



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“DISEÑO DE UN SISTEMA VOIP DIMENSIONANDO LOS  
RADIO-ENLACES Y LA VSAT DEL PROYECTO DE  
CONECTIVIDAD DE ESCUELAS DEL MINTEL A TRAVÉS DE LA  
RED DE TELCONET S.A EN LA PROVINCIA DEL GUAYAS”

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

**MAGISTER EN TELECOMUNICACIONES**

Presentado por:

**LUIS MIGUEL NAVARRO VÉLIZ**

Guayaquil – Ecuador

2016

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios que me ha dado salud para poder seguir estudiando y disfrutar de mi familia que me apoya en cada decisión y proyecto de mi vida.

Agradecer a mis padres que han sido los principales promotores de mis sueños, creer en mí y en mis proyectos, gracias a mi Madre por estar dispuesta en acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, a mi Padre por ser el ejemplo de perseverancia, dedicación y por demostrarme que todo lo que uno se proyecta lo puede cumplir.

**Luis Miguel Navarro Veliz.**

## DEDICATORIA

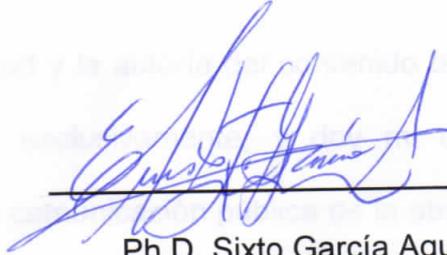
Dedico esta presente tesis a mis Padres por ser mi apoyo y ejemplo a seguir, de superación y perseverancia.

A mis profesores de Maestría por ser parte de las enseñanzas y poder concluir mi proyecto de tesis.

A Telconet S.A por darme la oportunidad de crecer profesionalmente y aprender día a día todo lo relacionado con las Telecomunicaciones.

**Luis Miguel Navarro Veliz.**

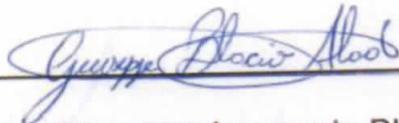
## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ph.D. Sixto García Aguilar

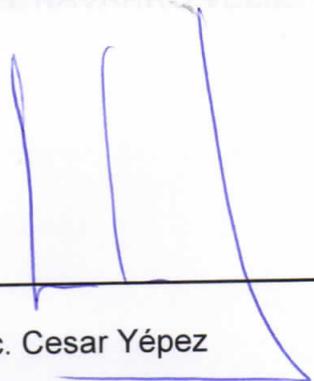
SUBDECANO DE LA FIEC

SUBROGANTE



M.Sc. Giuseppe Leonardo Blacio Abad

DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN



M.Sc. Cesar Yépez

MIEMBRO PRINCIPAL DEL TRIBUNAL

## DECLARACIÓN EXPRESA

### RESUMEN

"La responsabilidad y la autoría del contenido de este Trabajo de Titulación, me corresponde exclusivamente; y doy mi consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



LUIS MIGUEL NAVARRO VELIZ

## **RESUMEN**

La presente tesis tiene como finalidad presentar el diseño de un sistema de VoIP aplicado al contrato de conectividad suscrito entre MINTEL y TELCONET S.A. El sistema propuesto proporciona características técnicas que hacen más eficiente al sistema y permiten la incorporación de protocolos de calidad de servicio que garantizan un servicio óptimo con latencias imperceptibles para el usuario, así como la posibilidad de tener de manera permanente disponibilidad del servicio de internet gracias a la central telefónica Denwa a través de la cual se puede brindar asistencia técnica permanente a los usuarios, finalmente se propone el diseño de un sistema de backup que forma parte del Plan de Contingencia de Red que permite brindar el servicio a los sectores rurales y urbano marginales de manera ininterrumpida, beneficiando así a los grupos más vulnerables de la sociedad y permitiéndoles tener acceso universal a las tecnologías de la información y por ende a la sociedad del conocimiento.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIA .....	III
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	IV
DECLARACIÓN EXPRESA.....	V
RESUMEN .....	VI
INTRODUCCIÓN .....	XXII
CAPÍTULO 1 .....	1
1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.1 Antecedentes .....	1
1.2 Planteamiento del problema y descripción del escenario de aplicación .....	2
1.2.1 OBJETIVOS GENERALES.....	3
1.2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	3
1.2.3 CAMPO DE ACCION.....	4
1.3. Justificación .....	4
1.4 Modelo propuesto para la solución del problema.....	6
CAPÍTULO 2 .....	10
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	10

2.1 Definición de VoIP .....	10
2.2 Elementos de un sistema de VoIP .....	13
2.3 Parametrización de VoIP .....	15
2.3.1 Codecs de VoIP .....	15
2.3.2 Latencia de VoIP .....	16
2.3.3 QoS de VoIP .....	17
2.4 Sistemas Inalámbricos .....	21
2.4.1 Fundamentos, Reseña Histórica y Evolución de la Radio .....	21
2.4.2 Descripción Técnica de OFDM.....	25
2.5 Sistemas VSAT .....	28
2.5.1 Hub Satelital de Telconet .....	35
2.5.2 Atenuación por lluvia en la Banda KU .....	36
2.5.3 Manchas solares. ....	42
CAPÍTULO 3.....	43
3. RED Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE RF .....	43
3.1 Diseño e infraestructura de torres para Radioenlace.....	43
3.2 Estudios de zona de FRESNEL de Radioenlace de las 5 escuelas del proyecto MINTEL en la Provincia del Guayas.. ....	47
3.3 Diseño de una red Vsat .....	56

CAPÍTULO 4.....	58
4. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN .....	58
4.1. Descripciones Técnicas de los Equipos de VoIP .....	58
4.1.1 Microcomputador NUC (NUC no es equipo de VoIP).....	58
4.1.2 Investigación y Diseño.....	62
4.1.3 Selección y Adquisición de Equipos VoIP .....	66
4.1.4 Descripción de pruebas.....	71
4.2. Operación del sistema .....	71
4.2.1 Ubicación de los Teléfonos IP en las Diferentes Escuelas.....	71
4.2.2 Ubicación de la Central Telefónica IPPBX en Matriz.....	74
4.2.3 Diseño e infraestructura de torres para Radioenlace .....	74
4.3 Configuración de los Equipos que intervienen en el Ruteo de Paquetes....	75
4.3.1 Configuración de la Central VoIP .....	75
4.3.2 Elección del Codecs a utilizar.....	75
4.3.3 Configuración de Equipos Finales y Registros de los mismos .....	83
4.4 Equipos de Radioenlace, VSAT .....	87
4.4.1 Configuración e Instalación de Enlaces Punto a Punto .....	90
4.4.2 Configuración e Instalación de Enlace Punto Multipunto.....	108
4.4.3 Configuración del Modem VSAT ubicado en las escuelas .....	122

4.4.4 Investigación y diseño de equipos de Radioenlace .....	137
4.4.5 Ventajas económicas y técnicas en la adquisición de equipos de Radioenlace .....	180
4.4.6 Investigación y diseño de equipos Vsat.....	182
4.4.7 Ventajas económicas y técnicas en la adquisición de equipos Vsat ...	182
CAPÍTULO 5.....	184
5. PRESENTACION DE ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	184
5.1 Resultados de la central Telefónica VoIP.....	184
5.1.1 Análisis y Evaluación.....	184
5.1.2 Verificación del funcionamiento.....	193
5.2 Resultados de Radio-enlace y VSAT.....	196
5.2.1 Pruebas sobre el ruido espectral en 5GHz en enlaces de Radio.....	198
5.2.2 Mediciones de la intensidad de la señal recibida (RSSI) en los enlaces de radio y VSAT .....	199
5.2.3 Máximo ancho de banda en RF. ....	199
5.3 Plataforma y diagrama de Integración RF a VoIP.....	200
5.4 Plataforma y diagrama de integración VSAT a VoIP .....	201
5.5 Resultados de la conmutación de enlaces Backup de Radioenlace .....	202
5.6 Calidad de voz .....	202

CONCLUSIONES .....	204
RECOMENDACIONES.....	207
BIBLIOGRAFÍA.....	209
GLOSARIO DE PALABRAS .....	217

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Torre de protocolos H.323 .....	11
Figura 2.2 Interoperabilidad de Terminales ITU-T H.323.....	12
Figura 2.3 Elementos de un Sistema de VoIP .....	15
Figura 2.4 Espectro de una Señal OFDM .....	26
Figura 2.5 Representación de los canales individuales para un sistema OFDM .....	27
Figura 2.6 Conjunto de Señales Ortogonales .....	28
Figura 2.7 Elementos de una Red VSAT .....	30
Figura 2.8 Partes Fundamentales del Hub .....	33
Figura 2.9 Partes Fundamentales del Termin.....	34
Figura 2.10 Hub Satelital .....	36
Figura 2.11 Union Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2005 .....	369
Figura 2.12 Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2005 .....	40
Figura 2.13 Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2005 .....	41
Figura 2.14 Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2005 .....	42
Figura 3.1 Localidades del sistema.....	44
Figura 3.2 Geometría tribásica y plano llave de estructuras .....	46
Figura 3.3 Modelo de la estructura .....	47
Figura 3.4 Simulación del Enlace Pueblo nuevo.....	48
Figura 3.5 Simulación del Enlace Pueblo nuevo.....	49
Figura 3.6 Detalles del Enlace Pueblo Nuevo.....	49
Figura 3.7 Simulación del Enlace Jacinto Francisco Gonzalez.....	50
Figura 3.8 Simulación del Enlace Jacinto Francisco Gonzalez.....	51
Figura 3.9 Detalles del Enlace Jacinto Francisco Gonzalez .....	51
Figura 3.10 Simulación del Enlace Crespín Cerezo.....	52
Figura 3.11 Simulación del Enlace Crespín Cerezo.....	53

Figura 3.12 Detalles del Enlace Crespín Cerezo .....	54
Figura 3.13 Simulación del Enlace Rumiñahui .....	55
Figura 3.14 Simulación del Enlace Rumiñahui .....	55
Figura 3.15 Detalles del Enlace Rumiñahui .....	56
Figura 3.16 Antena Satelital.....	57
Figura 4.1 Placa frontal del Nuc Intel Modelo DN2820FYKH.....	59
Figura 4.2 Diagrama de la placa frontal del Nuc Intel Celeron.....	61
Figura 4.3 Funcionalidad de protocolos involucrados en VoIP .....	64
Figura 4.4 Estructura de una central telefónica IP .....	65
Figura 4.5 Rack de comunicaciones de la central telefónica IP .....	65
Figura 4.6 Servidor HP ProLiant DL120 Gen9 .....	67
Figura 4.7 Red integrada de Servicios convergentes con CISCO 2800 Series .....	68
Figura 4.8 Router Cisco 2851 .....	69
Figura 4.9 Switch Catalyst 2960-S.....	69
Figura 4.10 Teléfono IP Cisco 7970-G .....	70
Figura 4.11 Diagrama general de enlace.....	74
Figura 4.12 Interfaz de operación Denwa .....	76
Figura 4.13 Nueva PBX .....	77
Figura 4.14 Ventana “Nueva PBX”.....	78
Figura 4.15 PBX agregado satisfactoriamente.....	78
Figura 4.16 Administradores PBX Denwa.....	79
Figura 4.17 Creación de nuevo usuario Denwa .....	80
Figura 4.18 Datos Generales Usuario Denwa .....	80
Figura 4.19 Datos de servicios de Usuario Denwa .....	81
Figura 4.20 Datos Avanzados de Usuario Denwa .....	81
Figura 4.21 Datos de Códecs de Usuario Denwa .....	82
Figura 4.22 Resumen de usuarios Denwa asociados al PBX.....	83

Figura 4.23 Verificación Denwa usando Softphone 3CX .....	84
Figura 4.24 Verificación de llamada usando Softphone 3CX .....	84
Figura 4.25 Monitor Denwa.....	85
Figura 4.26 Funcionalidad Debug en Denwa .....	86
Figura 4.27 Captura de paquetes en Denwa .....	87
Figura 4.28 Reflector Dish Cambium Network.....	89
Figura 4.29 Configuración de Área Local.....	93
Figura 4.30 Configuración TCP/IP .....	94
Figura 4.31 Estado General de configuración.....	95
Figura 4.32 Configuración MIMO OFDM .....	96
Figura 4.33 Configuración general.....	97
Figura 4.34 Ajustes de región .....	98
Figura 4.35 Configuración de página Web.....	98
Figura 4.36 Mensaje de reinicio .....	98
Figura 4.37 Configuración IP .....	99
Figura 4.38 Configuración de radio.....	99
Figura 4.39 Configuración de radio MIMO - OFDM .....	101
Figura 4.40 Información del sitio .....	102
Figura 4.41 Configuración General Slave .....	102
Figura 4.42 Velocidad de enlace.....	103
Figura 4.43 Configuración IP .....	104
Figura 4.44 Radio Slave - lista de frecuencias.....	105
Figura 4.45 Control de potencia.....	105
Figura 4.46 Información del lugar .....	106
Figura 4.47 Menú Herramienta de alineación .....	107
Figura 4.48 Estado de la sesión.....	107
Figura 4.49 Esquema trasero del ePMP 5GPS .....	109
Figura 4.50 Esquema posterior del ePMP5i .....	110
Figura 4.51 Conexión del equipo .....	110

Figura 4.52 Conexión del equipo para configuración.....	111
Figura 4.53 Botón reload .....	111
Figura 4.54 Panel de cambios .....	112
Figura 4.55 Configuración de radio.....	113
Figura 4.56 Configuración de Punto de Acceso.....	113
Figura 4.57 Configuración de control de potencia.....	114
Figura 4.58 Modulación .....	114
Figura 4.59 Configuración del sistema.....	115
Figura 4.60 Protocolo de tiempo de red.....	115
Figura 4.61 Administración de cuenta.....	116
Figura 4.62 Configuración de seguridad .....	117
Figura 4.63 Configuración de red.....	117
Figura 4.64 Menú de red.....	118
Figura 4.65 Desempeño de red .....	118
Figura 4.66 Menú de inicio rápido.....	119
Figura 4.67 Configuración de radio .....	119
Figura 4.68 Seguridad Wpa2 .....	120
Figura 4.69 Módulo de escaneo de suscriptores .....	120
Figura 4.70 Selección de radio frecuencia.....	121
Figura 4.71 Control de potencia.....	121
Figura 4.72 Menú de cambios.....	122
Figura 4.73 Menú herramientas de alineación .....	122
Figura 4.74 Menú de protocolo IP .....	123
Figura 4.75 Sistema de control HN7740S.....	124
Figura 4.76 Estadísticas y configuraciones avanzadas del HN7740S .....	124
Figura 4.77 Estadísticas HN7740S .....	125
Figura 4.78 Configuración del satélite.....	125
Figura 4.79 Configuración del satélite.....	126
Figura 4.80 Sitio de carga del archivo de configuración .....	126

Figura 4.81 Configuración del satélite.....	127
Figura 4.82 Configuración de banda ancha del satélite .....	128
Figura 4.83 Resumen de parámetros del satélite .....	129
Figura 4.84 Configuración avanzada del satélite .....	129
Figura 4.85 Configuración avanzada del satélite .....	130
Figura 4.86 Configuración de banda ancha del satélite .....	131
Figura 4.87 Calibración de antena .....	131
Figura 4.88 Calibración de antena receptora.....	132
Figura 4.89 Calibración de antena receptora.....	133
Figura 4.90 Fuerza de la señal de antena receptora .....	133
Figura 4.91 Resumen estadístico .....	134
Figura 4.92 Resumen estadístico .....	135
Figura 4.93 Inicio de escaneo .....	135
Figura 4.94 Configuración del satélite.....	136
Figura 4.95 Status del sistema.....	136
Figura 4.96 Sistema punto a punto – punto multipunto.....	137
Figura 4.97 Pantalla principal del software PTP Link Planner .....	138
Figura 4.98 Menú archivo .....	139
Figura 4.99 Menú Edit.....	141
Figura 4.100 Menú View .....	142
Figura 4.101 Menú Project.....	142
Figura 4.102 Menú Options .....	143
Figura 4.103 Menú Help .....	144
Figura 4.104 Menú principal PTP.....	145
Figura 4.105 New Network Site .....	145
Figura 4.106 Agregar nueva red .....	146
Figura 4.107 Ejemplo Sitio Repetidora Hierba buena.....	146
Figura 4.108 New PTP Link.....	147
Figura 4.109 Agregar al PTP Link project.....	147

Figura 4.110 Link Enlace Hierba buena – Escuela Simón Bolívar .....	148
Figura 4.111 Link Description .....	148
Figura 4.112 Equipamiento .....	148
Figura 4.113 Perfil topográfico .....	149
Figura 4.114 Perfil topográfico Escuela Rumiñahui .....	149
Figura 4.115 Configuración de altura de torres.....	150
Figura 4.116 Desarrollo del enlace .....	150
Figura 4.117 Detalles del desarrollo del estudio .....	151
Figura 4.118 Materiales requeridos para el enlace .....	151
Figura 4.119 Simulación del Enlaces Punto Multipunto .....	152
Figura 4.120 Simulación del Enlace Nicolás Segovia .....	153
Figura 4.121 Simulación del Enlace Nicolás Segovia .....	154
Figura 4.122 Simulación del Enlace Cabuyal .....	155
Figura 4.123 Detalles del Enlace Cabuyal .....	155
Figura 4.124 Simulación del Enlace Carchi Macara .....	156
Figura 4.125 Detalles del Enlace Carchi Macara .....	157
Figura 4.126 Simulación del Enlace Jose Joaquín de Olmedo .....	158
Figura 4.127 Simulación del Enlace Jose Joaquín de Olmedo .....	158
Figura 4.128 Detalles del Enlace Jose Joaquín de Olmedo .....	159
Figura 4.129 Simulación de los enlaces punto multipunto .....	160
Figura 4.130 Simulación del Enlace Zenón Velez Viteri .....	161
Figura 4.131 Detalles del Enlace Zenón Velez Viteri .....	161
Figura 4.132 Simulación del Enlace Lautaro Vera Villegas .....	162
Figura 4.133 Detalles del Enlace Lautaro Vera Villegas .....	163
Figura 4.134 Simulación del Enlace 27 de Noviembre .....	164
Figura 4.135 Detalles del Enlace 27 de Noviembre .....	164
Figura 4.136 Simulación del Enlace Francisco Campos .....	165
Figura 4.137 Detalles del Enlace Francisco Campos .....	166
Figura 4.138 Simulación del Enlace General Vernaza.....	167

Figura 4.139 Detalles del Enlace General Vernaza .....	167
Figura 4.140 Simulación del Enlace Ángela Avilés Cedeño .....	168
Figura 4.141 Detalles del Enlace Ángela Avilés Cedeño .....	169
Figura 4.142 Simulación del Enlace Federico Proaño Márquez .....	170
Figura 4.143 Detalles del Enlace Federico Proaño Márquez .....	170
Figura 4.144 Simulación del Enlace Simón Bolívar .....	171
Figura 4.145 Simulación del Enlace Simón Bolívar .....	172
Figura 4.146 Detalles del Enlace Simón Bolívar .....	173
Figura 4.147 Simulación del Enlace Ecuador País Amazónico .....	174
Figura 4.148 Simulación del Enlace Ecuador País Amazónico .....	174
Figura 4.149 Detalles del Enlace Ecuador País Amazónico .....	175
Figura 4.150 Simulación del Enlace Francisco Falquez Ampuero .....	176
Figura 4.151 Simulación del Enlace Francisco Falquez Ampuero .....	177
Figura 4.152 Detalles del Enlace Francisco Falquez Ampuero.....	177
Figura 4.153 Simulación del Enlace Olmedo Salvador .....	178
Figura 4.154 Simulación del Enlace Olmedo Salvador .....	179
Figura 4.155 Detalles del Enlace Olmedo Salvador.....	180
Figura 5.1 Teléfono IP Denwa DW 210 .....	185
Figura 5.2 Teléfono Denwa DW 210.....	186
Figura 5.3 Teléfono IP Denwa DW 210 .....	186
Figura 5.4 Teléfono IP Denwa DW 210 .....	187
Figura 5.5 Teléfono IP Denwa DW 210 .....	188
Figura 5.6 Teléfono IP Denwa DW 210 .....	188
Figura 5.7 Teléfono IP Denwa DW 210 .....	189
Figura 5.8 Teléfono IP Denwa DW 210 .....	190
Figura 5.9 Softphone 3CX .....	190
Figura 5.10 Verificación Denwa usando Softphone 3CX .....	191
Figura 5.11 Verificación de llamada usando Softphone 3CX.....	191

Figura 5.12 Monitor Denwa.....	192
Figura 5.13 Funcionalidad Debug en Denwa .....	192
Figura 5.14 Captura de paquetes en Denwa .....	193
Figura 5.15 Captura de paquetes en Wireshark .....	194
Figura 5.16 Registro de llamadas VoIP en Wireshark .....	195
Figura 5.17 Analizador gráfico Wireshark .....	196
Figura 5.18 Menú Wan Killer.....	197
Figura 5.19 Envío de paquetes UDP .....	198
Figura 5.20 Analizador espectral .....	199
Figura 5.21 Calidad de recepción de señal.....	200
Figura 5.22 Diagrama de integración RF a VoIP .....	201
Figura 5.23 Envío de paquetes UDP .....	202
Figura 5.24 Diagrama de red .....	203

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Calidad de Servicio en VoIP (QoS) .....	20
Tabla 2.2 Principales estándares IEEE 802 de sistemas de comunicación inalámbricos.....	23
Tabla 2.3 Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT, 2005 .....	38
Tabla 3.1 Tabla de datos de Escuela del proyecto Mintel.....	48
Tabla 3.2 Tabla de datos de Escuela del proyecto Mintel.....	50
Tabla 3.3 Tabla de datos de Escuela del proyecto Mintel.....	52
Tabla 3.4 Tabla de datos de Escuela del proyecto Mintel.....	54
Tabla 4.1 Características principales de la Placa Computadora Nuc Intel....	60
Tabla 4. 3 Características del Router Cisco Serie 2800 .....	68
Tabla 4. 4: Características del teléfono IP Cisco 7970-G .....	70
Tabla 4. 5: Tabla de Escuelas pertenecientes a la provincia del Guayas .....	72
Tabla 4.6 Características del equipo Cambium Networks PTP450 y ePMP 1000.....	88
Tabla 4.7 Características del reflector dish Cambium Networks para enlace Punto a Punto .....	89
Tabla 4.8 Características de la Antena Sectorial Cambium Networks para enlace Punto a Multipunto .....	90
Tabla 4.9 Resumen de enlace .....	152
Tabla 4.10 Resumen de enlace .....	154
Tabla 4.11 Resumen de enlace .....	156
Tabla 4.12 Tabla de detalles del enlace .....	157
Tabla 4.13 Resumen de enlace .....	160
Tabla 4.14 Resumen de enlace .....	162

Tabla 4.15 Resumen de enlace .....	163
Tabla 4.16 Resumen de enlace .....	165
Tabla 4.17 Resumen de enlace .....	166
Tabla 4.18 Resumen de enlace .....	168
Tabla 4.19 Resumen de enlace .....	169
Tabla 4.20 Resumen de enlace .....	171
Tabla 4.21 Resumen del enlace .....	173
Tabla 4.22 Resumen del enlace .....	176
Tabla 4.23 Resumen del enlace .....	178

## INTRODUCCIÓN

Debido a los constantes cambios que la tecnología nos proporciona de manera actualizada nos ha permitido poder integrar varios servicios a las redes de telecomunicaciones, poder mejorar las soluciones y ofrecer ventajas de conectividad y acceso remotos a lugares donde no se cuenta con acceso a la red, los problemas de cobertura celular nos ha permitido emprender un diseño orientado a mejorar la calidad de la educación en los sectores rurales y urbanos desplegados entre Mintel – Telconet.

Para lo cual es oportuno un diseño de red y poder desplegar un sistema robusto de VoIP a través de los radioenlaces garantizando altas tasas de transmisión, y así poder ampliar y mejorar los servicios que contribuyen al desarrollo de las telecomunicaciones en el Ecuador.

Este trabajo se encuentra conformado por cinco capítulos donde se poder ir analizando el diseño de la red propuesta.

En el capítulo 1 contiene el planteamiento del problema, las soluciones y el campo de acción a utilizar en el diseño necesario para el diseño.

El capítulo 2 contiene todo lo referente a la definición de VoIP, códec a utilizar y una breve reseña de OFDM.

En el capítulo 3 contiene el diseño de la infraestructura de torres para los enlaces de radio, su medidas y alturas determinadas en las inspecciones de

campo y los estudios de zona fresnel para las 5 escuelas que se ha tomado un muestreo como beneficiarias para la dotación de VoIP.

En el capítulo 4 se presenta la solución del diseño presentado, aquí nos muestra todas la descripciones técnicas de los equipos a utilizar como es el microcontrolador NUC, los diferentes equipos de radioenlace para enlaces punto a punto y punto multipunto. Así también la configuración de los equipos de radio y Vsat para poder tener el medio de transmisión y el buen funcionamiento de la red.

En el capítulo 5 nos presenta el análisis de los resultados obtenidos después de la configuración de la central VoIP, el cual se presenta un esquema general de la integración de la plataforma de radio y Vsat a VoIP. Así mismo los diferentes análisis de espectro en el sistema de radioenlace para poder utilizar la mejor frecuencia disponible y así evitar futuros cortes de servicio o intermitencias.

