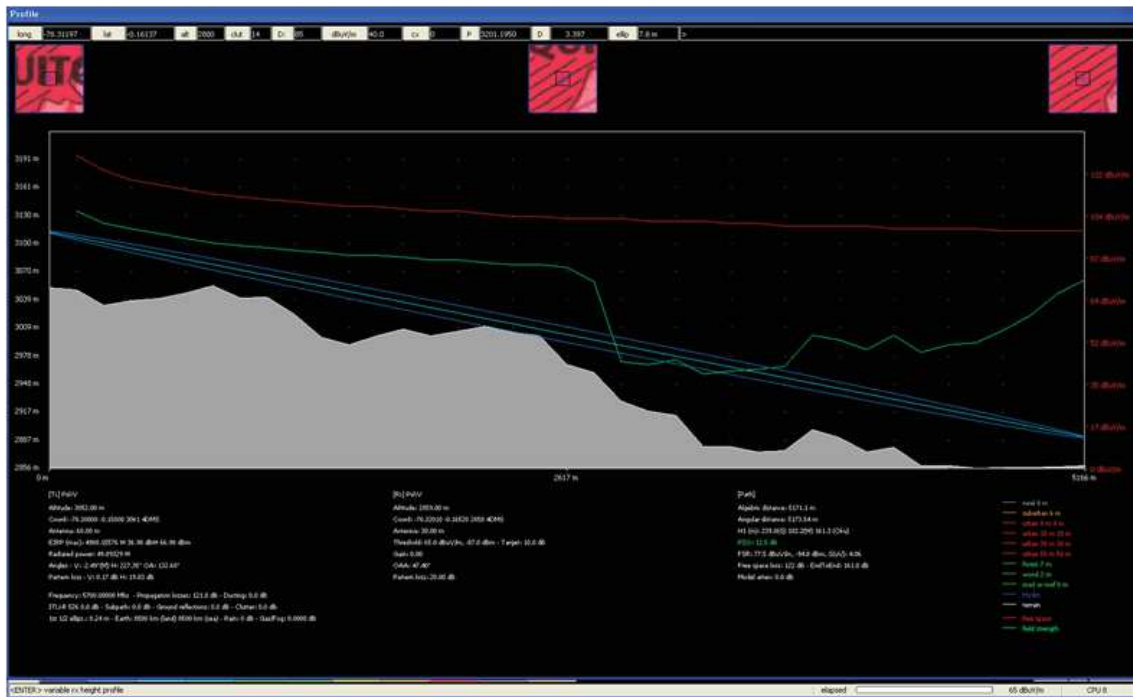


Enlace cerro Puengasí – Gatazo (Ag15)

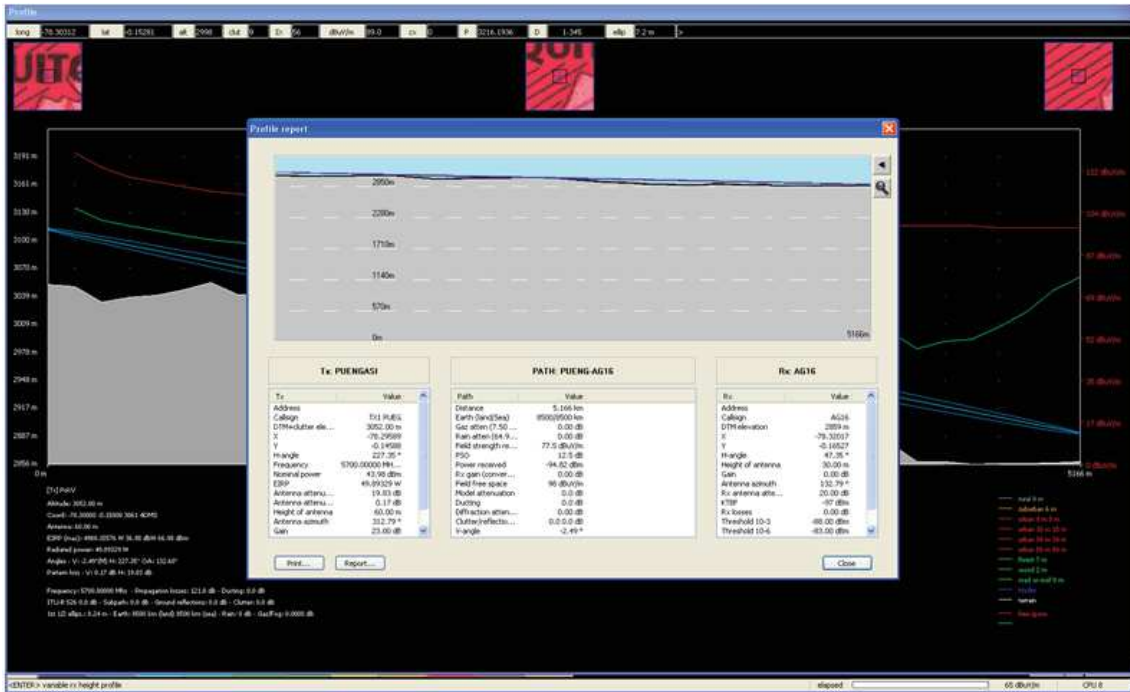




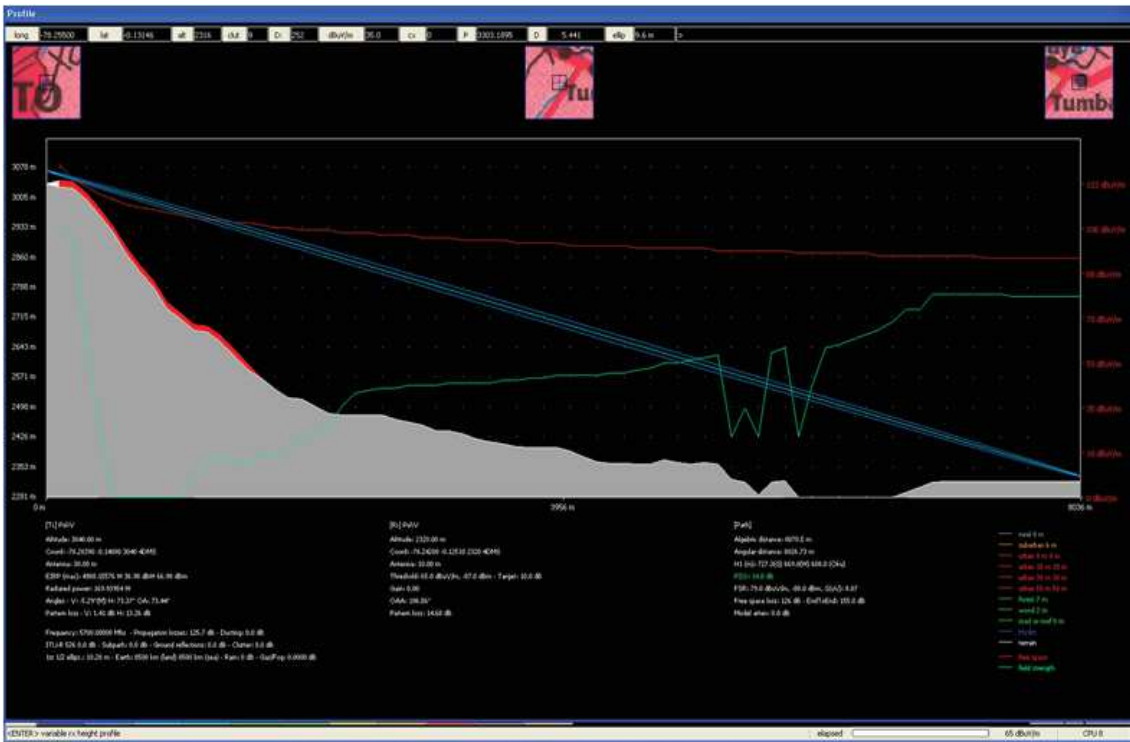
### Enlace cerro Puengasí – Guajalo (Ag16)