# **CAPÍTULO 1**

## **1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

### **1.1 Antecedentes**

En los últimos años se ha hecho evidente la necesidad de incorporar a los ciudadanos de los sectores más vulnerables del país, a la sociedad de la información y el conocimiento, lo que permite reducir el analfabetismo digital y brindar más oportunidades a las persona de escasos recursos, haciéndolos más competitivos en el mundo laboral.

En virtud de ello, y para dar cumplimiento con la responsabilidad social que TELCONET S.A. tiene con el país, se ha suscrito un contrato entre esta empresa y el Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información (MINTEL) que busca mejorar el índice de penetración de internet, en los

sectores rurales y urbano marginales de la provincia del Guayas, contribuyendo de esta manera con el incremento del acceso universal a los servicios fundamentales de comunicación e información, este contrato tiene por objeto proporcionar de equipamiento a 1240 Laboratorios de Cómputo y Servicio de Conectividad a 2411 Laboratorios de informática a Nivel Nacional.

Estos laboratorios ofrecen la posibilidad de acceder a internet desde las escuelas que se encuentran incluidas en el contrato suscrito entre MINTEL y TELCONET sin embargo, debido a que las mismas están ubicadas en zonas remotas de la provincia del Guayas, en caso de suscitarse interrupciones en el servicio de internet por fallas en la red, en la mayoría de los casos no es posible atender a los requerimientos de los afectados de manera inmediata debido a que no existe una comunicación en tiempo real entre las escuelas y el personal de asistencia técnica de TELCONET, fundamentalmente porque en aquellas comunidades no existen redes de telefonía convencional o móvil que les permitan reportar oportunamente el incidente. Por este motivo, solucionar un inconveniente de esta naturaleza puede tomar días e incluso semanas.

## **1.2 Planteamiento del problema y descripción del escenario de aplicación.**

De lo anteriormente expuesto se evidencia la siguiente problemática:

En las condiciones actuales no es posible garantizar una disponibilidad del servicio de acceso a internet del 99.999% en las unidades educativas beneficiarias del proyecto liderado por MINTEL, esto debido a que no existe un mecanismo de comunicación apropiado entre las escuelas y el servicio técnico de TELCONET S.A. que permitan brindar la asistencia dentro del tiempo requerido en caso de que se susciten fallas en la red de telecomunicaciones. La afectación a la continuidad del servicio de internet repercute de manera importante en el normal desenvolvimiento de las clases así como en el cumplimiento del Programa Educativo de Alfabetización Digital de los beneficiarios del proyecto y por ende en el desarrollo de las comunidades involucradas.

### **1.2.1 OBJETIVOS GENERALES**

Mejorar la comunicación efectiva en ambas vías entre las escuelas del Proyecto de Conectividad del MINTEL y el soporte técnico de TELCONET S.A.

### **1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

1. Dimensionar una red de radio-enlaces y VSAT para proveer VoIP a las escuelas.
2. Diseñar un sistema de VoIP fácil de usar por los maestros y de coste económico asumible.

3. Dimensionar los enlaces Back-up que servirán de contingencia en caso de errores en el enlace principal.

### **1.2.3 CAMPO DE ACCION**

El campo de acción del presente trabajo corresponde a las escuelas del Proyecto de Conectividad del MINTEL y TELCONET en la Provincia del Guayas.

### **1.3. Justificación**

Debido a los avances de las telecomunicaciones, hoy en día es importante e indispensable entregar los servicios de movilidad a los usuarios de una red, debido a esto se implementan sistemas inalámbricos como Radio-enlace o VSAT realizando la prestación de servicios de transmisión de voz y datos de alta calidad en forma inalámbrica, abarcando áreas de cobertura significativamente importantes. Este hecho garantiza el acceso y la penetración de estos servicios en lo que los sistemas tradicionales no han tenido cabida, dada su ubicación y complejidad debido a esto se hace necesario, por tanto, dimensionar adecuadamente los radio-enlaces y la VSAT para que soporten tráfico de Voz sobre Internet Protocol (VoIP, del inglés Voice over IP) debido a que los enlaces actuales que se tiene a ciertas escuelas no proporcionan el ancho de banda adecuado y se ven afectados por diferentes factores como: interferencias, ruido, bajos niveles de Transmisión y recepción de la señal lo que provoca que en determinado

tiempo ocasionen pérdidas temporales o totales de conexión. Estos factores influyen notablemente en el diseño e implantación de un servicio de VoIP que proporcione la calidad mínima para que las comunicaciones entre maestros e instituciones se lleven a cabo adecuadamente. Para evitar interrupciones no deseadas del servicio de VoIP, se realizará el dimensionado de una Red de respaldo (backup) que se pondría en funcionamiento en caso que la comunicación principal falle. Para ello se usarán repetidores de señal y un sistema de conmutación a esa Red que proporcionará un servicio de calidad reduciendo las interrupciones de comunicación en un grado elevado.

Por otro lado, el hardware y software del sistema de VoIP debe ser elegido de forma cuidadosa debido a los siguientes factores importantes:

Uno de los problemas más comunes que existen en la enseñanza es la falta de conocimiento y de utilización de VoIP, quedando claro que estos problemas son producto de las limitaciones tecnológicas que se verán solucionadas a un corto plazo por la constante evolución de la tecnología.

Los ordenadores de los centros de cómputo y aulas podrían estar muy utilizados en tareas docentes. En algunos casos en estos laboratorios en que se utilice un softphone la calidad de comunicación VoIP se puede ver afectada por el uso elevado de los ordenadores; poniendo de ejemplo que

estamos realizando una llamada y en un determinado tiempo se abre un programa el cual utiliza el 100% de nuestro rendimiento del ordenador, en este caso crítico la calidad de la comunicación VoIP se vería afectada y la llamada de VoIP se podría interrumpir intermitentemente. Por ello, se debe proveer un sistema particular de VoIP independiente de estos ordenadores.

Si se elige utilizar softphone instalados en cada ordenador se tendría que dar una capacitación previa de cómo utilizar y configurar este programa adicional, al instalar un sistema de VoIP los docentes no tendrían que realizar configuración alguna.

#### **1.4 MODELO PROPUESTO PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA.**

Los elementos básicos para la solución del problema:

1. Determinación de requerimientos de equipos con tecnología de vanguardia tales como *Wireless Fidelity* (Wi-Fi) y VoIP que serán suministrados por TELCONET S.A. Estos equipos serán de altas prestaciones para asegurar un grado de innovación elevado en la red de última milla.
2. Determinación de las características técnicas de una central telefónica local IP (se evaluará la posibilidad de instalarla en un ordenador de reducidas dimensiones tipo Microcomputador NUC). El elemento innovador es la utilización de un ordenador de bajo consumo eléctrico

y con suficiente potencia como para manejar varias llamadas telefónicas simultáneamente.

3. Teléfonos IP básicos para la instalación en las escuelas remotas, una pasarela (*Gateway*) *Session Initiation Protocol* (SIP) para la interconexión de las escuelas remotas con destinos fuera del Proyecto tales como líneas telefónicas convencionales. De esta forma aseguramos la posibilidad de cruzar llamadas a CNT en aquellas escuelas en las que exista esa posibilidad.
  
4. Se determinarán las características técnicas de un *router* que servirá para realizar el dimensionamiento de la red dividiendo los servicios de Internet y datos, así mismo se analizará la factibilidad de instalar una controladora *Wireless Fidelity* (WiFi) de marca Ruckus formada por el controlador y los puntos de acceso, siendo el primero el encargado de la gestión centralizada de los puntos de acceso, arquitectura malla (*Mesh*) y autenticación de los usuarios. El tráfico de usuario no se tunelizará desde los puntos de acceso al controlador, sino que fluirá de forma independiente desde éstos hacia su destino, minimizando el retraso y soportando VoIP sobre WiFi.

5. Se analizará la instalación de equipos de Radioenlace utilizando tecnología *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM) marca Cambium Motorola realizando enlaces Punto a Punto y Punto Multipunto con una capacidad de 50Mbps Full Dúplex y las diferentes distancias de dichos enlaces con estudios técnicos de zona de Fresnel y la configuración de equipos.

## **RESULTADO**

Con este proyecto se pretende lograr los siguientes resultados:

1. Permitir la comunicación directa entre cada una de las escuelas miembros del Proyecto de Conectividad del MINTEL. Este es el principal resultado. Esto es, obtener una mejor calidad de comunicación entre las escuelas y entidades que intervienen en el Proyecto de Conectividad de Escuelas del MINTEL, brindando como valor agregado la implementación de telefonía de vanguardia como son las redes de VoIP que ayudarán a complementar el excelente desarrollo que tiene a cabo el Proyecto de Conectividad.
2. Brindar al Ministerio de Educación una solución práctica para una comunicación con las escuelas del Proyecto. Este es un resultado social importante: habilitar la comunicación directa y de calidad elevada, entre cada una de las escuelas miembros del Proyecto de

Conectividad del MINTEL y con otras instituciones. Además, brindar como valor agregado la implementación de VoIP que ayude a complementar el excelente desarrollo que tiene el Proyecto de Conectividad implantado por TELCONET S.A. y apoyado por MINTEL.

3. Presentar a TELCONET S.A. una solución que pudiese ser ofrecida a las escuelas como parte de la comunicación de ellas con destinos diferentes a los mencionados en el Proyecto. Este es un resultado de negocio empresarial: instalar tecnologías pensadas, diseñadas e implantadas integralmente en el Ecuador para presentar a TELCONET S.A. una solución que pudiese ser ofrecida a las escuelas como parte de la comunicación de ellas con destinos diferentes a los mencionados en el Proyecto.
  
4. En la presente tesis de diseño se pretende lograr de acuerdo a los resultados obtenidos y en el caso de implementarse en las escuelas del proyecto mintel en los sectores rurales y urbanos de la Provincia del Guayas, tener la capacidad de integrar servicios de comunicaciones unificadas basadas en internet.

## **CAPÍTULO 2**

### **2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

#### **2.1 Definición de VoIP**

La convergencia de las redes de telecomunicaciones a través de los años, ha permitido integrar varios servicios, correspondientes a diversas tecnologías dentro de una misma red. Las redes conmutadas por paquetes permiten segmentar la información haciendo uso del Protocolo IP y enrutar la misma independientemente de la naturaleza de la información distribuida, es decir que a través de la misma plataforma tecnológica y haciendo uso de los protocolos apropiados es posible transmitir datos, vídeo o voz al usuario final o abonado.

Este paradigma es el fundamento de la tecnología de Voz sobre IP (VoIP, *Voice Over IP*) estandarizada a través de la especificación H.323 emitida por

la ITU (*International Telecommunication Unión*) en el año de 1996 y que permite que la señal de voz viaje en paquetes de datos a través de redes IP en forma digital en lugar de hacerlo de manera analógica a través de redes de circuito conmutado, como lo hacía la telefonía convencional o PSTN (*Public Switched Telephone Network*).

El VoIP/H.323 tiene como objetivo primordial facilitar y asegurar la interoperabilidad entre equipos de variados fabricantes y establece los aspectos tales como la supresión de los silencios, compresión y direccionamiento, y el establecimiento de elementos que permiten la interconectividad con la red telefónica conmutada (RTC) tradicional. En la figura 2.1 se presenta la torre de protocolos del H.323.<sup>1</sup> [1]

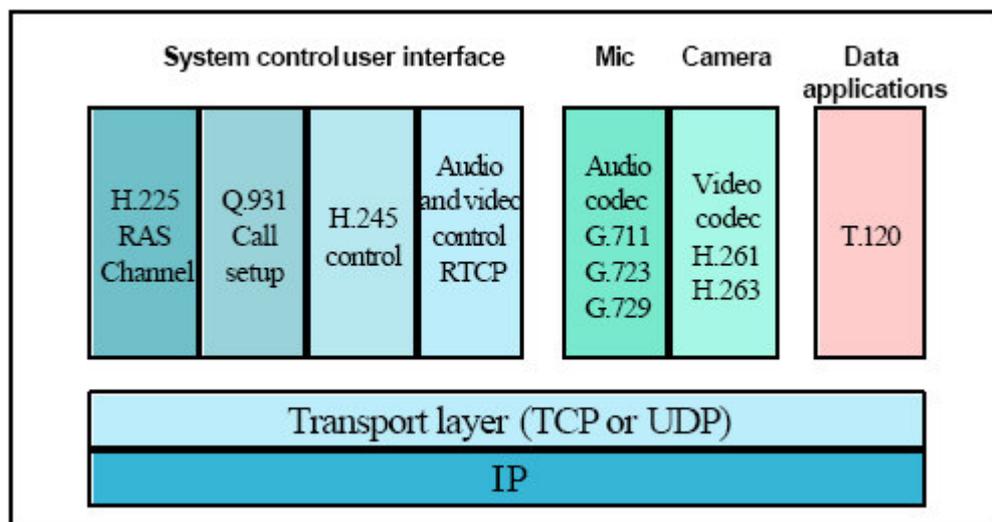


Figura 2.1 Torre de protocolos H.323 [2]

<sup>1</sup> (Kaschel C & San Juan, 2012)

En la figura 2.2 se puede apreciar la arquitectura H.323 de interoperabilidad de terminales de acuerdo con lo especificado en la norma de la ITU.<sup>2</sup> [3]

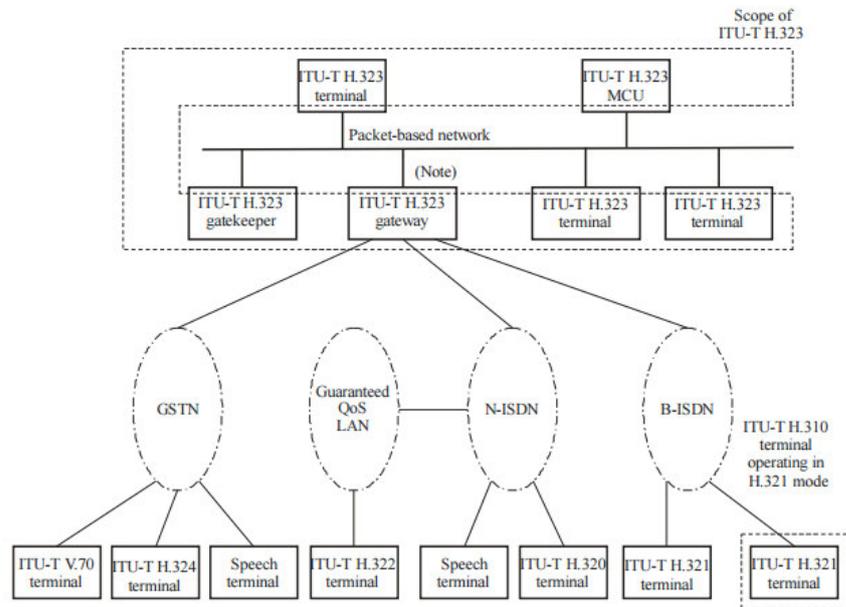


Figura 2.2 Interoperabilidad de Terminales ITU-T H.323 [4]

Es muy importante diferenciar entre Voz sobre IP (VoIP) y Telefonía sobre IP.

- VoIP es el conjunto de normas, dispositivos y protocolos que permiten la transmisión de voz sobre el protocolo IP a través de una LAN (*Local Area Network*), de manera privada.
- Telefonía sobre IP es el servicio telefónico disponible al público que hace uso de la tecnología de VoIP y que es soportada sobre redes de área amplia (WAN) pudiendo cumplir con los requerimientos de una PSTN convencional, en forma total o parcial.

<sup>2</sup> (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2009)

Un Sistema de Telefonía IP está conformado por diversos elementos los mismos que se presentan a continuación.

## **2.2 Elementos de un sistema de VoIP**

### **El cliente**

El cliente establece y origina las llamadas realizadas de voz, esta información se recibe a través del micrófono del usuario (entrada de información) se codifica, se empaqueta y, de la misma forma, esta información se decodifica y reproduce a través de los altavoces o audífonos (salida de la información).

Un Cliente puede ser un usuario de Skype o un usuario de alguna empresa que venda sus servicios de telefonía sobre IP a través de equipos como ATAs (Adaptadores de teléfonos analógicos) o teléfonos IP o Softphones que es un software que permite realizar llamadas a través de una computadora conectada a Internet.<sup>3</sup> [5]

### **Los servidores**

Los servidores se encargan de manejar operaciones de base de datos, realizado en un tiempo real como en uno fuera de él. Entre estas operaciones se tienen la contabilidad, la recolección, el enrutamiento, la administración y control del servicio, el registro de los usuarios, etc.

---

<sup>3</sup> (Kaschel C & San Juan, 2012)

Usualmente en los servidores se instala software denominados Switches o IP-PBX (Conmutadores IP), ejemplos de switches pueden ser “Voipswitch”, “Mera”, “Nextone” entre otros, un IP-PBX es Asterisk uno de los más usados y de código abierto.

### **Los *gateways***

Los *gateways* brindan un puente de comunicación entre todos los usuarios, su función principal es la de proveer interfaces con la telefonía tradicional adecuada, la cual funcionara como una plataforma para los usuarios (clientes) virtuales.

Los *gateways* se utilizan para “Terminar” la llamada, es decir el cliente Origina la llamada y el *gateway* termina la llamada, eso es cuando un cliente llama a un teléfono fijo o celular, debe existir la parte que hace posible que esa llamada que viene por Internet logre conectarse con un cliente de una empresa telefónica fija o celular.<sup>4</sup> [6]

---

<sup>4</sup> (Cisco Systems, Inc, 2009)

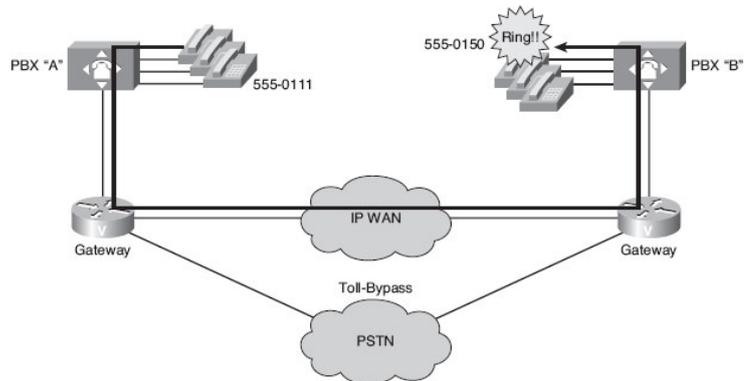


Figura 2.3 Elementos de un Sistema de VoIP [7]

## 2.3 Parametrización de VoIP

### 2.3.1 Codecs de VoIP

La voz ha de codificarse para poder ser transmitida por la red IP. Para ello se hace uso de códecs que garanticen la codificación y compresión del audio o del video para su posterior decodificación y descompresión antes de poder generar un sonido o imagen utilizable. Según el Códec utilizado en la transmisión, se utilizará más o menos ancho de banda. La cantidad de ancho de banda utilizada suele ser directamente proporcional a la calidad de los datos transmitidos.

Entre los códec más utilizados en VoIP están G.711, G.723.1 y el G.729 (especificados por la ITU-T).

Estos Codecs tienen los siguientes anchos de banda de codificación:

- G.711: bit-rate de 56 o 64 Kbps.
- G.722: bit-rate de 48, 56 o 64 Kbps.

- G.723: bit-rate de 5,3 o 6,4 Kbps.
- G.728: bit-rate de 16 Kbps.
- G.729: bit-rate de 8 o 13 Kbps.

Esto no quiere decir que es el ancho de banda utilizado, ya que hay que sumar el tráfico de por ejemplo el Codec G729 utiliza 31.5 Kbps de ancho de banda en su transmisión.

### **2.3.2 Latencia de VoIP**

Una vez establecidos los retardos de tránsito y el retardo de procesado la conversación se considera aceptable por debajo de los 150 ms, que viene a ser 1,5 décimas de segundo y ya produciría retardos importantes.

Pérdida de tramas (Frames Lost):

Durante su recorrido por la red IP las tramas se pueden perder como resultado de una congestión de red o corrupción de datos. Además, para tráfico de tiempo real como la voz, la retransmisión de tramas perdidas en la capa de transporte no es práctico por ocasionar retardos adicionales. Por consiguiente, los terminales de voz tienen que retransmitir con muestras de voz perdidas, también llamadas Frame Erasures. El efecto de las tramas perdidas en la calidad de voz depende de cómo los terminales gestionen las Frame Erasures.

En el caso más simple si se pierde una muestra de voz el terminal dejará un intervalo en el flujo de voz. Si muchas tramas se pierden, sonará grietoso con sílabas o palabras perdidas. Una posible estrategia de recuperación es reproducir las muestras de voz previas. Esto funciona bien si sólo unas cuantas muestras son perdidas. Para combatir mejor las ráfagas de errores usualmente se emplean sistemas de interpolación. Basándose en muestras de voz previas, el decodificador predecirá las tramas perdidas. Esta técnica es conocida como Packet Loss Concealment (PLC).

La ITU-T G.113 apéndice I provee algunas líneas de guía de planificación provisional en el efecto de pérdida de tramas sobre la calidad de voz. El impacto es medido en términos de  $l_e$ , el factor de deterioro. Este es un número en el cual 0 significa no deterioro. El valor más grande de  $l_e$  significa deterioro más severo.<sup>5</sup> [8]

### **2.3.3 QoS de VoIP**

Para mejorar el nivel de servicio, se ha apuntado a disminuir los anchos de banda utilizados, para ello se ha trabajado bajo las siguientes iniciativas:

- La supresión de silencios, otorga más eficiencia a la hora de realizar una transmisión de voz, ya que se aprovecha mejor el ancho de banda al transmitir menos información.

---

<sup>5</sup> (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2007)

- Compresión de cabeceras aplicando los estándares RTP/RTCP.

Para la medición de la calidad de servicio QoS, existen cuatro parámetros como el ancho de banda, retraso temporal (delay), variación de retraso (jitter) y pérdida de paquetes.<sup>6</sup> [9]

Para solucionar este tipo de inconvenientes, en una red se puede implementar tres tipos básicos de QoS:

- Best effort: (en inglés, mejor esfuerzo) Este método simplemente envía paquetes a medida que los va recibiendo, sin aplicar ninguna tarea específica real. Es decir, no tiene ninguna prioridad para ningún servicio, solo trata de enviar los paquetes de la mejor manera.
- Servicios Integrados: Este sistema tiene como principal función pre-acordar un camino para los datos que necesitan prioridad, además esta arquitectura no es escalable, debido a la cantidad de recursos que necesita para estar reservando los anchos de banda de cada aplicación. RSVP (Resource Reservation Protocol) fue desarrollado como el mecanismo para programar y reservar el ancho de banda requerido para cada una de las aplicaciones que son transportados por la red.

---

<sup>6</sup> (Kaschel C & San Juan, 2012)

- **Servicios Diferenciados:** Este sistema permite que cada dispositivo de red tenga la posibilidad de manejar los paquetes individualmente, además cada router y switch puede configurar sus propias políticas de QoS, para tomar sus propias decisiones acerca de la entrega de los paquetes. Los servicios diferenciados utilizan 6 bits en la cabecera IP (DSCP Differentiated Services Code Point). Los servicios para cada DSCP son los siguientes:
- **PQ (Priority Queueing):** Este mecanismo de priorización se caracteriza por definir 4 colas con prioridad Alta, media, norma y baja, Además, es necesario determinar cuáles son los paquetes que van a estar en cada una de dichas colas, sin embargo, si estas no son configuradas, serán asignadas por defecto a la prioridad normal. Por otra parte, mientras que existan paquetes en la cola alta, no se atenderán ningún paquete con prioridad médium hasta que la cola alta se encuentre vacía, así para los demás tipos de cola.
- **WFQ (Weighted fair queuing):** Este método divide el tráfico en flujos, proporciona una cantidad de ancho de banda justo a los flujos activos en la red, los flujos que son con poco volumen de tráfico serán enviados más rápido. Es decir, WFQ prioriza aquellas aplicaciones de menor volumen, estas son asociadas

como más sensibles al delay (retardo) como VoIP. Por otra parte, penaliza aquellas que no asocia como aplicaciones en tiempo real como FTP.

- CQ (Custom Queueing): Este mecanismo asigna un porcentaje de ancho de banda disponible para cada tipo de tráfico (voz, video y/o datos), además especifica el número de paquetes por cola. Las colas son atendidas según Round Robin (RR).

El método RR asigna el ancho de banda a cada uno de los diferentes tipos de tráfico existentes en la red. Con este método no es posible priorizar tráfico ya que todas las colas son tratadas de igual manera.

En la Tabla 2.1 se presenta un resumen de los diferentes tipos de calidad de servicio VoIP (QoS).

*Tabla 2.1 Calidad de Servicio en VoIP (QoS) [10]*

SERVICIO	CARACTERÍSTICAS
Best Effort	No ofrece garantías
Assured Forwarding (AF)	Asegura un trato preferencial, si los valores de DSCP son más altos, tendrá mayor prioridad el tráfico y disminuye la posibilidad de ser eliminado por congestión.
Expedited Forwarding (EF)	Utilizada para dar el mayor servicio, por ende, es la que brinda más garantías (utilizada para tráfico de voz o video)

## **2.4 Sistemas Inalámbricos**

### **2.4.1 Fundamentos, Reseña Histórica y Evolución de la Radio**

Las redes inalámbricas proporcionan los beneficios fundamentales de las redes de telecomunicaciones tradicionales pero agregan la capacidad de movilidad a los elementos que integran la misma. Gracias al surgimiento de este nuevo tipo de redes es que el concepto de conectividad actualmente no está relacionado implícitamente a la conexión física, es decir que las dimensiones y topología de la infraestructura tecnológica de una organización puede variar de acuerdo con los requerimientos de la misma. Al evidenciarse la necesidad de un estándar similar a Ethernet, los fabricantes de tecnologías inalámbricas se aliaron en 1991 y formaron la WECA (*Wireless Ethernet Compatibility Alliance*). La WECA propuso y construyó un estándar basado en tecnologías contribuyentes. WECA cambió posteriormente su nombre a Alianza Wi – Fi. [11]

Desde entonces las redes Wi-fi se han desplegado exponencialmente alrededor del mundo, ello gracias a la compatibilidad entre fabricantes que permite optimizar la distribución, venta y mantenimiento de las mismas, facilitando la adquisición de este tipo de equipos al consumidor final.

La Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT) es un organismo perteneciente a la Organización de las Naciones Unidas (ONU) que se encarga del establecimiento de políticas y normativas técnicas a nivel mundial emitidas a través de resoluciones o recomendaciones a las que los

países miembros se acogen. La UIT ha contribuido a la difusión de la tecnología Wi-fi emitiendo normativas que buscan potencializar el uso del espectro radioeléctrico en las bandas de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha, estas bandas en las que operan los sistemas Wi-fi, han sido consideradas de uso libre en la mayoría de los países miembros, en el caso de Ecuador estas bandas no son de uso libre cuando se explotan en exteriores, y para ello debe regularizarse su uso ante el ente de regulación y control de las telecomunicaciones, sin embargo las tarifas establecidas por el Estado son relativamente bajas, ya que la atribución de las bandas Wi-fi son a título secundario.

De esta manera en el ámbito regulatorio históricamente la UIT ha contribuido con la masificación del uso de sistemas inalámbricos basados en Wi-fi.

Los estándares emitidos por la IEEE han potencializado a este tipo de sistemas ya que han facilitado a los fabricantes la adopción de criterios comunes de diseño y normativas que permiten la interoperabilidad entre dispositivos Wi-fi de diversos fabricantes, gracias a ellos el abanico de posibilidades para el consumidor final es muy amplio, y se ha maximizado la competencia en beneficio de los usuarios, pudiendo obtenerse hoy en día equipos de alto rendimiento a muy bajo costo y con radios de cobertura que permiten explotar eficientemente el espectro radioeléctrico, el cual es considerado un recurso escaso.

En la tabla 2.2 se adjunta el detalle de la evolución de los estándares IEEE basados en Wi-fi.

*Tabla 2.2 Principales estándares IEEE 802 de sistemas de comunicación inalámbricos [12]*

ESTÁNDAR	DESCRIPCIÓN	FECHA DE PUBLICACIÓN
IEEE Std P802.11-1997	Normativa IEEE para LAN ( <i>Local Area Network</i> ) inalámbricas y especificaciones MAC ( <i>Media Access Control</i> ) y capa física (PHY)	26/06/1997
IEEE Std P802.11a-1999	Alta velocidad en capa física (PHY) en la banda de 5 GHz	16/09/1999
IEEE Std P802.11b-1999	Alta velocidad en capa física (PHY) en la banda de 2,4 GHz	16/09/1999
IEEE Std P802.11g-2003	Tasa de transferencia de datos de nivel superior en la banda 2,4 GHz	12/06/2003
IEEE Std P802.11n-2009	Alta Velocidad ( <i>High Throughput</i> )	11/09/2009
IEEE Std P802.11s-2011	Redes en Malla	01/07/2011
IEEE Std P802.11ac-2013	Muy Alta velocidad a 6 GHz	01/11/2013
IEEE Std P802.11ad-2012	Muy Alta velocidad a 60 GHz	01/07/2012
IEEE Std P802.11af-2013	Espacios en blanco de TV	01/11/2013
IEEE Std P802.11ax (en proceso)	WLAN ( <i>Wireless Local Area Network</i> ) de alta eficiencia	marzo 2019 (estimado)
IEEE Std P802.15.1-2002	Normativa IEEE para PAN ( <i>Personal Area Network</i> )	14/04/2002

	inalámbricas especificaciones de capa MAC y física (PHY)	
IEEE Std P802.15.4-2011	Red de área Personal (PAN) de baja velocidad ( <i>ZigBee</i> )	05/09/2011
IEEE Std P802.15.6-2012	<i>Wireless Body Area Network</i> (WBAN)	29/02/2012
IEEE Std P802.16-2001	Acceso Fijo Inalámbrico de Banda Ancha (10–66 GHz)	06/12/2001
IEEE Std P802.16d-2004	Mantenimiento y perfiles de sistema para 2–11 GHz	01/10/2004
IEEE Std P802.16e-2005	Sistema de Acceso de Banda Ancha Móvil.	01/01/2006
IEEE Std P802.16m-2011	Interfaz aérea avanzada con tasa de transferencia de 100 Mbps móvil y 1 Gbps sobre punto fijo. También se conoce como Móvil Wimax utilizado en sistemas 4G.	06/05/2011
IEEE Std P802.22-2011	Normativa IEEE para WRAN especificaciones de capa (MAC) y capa física (PHY)	01/07/2011
IEEE Std P802.22-2011	Instalación e implementación de Sistemas IEEE 802.22	28/09/2012

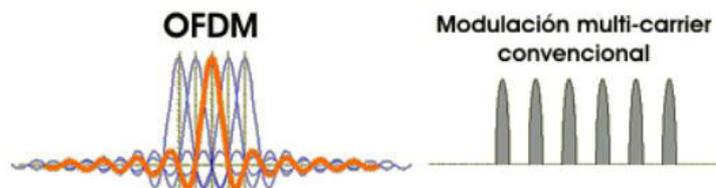
Como se puede apreciar, el estado actual de la tecnología de radioenlaces no es más que el resultado de una innovación permanente y de la optimización de los recursos espectrales que ha desencadenado en un consumo masivo de los productos basados en este estándar, lo cual potencializa el desarrollo y el acceso a la sociedad de la información.

#### **2.4.2 Descripción Técnica de OFDM**

El origen de la técnica de Multiplexación por División Ortogonal de Frecuencias (OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing) se da en aplicaciones de uso militar que trabaja dividiendo el espectro disponible en múltiples subportadoras. OFDM es una tecnología de Modulación Digital de Banda Ancha que distribuye los datos en un gran número de portadoras espaciadas entre sí y canalizadas en bandas de frecuencias específicas, esta separación espectral evita que los demoduladores consideren frecuencias distintas a las asignadas para su operación.

OFDM presenta una alta eficiencia espectral, resistencia a interferencias de Radiofrecuencias y menor distorsión multitrayecto, lo que la hace muy versátil y óptima para trabajar en entornos de ruido e interferencia, como canales de frecuencias compartidos. Actualmente OFDM se utiliza ampliamente en redes LAN inalámbricas IEEE 802.11x, en comunicaciones de alta velocidad por vía telefónica y en difusión de señales de televisión digital terrestre.

En la figura 2.4 se puede apreciar el contraste entre una señal de tipo OFDM y una señal con modulación multiportadora convencional, en ella se puede apreciar que la técnica OFDM permite la coexistencia de distintas señales de manera simultánea en un menor ancho de banda que las de una señal con modulación convencional.



*Figura 2.4 Espectro de una Señal OFDM [13]*

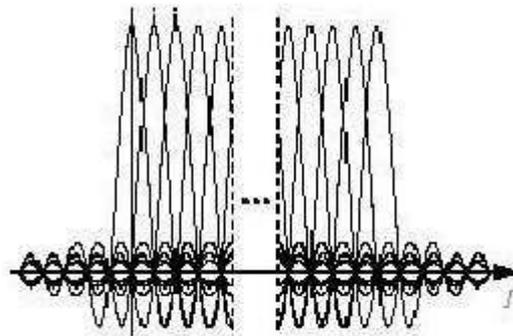
OFDM se puede ver como una colección de técnicas de transmisión en paralelo que reduce la influencia del desvanecimiento por multitrayecto y hace innecesaria una ecualización compleja. Esta colección de técnicas no sólo se pueden usar en medios no cableados, en cuyo caso se denomina OFDM, sino que también es aplicable a medios cableados tales como en Líneas Digitales de Abonado Asimétricas (ADSL) en cuyo caso el término Multitone Discrete (DMT) es más apropiado.

### **MODELO GENERAL DEL SISTEMA OFDM**

La idea básica es dividir el espectro disponible en varios subcanales. El hecho de tener canales de banda estrecha hace que cada subcanal vea un

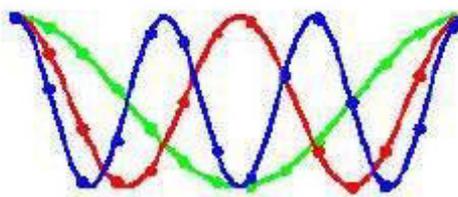
desvanecimiento plano que facilita la ecualización. Para obtener una eficiencia espectral alta, la respuesta en frecuencia de los subcanales (de aquí en adelante usaremos indistintamente el término subcanal o subportadora a la hora de referirnos a una de las partes en que dividimos el ancho de banda utilizado) están sobrepuestos y son ortogonales, de ahí el nombre de OFDM. La ortogonalidad entre las subportadoras hace que la interferencia entre canales (ICI) se minimice.

En la figura 2.5 se puede observar que cuando un subcanal alcanza el máximo, los canales adyacentes tienen un mínimo.



*Figura 2.5 Representación de los canales individuales para un sistema OFDM [14]*

Un conjunto de señales que cumple la condición de ortogonalidad son los senos y cosenos. Como se puede apreciar en la figura 2.6, las señales sinusoidales se complementan, presentan picos de señal donde otras presentan los niveles mínimos, permitiendo la coexistencia de varias subportadoras. Gracias a la ortogonalidad es posible la transmisión sin interferencia entre portadoras dentro del mismo ancho de banda.



*Figura 2.6 Conjunto de Señales Ortogonales [15]*

Los sistemas OFDM se presentan como una combinación entre multiplexación y modulación. La multiplexación hace referencia generalmente a señales independientes las cuales provienen de diferentes fuentes, así que el problema que acarrea estriba en el hecho de compartir el espectro entre todos los usuarios. En OFDM la cuestión relacionada con la multiplexación se aplica a señales independientes las cuales forman parte de una señal principal. En OFDM la señal por sí misma es primero dividida en diferentes canales independientes entre sí, son moduladas y después son re-multiplexadas para crear la portadora OFDM.

## **2.5 Sistemas VSAT**

Los sistemas VSAT son redes de comunicación por satélite que permiten el establecimiento de enlaces entre un gran número de estaciones remotas con antenas de pequeño tamaño (VSAT's) con una estación central normalmente llamada Hub. La comunicación se realiza a través del satélite, es decir, la

información saliente del Hub a las VSAT's, es enviada al satélite y éste la refleja para que cada terminal VSAT la reciba. El satélite no es más que un simple repetidor. También existe la posibilidad de transmitir desde los VSAT's hacia el Hub como veremos más adelante.

Las redes VSAT son redes privadas diseñadas a medida de la compañía que la contrata, ya que esta tecnología tiene un elevado precio para un usuario medio. Permiten la integración de diversos servicios, los cuales pueden estar accesibles mediante unas pequeñas antenas (diámetro menor de 2.4 metros, típicamente 1.3 metros) instaladas en la compañías usuarias. Estas estaciones no soportan unas elevadas capacidades, pero son muy baratas y fáciles de instalar si lo comparamos con las redes terrestres, en las cuales tendremos que cablear hasta el domicilio del usuario. Con esto conseguimos que los usuarios del servicio estén conectados a la plataforma del servicio, evitando el uso de las redes públicas. Es el propio usuario el dueño de la red y puede configurarla a su gusto, para poder satisfacer sus necesidades lo más rápido posible.

Este tipo de sistemas están orientados principalmente a la transferencia de datos entre unidades remotas y Centros de Proceso conectados al Hub. Son igualmente apropiados para la distribución de señales de vídeo y en ciertos casos se utilizan también para proporcionar servicios de telefonía entre

estaciones remotas y el Hub, cabe decir que este último servicio solo es posible si el enlace contratado es bidireccional.<sup>7</sup> [16]

### Elementos de una Red VSAT.

Las redes de transmisión vía satélite VSAT entran a competir directamente con sistemas de transmisión digital terrestres como red conmutada de paquetes o redes de fibra óptica. La implantación de las redes telemáticas VSAT comienza a ser rentable a medida que aumenta el número de nodos (terminales terrestres) de la red.

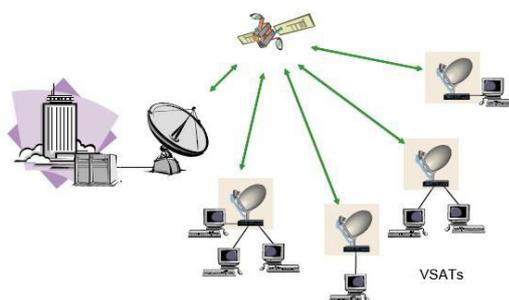


Figura 2.7 Elementos de una Red VSAT [17]

El segmento espacial es un punto muy importante dentro de las redes VSAT. Sin él no se llevaría a cabo ninguna comunicación entre los terminales VSAT's y el hub, ya que es el único canal por donde se realiza la comunicación. Debido a que es un canal compartido habrá que utilizar alguna técnica o protocolo de acceso al medio. Este es el elemento más

---

<sup>7</sup> (Casado García & Camazón Rodríguez, 2010)

crucial en la comunicación VSAT y el que menos posibilidades ofrece a la empresa, en cuanto a configuración y manejabilidad nos referimos, ya que este suele estar contratado con una tercera empresa responsable del mismo. Como posible acercamiento cabe decir que el proveedor del servicio fijo de satélite que se usa para implementar redes VSAT proporciona un cierto número de canales dentro de un transpondedor. Un transpondedor puede llegar a manejar de 10 a 15 redes de tamaño típico de 500 VSAT's.<sup>8</sup> [18]

En la actualidad nos podemos encontrar con diferentes tipos de satélites, según la órbita en la que operen. Los más utilizados en sistemas VSAT son los geoestacionarios, aunque cada vez más se está tratando la posibilidad de utilizar satélites no geoestacionarios para redes VSAT.

### **Estación Central o Hub.**

El hub es la estación central de una red VSAT y esta no es más que una estación más dentro de la red pero con la particularidad de que es más grande, ya que la antena es del orden de 15 metros de diámetro y maneja mayor potencia de emisión. El tiempo de instalación de esta estación es elevado, ronda las 4 semanas. Normalmente el hub suele estar situado en la sede central de la empresa. Debido a que éste hub supone un gran desembolso económico, la empresa tiene la opción de tenerlo en propiedad o

---

<sup>8</sup> (Casado García & Camazón Rodríguez, 2010)

alquilarlo a un operador del servicio. La estación central se puede clasificar de la siguiente manera atendiendo al factor económico:<sup>9</sup> [19]

1. **Hub dedicado:** soporta miles de VSAT conectados a él. En periodos de expansión, cambios en la red o problemas, representa la solución más simple para el cliente. Sin embargo el hub dedicado representa la opción más cara y sólo es justificado si el coste puede ser amortizado con un suficiente número de VSAT.
2. **Hub compartido:** varias redes de distintas compañías pueden compartir un único hub. Los servicios del hub son alquilados por los operadores de las redes VSAT. Debido a esto las empresas pueden montar redes VSAT con un mínimo capital inicial. Pero tiene una serie de desventajas añadidas con respecto al hub dedicado: se necesita conectar el hub con la sede central de la empresa, lo que implica recurrir a cableado o utilización de la red pública y limitación a la hora de configurar y ampliar la red, ya que es el proveedor del servicio el que la controla.
3. **Mini Hub:** es un pequeño hub con una antena de 2 a 3 metros de diámetro y con un coste mucho menor que el hub dedicado. La aparición de este tipo de hub ha sido gracias al desarrollo de las redes VSAT en la actualidad. Un mini-hub típicamente soporta alrededor de 300 a 400 VSAT's.

---

<sup>9</sup> (Casado García & Camazón Rodríguez, 2010)

El hub se divide en dos partes fundamentales, la unidad o terminal de radiofrecuencia y la unidad interior.

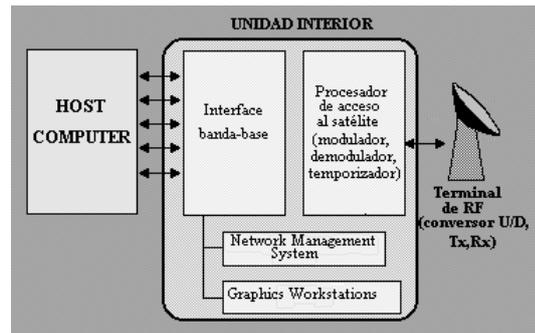


Figura 2.8 Partes Fundamentales del Hub [20]

El hub se divide en dos partes fundamentales, la unidad o terminal de radiofrecuencia y la unidad interior.<sup>10</sup> [21]

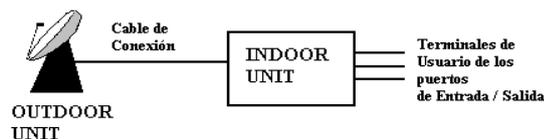
1. Unidad de radiofrecuencia: se encarga de la transmisión y recepción de señales hacia o a través del satélite.
2. Unidad interior: suele estar conectada al ordenador central de la empresa. Consta de diversas funciones como procesador de acceso al satélite o interfaz banda-base, pero la parte más importante de esta unidad es el NMS (Network Management System), que no es más que un ordenador que realiza las funciones más importantes dentro de una red VSAT, como son:

<sup>10</sup> (Casado García & Camazón Rodríguez, 2010)

- Configurar la red (estrella, malla,...)
- Monitorizar el tráfico entre terminales
- Control y alarma
- Funciones relativas al control de los terminales:
  - Habilitación nuevos terminales
  - Actualización del SW de la red
- Tareas administrativas:
  - Informe del tráfico de cada estación
  - Tarificación en uso compartido

### **Estación Terminal o VSAT.**

Los terminales se dividen en dos partes, la unidad interior y la exterior, unida ambas por cable, que se expondrán a continuación:



*Figura 2.9 Partes Fundamentales del Terminal [22]*

1. Unidad interior: se caracteriza por una serie de parámetros como pueden ser número de puertos, tipo de puerto y velocidad de los mismos. Se puede definir como una interfaz para los terminales de usuario.

2. Unidad Exterior: básicamente se compone de la antena y de componentes electrónicos. Los parámetros que definen esta unidad son entre otros el diagrama de radiación de la antena, la finura espectral del transmisor y el PIRE que depende de la ganancia y potencia de la señal.<sup>11</sup> [23]

### **2.5.1. Hub Satelital de Telconet**

En la red moderna de telecomunicaciones resultan fundamentales los sistemas de comunicaciones satelitales para poder brindar mayor conectividad a sitios donde la fibra óptica y radioenlace no llega o resulta ineficiente por diversos factores económicos y técnicos poder desplegar y distribuir los diferentes servicios por estos medios. Telconet S.A cuenta con una gran infraestructura a nivel satelital el cual le proporciona varias alternativas al proyecto Mintel.

En la figura 2.10 se puede apreciar un esquema del hub satelital o telepuerto.

---

<sup>11</sup> (Casado García & Camazón Rodríguez, 2010)

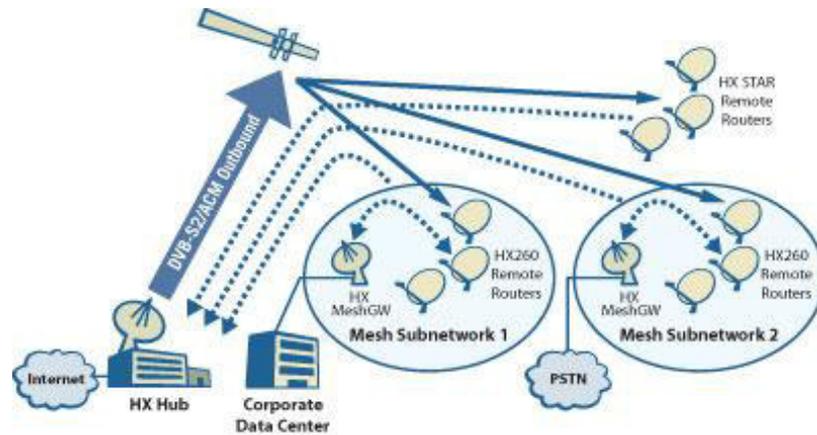


Figura 2.10 Hub Satelital [24]

### 2.5.2. Atenuación por lluvia en la Banda KU

Los enlaces satelitales de la banda Ku son especialmente sensibles a atenuaciones debidas a la lluvia, lo que puede ocasionar un incremento en la pérdida de paso y en la calidad de la señal percibida en el extremo receptor del canal de comunicación.

De acuerdo con la Recomendación UIT-R P.838-3 “Modelo de atenuación específica debida a la lluvia para los métodos de predicción” la atenuación específica debida a la lluvia obedece la siguiente ecuación:<sup>12</sup> [25]

$$\gamma_R = kR^\alpha$$

<sup>12</sup> (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2005)

Donde  $\gamma_R$  es la atenuación específica medida en (dB/km), R es la intensidad de lluvia (mm/h) y los factores k y  $\alpha$  son coeficientes que dependen de la frecuencia y de la polarización de la señal.

### **Efecto del tamaño de las gotas.**

La forma de las gotas de lluvia queda determinada principalmente por las fuerzas aerodinámicas que actúan a medida que caen hacia la tierra. La forma exacta de una gota de lluvia no alterará el volumen de agua presente, pero para una polarización lineal, la atenuación será dependiente de la orientación relativa del vector de campo eléctrico y el eje principal de la gota distorsionada.<sup>13</sup> [26]

### **Efecto de la distribución de las gotas.**

Las gotas causan mayor atenuación si la longitud de onda se aproxima al tamaño de las gotas. Por debajo de 10 GHz, el efecto de las gotas de lluvia pequeñas es poco significativo; sobre 10 GHz este efecto ejerce su influencia sobre la atenuación de la señal. Aunque los tamaños, formas y orientaciones de las gotas pueden variar dentro de la lluvia, puede suponerse que la

---

<sup>13</sup> (Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2012)

distribución del tamaño de las gotas es relativamente estable, variando fundamentalmente con la intensidad de la precipitación.<sup>14</sup> [27]

Coeficientes que dependen de la frecuencia para estimar la atenuación específica debida a la lluvia.

*Tabla 2.3 Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT, 2005 [28]*

Frecuencia (GHz)	$k_H$	$\alpha_H$	$k_V$	$\alpha_V$
10	0.01217	1.2571	0.01129	1.2156
11	0.01772	1.2140	0.01731	1.1617
12	0.02386	1.1825	0.02455	1.1216
13	0.03041	1.1586	0.03266	1.0901
14	0.03738	1.1396	0.04126	1.0646
15	0.04481	1.1233	0.05008	1.0440
16	0.05282	1.1086	0.05899	1.0273
17	0.06146	1.0949	0.06797	1.0137
18	0.07078	1.0818	0.07708	1.0025

A continuación se detalla el comportamiento de los factores  $k$  y  $\alpha$  vs  $f$  (GHz).