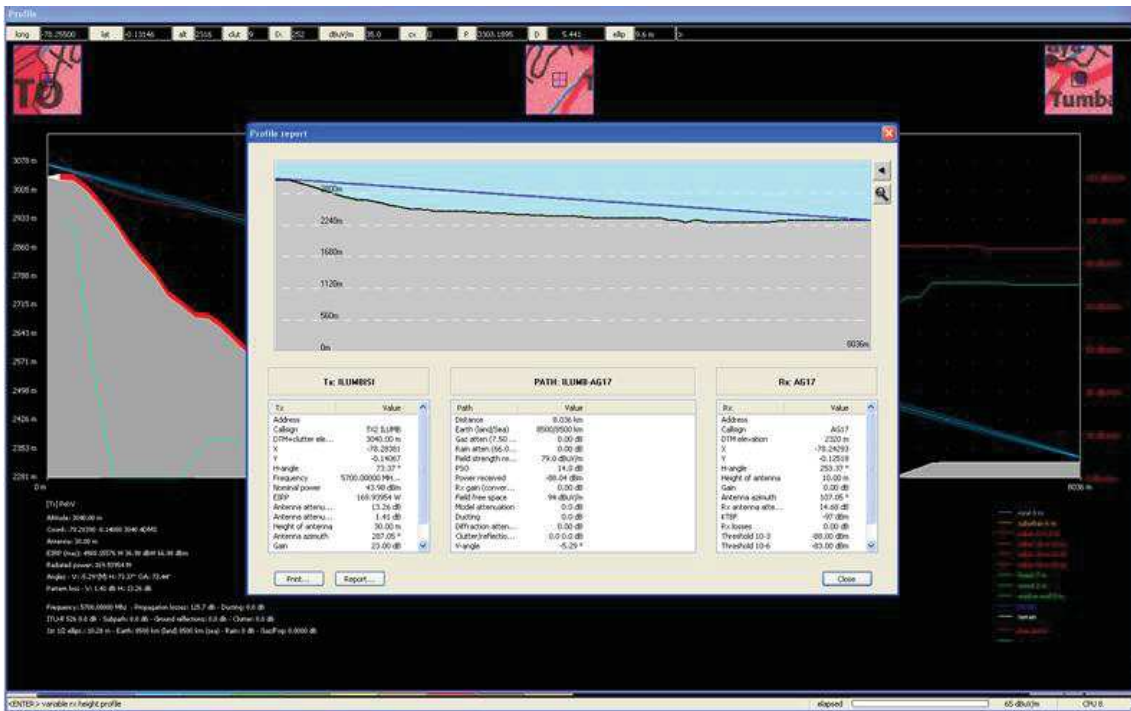






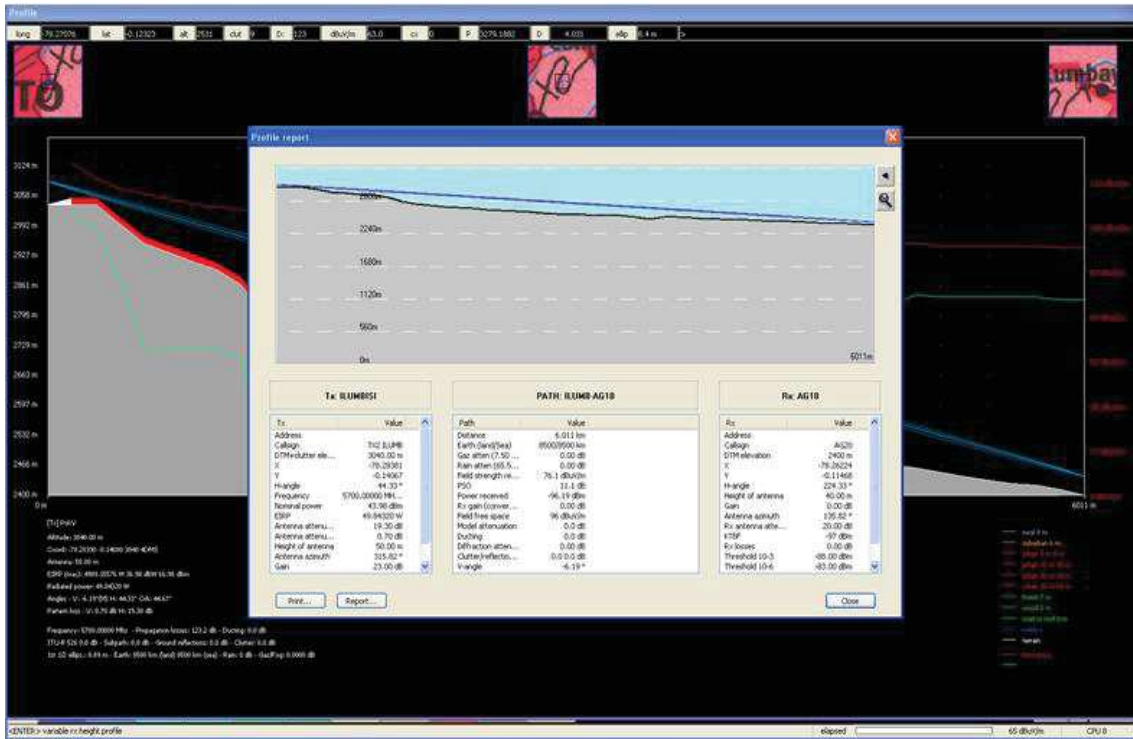
Enlace cerro Ilumbisí – Tumbaco (Ag17)