---

<sup>14</sup> (Soto Isla, 2013)

## Coeficiente k de polarización horizontal

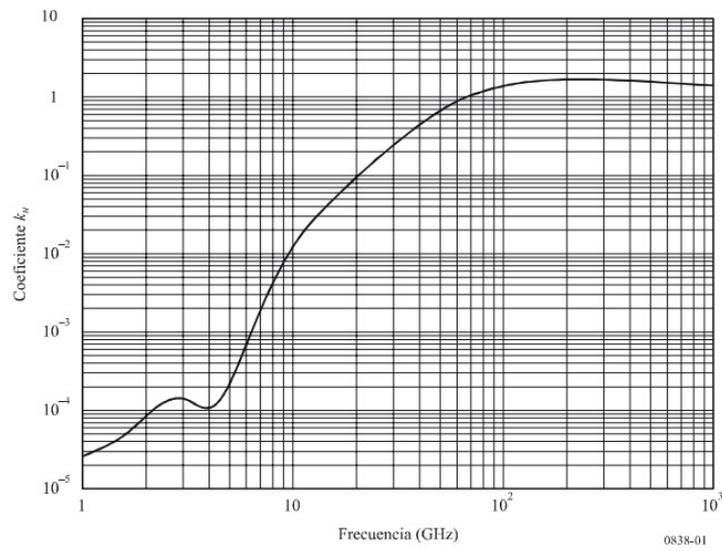


Figura 2.11 Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2005 [29]

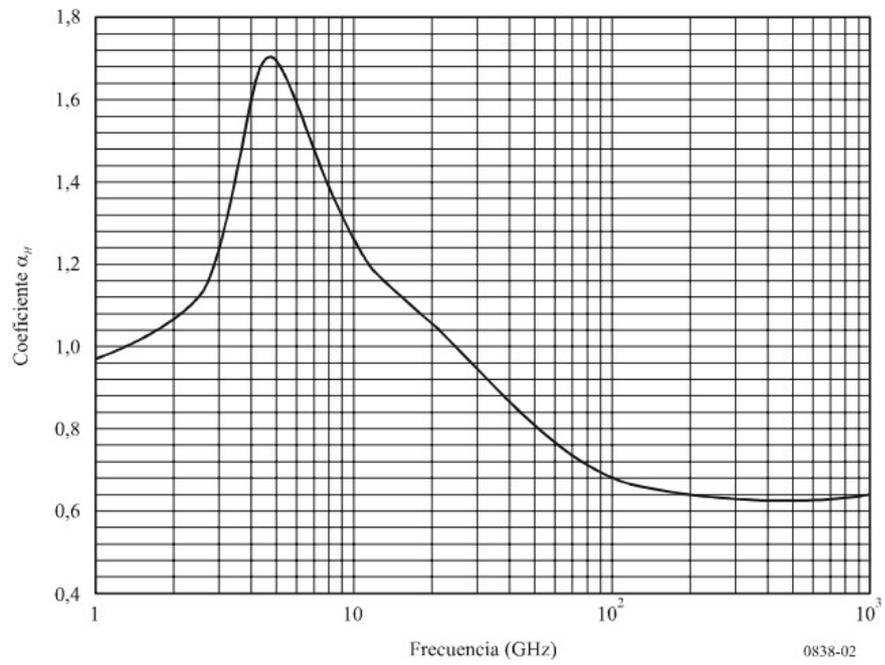
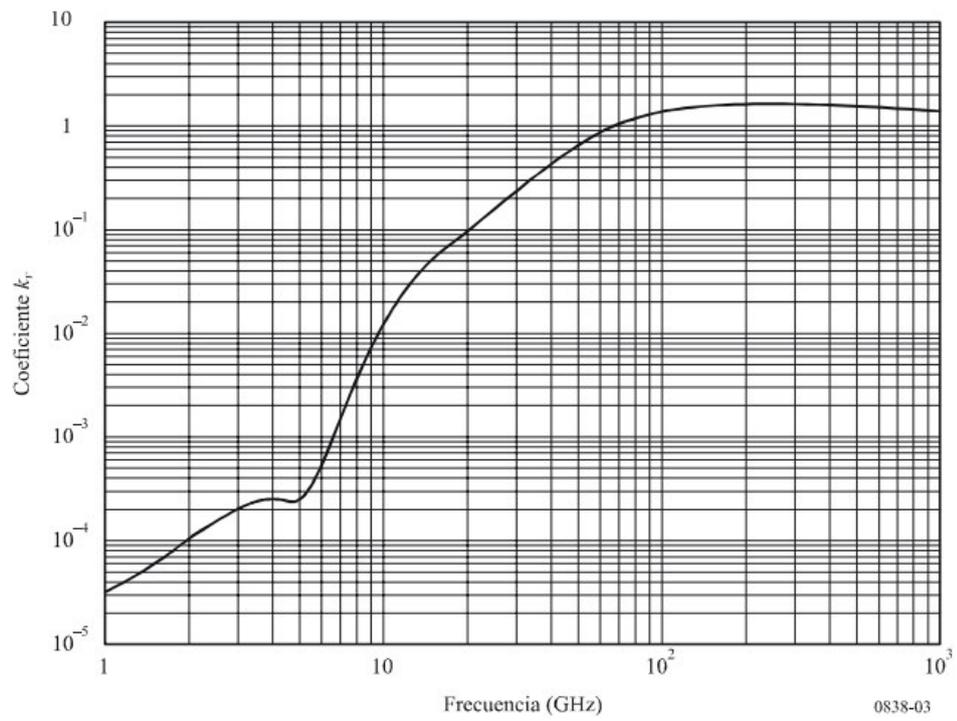
Coeficiente  $\alpha$  de polarización horizontal

Figura 2.12 Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2005 [30]

Coeficiente k de polarización vertical

*Figura 2.13 Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2005 [31]*

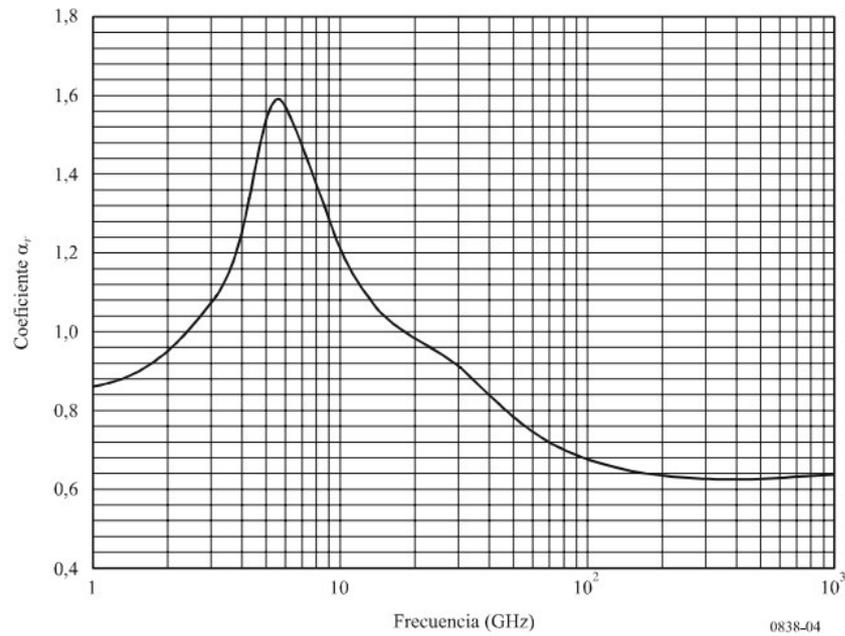
Coeficiente  $\alpha$  de polarización vertical

Figura 2.14 Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), 2005 [32]

### 2.5.3. Manchas solares.

El ruido solar se produce por la actividad de la corteza de nuestro sol. Mientras no se produzcan agitaciones de la corteza o manchas solares la producción de ruido es baja sin embargo, en períodos específicos, la actividad superficial del sol incrementa violentamente y produce manifestaciones energéticas intensas. El sol se comporta como un emisor de ondas de radio que emite en un amplio margen de frecuencias.

## **CAPÍTULO 3**

### **3. RED Y OPERACIÓN DEL SISTEMA DE RF**

#### **3.1. Diseño e infraestructura de torres para Radioenlace.**

Para la correcta operación del sistema propuesto se requiere que las localidades antes mencionadas se encuentren interconectadas entre sí, en la figura 3.1 se pueden apreciar las localidades georreferenciadas, así mismo cabe indicar que las repetidoras están conectadas a la red de Telconet S.A mediante Fibra Óptica esto garantiza un óptimo ancho de banda en los enlaces radiales hacia las escuelas.



Figura 3.1 Localidades del sistema

Para que los puntos puedan interconectarse entre sí se requiere del establecimiento de radioenlaces, los mismos que se ubican en torres no auto-soportadas las mismas que cumplen con disposiciones generales contempladas en los siguientes códigos y normativas internacionales:

- Standard EIA/TIA-222F (*Structural Standards for Steel Antenna Towers and Antenna Supporting Structures*).
- Código AISC-2005 (*Manual of Steel Construction*)
- Standard ASCE10-97 (*Design of Latticed Steel Transmission Tower*)
- Standard ASCE7-05 (*Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures*)
- Código IBC 2006 (*International Building Code*)

- Código AWS D1.1 (*American Welding Society*)
- American Society for Testing Materials. (ASTM A-36, ASTM A-572 Gr 50, ASTM A-325, ASTM A-394, ASTM A-123, ASTM A-153)
- Código ecuatoriano de la construcción

La geometría tribásica y el plano llave de las estructuras se pueden apreciar en las figuras 3.2 y 3.3 presentadas a continuación:

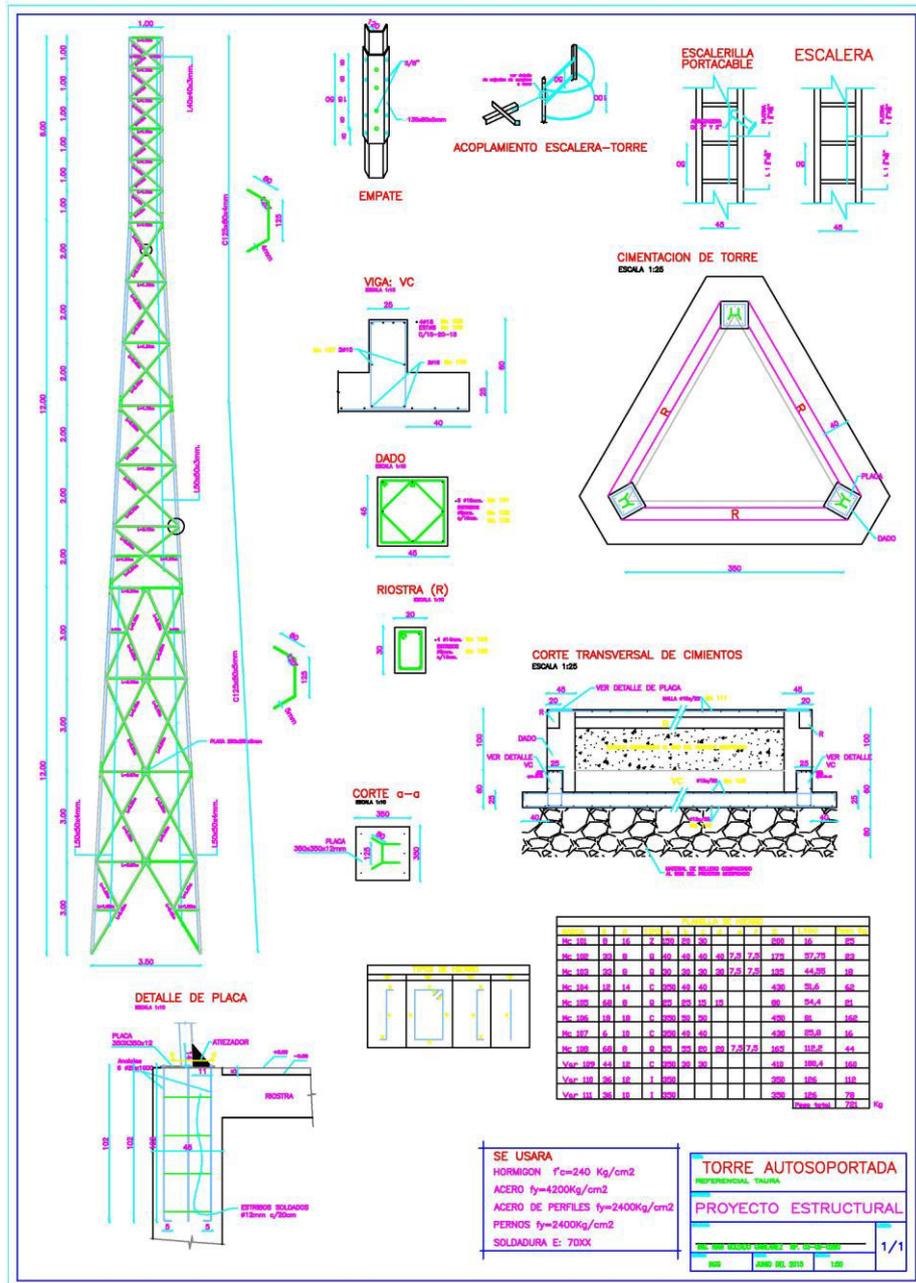
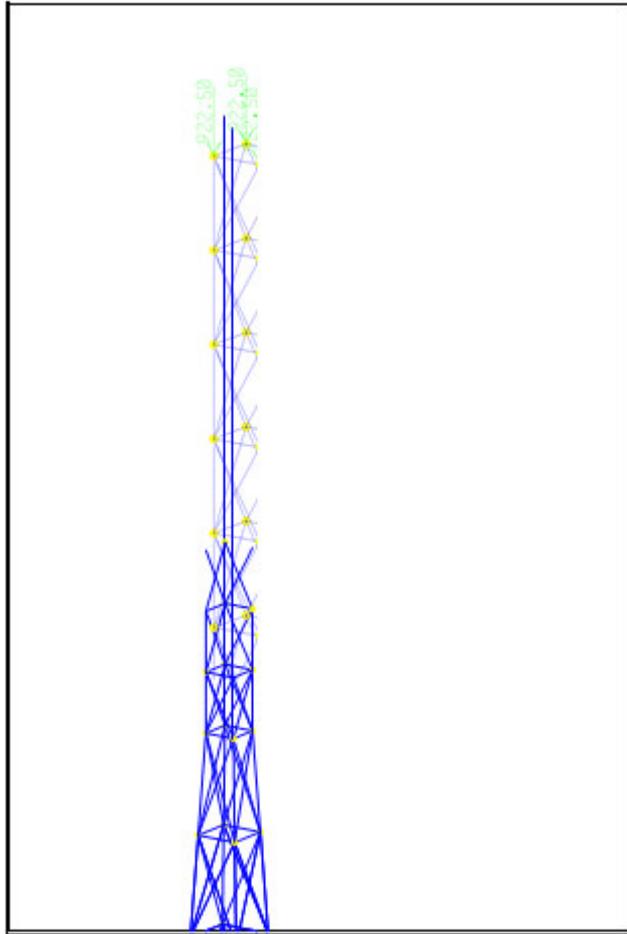


Figura 3.2 Geometría tribásica y plano llave de estructuras



*Figura 3.3 Modelo de la estructura*

### **3.2 Estudios de zona de FRESNEL de Radioenlace de las 5 escuelas del proyecto MINTEL en la provincia del Guayas**

Para el análisis de este proyecto se ha tomado como referencia 5 escuelas beneficiarias para la dotación del servicio de VoIP.

#### **ENLACE PUNTO A PUNTO HACIA ESCUELA PUEBLO NUEVO**

En este enlace el CPE se encuentra ubicado en el cantón Isidro Ayora, correspondiente a la Escuela Pueblo Nuevo. En la figura 3.4 se puede

apreciar el análisis de propagación del enlace hacia la Repetidora Lomas de Sargentillo.

Tabla 3.1 Tabla de datos de Escuela del proyecto Mintel

REPETIDORA	LOMAS DE SARGENTILLO
ALTURA DE TORRE DE LA REPETIDORA	30 MTS
NOMBRE DE ESCUELA	PUEBLO NUEVO
COORDENADAS DE LA ESCUELA	1°49'12.00"S 80° 7'12.00"O
ALTURA DE TORRE DE LA ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	7.6 KM
CANTON	ISIDRO AYORA
PROVINCIA	GUAYAS

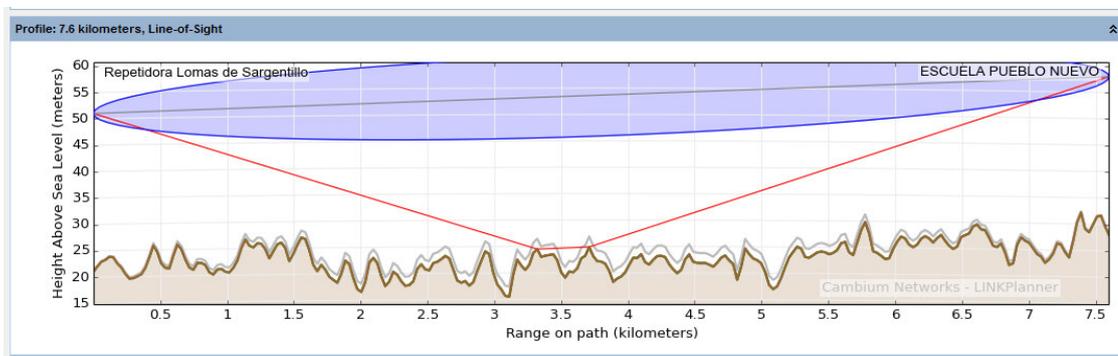


Figura 3.4 Simulación del Enlace Pueblo nuevo

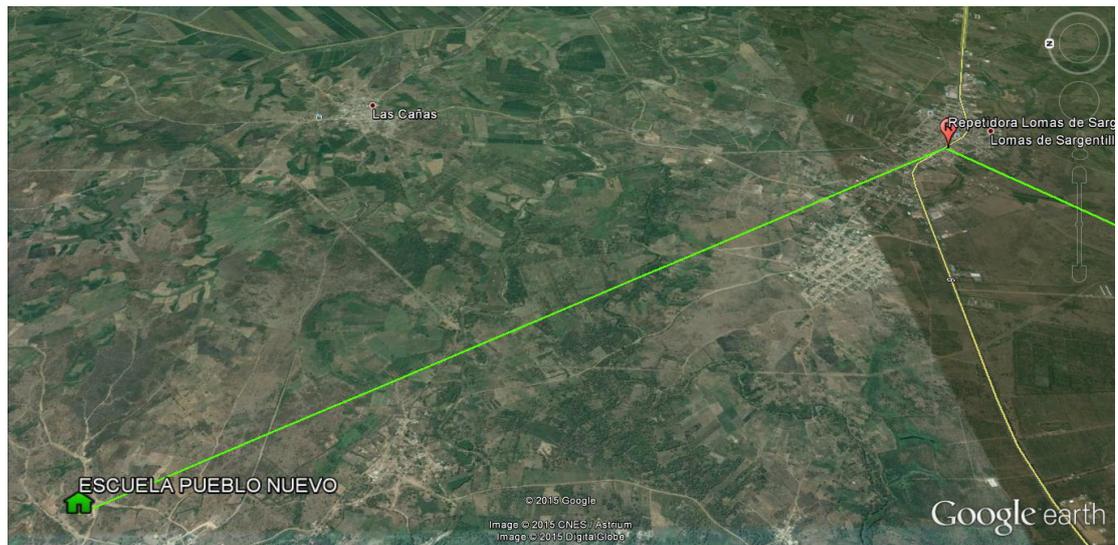


Figura 3.5 Simulación del Enlace Pueblo nuevo

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 125.31 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -64dBm. La distancia del enlace es de 7.6km. En la Figura 3.6 se presentan los detalles del enlace.

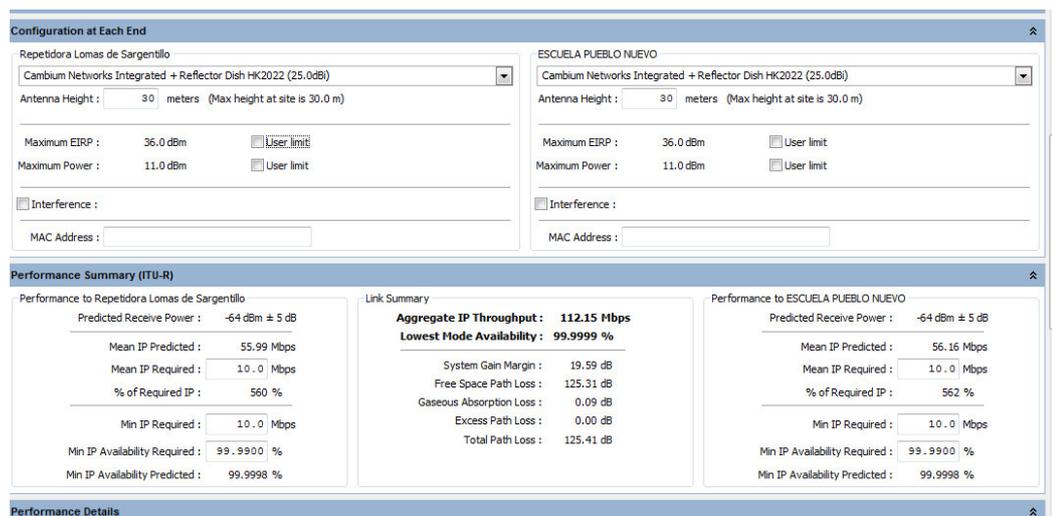


Figura 3.6 Detalles del Enlace Pueblo Nuevo

## ENLACE PUNTO A PUNTO HACIA ESCUELA JACINTO FRANCISCO GONZALEZ

En este enlace el CPE se encuentra ubicado en el cantón Isidro Ayora, correspondiente a la Escuela Jacinto Francisco Gonzalez. En la figura 3.7 se puede apreciar el análisis de propagación del enlace hacia la Repetidora Lomas de Sargentillo.

Tabla 3.2 Tabla de datos de Escuela del proyecto Mintel

REPETIDORA	LOMAS DE SARGENTILLO
ALTURA DE TORRE DE LA REPETIDORA	30 MTS
NOMBRE DE ESCUELA	JACINTO FRANCISCO GONZALEZ
COORDENADAS DE LA ESCUELA	1°56'24.00"S 80°9'0.00"O
ALTURA DE TORRE DE LA ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	7.7 KM
CANTON	ISIDRO AYORA
PROVINCIA	GUAYAS

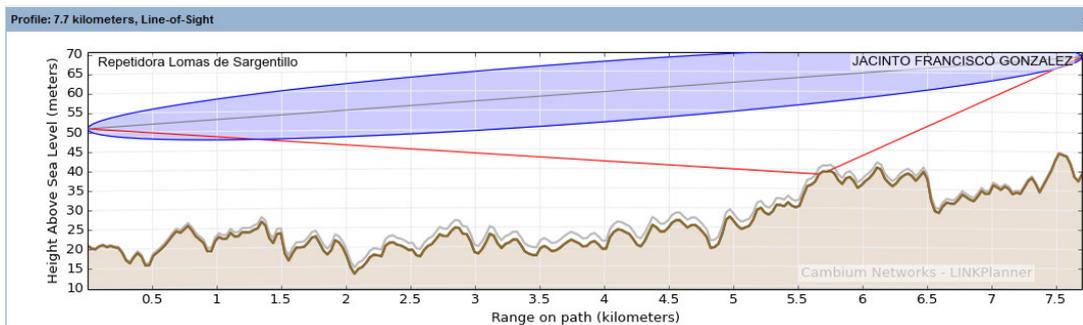


Figura 3.7 Simulación del Enlace Jacinto Francisco Gonzalez



Figura 3.8 Simulación del Enlace Jacinto Francisco Gonzalez

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 125.47 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -54dBm. La distancia del enlace es de 7.7km. En la Figura 3.9 se presentan los detalles del enlace.

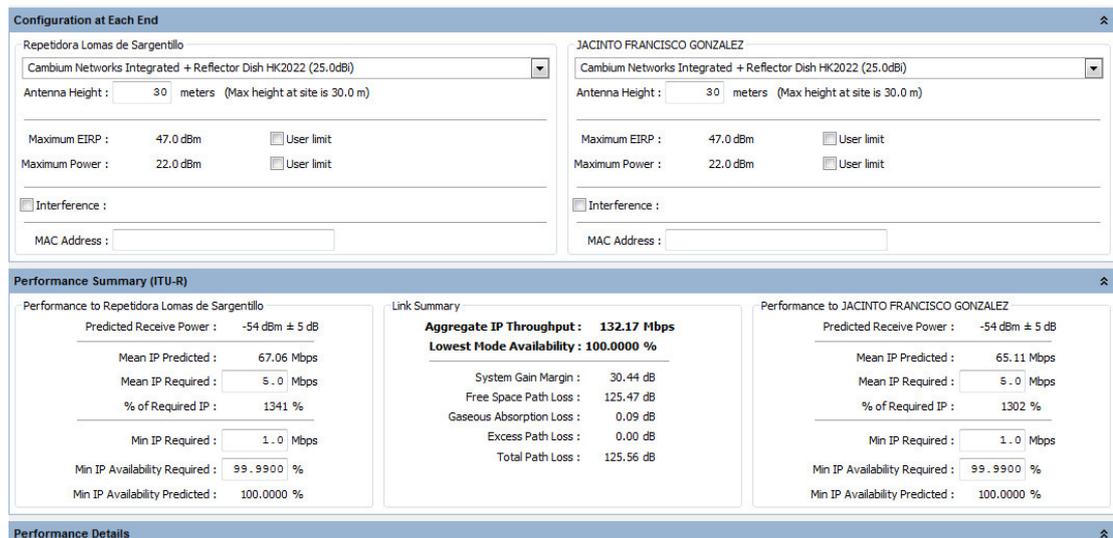


Figura 3.9 Detalles del Enlace Jacinto Francisco Gonzalez

## ENLACE PUNTO A PUNTO HACIA ESCUELA CRESPIN CEREZO

En este enlace el CPE se encuentra ubicado en el cantón Pedro Carbo, correspondiente a la Escuela Crespín Cerezo. En la figura 3.10 se puede apreciar el análisis de propagación del enlace hacia la Repetidora Pedro Carbo.