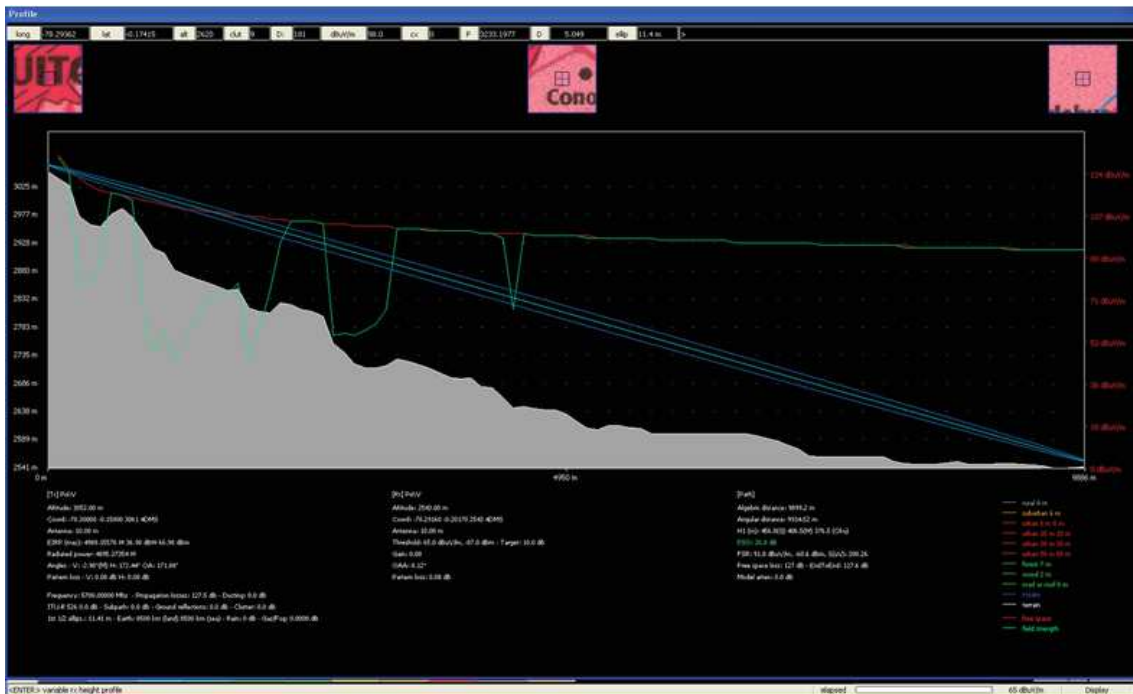


Enlace cerro Ilumbisi – Cumbaya (Ag18)

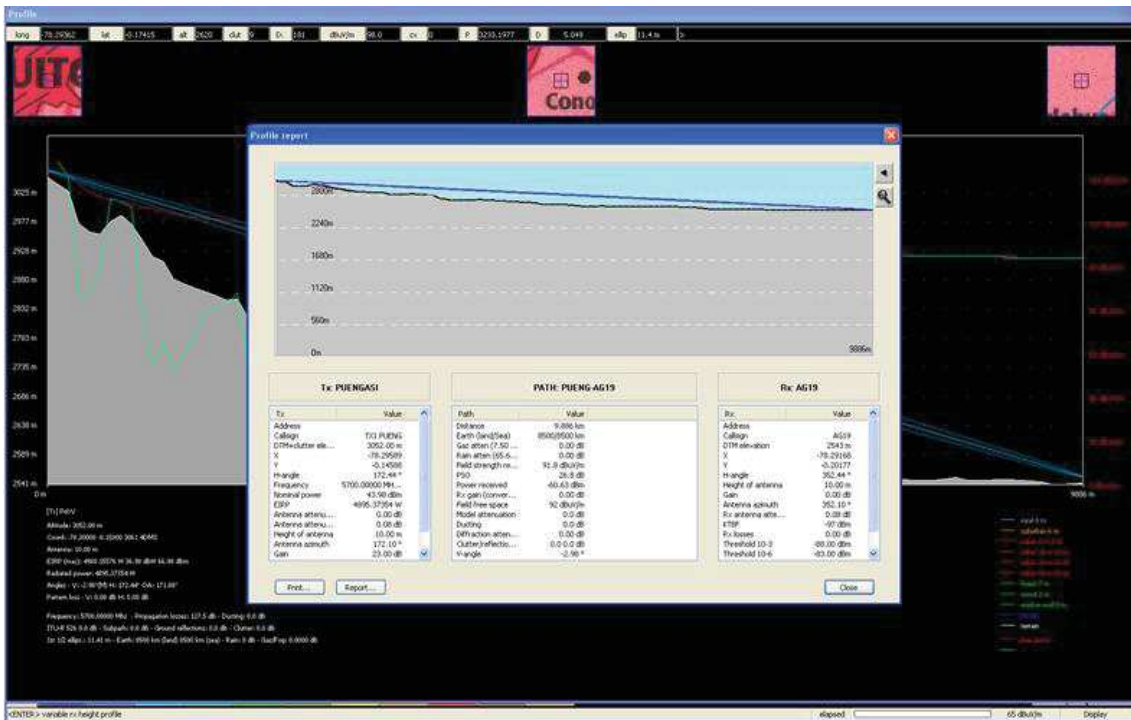




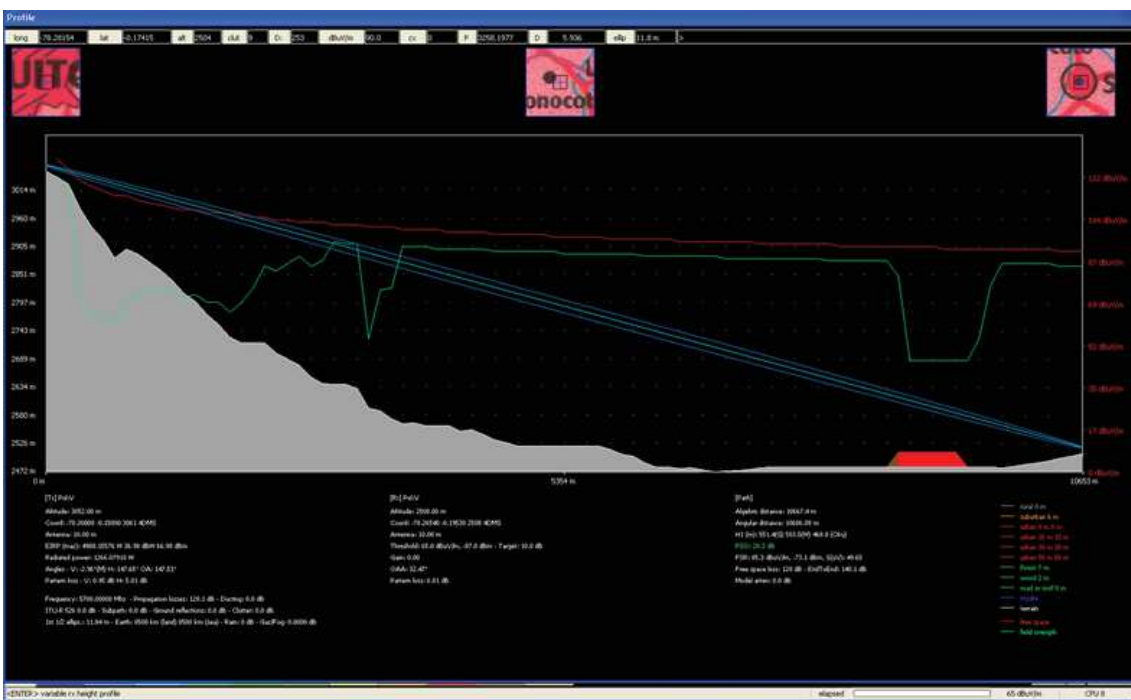
Enlace cerro Puengasí – San Rafael (Ag19)