Tabla 3.3 Tabla de datos de Escuela del proyecto Mintel

REPETIDORA	PEDRO CARBO
ALTURA DE TORRE DE LA REPETIDORA	30 MTS
NOMBRE DE LA ESCUELA	CRESPIN CEREZO
COORDENADAS DE LA ESCUELA	1°45'32.02"S 80°14'45.94"O
ALTURA DE TORRE DE LA ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	6.9 KM
CANTON	PEDRO CARBO
PROVINCIA	GUAYAS

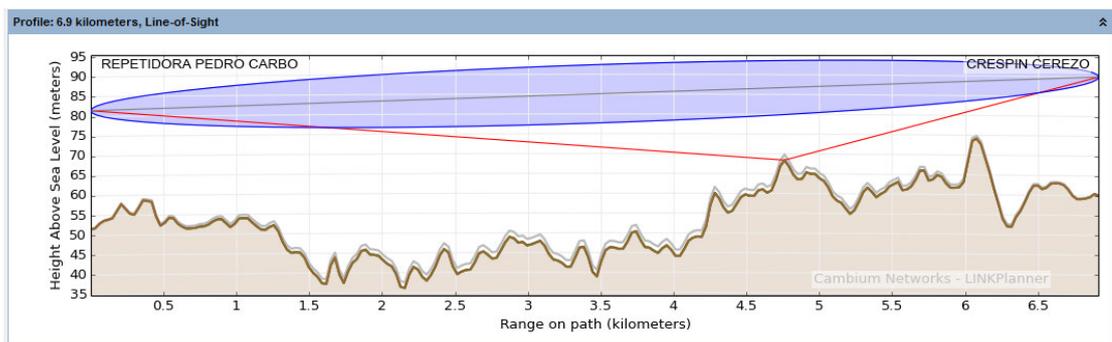
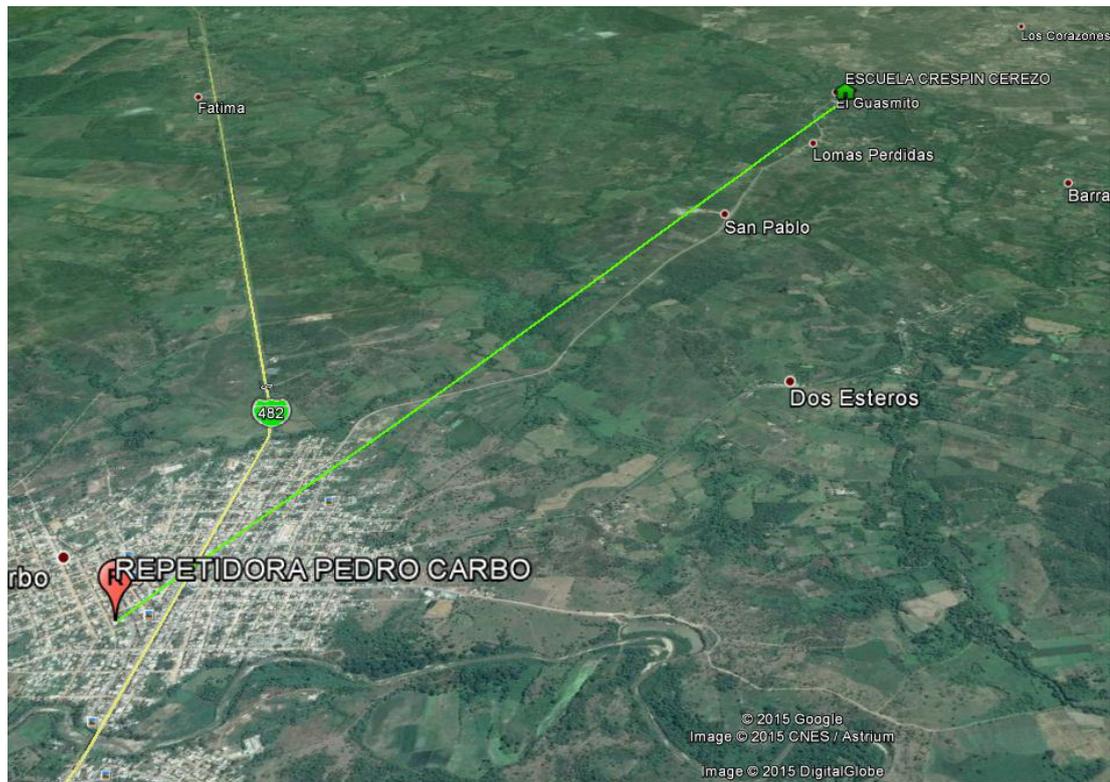


Figura 3.10 Simulación del Enlace Crespín Cerezo



*Figura 3.11 Simulación del Enlace Crespín Cerezo*

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 124.54 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -53dBm. La distancia del enlace es de 6.9km. En la Figura 3.12 se presentan los detalles del enlace.

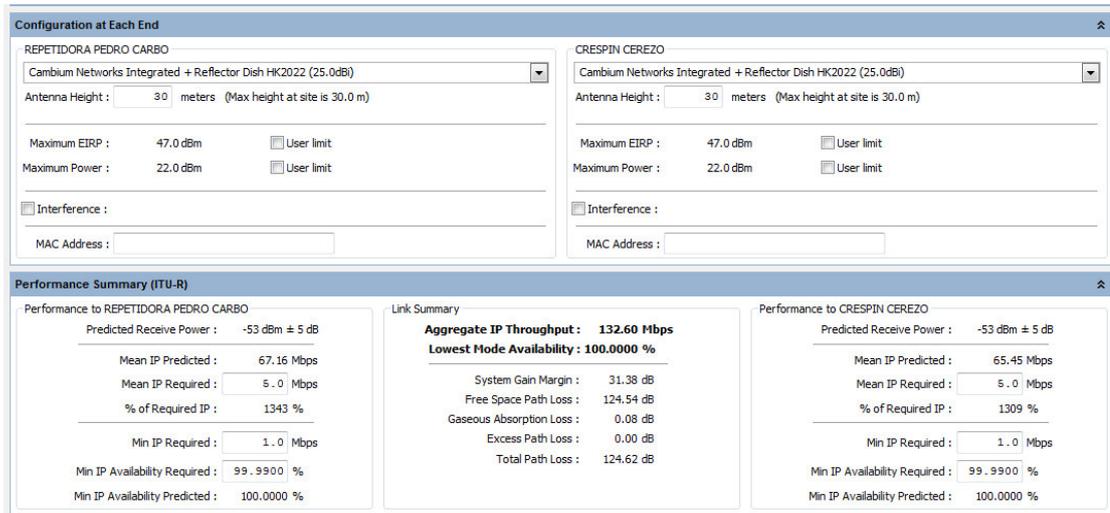


Figura 3.12 Detalles del Enlace Crespín Cerezo

## ENLACE PUNTO A PUNTO HACIA ESCUELA RUMINAHUI

En este enlace el CPE se encuentra ubicado en el cantón Santa Lucía, correspondiente a la Escuela Rumiñahui. En la figura 3.13 se puede apreciar el análisis de propagación el enlace hacia la Repetidora Santa Lucía.

Tabla 3.4 Tabla de datos de Escuela del proyecto Mintel

REPETIDORA	SANTA LUCIA
ALTURA DE TORRE DE LA REPETIDORA	30 MTS
NOMBRE DE LA ESCUELA	RUMUNAHUI
COORDENADAS DE LA ESCUELA	1°33'0.00"S 80° 2'24.00"O
ALTURA DE TORRE DE LA ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	19.1 KM
CANTON	SANTA LUCIA
PROVINCIA	GUAYAS

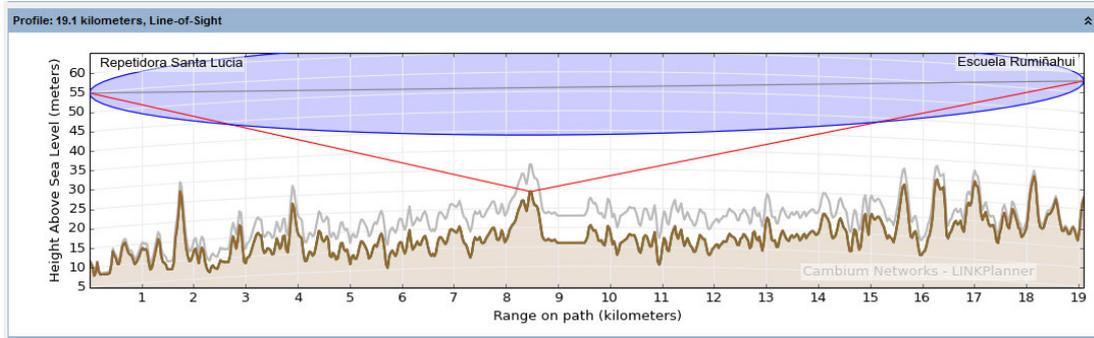


Figura 3.13 Simulación del Enlace Rumiñahui

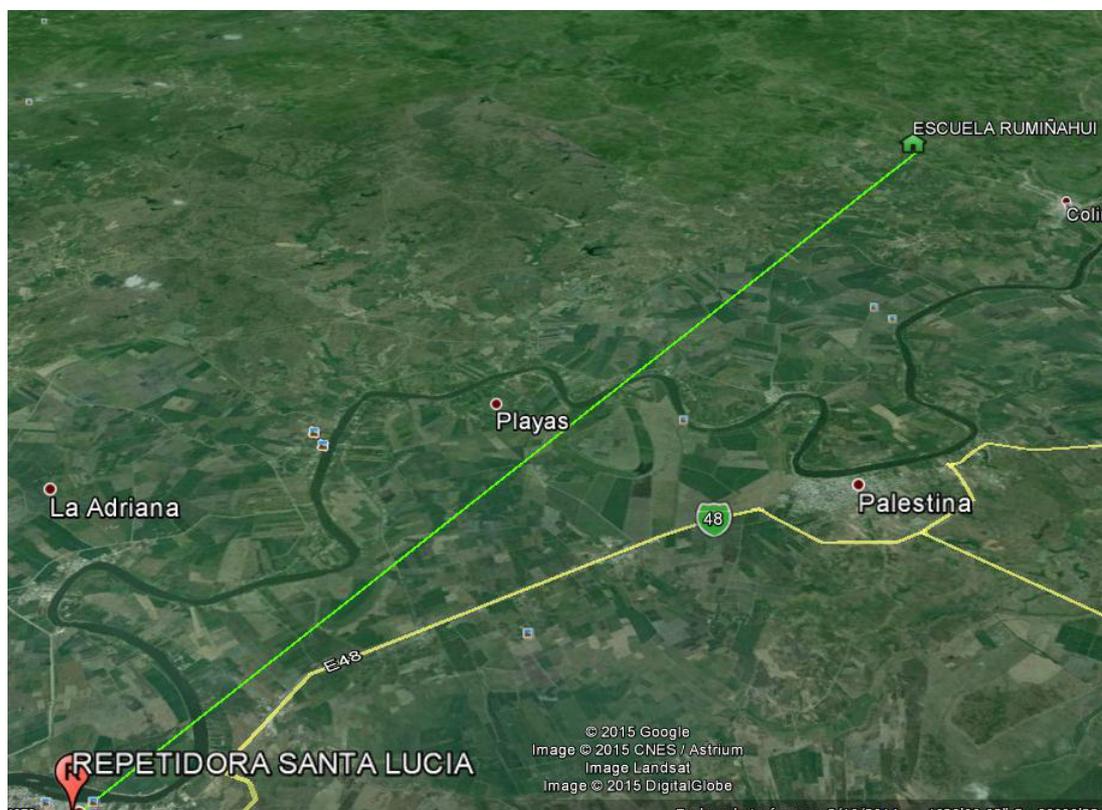


Figura 3.14 Simulación del Enlace Rumiñahui

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 133.36 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -62dBm. La distancia del enlace es de 19.1km. En la Figura 3.15 se presentan los detalles del enlace.

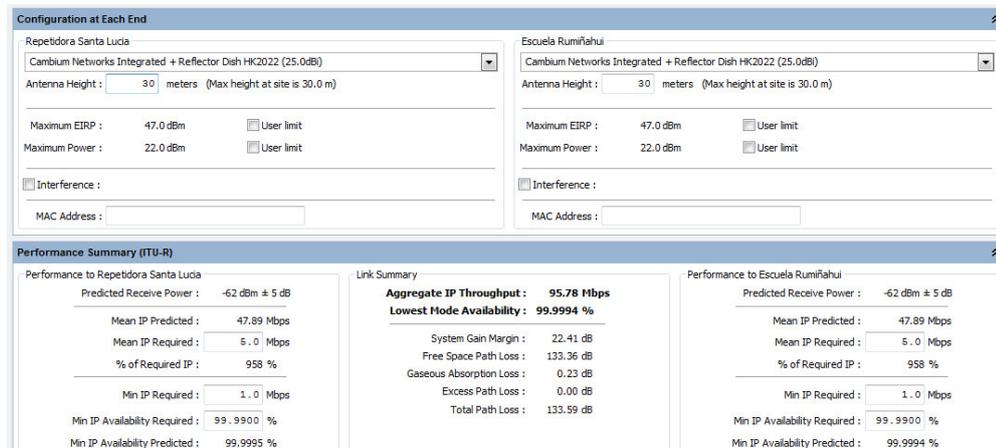


Figura 3.15 Detalles del Enlace Rumiñahui

### 3.3. Diseño de una red Vsat

A partir de los estudios realizados en zona de fresnel se ha verificado que existen ciertas escuelas que a nivel topográfico es imposible realizar enlaces de radio, y que la FO es económicamente inviable o no existe infraestructura de postiería para llegar a estos sectores. Después de estos estudios se ha verificado que en la provincia del Guayas existe 1 escuela que deberá tener el servicio satelital. Este enlace satelital tendrá como objetivo principal la transmisión de voz y datos. En la figura 3.16 se puede observar la antena satelital, Buc y el LNB que formar parte de la estación Vsat. Todo estos equipos son exteriores y en el interior se encuentra el modem satelital (IDU) el cual envía y recibe la información a través del satélite hacia el HUB satelital de Telconet.

La transmisión hacia y desde el satélite se realiza en banda KU.



*Figura 3.16 Antena Satelital*

## **CAPÍTULO 4**

### **4. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN**

#### **4.1. Descripciones Técnicas de los Equipos de VoIP**

El diseño de la solución propuesta requiere de la utilización de equipos de alta gama tecnológica que garanticen la prestación de un servicio de calidad, con latencias imperceptibles al usuario final, y con normas de calidad que permitan una comunicación ininterrumpida y eficaz.

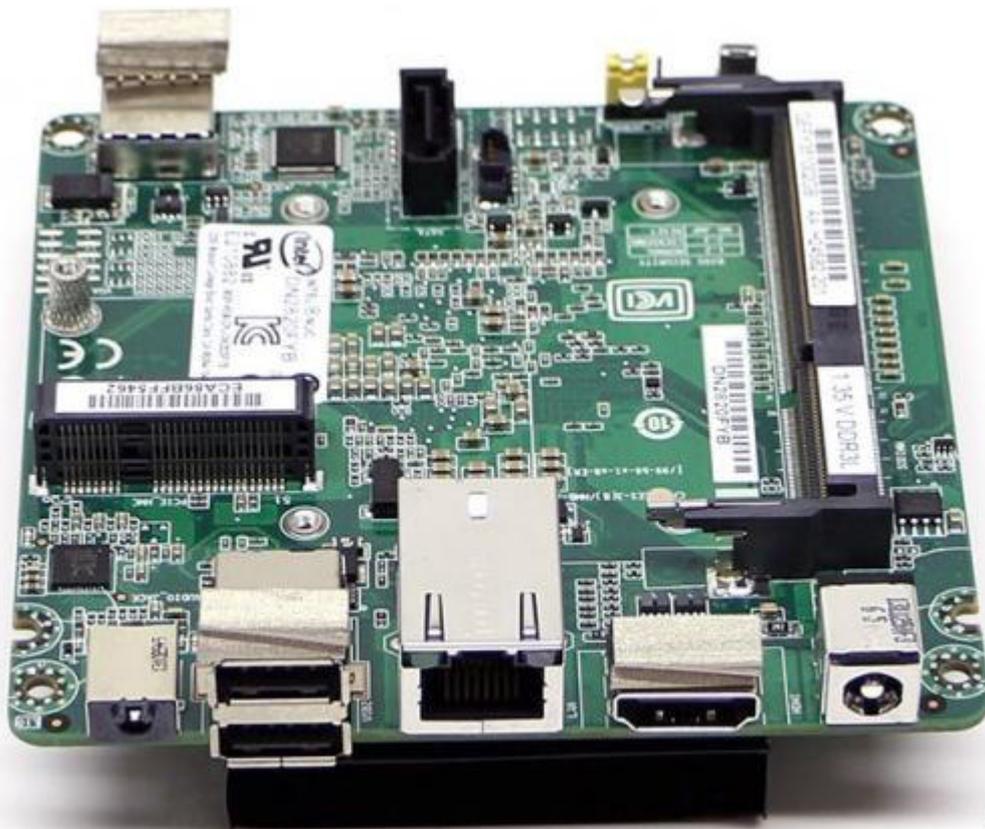
En virtud de ello a continuación se procederá a analizar cada uno de los equipos que se propone en el diseño, los mismos que han sido cuidadosamente seleccionados.

##### **4.1.1 Microcomputador NUC (NUC no es equipo de Voip)**

El avance de la tecnología de microcontroladores y el desarrollo masivo de los PIC (*Peripheral Interface Controller*) y las FPGA (*Field Programmable*

*Gate Array*), sirven como base para el surgimiento del NUC Intel Celeron, un microcomputador de bajo costo desarrollado con la finalidad promover el aprendizaje y familiarización de herramientas informáticas, pero que debido a la versatilidad del diseño, sus aplicaciones han escalado a niveles comerciales, es muy sencillo y barato con gran rendimiento para tareas educativas.

En la figura 4.1 se puede apreciar la placa frontal del NUC Intel modelo *DN2820FYKH*.



*Figura 4.1 Placa frontal del Nuc Intel Modelo DN2820FYKH [33]*

La placa computadora o SBC (*Single-Board Computer*) NUC, fue lanzada al mercado en Abril del 2013 a un precio estimado de \$100 en Estados Unidos y tiene las características presentadas en la Tabla 4.1:

*Tabla 4.1 Características principales de la Placa Computadora Nuc Intel [34]*

<b>Característica</b>	<b>Descripción</b>
Fabricante	Intel
Modelo	DN2820FYKH
Procesador	Intel Celeron 2.13 Ghz
Lanzamiento	Abril 2013
Sistema Operativo	Windows 7/ Linux / Ubuntu
Alimentación	1.3 Volts DC
Tipo de Memoria	DDR3L-1066/1333 1.5V SO-DIMM
Salida de Gráficos	HDMI 1.4a
Memoria	8 GB RAM
Almacenamiento	Micro SDHC slot
Puertos USB 2.0	USB Hub de 3 puertos incorporado en la placa

Como se puede apreciar, el NUC tiene un Procesador de 2.13 GHz Intel Celeron que le proporciona una capacidad de procesamiento importante para aplicaciones de todo tipo, incluyendo la implementación de sistemas de transmisión de VoIP.

Pero la principal ventaja de esta placa computadora es su relación costo-beneficio, ya que proporciona características importantes por un precio de

mercado sumamente económico, por lo que se ha considerado como parte importante del diseño del sistema de VoIP.

En la figura 4.2 se puede apreciar un bosquejo de la placa computadora con la distribución de su hardware y ranuras que proporcionan la funcionalidad de esta microcomputadora.



*Figura 4.2 Diagrama de la placa frontal del Nuc Intel Celeron [35]*

En el Anexo 1 se adjunta el diagrama esquemático del Nuc Intel, el cual ha sido publicado en el sitio *Web* de Intel.<sup>15</sup> [36]

En cuanto a las características de software, el NUC tiene incorporado el sistema operativo Windows 7 sin embargo es posible cargar cualquier tipo de sistema operativo compatible a través de una tarjeta de memoria SDHC.

---

<sup>15</sup> (Intel, 2015)

#### **4.1.2 Investigación y Diseño**

Previo a la selección de los equipos requeridos para la implementación del sistema de VoIP, se debe proceder con la elaboración del diseño respectivo que busca fundamentalmente satisfacer las demandas mínimas de servicio determinadas por la entidad contratante.

El servicio requerido es:

- Brindar un servicio de asistencia telefónica permanente para coadyuvar a la solución de inconvenientes técnicos en caso de que se susciten interrupciones en la continuidad del servicio de conectividad de los centros educativos pertenecientes a los proyectos concesionados a TELCONET S.A. en la provincia del Guayas.

Para satisfacer el requerimiento se ha optado por hacer uso de tecnología de VoIP que facilite la comunicación en tiempo real entre los administradores de los centros de cómputo de las unidades educativas, y el centro de asistencia técnica de TELCONET S.A. Éste servicio debe estar disponible las 24 horas, y en el presente diseño nos centraremos exclusivamente en las características técnicas de la red de comunicación y en la calidad del servicio de la transmisión.

Para proporcionar un sistema de telefonía IP, se requiere esencialmente de la instalación de una central telefónica basada en protocolos de VoIP. Toda

la red telefónica estaría centralizada por un *gateway* de comunicaciones que proporcionaría las funcionalidades básicas de una central telefónica tradicional junto con otras características adicionales.

El *gateway* se basará en el Protocolo de Inicio de Sesiones (SIP, *Session Initiation Protocol*) el cual es un protocolo de la capa de sesión conforme al modelo OSI (*Open System Interconnection*)<sup>16</sup> [37] que facilita la señalización y permite crear, modificar y terminar sesiones con uno o más clientes. Las sesiones incluyen: llamadas telefónicas, transferencia de datos multimedia y conferencias en tiempo real. Adicionalmente SIP permite la implementación de políticas de ruteo de llamadas en el sistema a través de los servicios de protocolos de capa de transporte del modelo OSI. En la figura 4.3 se puede apreciar como el protocolo SIP, ubicado en la capa de aplicación del modelo TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*) de la figura 4.3, proporciona servicios de inicio y fin de llamadas de voz y video a nivel superior y para ello se soporta en los protocolos de capa de transporte TCP/IP tales como UDP (*User Datagram Protocol*), SCTP (*Stream Control Transmission Protocol*) y TCP.<sup>17</sup> [38]

---

<sup>16</sup> (Internet Engineering Task Force (IETF), 1999)

<sup>17</sup> (Universidad de Buenos Aires, 2006)

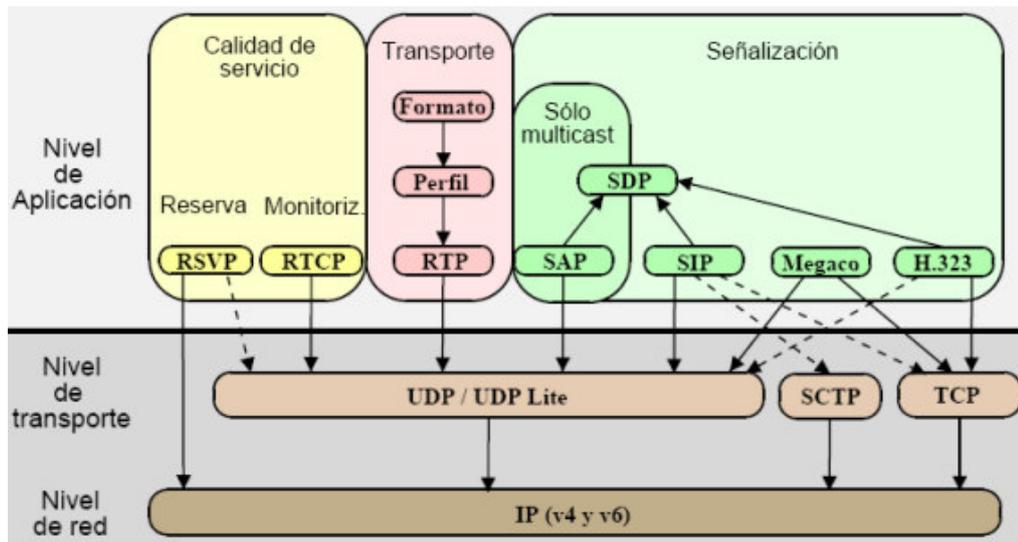


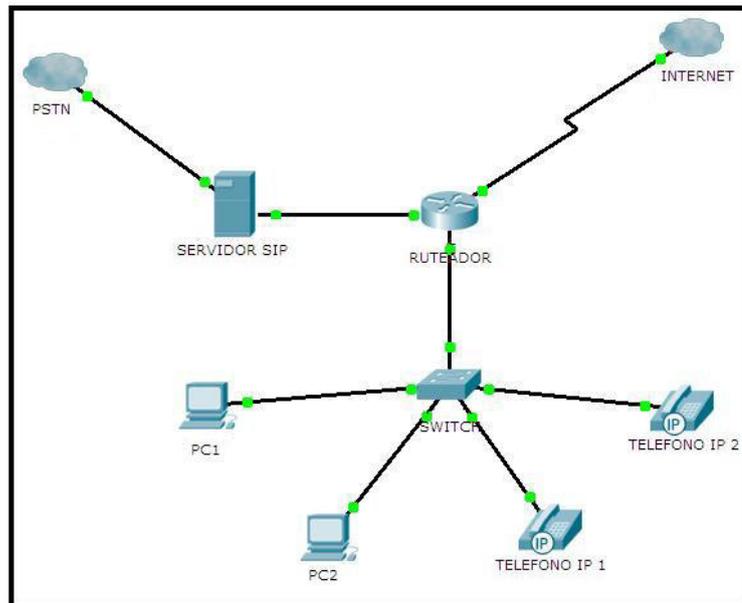
Figura 4.3 Funcionalidad de protocolos involucrados en VoIP [39]

SIP hace uso de elementos de red denominados servidores proxy o servidores SIP para ayudar a enrutar las peticiones hacia la localización actual del usuario, autenticar y autorizar usuarios.