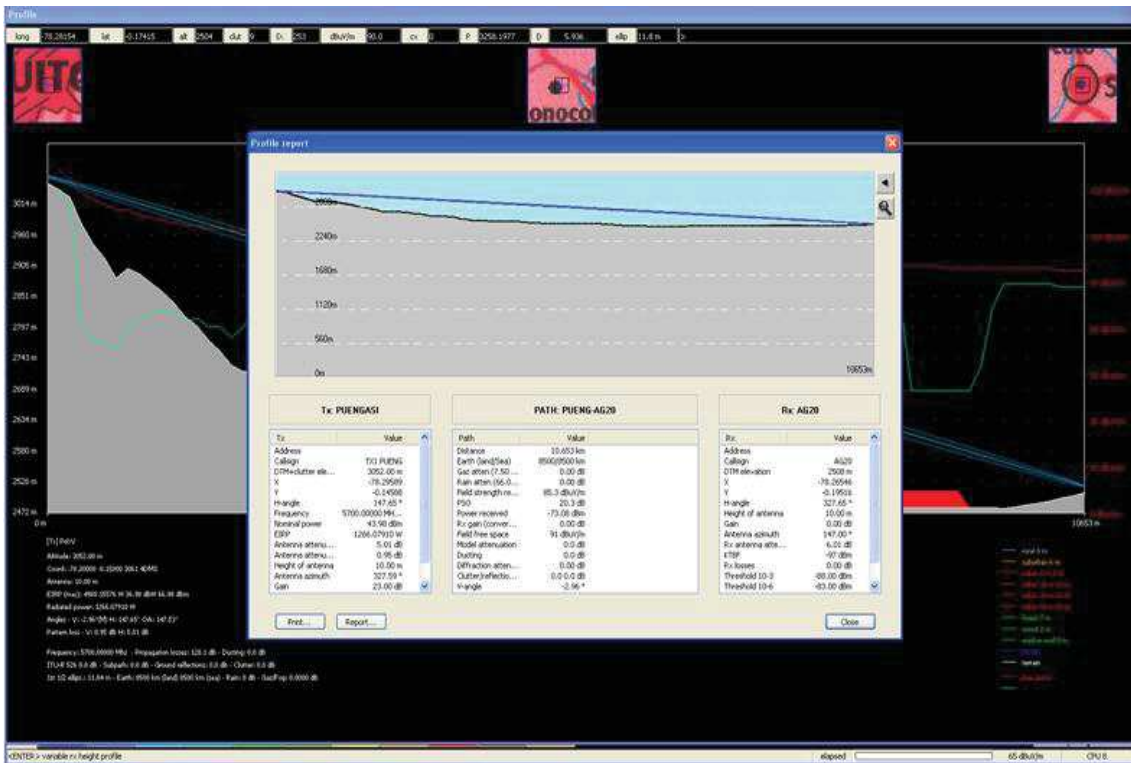






### Enlace cerro Puengasí – Sangolquí (Ag20)





## ANEXO 7

## CARACTERÍSTICAS DEL FABRICANTE AIRMAX "UBIQUITI"

**ROCKET M5: 5GHz Hi Power 2x2 MIMO AirMax TDMA BaseStation**

MIMO TDMA Protocol

**COMPATIBLE ANTENNAS**

- AirMax Sector 5G-17-90
- AirMax Sector 5G-16-120
- AirMax Sector 5G-20-90
- AirMax Sector 5G-19-120
- Rocket Dish 5G-30

SYSTEM INFORMATION							
Processor Specs	Atheros MIPS 24KC, 400MHz						
Memory Information	64MB SDRAM, 8MB Flash						
Networking Interface	1 X 10/100 BASE-TX (Cat. 5, RJ-45) Ethernet Interface						
REGULATORY / COMPLIANCE INFORMATION							
Wireless Approvals	FCC Part 15.247, IC RS210, CE						
RoHS Compliance	YES						
OPERATING FREQUENCY 5745MHz-5825MHz							
5GHz TX POWER SPECIFICATIONS			5GHz RX SPECIFICATIONS				
11a	DataRate	Avg. TX	Tolerance	11a	DataRate	Sensitivity	Tolerance
	1-24Mbps	27 dBm	+/-2dB		24Mbps	-83 dBm	+/-2dB
	36Mbps	25 dBm	+/-2dB		36Mbps	-80 dBm	+/-2dB
	48Mbps	23 dBm	+/-2dB		48Mbps	-77 dBm	+/-2dB
	54Mbps	22 dBm	+/-2dB	54Mbps	-75 dBm	+/-2dB	
5GHz 11n	MCS0	27 dBm	+/-2dB	5GHz 11n	MCS0	-96 dBm	+/-2dB
	MCS1	27 dBm	+/-2dB		MCS1	-95 dBm	+/-2dB
	MCS2	27 dBm	+/-2dB		MCS2	-92 dBm	+/-2dB
	MCS3	27 dBm	+/-2dB		MCS3	-90 dBm	+/-2dB
	MCS4	26 dBm	+/-2dB		MCS4	-86 dBm	+/-2dB
	MCS5	24 dBm	+/-2dB		MCS5	-83 dBm	+/-2dB
	MCS6	22 dBm	+/-2dB		MCS6	-77 dBm	+/-2dB
	MCS7	21 dBm	+/-2dB		MCS7	-74 dBm	+/-2dB
	MCS8	27 dBm	+/-2dB		MCS8	-95 dBm	+/-2dB
	MCS9	27 dBm	+/-2dB		MCS9	-93 dBm	+/-2dB
	MCS10	27 dBm	+/-2dB		MCS10	-90 dBm	+/-2dB
	MCS11	27 dBm	+/-2dB		MCS11	-87 dBm	+/-2dB
	MCS12	26 dBm	+/-2dB		MCS12	-84 dBm	+/-2dB
	MCS13	24 dBm	+/-2dB		MCS13	-79 dBm	+/-2dB
	MCS14	22 dBm	+/-2dB		MCS14	-78 dBm	+/-2dB
MCS15	21 dBm	+/-2dB	MCS15	-75 dBm	+/-2dB		
PHYSICAL / ELECTRICAL / ENVIRONMENTAL							
Enclosure Size	16cm length x 8cm width x 3cm height						
Weight	0.5 kg						
RF Connector	2x RPSMA (Waterproof)						
Enclosure Characteristics	Outdoor UV Stabalized Plastic						
Mounting Kit	Pole Mounting Kit included						
Max Power Consumption	8 Watts						
Power Supply	24V, 1A POE Supply Included						
Power Method	Passive Power over Ethernet (pairs 4,5+; 7,8 return)						
Operating Temperature	-30C to 75C						
Operating Humidity	5 to 95% Condensing						
Shock and Vibration	ETSI300-019-1.4						

## HyperLink Wireless brand 5.8 GHz ISM / UNII Band 27 dBi Reflector Grid Wireless LAN Antenna - Model: HG5827G

### Applications and Features

- Applications:**
- 5.8GHz UNII applications
  - 5.8GHz ISM applications
  - 5.8GHz Wireless LAN systems
  - Long-range Directional Applications
  - Point to Point, Point to Multi-point Systems
  - Wireless Bridges
  - Backhaul Applications
  - Wireless Video Systems
- Features:**
- 27 dBi gain
  - Superior performance
  - Cast aluminum construction
  - UV stable light gray powder coat finish
  - All weather operation
  - Easy to assemble



### Description

#### Superior Performance

The HyperGain® HG5827G High-Performance Reflector Grid Wi-Fi Antenna is ideal for long-range highly directional 5.8GHz ISM and UNII band applications. These antennas are ideal for point to point systems, point to multi-point and wireless bridges. Its compact design makes it nearly invisible in most installations, and it can be installed for either vertical or horizontal polarization.