De lo anteriormente expuesto se evidencia que el primer elemento de red del diseño del sistema es el *gateway* basado en protocolo SIP, implementado por un servidor proxy con funcionalidades SIP incorporadas. Las características específicas de este servidor se detallarán posteriormente.

Adicionalmente se requerirá un router que proporcione la capacidad de encaminamiento de datos por la red, un switch que brinda servicios de capa 2 a los clientes, computadoras y teléfonos IP.

En la figura 4.4 se presenta el diseño de la central telefónica IP propuesta, elaborado con el software Packet Tracer ® de Cisco Systems.



*Figura 4.4 Estructura de una central telefónica IP*



*Figura 4.5 Rack de comunicaciones de la central telefónica IP*

El software requerido para el diseño del Sistema es el siguiente:

- Firewall
- Aplicaciones específicas de VoIP
- Teléfonos IP virtuales

#### 4.1.3 Selección y Adquisición de Equipos VoIP

Para proceder con la selección de los equipos del Sistema analizaremos las características técnicas del servidor HP ProLiant DL120 Gen9 que junto con el software apropiado funcionará como proxy SIP, en la tabla 4.2 se presentan los datos técnicos básicos del servidor.

*Tabla 4.2 Características del servidor SIP [40]*

Característica	Descripción
Fabricante	Hewlett Packard
Modelo	ProLiant DL120
Procesador	Intel®Xeon®E5-2630 v3
Memoria RAM	256 GB (8x32 GB RDIMM@2133 MHz)
Controlador de Almacenamiento	Adaptador de bus de Host H240
Almacenamiento	8 TB SFF/SATA

El procesador Intel® Xeon® E5-2630 v3 tiene 8 núcleos, una frecuencia de reloj de 2.4 GHz y 20 MB de caché; adicionalmente cuenta con 8 memorias RDIMM de 32 GB que proporcionan una capacidad máxima de 256 GB que

ofrece las características de hardware necesarias para trabajar como un servidor proxy SIP de una central telefónica IP.



*Figura 4.6 Servidor HP ProLiant DL120 Gen9 [41]*

Para las funciones de enrutamiento de capa 3 se explotarán las funcionalidades de un ruteador lo suficientemente robusto para garantizar la continuidad del servicio y que maneje protocolos de enrutamiento complejos y eficientes que faciliten el flujo de datos a grandes velocidades, para lo cual el ruteador deberá contar con un procesador apropiado para manejar los algoritmos requeridos.

Los ruteadores de la serie 2800 de Cisco ofrecen las características apropiadas para la red, proporcionan conectividad de red segura para datos, vídeo y voz y comunicaciones IP convergentes ideales para aplicaciones multipropósito como redes de VoIP.<sup>18</sup> [42]

---

<sup>18</sup> (Cisco Systems, Inc., 2015)

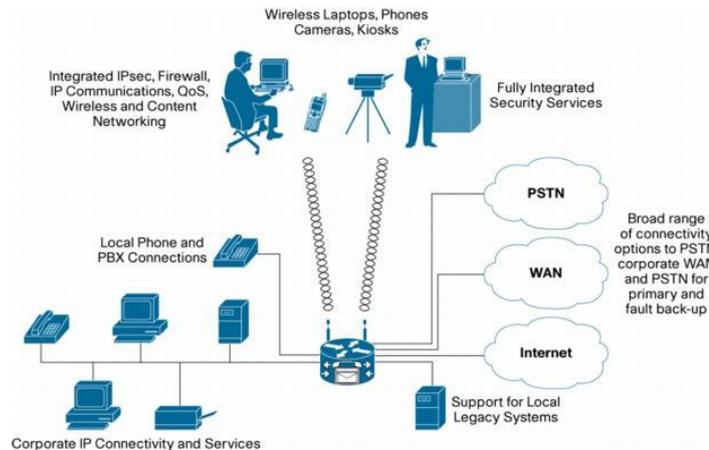


Figura 4.7 Red integrada de Servicios convergentes con CISCO 2800 Series [43]

Entre las características principales de la serie 2800 de Cisco destacan, para los fines del presente diseño, las mencionadas en la tabla 4.2.

Tabla 4.2 Características del Router Cisco Serie 2800 [44]

Característica	Beneficio
Soporta Telefonía IP	Posee módulos HWIC que pueden ser utilizados para soportar telefonía IP.
Ranuras para Módulos EVM	Las ranuras para Módulos EVM (Extensión Voice Module), disponibles únicamente en los ruteadores 2821 y 2851 proporcionan soporte para 24 sesiones simultáneas de VoIP.
Ranuras incorporadas en la placa madre para PDVM (DSP)	Los módulos DSP dan soporte transmisiones de voz digital y analógica, conferencias y aplicaciones basadas en el protocolo RTP
Amplia gama de interfaces de voz	Posee interfaces para la PSTN, PBX, FXS y FXO entre otros
Arquitectura Modular	Los Cisco 2800 soportan más de 90 módulos diferentes, incluyendo interfaces WIC, VIC, módulos de red, entre otros.
Soporte MPLS	Soporta protocolos MPLS
Firewall Cisco IOS	Proporciona diversos mecanismos de seguridad incorporados en el Sistema Operativo Firewall IOS que incluyen alertas en tiempo real, firewall Ipv4 e Ipv6, sistemas de autenticación y autorización por usuario, entre otros

El router Cisco 2851 de la serie 2800 será el que se utilizará para la implementación de la central telefónica objeto de estudio del presente trabajo. En la figura 4.8 se puede observar el panel trasero del Cisco 2851.

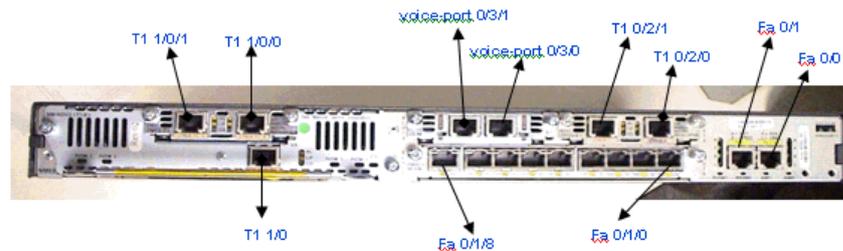


Figura 4.8 Router Cisco 2851 [45]

Para facilitar la conmutación a nivel de capa 2 se incorporará un switch de la serie Catalyst 2960-S de 48 puertos configurable por consola o remotamente, con IOS incorporado. En la figura 4.9 se pueden apreciar las características del conmutador.

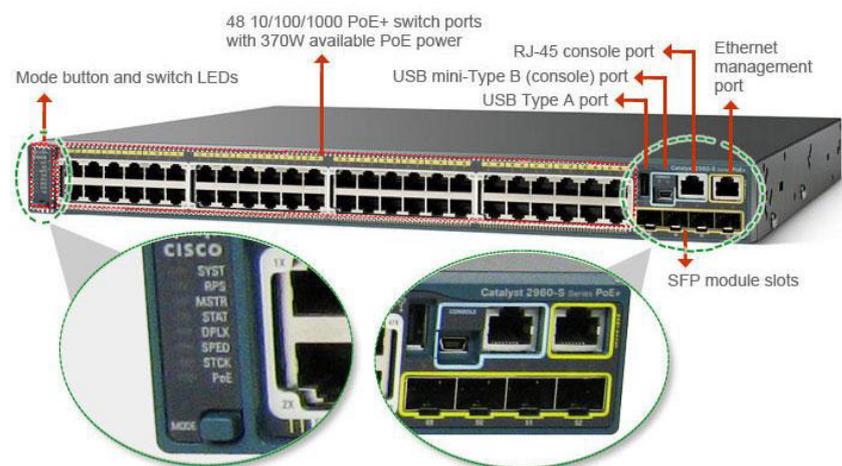


Figura 4.9 Switch Catalyst 2960-S [46]

El teléfono IP es parte fundamental del diseño del Sistema, para satisfacer las necesidades requeridas de comunicación VoIP se hará uso del Teléfono IP Cisco 7970-G presentado en la figura 4.10.



*Figura 4.10 Teléfono IP Cisco 7970-G [47]*

En la tabla 4.3 se detallan las características del Cisco 7970-G.

*Tabla 4.3 Características del teléfono IP Cisco 7970-G [48]*

<b>Característica</b>	<b>Beneficio</b>
Protocolos soportados	SCCP, DHCP, TFTP
Algoritmo de codificación de voz	G.729 A/B, G.711
Tipo de conexión	Conexión de red RJ-45
Funcionalidades	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificador de llamadas</li> <li>• Llamada de espera</li> <li>• Transferencia de llamadas</li> <li>• Selección de tono de repique</li> <li>• Conferencia de llamadas</li> <li>• Pantalla táctil</li> </ul>

#### **4.1.4 Descripción de pruebas**

Para poder realizar pruebas y comprobar su funcionamiento se procederá a utilizar diferentes equipos y herramientas que nos permitan verificar el perfecto funcionamiento del diseño propuesto, para así tener una óptima comunicación de ambas vías entre NOC Mintel y Escuela por medio de los Radio-enlaces y la Vsat. Se procederá a realizar pruebas a todos los elementos del diseño propuesto como en software y hardware.

### **4.2. Operación del sistema**

#### **4.2.1 Ubicación de los Teléfonos IP en las Diferentes Escuelas**

Según el contrato suscrito entre el Ministerio de Telecomunicaciones y Sociedad de la Información y la empresa TELCONET S.A. cuyo objeto es la dotación de conectividad y equipamiento para escuelas fiscales y organismos de desarrollo social a nivel nacional. De acuerdo con los Términos de referencia del proceso en cuestión, la empresa TELCONET debe brindar el servicio requerido por MINTEL a diversos centros educativos del país entre los que se incluyen los especificados en la tabla 4.4 y que pertenecen a la zona 5, provincia del Guayas.

Tabla 4. 4: Tabla de Escuelas pertenecientes a la provincia del Guayas

N <sup>o</sup>	ZONA	PROVINCIA	CANTON	PARROQUIA	INSTITUCION EDUCATIVA	NUMERO DE DOCENTES	NUMERO DE ALUMNOS
1	ZONA 5	GUAYAS	DAULE	DAULE	JOSE JOAQUIN DE OLMEDO	14	363
2	ZONA 5	GUAYAS	NARANJAL	SAN CARLOS	SIMON BOLIVAR	8	318
3	ZONA 5	GUAYAS	COLIMES	COLIMES	RUMIÑAHUI	6	115
4	ZONA 5	GUAYAS	CRNEL. MARCELINO MARIDUEÑA	CRNEL. MARCELINO MARIDUEÑA	ECUADOR PAIS AMAZONICO 4	11	304
5	ZONA 5	GUAYAS	SIMON BOLIVAR	SIMON BOLIVAR	OLMEDO SALVADOR MUÑOZ MERCHAN	10	144
6	ZONA 5	GUAYAS	SALITRE	GRAL.VERNAZA (DOS ESTEROS)	GENERAL VERNAZA	21	236
7	ZONA 5	GUAYAS	SALITRE	EL SALITRE	LAUTARO VERA VILLEGAS	9	205
8	ZONA 5	GUAYAS	SALITRE	EL SALITRE	27 DE NOVIEMBRE	8	200
9	ZONA 5	GUAYAS	SALITRE	SALITRE	FRANCISCO CAMPOS	11	280
10	ZONA 5	GUAYAS	ANTONIO ELIZALDE (BUCAJ)	ANTONIO ELIZALDE (BUCAJ)	FRANCISCO FALQUEZ AMPUERO	14	206
11	ZONA 5	GUAYAS					
12	ZONA 5	GUAYAS	PEDRO CARBO	PEDRO CARBO	CRESPIN CEREZO	14	307
13	ZONA 5	GUAYAS	SANTA LUCÍA	SANTA LUCÍA	CARCHI MACARA 11	5	160
14	ZONA 5	GUAYAS	SALITRE	JUNQUILLAL	ANGELA AVILES DE CEDEÑO	12	285
15	ZONA 5	GUAYAS	SALITRE	VERNAZA	ZENON VELEZ VITERI	10	160
16	ZONA 5	GUAYAS	DAULE	DAULE	JOSE JOAQUIN DE OLMEDO	14	363
17	ZONA 5	GUAYAS	ISIDRO AYORA	ISIDRO AYORA	JACINTO	12	252

7	5				FRANCISCO GONZALEZ HUACON		
18	ZONA 5	GUAYAS	ISIDRO AYORA	ISIDRO AYORA	PUEBLO NUEVO	7	182
19	ZONA 5	GUAYAS	PEDRO CARBO	PEDRO CARBO	CRESPIN CEREZO	14	307
20	ZONA 5	GUAYAS	PEDRO CARBO	PEDRO CARBO	SAN FRANCISCO DE ASIS	6	150
21	ZONA 5	GUAYAS	SANTA LUCIA	SANTA LUCIA	CARCHI MACARA	8	160
22	ZONA 5	GUAYAS	SANTA LUCIA	SANTA LUCIA	NICOLAS SEGOVIA	7	144
22	ZONA 5	GUAYAS	SANTA LUCIA	SANTA LUCIA	RUMIÑAHUI	10	180
23	ZONA 5	GUAYAS	SALITRE	SALITRE	FEDERICO PROAÑO MARQUEZ	12	190
24	ZONA 5	GUAYAS	SANTA LUCIA	SANTA LUCIA	CABUYAL	8	180
25	ZONA 5	GUAYAS					
						251	5391
						5642	

Del total de unidades educativas, se han escogido las 25 escuelas de la tabla 4.4 como beneficiarias del Sistema de telefonía IP diseñado en el presente trabajo. Como se puede apreciar, el impacto social es importante ya que se benefician 5642 personas entre alumnos y maestros de cada uno de los establecimientos fiscales. En cada escuela se instalará un teléfono IP que permitirá proporcionar asistencia técnica en caso de requerirlo; el administrador de cada laboratorio será el responsable del uso apropiado del teléfono IP.

#### 4.2.2 Ubicación de la Central Telefónica IPPBX en Matriz

La central telefónica es la localidad que alberga a los equipos de conmutación y los demás requeridos para la operación de las llamadas telefónicas, dicha central se encuentra ubicada en el Datacenter de TELCONET S.A. En la figura 4.11 se puede apreciar un esquema de convergencia entre la central Voip y escuelas del proyecto mintel.

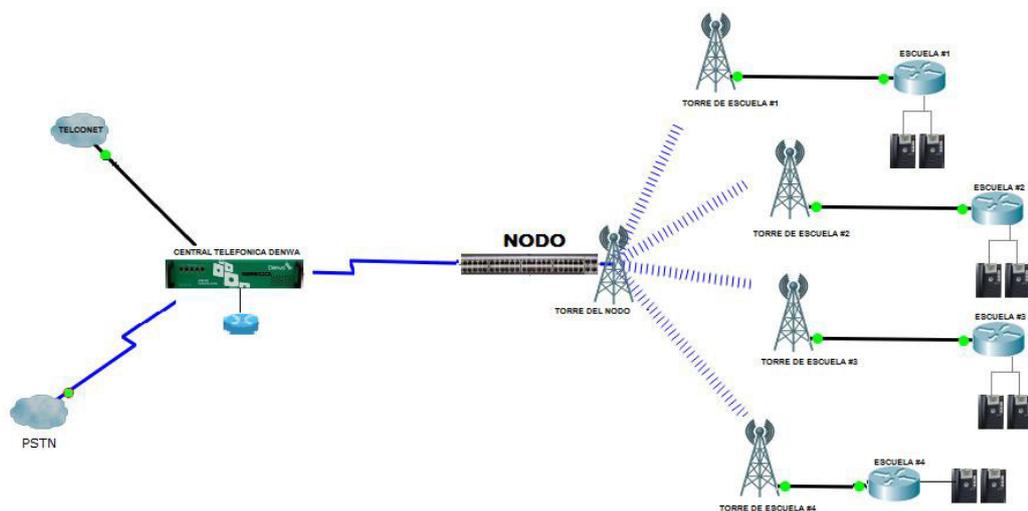


Figura 4.11 Diagrama general de enlace

#### 4.2.3 Diseño e infraestructura de torres para Radioenlace

Para el diseño propuesto se requiere de torres que cumplan con estándares internacionales de seguridad. Las torres tendrían una altura estándar de 30 mts, esta es la misma altura que se ingresó en los estudios de fresnel. A continuación se detalla las especificaciones recomendadas:

- Cañería de 1 pulgada de diámetro para los vértices
- Cañería negra de 1 ¼ de pulgada para las uniones

- Varilla corrugada de 10 milímetros de diámetro para reticulado.
- Base central de las torres en plancha de 6 milímetros de espesor.
- Anclajes laterales fabricados en varilla de 12 milímetros de diámetro con una placa en un extremo con diferentes agujeros para sujeción a tensores.

Todo este material después de su fabricación será sometido a un baño de galvanizados en caliente, Luego serán pintadas en color blanco y naranja.

### **4.3 Configuración de los Equipos que intervienen en el Ruteo de Paquetes**

#### **4.3.1 Configuración de la Central VoIP**

Para poder administrar los recursos telefónicos basados en telefonía IP, de la compañía **TELCONET S.A.** utiliza el **IPBX** Virtual desarrollado por Denwa Technologies Corp. que permite gestionar más de 10 millones de usuarios en su modelo de DataCenter IP.<sup>19</sup> [49]

En la figura 4.12 se puede apreciar la interfaz de operación del Denwa.

---

<sup>19</sup> (Denwa Techonlogy Corp.)

The screenshot displays the Denwa IPBX user interface. At the top, there is a navigation menu with options: INICIO, USUARIOS, GRUPOS, PREATENDEDOR, REPORTE, and CONFIGURACIÓN. The current page is titled 'USUARIOS'. On the left, there is a search form titled 'Buscar Usuarios' with the following fields: 'Buscar por:' (set to 'Apellido'), 'Buscar texto:' (containing 'navarro'), 'Estado:' (set to 'Todos los usuarios'), and 'PBX Prefix:'. Below the form are 'Confirmar' and 'Exportar' buttons. On the right, there is a table titled 'Resultados de la Búsqueda' with the following data:

Nombre	Apellido	Extensión	Tipo	Acción
Cristina	Navarro	4005	Teléfono	modificar / borrar
Shirley Tabiana	Navarro Ramirez	4617	Teléfono	modificar / borrar
Luis	Navarro	4923	Teléfono	modificar / borrar

At the bottom of the interface, it says 'Powered by Denwa v. 3.2.6 © Copyright 2009-2015 | www.denwaip.com'.

Figura 4.12 Interfaz de operación Denwa

La IPBX Denwa es un sistema altamente versátil totalmente gráfico que garantiza la operatividad eficiente y continua del sistema haciendo uso de herramientas de software, reduciendo el costo de implementación de manera considerable sin minimizar la calidad del servicio prestado.

Para la creación de una nueva PBX IP se debe ir al menú PBXs, según se puede apreciar en la figura 4.13.

The screenshot shows the Denwa web interface. At the top, there is a navigation menu with options: INICIO, PBXs, USUARIOS, PROVEEDORES, PREATENDADOR, REPORTES, CONFIGURACIÓN, and MONITOR. The 'PBXs' menu is expanded, showing 'Ver PBXs' and 'Nueva PBX'. The main content area is divided into two sections. On the left, a green panel displays 'WELCOME' and 'Central Telefonica Telconet CTT'. On the right, a white panel displays server and system statistics.

Estado del Servidor	
Dirección IP	:
Fecha del servidor	: 16/12/2015 16:46:24
Tiempo de actividad del servidor	: 428 days, 4:21 hs.

Información de Servicios	
Servicio de telefonía	: está funcionando
Servicio de información de PBX	: está funcionando
Servidor web	: está funcionando

Estadísticas de Uso de Discos	
Espacio total en disco	: 908,22 GB
Espacio libre en disco	: 837,91 GB
Uso de disco	: 7,74 %
Espacio ocupado por buzón de voz	: 6,9 GB
Espacio ocupado por grabaciones	: 8,5 GB

Estadísticas de la PBX	
PBXs	: 20
Llamadas de hoy	: 10511
Llamadas del mes	: 164887
Usuarios	: 1590
Grupos	: 275
Trunks	: 94
IVRs	: 178

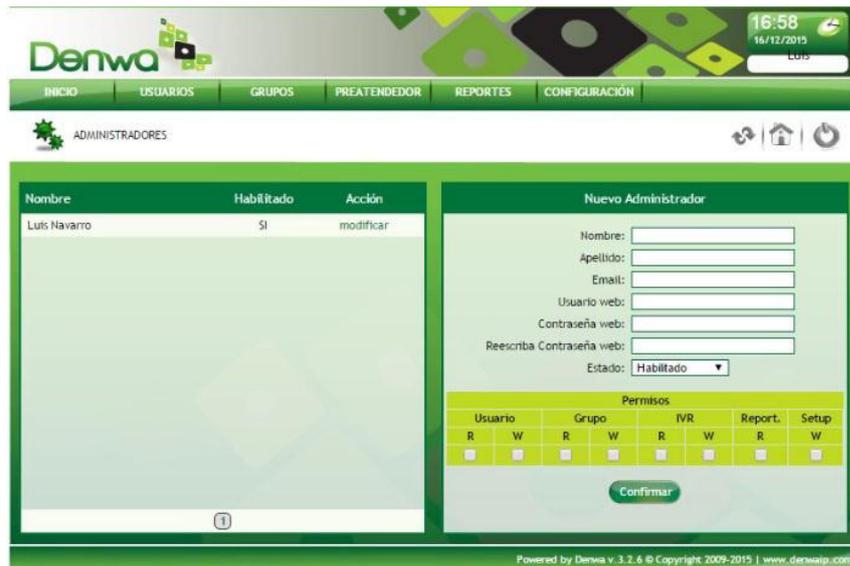
Powered by Denwa v. 3.2.6 © Copyright 2009-2015 | www.denwajp.com

Figura 4.13 Nueva PBX

Luego de ello se abrirá la ventana en la cual se ingresarán datos tales como el prefijo PBX asignado, descripción nombre de dominio, operador de contacto, nombre del operador, número de teléfono dirección de mail, IP del servidor de correo, el número un usuario de correo y su contraseña del puerto entre otros, tal como se puede observar en la figura 4.14



Una vez creado el PBX denominado **TESIS MINTEL** con privilegios de administrador, es posible agregar usuarios a dicho PBX, los cuales corresponden a las escuelas del contrato MINTEL – TELCONET. En la figura 4.16 se puede apreciar el menú de administrador de PBX en Denwa



*Figura 4.16 Administradores PBX Denwa*

Para asociar nuevos usuarios al PBX DENWA creado se debe ir al menú “**usuarios**”, luego de lo cual se despliega un menú contextual en el cual se escoge la opción “**Nuevo usuario**”, según se puede apreciar en la figura 4.17.

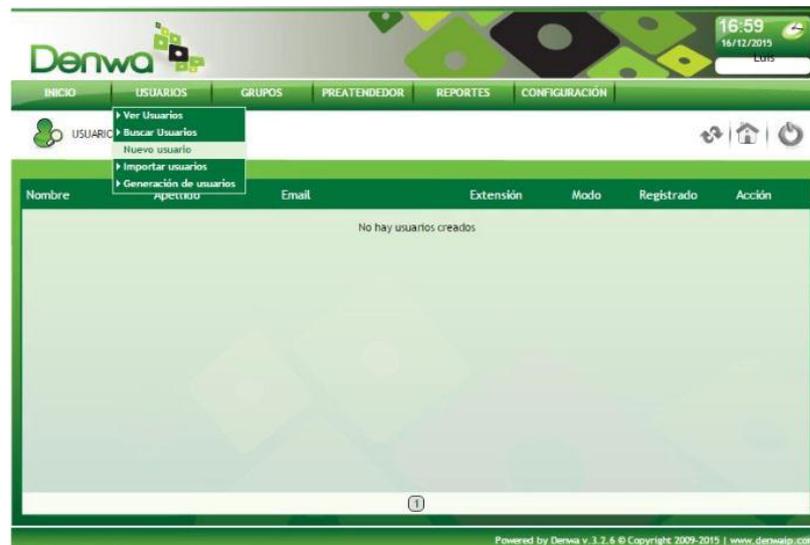


Figura 4.17 Creación de nuevo usuario Denwa

Una vez creado el nuevo usuario Denwa, se procede con el ingreso de la información general del mismo según se puede observar en la figura 4.18, donde se ingresa a manera de ejemplo la extensión de la *Escuela Pueblo Nuevo*.

 This screenshot shows the 'General' tab of the user creation form in the Denwa web application. The form contains the following fields and values:
 

- Nombre: Escuela
- Apellido: Pueblo Nuevo
- Email: [Empty]
- Idioma: Español
- Imagen: [Default user icon]
- Extensión: 2001
- Contraseña: [Masked] (Fuerza: Fuerte)
- Reescriba Contraseña: [Empty]
- Tipo: SIP
- Modo: Telefono
- Usuario UMI: [Empty]
- Contraseña UMI: [Empty] (Fuerza: Débil)
- Reescriba Contraseña UMI: [Empty]
- Estado: Habilitado

 At the bottom of the form, there are 'Cancelar' and 'Confirmar' buttons. The footer of the page indicates 'Powered by Denwa v.3.2.6 © Copyright 2009-2015 | www.denwaip.com'.