#### Rugged and Weatherproof

The antennas' construction features a rustproof cast aluminum reflector grid for superior strength and lightweight. The 2-piece reflector grid is simple to assemble and significantly reduces shipping costs. The grid surface is UV powder coated for durability and aesthetics. The open-frame grid design minimizes wind loading. This antenna is supplied with a 60-degree tilt and swivel mast mount kit. This allows installation at various degrees of incline for easy alignment. They can be adjusted up or down from 0° to 60°.



Vertical or Horizontal Polarization



Tilt & Swivel Mast Mount

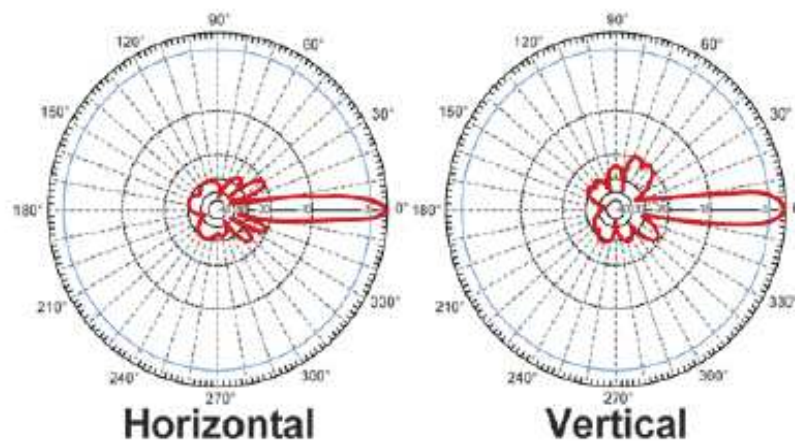
## Specifications

<b>Frequency</b>	5725-5850 MHz
<b>Gain</b>	27 dBi
<b>Polarization</b>	Horizontal or Vertical
<b>Horizontal Beam Width</b>	6°
<b>Vertical Beam Width</b>	9°
<b>Front to Back Ratio</b>	25 dB
<b>Impedance</b>	50 Ohm
<b>Max. Input Power</b>	100 Watts
<b>VSWR</b>	< 1.5:1 avg.
<b>Weight</b>	5.3 lbs. (2.4 kg)
<b>Grid Dimensions</b>	15.7 x 23.6 inches (400 x 600 mm)
<b>Mounting</b>	2 in. (50.8 mm) diameter mast max.
<b>Operating Temperature</b>	-40° C to 85° C (-40° F to 185° F)
<b>Lighting Protection</b>	DC Short
<b>Connector</b>	N-Female
<b>RoHS Compliant</b>	Yes

## Wind Loading Data

Wind Speed (MPH)	Loading
100	20.0 lb.
120	31.0 lb.

## RF Antenna Patterns




## Guaranteed Quality

This product is backed by L-com's Limited Warranty



## ANEXO 8

### CARACTERÍSTICAS DEL FABRICANTE AIRSPAN



**The Ultimate Mobile WiMAX Base Station**

**Main Features**

- HiperMAX supports:
  - Option of split indoor / outdoor or all outdoor configurations
  - Fully redundant architecture
  - Up to 6 channels per ATCA shelf with full redundancy or Up to 12 channels without redundancy
  - Optical, zero-loss connectivity between indoor and outdoor units
- Multi-frequency platform supporting 700MHz, 2.3GHz, 3.3GHz, 3.5GHz, 3.65GHz, 4.9GHz
- Up to 39dBm transmit power
- Supports FDD and TDD profiles
- Advanced antenna options, including diversity, MIMO and CSM
- Up to 5bps/Hz per radio (2x2 MIMO)
- HiperMAX uses PicoChip<sup>®</sup> based Software Defined Radio (SDR) array, rated at 4x600 billion instructions/s
- Hybrid MIMO enhancements allow multiple simultaneous transmissions to End User Devices
- Supports Fractional Frequency Reuse utilizing PUSC modes in OFDMA

### HiperMAX Base Station

- Simultaneous support for both Mobile and Fixed WiMAX profiles
- Flexible packaging - indoor/outdoor or all outdoor
- Advanced RF features for maximized coverage and throughput
- Fully redundant architecture

HiperMAX is the ultimate Mobile WiMAX base station designed for high-density deployment situations. HiperMAX has been architected to provide a highly scalable, fully redundant base station product that will continue to deliver the optimum performance for years to come.

HiperMAX is fully compatible with the Mobile WiMAX Network Reference Model (NRM) as part of the Access Service Network (ASN). HiperMAX supports the reference point (R6) between the base station and the ASN Gateway as well as the reference point (R8) between base stations. HiperMAX interworks with Airspan's ASN Gateway called ControlMAX and with other third party ASN gateways.

HiperMAX represents the state of the art, next generation base station design and includes:


- Fully upgradeable, software defined, PHY and MAC layers enabling simultaneous support for both Mobile WiMAX (SC-FDMA) and Fixed WiMAX (OFDM)

- Fully digital, OBSAI based, fiber optic interfaces between indoor baseband and outdoor radio equipment, which can operate at up to 3km.
- Transmit and receive diversity
- 2x2 MIMO configurations
- Support for FDD and TDD profiles.

HiperMAX is designed to deliver the best link budget with the highest capacity and net throughput; all essential qualities for macro-cell deployments used in typical wireless roll out.

HiperMAX implements usefully configurable software define radio base band system which interfaces with remote radio heads via fiber optic connections.

HiperMAX base stations interface with a standard Connectivity Service Network (CSN) to deliver voice and other multimedia services to support VoIP applications, using a standard media gateway to the PSTN.



HiperMAX mast head units deployed in Vodafone Malta

## HiperMAX Operation

The flexibility of the HiperMAX architecture allows many deployment configurations including those suited to both macro and micro cellular installations. It supports all outdoor as well as split indoor / outdoor configurations allowing the operator to select the deployment modal best suited to operational expense considerations and site access constraints.

A HiperMAX Base station configured for traditional multi-sector macro-cell deployments consists of a baseband section, suitable for location within a protected environment, and an outdoor RF section. The indoor boards, referred to as blades within the ATCA standard, are housed in a 5 or 14 slot NEBS compliant ATCA chassis. The outdoor enclosure contains the RF subsystem components, which enables smart antenna functionality running on a Software Defined Radio (SDR). The connection between the baseband and RF sections is made through a fiber optic cable.

The antenna system of choice is connected to the outdoor RF unit and in turn to each baseband blade. HiperMAX can support up to 12 baseband blades per 14-slot shelf, with a single fiber optic cable to each RF unit. Baseband blades can be configured to support 6 active channels with full redundancy or 12 active channels without redundancy.

The ATCA shelf also houses the shelf controller and power supplies. In addition to the ATCA shelf, the HiperMAX rack houses the Ethernet switch and the GPS synchronization unit. The Ethernet switch aggregates the individual traffic streams onto a Gigabit Ethernet stream for backhaul purposes. For TDD and smart FDD reuse operation the multiple sectors are locked to a GPS timing source. The ATCA shelf manager provides a platform management layer that holds an inventory of field replaceable units in the system and monitors their status.

Fiber optic modules operating at speeds of up to 3.1Gbit/s and are connected to fiber optic cables capable of carrying up to 10Gb/s for future expansion, if required.

The all outdoor version of HiperMAX is known as HiperMAX-micro. This consists of split baseband and RF sections connected via a fiber interface, but with all components including the power supply and GPS functions housed within a single SDR-micro enclosure. This form factor is particularly well suited to low density micro-cell sites where access to a temperature controlled room is not possible or preferred, e.g. a building rooftop.



HiperMAX-micro

HiperMAX fully supports the extensive QoS characteristics of the IEEE 802.16e-2005 radio interface. In addition, it incorporates specific additional radio resource management features that allow applications such as VoIP to be robustly delivered by implementing Admission Control on a per call basis.

HiperMAX is managed by Netspan, the SNMP based central management platform.

## Network Architecture



	HiperMAX
Mobile WiMAX	Yes
Fixed WiMAX	Yes
Standards Compliance	IEEE802.16e-2005 IEEE802.16-2004
Form Factor	Split Indoor/Outdoor and all-Outdoor
Frequency Bands	700 MHz, 2.3, 2.5, 3.3, 3.5, 3.7, 4.9 GHz
Channel Size	10, 7, 5, 3.5, 1.75 MHz
FFT	1024, 512, 256
Duplex Method	TDD, FDD, H-FDD
Tx Power (Frequency band dependant)	Up to 24x +36 dBm
GPS Synchronization	24 hr holdover, Distributed
STC	Yes
MRC	Yes
MIMO	2x2
MIMO Matrix Type	Matrix A, Matrix B
CSM	Yes
Uplink Sub-Channelization	Yes
PUSC	Yes
Fractional Frequency Reuse	Yes
Ethernet CS	Yes
IP CS	Yes
Network Interface	1000bT Ethernet / R6
End to End VLAN (802.1Q)	Yes
Network VLAN Traffic Segregation	Yes
ASN Profile	Profile C
Supported Usage Scenarios	Mobile, Portable, Nomadic, Fixed
Handover Supported	Yes
Authentication	PKM, PKMv2, EAP-TLS, EAP-AKA, EAP-SIM
Environmental (outdoor elements)	ETS 300 019-1-4 Class 4.1E
Environmental (Indoor elements)	ETS 300 019-1-3 Class 3.2



## Outdoor CPE MiMAX Pro and ProST



### Rapid and Simple External Deployment

#### Main Features

- Suitable for full outdoor Non-LOS deployment
- Available in a wide range of frequencies
- Environmentally hardened design
- Designed for outdoor deployment
- Compact, light and easy to install

## Outdoor Installable CPEs

Outdoor subscriber terminals (or CPEs) available for Fixed or Mobile platforms. They are designed for rapid and simple external deployment, to be fitted by trained personnel in less than one hour. The operator would deploy the units when a specific service level needs to be guaranteed to the end customer. These units ensure high

service availability at enhanced ranges, operating in both LOS and NLOS propagation environments.

Both the MiMAX Pro and ProST can be managed by Aispant's Web-based management system or Netspan element manager.

### MiMAX Pro

- Outdoor CPE for IEEE 802.16e mobile WiMAX
- Available in 2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.3-3.8 GHz bands
- Ensures high service availability over long distances
- Outdoor and indoor units connected via Power over Ethernet (PoE)

MiMAX Pro is a Mobile WiMAX customer premises equipment for outdoor deployment. The MiMAX Pro is designed for enhanced Internet connectivity.

The unit has class-leading capabilities

and Interoperability while incorporating advanced antenna technology with directional dual polarization integrated antenna (MIMO). The unit has a built-in antenna with 27 dBm Tx power.

### ProST and ProST-WiFi

- Outdoor fixed WiMAX (16d) CPE
- Integrated directional antenna or any external antenna
- Optional integrated Wi-Fi Access Point functions
- Available in wide range of frequencies from 700 MHz to 5.95 GHz
- Outdoor and indoor units connected using CAT5e cable
- Built-in antenna gain of 17dBi in most of the frequency bands
- Industrial strength Wi-Fi AP

ProST product family has two models:

- ProST - delivers WiMAX access
- ProST-WiFi - delivers WiMAX access with integrated Wi-Fi

ProST supports a two piece design comprising of the outdoor unit (ODU) which contains the radio, the antenna and the baseband processor in an environmentally robust enclosure, and a family of indoor adapters called Subscriber Data Adapter (SDA) designed to support the delivery of a range of end-user services, including:

- 1 to 4 Port Switch
- 4 port with VLAN Port Switching
- Integral 802.11b/g WiFi Access Point (SDA-WiFi)
- Integral VoIP IAD (SDA-MSG)

Users benefit from VoIP and indoor Wi-Fi with the SDA-MSG and SDA-WiFi units.



SDA-MSG

SDA-WiFi

SDA-MSG comprises of the EasyVoice unit plus a Power Supply Adaptor (PSA). The SDA-WiFi consists of the EasyWiFi unit plus PSA.

ProST-WiFi, in addition to the WiMAX access also supports an outdoor integrated IEEE 802.11b/g Access Point inside of the same ProST ODU enclosure. This solution enables ProST-WiFi to provide outdoor Wi-Fi coverage with WiMAX backhaul thus ensuring the rapid rollout of Wi-Fi Hotzones. ProST-WiFi operates over the full ProST temperature range and includes industrial strength IEEE 802.11b/g technology that supports 16 SSIDs per CPE, antenna gain of 2dBi, Tx power of 16dBm, transparent layer 2 bridge and VLAN support.

## Vehicle Mounted Mobile Radio Transmitter - MRT



### MRT- Mobile Radio Transmitter Device

#### Main Features

- Vehicle mounted CPE
- WIMAX and Wi-Fi hybrid
- Rugged IP-66 rating
- Powered directly from vehicle or outside source
- BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM
- Operates on a wide variety of licensed and license-free frequency bands:
  - 700 MHz, 1.5, 1.9, 2.3, 2.5-2.9, 3.3-3.8, 4.9, 5.6, 5.8 and 5.9 GHz
- Wi-Fi Operation
  - Access Point or Bridge
  - Embedded DHCP Server for LAN
- Small and easy to install

## MRT – A revolutionary ruggedized hybrid device for vehicular mounting and operation

- Wide variety of frequencies from 700 MHz up to 5.9 GHz
- Powered from outside source or directly from vehicle
- Ideal for Public Safety, Transportation and Oil & Gas
- Highly ruggedized, meeting extreme environmental standards
- Optional Wi-Fi AP capabilities
- Local or remote management and software upgrades
- Supports Self Provisioning

Airspan has adapted their seasoned and mature technology to fit applications requiring vehicle connectivity within their network. A customized CPE was created which harnesses the best of existing units in order to offer a ruggedized, Wi-Fi enabled, vehicle mounted CPE. This unique unit, called MRT (mobile radio transmitter), allows for real-time information exchange, surveillance and vehicle tracking.

The vehicle mounted CPE communicates with stationary base stations deployed in areas such as bus depots, police lots or along roads and highways, and in the case of emergency situations, the unit can transmit to a nomadic base station.