Figura 4.18 Datos Generales Usuario Denwa

De igual manera se procede con el ingreso de los datos correspondientes al servicio, según se puede apreciar en la figura 4.19.

Figura 4.19 Datos de servicios de Usuario Denwa

Según se puede observar en la figura 4.20, a continuación se procede a hacer el ingreso de los datos avanzados del *nuevo usuario* Denwa.

Figura 4.20 Datos Avanzados de Usuario Denwa

### 4.3.2 Elección del Codecs a utilizar

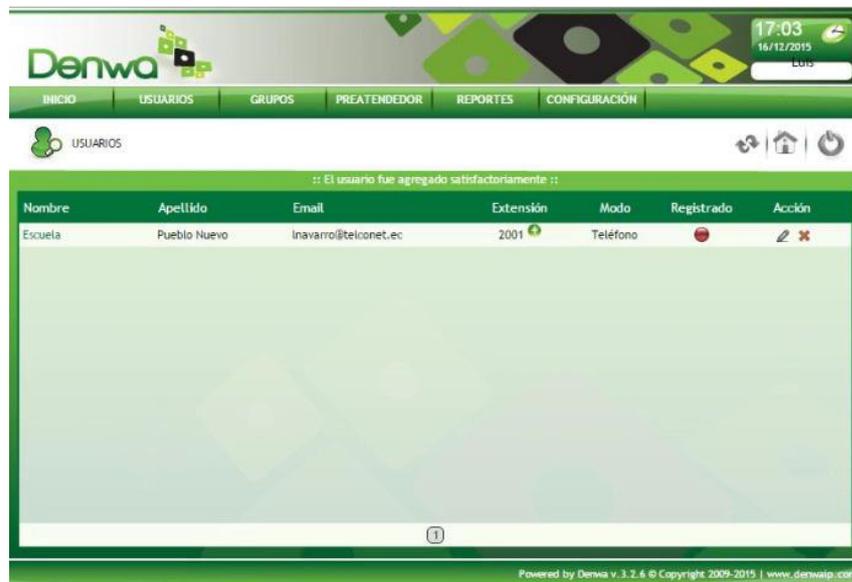
Finalmente se especifican los codecs de audio que van a ser utilizados para las llamadas entrantes y salientes del servicio, son codecs G.711u y G.711a tal como se puede observar en la figura 4.21.



Figura 4.21 Datos de Códexes de Usuario Denwa

Para el funcionamiento de la central IP se han escogido los codecs de audio G.729, G711u y G711a que proporcionan las características de calidad mínimas requeridas de tal manera que las llamadas se hagan de forma óptima y minimizando los recursos de red. Los codecs de video han sido deshabilitados, ya que no es necesario porque solo se habilitan para teléfonos IP con video, es decir en casos excepcionales debido al alto requerimiento de ancho de banda en la red.

Una vez ingresados todos los datos del nuevo usuario Denwa, el sistema muestra un resumen de los mismos en la ventana principal, según se puede apreciar en la figura 4.22.



Denwa

17:03  
16/12/2015  
LUN

INICIO USUARIOS GRUPOS PREATENEDOR REPORTES CONFIGURACION

USUARIOS

:: El usuario fue agregado satisfactoriamente ::

Nombre	Apellido	Email	Extensión	Modo	Registrado	Acción
Escuela	Pueblo Nuevo	inavarro@teliconet.ec	2001	Telefono	<input type="checkbox"/>	

Powered by Denwa v. 3.2.6 © Copyright 2009-2015 | www.denwarp.com

*Figura 4.22 Resumen de usuarios Denwa asociados al PBX*

Una vez configurada la central IP con todos los usuarios o clientes VoIP del sistema se puede proceder con la evaluación o verificación del funcionamiento del sistema, lo cual se detalla en el capítulo 5.

### **4.3.3 Configuración de Equipos Finales y Registros de los mismos**

Para continuar con el proceso de configuración se abre el Denwa junto con el Softphone de manera simultánea, de tal manera que se pueda corroborar la correcta operación de la central IP. En la figura 4.23 se puede apreciar la verificación de la central Denwa junto con el Softphone 3CX.



Figura 4.23 Verificación Denwa usando Softphone 3CX

Una vez configurado el 3CX, se puede proceder a realizar la llamada a los usuarios creados a través de la Central IP, de lo cual se puede apreciar en la figura 4.24 que el sistema funciona acorde con lo requerido, y que hay conexión entre los elementos involucrados.



Figura 4.24 Verificación de llamada usando Softphone 3CX

El monitor Denwa permite verificar el total de llamadas en línea así como el historial de llamadas realizadas que han sido procesadas por la central IP,

esto permite verificar el correcto funcionamiento y operatividad del sistema. En la figura 4.25 se puede observar la captura del monitor Denwa del sistema propuesto.

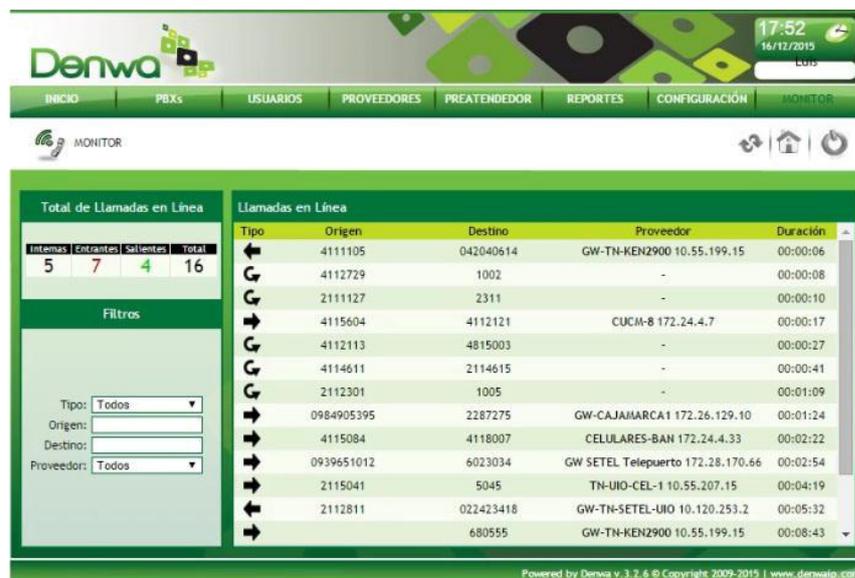


Figura 4.25 Monitor Denwa

El software Denwa proporciona la capacidad de evaluar la operatividad IP del sistema haciendo uso de la funcionalidad debug, según se puede apreciar en la figura 4.26.

The screenshot shows the Denwa web interface. At the top, there is a navigation bar with tabs: INICIO, PBXs, USUARIOS, PROVEEDORES, PRETENDIENDO, REPORTES, CONFIGURACIÓN, and MONITOR. The 'MONITOR' tab is active. Below the navigation bar, there is a 'MONITOR' section with a 'Total de Llamadas en Línea' summary table and a 'Llamadas en Línea' table. The 'Total de Llamadas en Línea' table has columns: Internas, Entrantes, Salientes, and TOTAL, with values 5, 7, 4, and 16 respectively. The 'Llamadas en Línea' table has columns: Tipo, Origen, Destino, and Pti. A 'Debug' menu is open over the 'Llamadas en Línea' table, showing options: General, Administradores, Redes, Servicios de Llamada, Anuncios, Interfaces de Telefonía, Soporte, and Debug. The 'Debug' option is selected. The 'Llamadas en Línea' table contains the following data:

Tipo	Origen	Destino	Pti
←	4111105	042040614	GW-TN-KEN
←	4112729	1002	
←	2111127	2311	
←	4115604	4112121	CUCM-8 172.24.4.7
←	4112113	4815003	-
←	4114611	2114615	-
←	2112301	1005	-
→	0984905395	2287275	GW-CAJAMARCA1 172.26.129.10
→	4115084	4118007	CELULARES-BAN 172.24.4.33
→	0939651012	6023034	GW SETEL Telepuerto 172.28.170.66
→	2115041	5045	TN-UIO-CEL-1 10.55.207.15
←	2112811	022423418	GW-TN-SETEL-UIO 10.120.253.2
←	680555		GW-TN-KEN2900 10.55.199.15

At the bottom of the interface, it says 'Powered by Denwa v. 3.2.6 © Copyright 2009-2015 | www.denwasp.com'.

Figura 4.26 Funcionalidad Debug en Denwa

El menú debug permite activar la función “*sniffer*” o de captura de paquetes que facilita el análisis en tiempo real de los paquetes y tramas que atraviesan la red, como se puede apreciar en la figura 4.27, al activar el “*sniffer*” el sistema Denwa genera un archivo de extensión .cap el cual incluye la información sobre los paquetes del servicio SIP procesados por el PBX “tesis mintel” durante el establecimiento de una llamada virtual realizada a través del softphone 3CX.

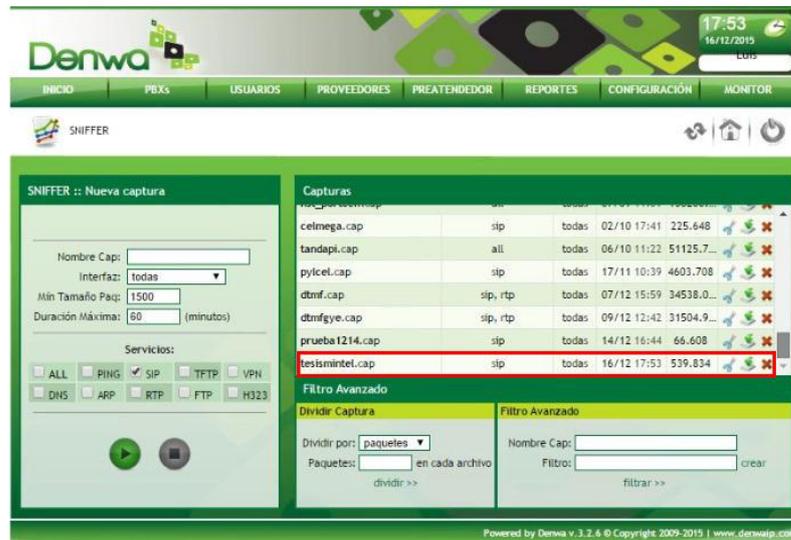


Figura 4.27 Captura de paquetes en Denwa

#### 4.4 Equipos de Radioenlace, VSAT

El sistema de radioenlace funcionará en la banda 5.4 y 5.7 GHz, la frecuencia a elegir será según la saturación de espectro que se tenga en las diferentes repetidoras y haciendo uso de técnicas de espectro ensanchado que garanticen el ancho de banda apropiado para la aplicación de interés.

El equipo que se utilizará en todos los enlaces es el sistema de marca Cambium Networks Modelo PTP 450 para enlaces punto a punto y Cambium Networks Modelo ePMP 1000 para enlaces punto multipunto que operan en la banda no licenciada de 5 GHz y poder brindar las características técnicas presentadas en la tabla 4.5.

Tabla 4.5 Características del equipo Cambium Networks PTP450 y ePMP 100 [50]

<b>PTP 450</b>	<b>Características</b>
Frecuencia	5470 a 5875 MHz
Resistencia al Viento	190km/hora
Latencia	3-5 ms
Anchura del canal	5, 10 y 20 MHz
Tecnología Smart	OFDM MIMO 2x2
Antena	A+B
Distancia	Hasta 40 Millas
Sensibilidad	-87dBm
Medidas	30 x 9 x 9 Cm
Peso	0.45Kg
<b>ePMP 1000</b>	<b>Características</b>
Frecuencia	5150 – 5350 MHz, 5470 a 5875 MHz
Resistencia al Viento	145km/hora
Latencia	3-5 ms
Ancho de canal	20 o 40 MHz
Tecnología Smart	2x2 OFDM/MIMO
Sensibilidad	-94dBm
Medidas	29.1 x 14.5 x 8.3 Cm
Peso	0.49 Kg

La antena que se utilizará en los enlaces Punto a Punto es un Reflector Dish de marca Cambium Network que proporciona una ganancia promedio de 19 dBi, y para enlaces punto multipunto Antena Sectorial de 90° con una ganancia de 17 dBi marca Cambium Networks en la siguiente tabla muestran las especificaciones técnicas de las antenas utilizadas.

*Tabla 4.6 Características del reflector dish Cambium Networks para enlace Punto a Punto [51]*

<b>Ítem</b>	<b>Características</b>
Frecuencia	2402 - 2472 MHz y 5150 – 5970 MHz
Tipo de antena	Reflector dish
Ganancia	19 dBi (Ganancia combinada con el radio)
Polarización	Horizontal/Vertical
Dimensiones	24 x 18 "
Resistencia al viento	160 km/h
Peso	4 kg/ 9 lbs



*Figura 4.28 Reflector Dish Cambium Network [52]*

*Tabla 4.7 Características de la Antena Sectorial Cambium Networks para enlace Punto a Multipunto [53]*

<b>Ítem</b>	<b>Características</b>
Frecuencia	5150-5850 MHz
Ganancia	17dbi
Polarización	H/V
Grados Horizontal	90º
Grados Vertical	7º
Dimensiones	410*115*55mm
Largo/alto/ancho	16.1*4.5*2.2
Peso	1.3Kg / 2.9Lb
Material	Aluminio
Resistencia al viento	210 km/h
Temperatura de funcionamiento	-40-+65°C

#### **4.4.1 Configuración e Instalación de Enlaces Punto a Punto**

Para poder realizar los enlaces punto a punto se ha utilizado equipos Cambium Networks PTP 450 el cual cuenta con tecnología MIMO y OFDM, la utilización de antenas tipo reflector dish nos ha permitido alcanzar largas distancias manteniendo un alto throughput y rendimiento con bajos tiempos de latencia al momento del envío de tráfico en tiempo real. La modulación dinámica adaptiva nos ha permitido en este proyecto mantener una modulación alta y robusta a la interferencia garantizando el ancho de banda requerido por el MINTEL, con una plataforma de configuración sencilla podemos configurar nuestros enlaces punto a punto en cuestión de minutos.

Una de las ventajas más importantes del ptp 450 cambium networks es que cuenta con 2 opciones de bandas como son 5.4 y 5.7 GHz, al tener estas 2 bandas nos ha permitido tener mayor alternativa al momento de elegir la mejor frecuencia disponible, previo a esta elección se ha realizado análisis de espectro en las diferentes repetidoras del proyecto para poder prevenir posibles caídas o intermitencias en nuestros enlaces.

Los links básicos de un sistema punto a punto consisten de un Backhaul Master el cual maneja todo el protocolo de configuración para establecer el enlace y Backhaul Slave que acepta toda la configuración y la sincronía del módulo master.

A continuación los detalles paso a paso de la configuración del ptp 450 de cambium networks para el proyecto:

### **CONFIGURACION DEL MASTER**

Los Cambium Networks PTP 450 se usan en enlaces punto a punto, por ejemplo en enlaces de Backbone.

Un Cambium Networks PTP 450 es capaz de alcanzar 3 km con su antena integrada y 15 km con reflector dish, tiene una cobertura de 60° grados (sin reflector).

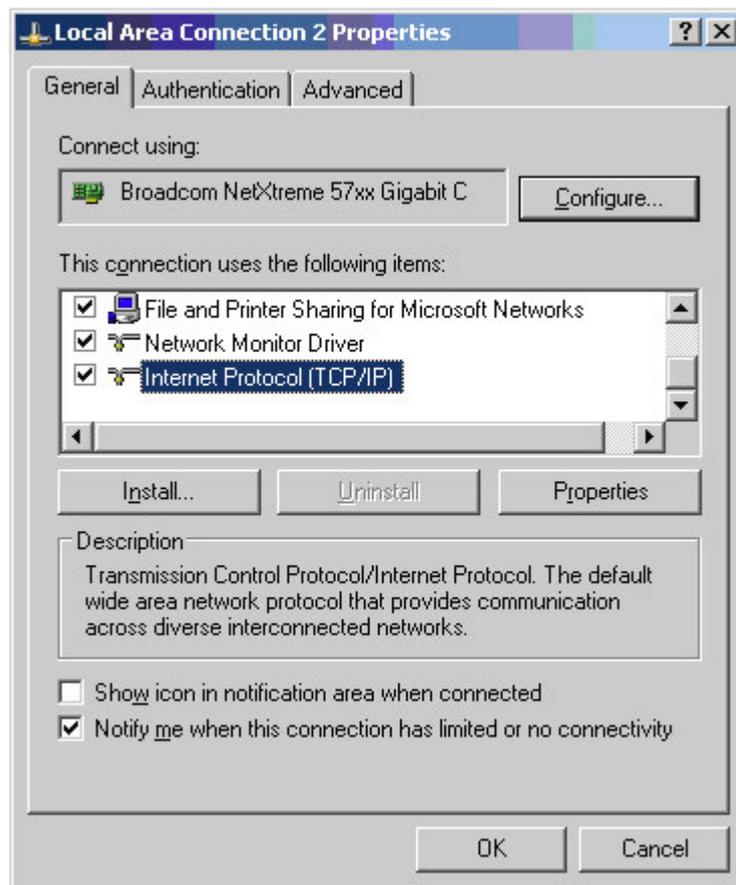
El Backhaul Master es el dispositivo mediante el cual se va a conectar única y exclusivamente el Slave, el Backhaul PTP 450 cuenta ancho de Banda de 100mbps agregados de tráfico.

La ip por defecto de los equipos cambium es la *169.254.1.1* y la configuración es por medio de http (web browser).

La configuración básicamente consiste en destinar un dirección IP, colocar un color code o identificador y definir una frecuencia en la cual va a operar el equipo.

Para poder ingresar al equipo mediante browser procederemos a configurar nuestra pc en la misma red de la ip por defecto del equipo.

1. Configuración de la PC de administración
2. Seleccionamos ***Internet Protocol (TCP/IP)***
3. Hacemos clic en ***Propiedades***



*Figura 4.29 Configuración de Área Local*

4. Introducimos la IP de la red 169.254.1.3, evitando agregar la ip por defecto 169.254.1.1 para no tener conflicto de IP.
5. Mascara de red 255.255.255.0

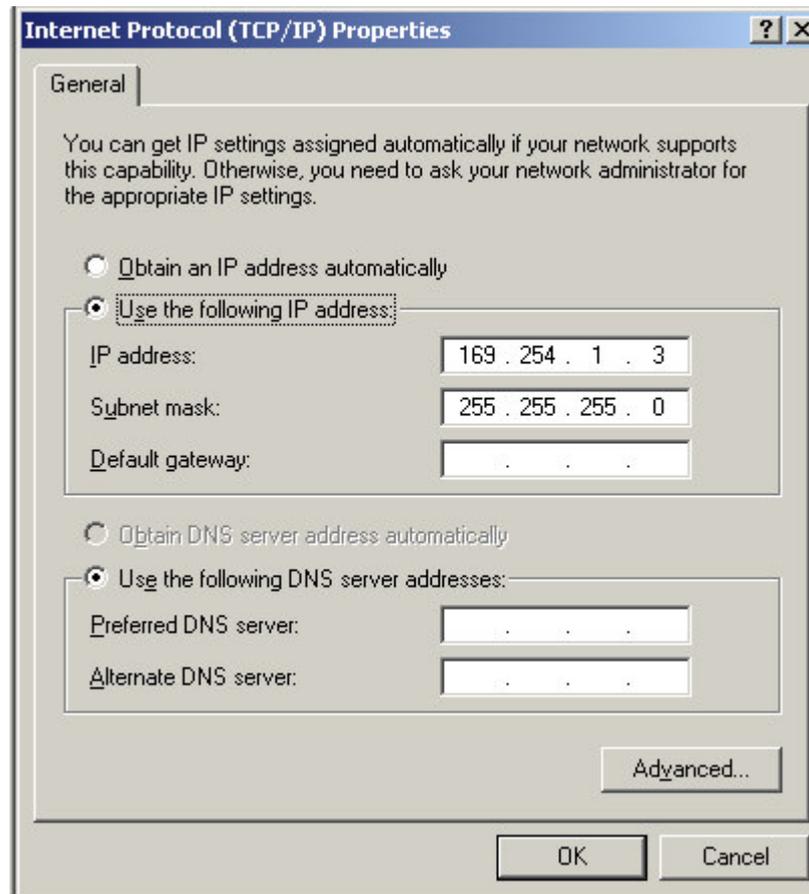


Figura 4.30 Configuración TCP/IP

Para poder iniciar sesión en la interfaz web como administrador del sistema procedemos a realizar lo siguiente: \_

1. Abrimos nuestro explorador
2. Ingresamos la ip por defecto de nuestro equipo cambium y presionamos ENTER( ip por default 169.254.1.1)
3. Se muestra la página de información general.

**Cambium Networks**

- Home
- Copyright

Username:  
admin

Password:  
\*\*\*\*\*

Login

Account: none  
Level: GUEST  
Mode: Read-Only

CANOPY®

**General Status**

Home → General Status

5.4/5.7GHz MIMO OFDM - Backhaul - Timing Slave

**Device Information**

Device Type :	5.4/5.7GHz MIMO OFDM - Backhaul - Timing Slave -
Board Type :	P11 C120
Software Version :	CANOPY 13.4 BHUL450-DES
Board MSN :	6069PG0L7H
FPGA Version :	040715
Uptime :	00:15:54
System Time :	00:34:57 01/01/2011 UTC
Ethernet Interface :	100Base-TX Full Duplex
Regional Code :	United States
Antenna Type :	Integrated
Frame Period :	Scanning
Temperature :	55 °C / 131 °F

**Timing Slave Stats**

Session Status :	SCANNING
Registered Backhaul :	n/a
Channel Frequency :	None
Receive Power :	n/a
Signal Strength Ratio :	NA
Transmit Power :	17 dBm
Signal to Noise Ratio :	0 V / 0 H dB
Beacons :	0 %
Air Delay :	0 ns, approximately 0.000 miles (0 feet)

**Site Information**

Site Name :	No Site Name
Site Contact :	No Site Contact
Site Location :	No Site Location

Figura 4.31 Estado General de configuración

- Iniciamos sesión con el nombre de usuario del administrador (**admin**) y la contraseña (**admin**).

**Cambium Networks**

- Home
- Configuration
- Statistics
- Tools
- Logs
- Accounts
- Quick Start
- Copyright
- Logoff

Account: admin  
Level: ADMINISTRATOR  
Mode: Read-Write  
Authentication Method: Local

**CANOPY®**

**General Status** | Session Status | Event Log | Network Interface | Layer 2 Neighbors | DFS Status

Home → General Status

5.4GHz MIMO OFDM - Backhaul - Timing Master

Device Information	
Device Type :	5.4GHz MIMO OFDM - Backhaul - Timing Master - 0a-
Board Type :	P11 C120
Software Version :	CANOPY 13.4 BHUL450-DES
Board MSN :	6069PG0M6Q
FPGA Version :	040715
Uptime :	00:03:47
System Time :	00:30:00 01/01/2011 UTC
Ethernet Interface :	100Base-TX Full Duplex
Regional Code :	United States
Regulatory :	Passed
DFS :	Normal Transmit
Antenna Type :	Integrated
Channel Frequency :	5490.0 MHz
Channel Bandwidth :	20.0 MHz
Cyclic Prefix :	1/16
Frame Period :	2.5 ms
Color Code :	5
Transmit Power :	10 dBm
Temperature :	56 °C / 133 °F

Backhaul Stats	
Timing Slave Status :	Disconnected
Sync Pulse Status :	Generating Sync
Sync Pulse Source :	Self Generate

Frame Configuration Information	
Data Slots Down :	5
Data Slots Up :	6

Site Information	
Site Name :	No Site Name
Site Contact :	No Site Contact
Site Location :	No Site Location

Key Features Information	
Time Updated and Location Code :	04/07/2015 12:19:31 - INTL

Figura 4.32 Configuración MIMO OFDM

- Una vez que ingresamos a la configuración del equipo mediante modo administrador procedemos a configurar el equipo en modo Master.

### Descripción de Parámetros:

Selección Master o Slave. Se elige Master para definir al BH como el punto donde queremos que salga la señal y Slave el cual la recibe.

Seleccionamos el Modo de operación: \_ Master.

**Link Speed:** \_ Muestra una lista de las interfaces soportadas por el equipo o la negociación de la Ethernet, para nuestro caso lo configuramos en Auto Full Dúplex.



Figura 4.33 Configuración general

**Regional Settings:** \_Según el país de regulación vamos a estar definida nuestra potencia y seleccionamos según la región en la que el radio está funcionando, para nuestro caso elegimos Other (toda la potencia).

**Country:** \_ Other.

La selección de la región y el país requiere Guardar y reiniciar el equipo



Figura 4.34 Ajustes de región

**Web page configuration:** \_ Introducimos la frecuencia con la que queremos que se refresque nuestra página del navegador. El ajuste por fábrica es 0 segundo, este valor hace que la interfaz gráfica de nuestro navegador no se refresque. Este parámetro nos va a servir cuando se esté alineando el enlace el cual queremos que la página se refresque y muestre los valores actuales (dBm) del enlace, esta es una alternativa al momento de realizar el alineamiento de las antenas.