The MRT is a ruggedized hybrid device integrating WIMAX CPE and Wi-Fi AP functionalities in a single package allowing WIMAX connectivity while

simultaneously creating a Wi-Fi hot spot enabling passengers or vertical market employees to access Wi-Fi Internet or network connectivity from a variety of devices. The unit is ideal for nomadic and vehicular operation. When mounted in a vehicle, the unit can either be powered directly from the vehicle or from an outside source.

The MRT is ideal for any market needing communication to and from vehicles. These include, Oil and Gas, Public Safety, Transportation, Surveillance, etc., By opening up new service opportunities and by creating the environment for vehicular broadband services everywhere, Airspan is enabling entities worldwide to change their business models, increasing efficiency and cost effectiveness.



## Technical Datasheet - End User Devices

	EasyT and ProT	MWAX Easy and MWAX Pro
Mobile WiMAX	No	Yes
Fixed WiMAX	Yes	No
Standards Compliance	IEEE802.16-2004	IEEE802.16e-2005
Form Factor	EasyT - Indoor Self-Install ProT - Outdoor	MWAX Easy - Indoor Self-Install MWAX Pro - Outdoor
Frequency Bands	700 MHz, 1.4 GHz, 1.5 GHz, 1.9 GHz, 2.3, 2.5, 2.7 GHz, 3.3-3.8 GHz TDD/FDD variants, 4.9 GHz-5.95 GHz variants	2.3 GHz, 2.5 GHz, 3.3-3.8 GHz
Channel Size	10MHz, 5MHz, 3.5MHz, 3MHz, 2.75 MHz, 2.5 MHz, 1.75MHz, 1.5 MHz	10MHz, 7MHz, 5MHz, 3.5MHz
FFT	256	1024, 512
Duplex Method	TDD, FDD	TDD
Tx Power (Frequency band dependant)	Up to +24dBm in most bands	Up to 27dBm
Rx Sensitivity	-103dBm	-101dBm
STC	Yes	Yes
MIMO	N/A	Yes
MIMO Matrix Type	N/A	Matrix A, Matrix B
CSM	N/A	Yes
Uplink Sub-Channelization	N/A	Yes
PUSC	N/A	Yes
Fractional Frequency Reuse	N/A	Yes
Ethernet CS	Yes	Yes
IP CS	N/A	Yes
IP version support	IPv4	IPv6, IPv4
User Interface	10/100-T Ethernet, WiFi, PoE from an integrated RGW	10/100-T Ethernet
End to End VLAN (802.1q)	Yes	Yes
Supported Usage Scenarios	Nomadic, Fixed	Mobile, Portable, Nomadic, Fixed
Handover Supported	N/A	Yes
Encryption	DES, AES	AES
Authentication	POA2	EAP-TLS, EAP-TTL

	MRT
Standards Compliance	IEEE802.16d-2004
Form Factor	Ruggedized Vehicle Mounted
Frequency Bands	700 MHz, 1.5, 1.9, 2.3, 2.5-2.9, 3.3-3.8, 4.9, 5.6, 5.8 and 5.9 GHz
Duplex Method	FDD
Tx Power (Frequency band dependant)	Up to 26dBm
<b>Wi-Fi Interface</b>	
Wi-Fi Modes	Access Point or Bridge
WAN LAN Provisioning	DHCP or Static IP
DHCP Server	Embedded DHCP Server for LAN
Standards	IEEE 802.11b/g
FCC	FCC Part 15, Class A
EN	300 325 2.4 GHz
TELEC	STD-33/STD-66
Security	WEP, WPA TKIP, WPA2 AES
SSID Limit	16
Max TX Power	16dBm
<b>Wired Interface</b>	
Device Type	Transparent Layer 2 Switched Bridge
Standards	IEEE 802.3/Ethernet & 802.1Q VLAN using Ipv4
Device Type	4-Port Switch
Connector Type	RJ-45, Auto Switching
Data Rate	10/100 MB, Auto Sensing
<b>Environmental EMC Safety</b>	
Operating Temperature	-40° to 55°C / -40° to 131°F
Storage Temperature	-40° to 80°C / -40° to 131°F
Humidity	0 to 95% @ 40°C / 104°F, non-condensing
IP Rating	IP66
Shock	30G (Per SAE-J1455, MIL-STD-202G, 213-1, Condition II)
Vibration (random)	02PSD (Per SAE-J1455, MIL-STD-202G, Table 214-L, Condition A)
Shock	ETS EN 301 489-4, FCC Class A
Vibration (random)	IEC60950-1, EN60950-1, TUV



## ANEXO 9

### CARACTERÍSTICAS DEL FABRICANTE RADWIN

#### ESTACION BASE RADWIN HBS 5200

#### HBS 5200 Series - Product Specifications

<b>CONFIGURATION</b>		
Architecture	Outdoor Unit Connectorized for External Antenna	
IDU/PoE to ODU Interface	Outdoor CAT-5e; Maximum cable length: 100 m	
<b>RADIO</b>		
Capacity	100 Mbps net aggregate (@20MHz), 200 <sup>1</sup> Mbps net aggregate (@40MHz)	
Subscriber Units (SUs) support	Up to 16 Sus	
Range	Up to 40 km / 25 miles	
Channel Bandwidth	Configurable: 10 <sup>1</sup> , 20 , 40 <sup>1</sup> MHz	
Modulation	2x2 MIMO-OFDM (BPSK/QPSK/16QAM/64QAM)	
Adaptive Modulation & Coding	Supported	
Bandwidth allocation	Configurable: Symmetric or Asymmetric <sup>1</sup>	
DFS	Supported	

End to End Latency	Typical: Min < 3msec, Typical: 4msec @ 4 SUs. 10msec @ 16 Sus	
Diversity	Supported <sup>1</sup>	
Spectrum Viewer	Supported <sup>1</sup>	
Max Tx Power	25 dBm <sup>2</sup>	
Duplex Technology	TDD	
Error Correction	FEC k = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6	
Encryption	AES 128	
Ethernet Interface	10/100BaseT, 1000BaseT (supported via indoor PoE device)	
Layer 2	Bridging learning of 5K MAC addresses	
QoS	Supported <sup>1</sup> Packet classification to 4 queues according to 802.1p and Diffserv	
VLAN	Supported <sup>1</sup> 802.1Q, 802.1P, QinQ	
TDD Intra Site Synchronization	Supported	
TDD Inter Site Synchronization	Supported through common GPS receiver per site	
<b>FCC, MII - SUPPORTED BANDS RW-5200</b>		
BAND	OCCUPIED FREQ. RANGE	RADIO COMPLIANCE
5.8 GHz FCC/IC	5.725 - 5.850 GHz	FCC 47CFR, Part 15, Subpart C and IC RSS- 210
5.8 GHz MII	5.730 - 5.845 GHz	MII for 5.8 GHz

5.4 GHz FCC	5.480 - 5.715 GHz	FCC 47CFR, Part 15, Subpart E
5.4 GHz IC	5.480 - 5.715 GHz	IC RSS-210
5.3 GHz FCC/IC	5.260 - 5.340 GHz	FCC 47CFR, Part 15, Subpart E and IC RSS-210
4.9 GHz FCC/IC	4.940 - 4.990 GHz	FCC 47CFR, Part 90, Subpart Y and IC RSS-111
3.65 GHz FCC <sup>3</sup>	3.650 - 3.675 GHz	FCC 47CFR, Part 90 – Restricted Mode
3.5 GHz IC <sup>3</sup>	3.450 - 3.650 GHz	IC RSS 192, issue-3
<b>WPC- SUPPORTED BANDS RW-5200</b>		
5.8 GHz WPC India	5.825- 5.875 GHz	WPC GSR-38
<b>UNIVERSAL- SUPPORTED BANDS RW-5200</b>		
4.8 - 6.0 GHz	4.800 - 6.060 GHz	Universal
3.3 - 3.8 GHz <sup>3</sup>	3.300 - 3.800 GHz	Universal
<b>ETSI - SUPPORTED BANDS RW-5200</b>		
5.8 GHz ETSI	5.735 - 5.865 GHz	ETSI EN 302 502
5.4 GHz ETSI	5.480 - 5.715 GHz	ETSI EN 301 893
5.3 GHz ETSI	5.160 - 5.340 GHz	ETSI EN 301 893
3.4-3.7 GHz ETSI <sup>3</sup>	3.403 - 3.710 GHz	EN 302 326-2 V1.2.2
<b>MECHANICAL</b>		
ODU Dimensions	19.5(w) x 27.0(h) x 8.0(d) cm	
ODU Weight	1.8 kg / 3.6 lbs	
<b>POWER</b>		
Power Feeding	Power provided over ODU-IDU cable using PoE	
Power Consumption	<25W	

<b>ENVIRONMENTAL</b>		
Operating Temperatures	-35°C to 60°C / -31°F to 140°F	
Humidity	100% condensing, IP67 (totally protected against dust and against immersion up to 1m)	
<b>SAFETY</b>		
FCC/IC (cTUVus)	UL 60950-1, UL 60950-22, CAN/CSA C22.2 60950-1, CAN/CSA C22.2 60950-22	
ETSI	EN/IEC 60950-1, EN/IEC 60950-22	
<b>EMC</b>		
FCC	47 CFR Class B, Part15, Subpart B	
ETSI	EN 300 386, EN 301 489-1, EN 301 489-4	
CAN/CSA-CEI/IEC	CISPR 22-04 Class B	
AS/NZS	CISPR 22-2004 Class B	

Note 1 –Feature will be provided by Q3/2011 through software upgrade

Note 2 –Subject to regulation in each country

Note 3 –Dedicated product, due on Q3/2011



## ANTENA RADWIN HSU 520 SU, 20Mbps

### HSU-5520 Product Specifications

<b>CONFIGURATION</b>			
High gain Integrated antenna - 23dbi	Supported		
Connectorized ODU	N/A		
Connectorized ODU with Small Form Factor antenna (15dbi)	Supported		
IDU/PoE to ODU Interface	Outdoor CAT-5e cable; Maximum cable length: 100 m		
<b>RADIO</b>			
Capacity net aggregate throughput	20 Mbps		
Range	Up to 40 km / 25 miles		
Channel Bandwidth	Configurable: 10 <sup>1</sup> , 20 , 40 <sup>1</sup> MHz		
Modulation Adaptive Modulation & Coding	2x2 MIMO-OFDM (BPSK/QPSK/16QAM/64QAM) Supported		
DFS	Supported		
Diversity	Supported <sup>1</sup>		
Spectrum	Supported <sup>1</sup>		

Viewer			
Max Tx Power	25 dBm <sup>2</sup>		
Duplex Technology	TDD		
Error Correction	FEC k = 1/2, 2/3, 3/4, 5/6		
Encryption	AES 128		
Supported Indoor Units	RADWIN PoE device (RW-9921-001X)		
Ethernet Interface	10/100 BaseT		
Layer 2	Bridging Mode		
QoS	Supported <sup>1</sup> , Packet classification to 4 queues according to 802.1p and Diffserv		
VLAN	Supported <sup>1</sup> 8021.Q, 8021.P, QinQ		
<b>FCC, MII - SUPPORTED BANDS RW-55xx</b>			
BAND	OCCUPIED FREQ. RANGE	RADIO COMPLIANCE	
5.8 GHz FCC/IC	5.725 - 5.850 GHz	FCC 47CFR, Part 15, Subpart C and IC RSS-210	
5.8 GHz MII	5.730 - 5.845 GHz	MII for 5.8 GHz	
5.4 GHz FCC	5.480 - 5.715 GHz	FCC 47CFR, Part 15, Subpart E	
5.4 GHz IC	5.480 - 5.715 GHz	IC RSS-210	
5.3 GHz FCC/IC	5.260 - 5.340 GHz	FCC 47CFR, Part 15, Subpart E and IC RSS-210	
4.9 GHz FCC/IC	4.940 - 4.990 GHz	FCC 47CFR, Part 90, Subpart Y and IC	

		RSS-111	
3.65 GHz FCC <sup>3</sup>	3.650 - 3.675 GHz	FCC 47CFR, Part 90 - Restricted Mode	
3.5 GHz IC <sup>3</sup>	3.450 - 3.650 GHz	IC RSS 192, issue-3	
<b>ETSI - SUPPORTED BANDS RW-5200</b>			
5.8 GHz ETSI	5.735 - 5.865 GHz	ETSI EN 302 502	
5.4 GHz ETSI	5.480 - 5.715 GHz	ETSI EN 301 893	
5.3 GHz ETSI	5.160 - 5.340 GHz	ETSI EN 301 893	
3.4-3.7 GHz ETSI <sup>3</sup>	3.403 - 3.710 GHz	EN 302 326-2 V1.2.2	
<b>WPC- SUPPORTED BANDS RW-5200</b>			
5.8 GHz WPC India	5.825- 5.875 GHz	WPC GSR-38	
<b>UNIVERSAL- SUPPORTED BANDS RW-5200</b>			
4.8 - 6.0 GHz	4.800 - 6.060 GHz	Universal	
3.3 - 3.8 GHz <sup>3</sup>	3.300 - 3.800 GHz	Universal	
<b>MECHANICAL</b>			
ODU Dimensions	19.5(w) x 27.0(h) x 8.0(d) cm @ External /Small Form Factor antenna 37.1(w) x 37.1(h) x 11.0(d) cm		

	@Integrated antenna		
ODU Weight	1.8 kg / 3.6 lbs @External /Small Form Factor antenna, 3.5 kg / 7 lbs @integrated antenna		
<b>POWER</b>			
Power Feeding	Power provided over ODU-IDU cable using PoE		
Power Consumption	<20W		
<b>ENVIRONMENTAL</b>			
Operating Temperatures	-35°C to 60°C / -31°F to 140°F		
Humidity	100% condensing, IP67 (totally protected against dust and against immersion up to 1m)		
<b>SAFETY</b>			

FCC/IC (cTUVus)	UL 60950-1, UL 60950-22, CAN/CSA C22.2 60950-1, CAN/CSA C22.2 60950-22		
ETSI	EN/IEC 60950- 1, EN/IEC 60950-22		
<b>EMC</b>			
FCC	47 CFR Class B, Part15, Subpart B		
ETSI	EN 300 386, EN 301 489-1, EN 301 489-4		
CAN/CSA- CEI/IEC	CISPR 22-04 Class B		
AS/NZS	CISPR 22-2004 Class B		
Note 1 –Feature will be provided by Q3/2011 through software upgrade			
Note 2 –Subject to regulation in each country			
Note 3 –Dedicated product, due on Q3/2011			