Figura 4.35 Configuración de página Web

Guardamos y reiniciamos nuestro equipo.



Figura 4.36 Mensaje de reinicio

Ip: \_ Procedemos a cambiar nuestra IP address por default a las 169.254.1.10, no debemos elegir la misma ip de nuestra pc debido a que provocaremos conflicto de Ip.

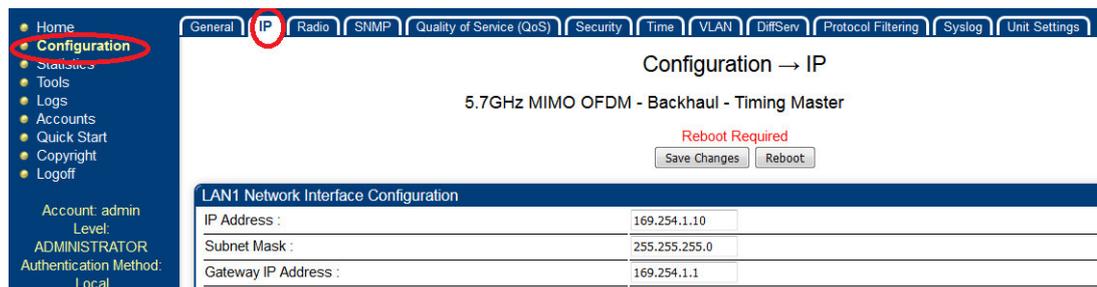


Figura 4.37 Configuración IP

Después de tener configurada nuestra nueva IP refrescamos nuestro navegador (169.254.1.10), configuraremos los parámetros de radio.

**Frequency Band:** \_ Tenemos 2 opciones de banda, que son las bandas 5.4 Ghz y 5.7 Ghz respectivamente, luego de haber realizado un análisis de espectro en nuestra repetidora elegiremos la banda que tenga menor interferencia, para nuestro caso elegiremos 5.7Ghz.

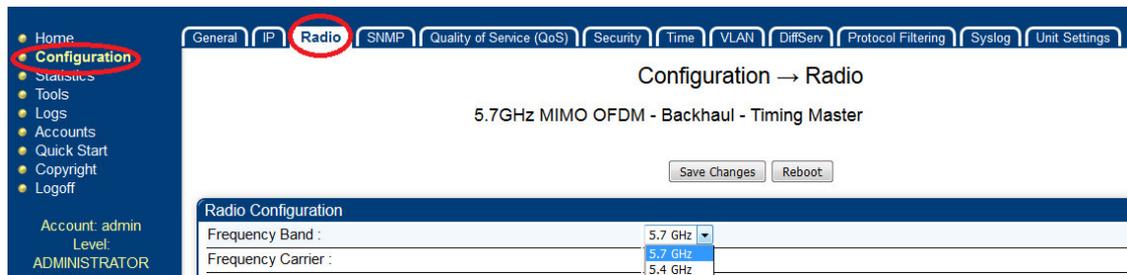


Figura 4.38 Configuración de radio

**Frequency Carrier:** \_ Especificamos la frecuencia del módulo de transmisión del Master. Para quitar la portadora se coloca en "none".

**Channel Bandwidth:** \_ El tamaño del canal de transmisión de RF, este ajuste de ancho de banda del canal debe coincidir con el de nuestro Slave.

**Cyclic Prefix:** \_ La tecnología OFDM utiliza el prefijo cíclico, donde una parte del símbolo (slot) se repite al comienzo para permitir múltiples tramas antes de recibir los datos deseados. Por ejemplo si elegimos 1/16 significa que cada 16 bits de datos transmitidos se utilizara 1 bit adicional.

**Color code:** \_ Para que el BH Slave se asocie al BH Master deben tener ambos el mismo Color Code, especificamos el valor entre 0 a 254, cabe indicar que el color code NO es un prefijo de seguridad más bien es una característica de gestión. Esta elección nos permite obligar a nuestro Slave a utilizar el mismo valor.

**Downlink data:** \_ Especificamos el porcentaje de transferencia agregada para cada enlace (tramas transmitidas desde el Master hacia el Slave. Para garantizar el throughput contratado en el proyecto mintel configuraremos nuestro equipo en 50% es decir que el PTP 450 tiene un ancho de banda de 100 Mbps, garantizaremos según las condiciones atmosféricas (ruido o interferencia) 50 Mbps Up y 50 Mbps Down.

**Transmitter power:** \_ Este valor representa la potencia del Master que va a estar dada por la Región y el país de operación. Elegimos la máxima potencia de 22 dBm.

**External Gain:** \_ Este valor corresponde a la ganancia de la antena externa o sectorial, para nuestro caso no aplica debido a que utilizaremos antenas tipo reflector dish.

Configuration → Radio  
5.7GHz MIMO OFDM - Backhaul - Timing Master

Save Changes Reboot

Radio Configuration	
Frequency Band :	5.7 GHz ▾
Frequency Carrier :	5852.5 ▾
Channel Bandwidth :	10 MHz ▾
Cyclic Prefix :	One Sixteenth ▾
Color Code :	50 (0—254)
Large VC data Q :	<input checked="" type="radio"/> Enabled <input type="radio"/> Disabled

Frame Configuration	
Downlink Data :	50 % (Range: 15 — 85 %)

Power Control	
Transmit Power :	22 dBm ( Range: -30 — +22 dBm ) (19 dBm H / 19 dBm V)
External Gain :	0 dB ( Range: 0 — +35 dB )

Figura 4.39 Configuración de radio MIMO - OFDM

Guardamos los cambios y reiniciamos nuestro equipo.

**Nombre del sitio:** \_ Nombre del lugar donde está instalado el equipo (Master Tesis Mintel)

**Contacto:** \_ Por lo general se coloca a la persona de contacto en caso de algún inconveniente con el enlace (Imnavarr@espol.edu.ec).

**Localización:** \_ Dirección donde está instalado el equipo o repetidora donde se encuentra el enlace (Tesis Mintel).

Site Information	
Site Information Viewable to Guest Users :	<input checked="" type="radio"/> Enabled <input type="radio"/> Disabled
Site Name :	Master Tesis Mintel
Site Contact :	lmnavarr@espol.edu.ec
Site Location :	Tesis Mintel

Figura 4.40 Información del sitio

Una vez hecho todos estos cambios pulsamos en “*Save change*” para que los cambios sean guardados, y luego reiniciamos el equipo pulsando en “Reboot”

## CONFIGURACION DEL SLAVE

Del mismo modo que ingresamos y configuramos el Master lo haremos con el Slave.

Seleccionamos el modo de operación, para este caso Slave (Esclavo).

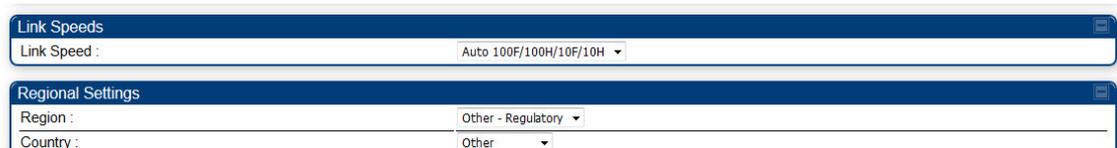
Figura 4.41 Configuración General Slave

Los parámetros que debemos cuidar en un enlace PTP es que el RRSI (potencia del enlace) sea superior de 1000 y el jitter (variación de tiempos) sea menos de 2.

**Link Speed:** \_ Muestra una lista de las interfaces soportadas por el equipo o la negociación de la Ethernet, para nuestro caso lo configuramos en Auto Full Dúplex.

**Regional Settings:** \_Según el país de regulación vamos a estar definida nuestra potencia y seleccionamos según la región en la que el radio está funcionando, para nuestro caso elegimos Other (toda la potencia) y elegimos la misma Región que el Master.

**Country:** \_ Other



The image shows two configuration panels. The top panel, titled 'Link Speeds', has a 'Link Speed' dropdown menu set to 'Auto 100F/100H/10F/10H'. The bottom panel, titled 'Regional Settings', has a 'Region' dropdown menu set to 'Other - Regulatory' and a 'Country' dropdown menu set to 'Other'.

*Figura 4.42 Velocidad de enlace*

## Ip configuration

Seleccionamos la ip 169.254.1.11, no tendremos que configurar la misma ip del master.

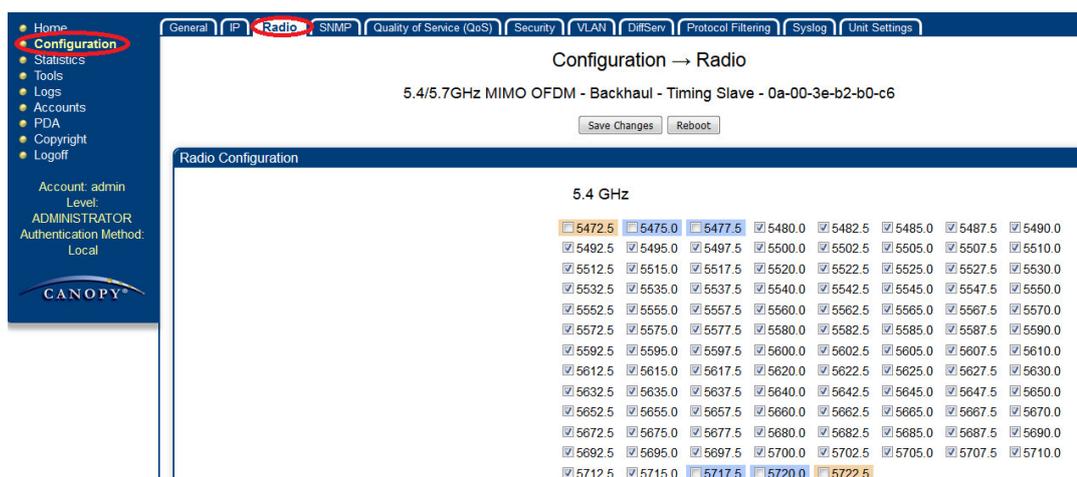


Figura 4.43 Configuración IP

Seleccionamos todas las frecuencias en 5.4Ghz y 5.7Ghz, tendremos que elegir todas las frecuencias debido a que si se presentara problemas de intermitencia por interferencia el master deberá de cambiar de frecuencia a una disponible.

**Channel Bandwidth:** \_El tamaño del canal de transmisión de RF, este ajuste de ancho de banda del canal debe coincidir con el Master.

**Color code:** \_ 50



Custom Radio Frequency Scan Selection List :

5.7 GHz

<input type="checkbox"/> 5727.5	<input type="checkbox"/> 5730.0	<input type="checkbox"/> 5732.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5735.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5737.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5740.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5742.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5745.0
<input checked="" type="checkbox"/> 5747.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5750.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5752.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5755.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5757.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5760.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5762.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5765.0
<input checked="" type="checkbox"/> 5767.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5770.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5772.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5775.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5777.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5780.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5782.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5785.0
<input checked="" type="checkbox"/> 5787.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5790.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5792.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5795.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5797.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5800.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5802.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5805.0
<input checked="" type="checkbox"/> 5807.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5810.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5812.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5815.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5817.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5820.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5822.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5825.0
<input checked="" type="checkbox"/> 5827.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5830.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5832.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5835.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5837.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5840.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5842.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5845.0
<input checked="" type="checkbox"/> 5847.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5850.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5852.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5855.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5857.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5860.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5862.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5865.0
<input checked="" type="checkbox"/> 5867.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5870.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5872.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5875.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5877.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5880.0	<input checked="" type="checkbox"/> 5882.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5885.0
<input checked="" type="checkbox"/> 5887.5	<input checked="" type="checkbox"/> 5890.0	<input type="checkbox"/> 5892.5	<input type="checkbox"/> 5895.0	<input type="checkbox"/> 5897.5			

5 MHz only  
10 MHz only  
Not available in this region

Select All   Select All 5.4   Select All 5.7   Clear All   Restore

---

Channel Bandwidth Scan :  5 MHz  
 10 MHz  
 20 MHz

---

Cyclic Prefix Scan :  One Sixteenth

---

Color Code : 50 (0—254)

---

Large VC data Q :  Enabled  
 Disabled

Figura 4.44 Radio Slave - lista de frecuencias

**Transmitter power:** \_ este valor representa la potencia del Slave que va a estar dada por la región y el país de operación. Elegimos la máxima potencia de 22 dBm.

**External Gain:** \_ Este valor corresponde a la ganancia de la antena externa o sectorial, para nuestro caso no aplica debido a que utilizaremos antenas tipo reflector dish.

Power Control	
Transmit Power :	22 dBm ( Range: -30 — +22 dBm ) (19 dBm H / 19 dBm V)
External Gain :	0 dB ( Range: 0 — +35 dB )

Figura 4.45 Control de potencia

Guardamos los cambios y reiniciamos nuestro equipo.

**Nombre del sitio:** \_ Nombre del lugar donde está instalado el equipo (*Slave Tesis Mintel*)

**Contacto:** \_ Por lo general se coloca a la persona de contacto en caso de algún inconveniente con el enlace (*Imnavarr@espol.edu.ec*).

**Localización:** \_ Dirección donde está instalado el equipo o la repetidora donde se encuentra el enlace (**Tesis Mintel**).

Site Information	
Site Information Viewable to Guest Users :	<input checked="" type="radio"/> Enabled <input type="radio"/> Disabled
Site Name :	Slave Tesis Mintel
Site Contact :	Imnavarr@espol.edu.ec
Site Location :	<u>Tesis MIntel</u>

Figura 4.46 Información del lugar

Una vez hecho todos estos cambios pulsamos en “*Save change*” para que los cambios sean guardados, y luego reiniciamos el equipo pulsando en “*Reboot*”.

Una vez que tenemos configurado nuestros dos equipos (Master y Slave), procedemos con el montaje de los radios a las torres, para poder alinear las antenas vamos a necesitar herramientas que vienen en los equipos cambium networks ptp 450 Slave para alineación, para ello elegimos **Tools>Alignment Tool**.

Tools → Alignment Tool  
5.4/5.7GHz MIMO OFDM - Backhaul - Timing Slave

Receive Signal Quality

Receive Power : -65.5 dB (-68.0 dB V / -69.0 dB H)

Signal Strength Ratio : 1.0 dB V-H

Beacons : 100 %

Receive Fragments Modulation :  
Path V: QPSK:65% 16-QAM:23% 64-QAM:10% 256-QAM:2%  
Path H: QPSK:38% 16-QAM:33% 64-QAM:29%

Figura 4.47 Menú Herramienta de alineación

Para supervisar el funcionamiento y rendimiento del enlace PTP, accedemos a la interfaz web del Master y seleccionamos **Home**, damos clic en **Session Status**. En esta sesión nos muestra una ficha técnica del Slave como es dirección Mac, Hardware, software versión, versión FPGA y el estado.

Home → Session Status  
5.7GHz MIMO OFDM - Backhaul - Timing Master

Session Status Configuration

Show Idle Sessions :  Enabled  Disabled

Reset Session Counters

Last Session Counter Reset : None

Session Status List

Device	Session	Power	Configuration
Subscriber	Hardware	Software Version	FPGA Version
LUID: 002 - Slave Tesis Mintel	PTP 450	CANOPY 13.2.1.2	081514 (DES, Sched, US/ETSI) P11
			State
			IN SESSION (Encrypt Active)

Figura 4.48 Estado de la sesión

#### 4.4.2 Configuración e Instalación de Enlace Punto Multipunto

Para los enlaces punto multipunto del proyecto Mintel los radios cambium networks ePMP 1000 es la mejor solución.

##### **Especificaciones:**

- ✓ Modelos : ePmP5i (no incluye GPS) y ePmP5GPS ( incluye GPS )
- ✓ Potencia de salida de hasta 1000 mW (opcionales, requiere última versión de firmware).
- ✓ Certificado para intemperie IP-55.
- ✓ Supresor contra descargas Ethernet integrado (1 Joule).
- ✓ UPLINK / DOWNLINK Configurable (50%-50%, 75%-25%, 30%-70% o Flexible).
- ✓ Control automático de potencia de las Estaciones/CPE; mantiene siempre calibrado el enlace.
- ✓ El equipo cuenta con "Failover Access", por lo que puede conectarse a varios AP según prioridad y disponibilidad.
- ✓ Velocidad de 300 Mbps.
- ✓ 4.9 - 5.350 GHz, 5.47-5.875 GHz.
- ✓ Modo de operación: Access Point, Estación.
- ✓ Tecnología TDD (Time Division Duplex).
- ✓ Latencia 6 ms.
- ✓ Polaridad vertical / horizontal simultaneas (MIMO 2x2).

- ✓ Antena integrada 13 dBi (24° Azimuth, 12° Elevación).
- ✓ Ancho de canal 20/40 MHz (ajustable).
- ✓ QoS (3 niveles).
- ✓ Cifrado / Encriptación: 128 bit AES (CCMP).
- ✓ Temperatura de operación: -30 a 55 °C.
- ✓ Alimentación: 24 - 30 Vcc, PoE incluido.
- ✓ Consumo máximo: 7 W
- ✓ El tipo de seguridad en el equipo de fábrica soporta EAP-TTLS, WPA2 o red abierta (Open).

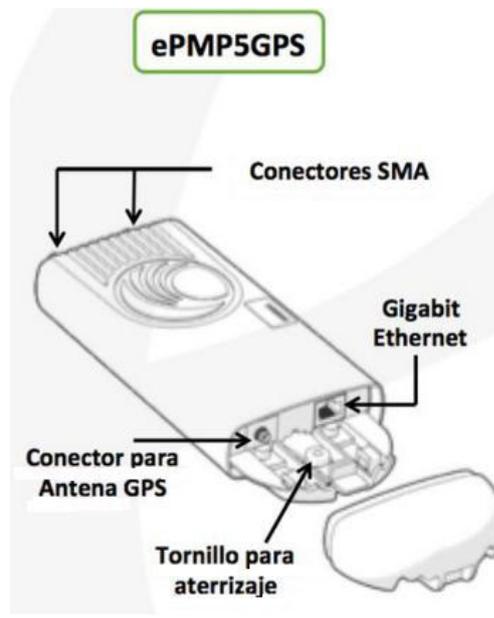


Figura 4.49 Esquema trasero del ePMP 5GPS [54]

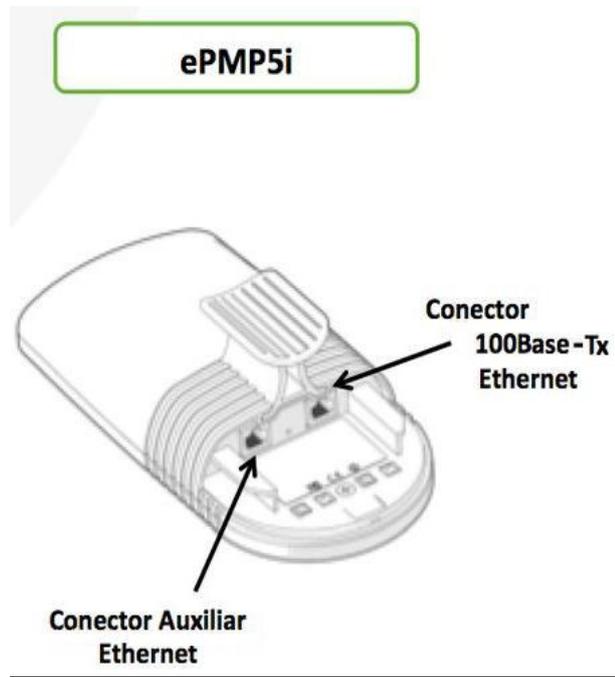


Figura 4.50 Esquema posterior del ePMP5i [55]

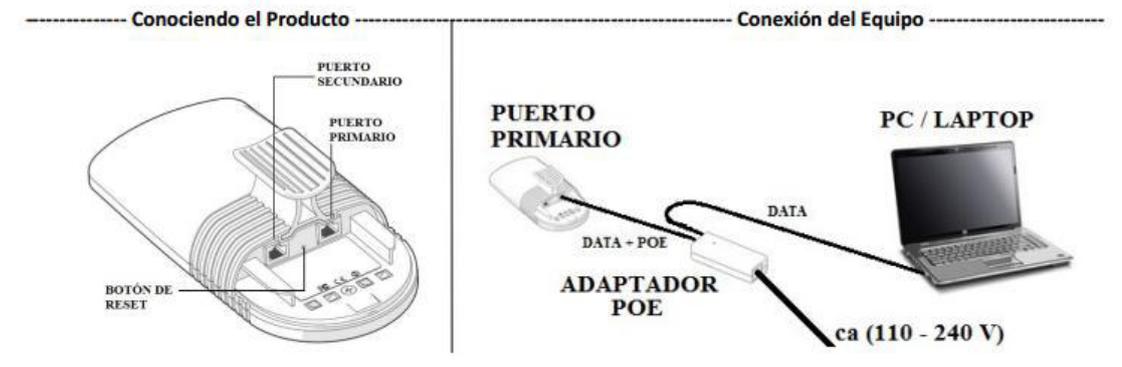


Figura 4.51 Conexión del equipo [56]

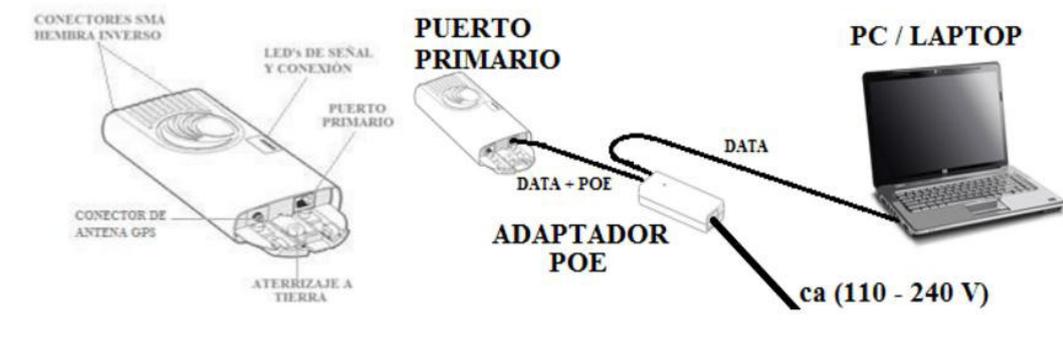


Figura 4.52 Conexión del equipo para configuración [57]

Nota: Es recomendable que los Cables 1 y 2 deben ser UTP par trenzado categoría 5 blindado (calibre 24 preferentemente).

La IP por defecto de este equipo es la 192.168.0.1 y 192.168.1.2 y la configuración es por medio de http (web browser). Si ninguna de las anteriores responde, la 10.1.1.254 es para recuperación (IP virtual).

Es necesario ingresar a la configuración del equipo a través del navegador web de su PC/Laptop como se muestra en la figura 4.53:



Figura 4.53 Botón reload

El equipo solicitará los siguientes datos para el acceso a la interfaz de configuración: Usuario: admin Contraseña: admin.

Los botones a utilizar para guardar cambios, reiniciar, etc., son los siguientes:



*Figura 4.54 Panel de cambios*

Descripción breve de los botones de izquierda a derecha

**Internet Connectivity:** \_ Verifica si la configuración del equipo admitiría administración remota a través de Internet.

**Notifications:** \_ Mensajes del equipo o logs (eventos) del mismo.

**Undo all unsaved changes:** \_ Deshacer cambios no guardados.

**Save Changes:** \_ Guarda los cambios que hemos realizado en el equipo.

**Reboot:** \_ Reinicia el dispositivo luego de guardar los cambios.

**Logout:** \_ Desconectarse de la sesión.

**Modo de operación:** \_ El ePMP 1000 cuenta con 3 modos de operación como son Access Point, Station y un analizador de espectro.

Los siguientes son los parámetros claves en la configuración del Punto de acceso AP y Suscriptor para el proyecto Intel.

**Modo:** Access Point o Punto de Acceso en los Nodos y Subscriber Module en los clientes

**Country:** El País en que esta regula la potencia, frecuencia.

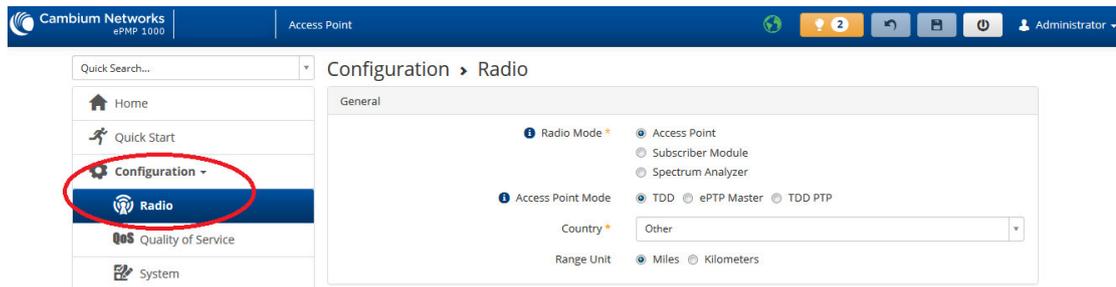


Figura 4.55 Configuración de radio

**SSID:** El nombre inalámbrico del AP (SSID) para nuestro caso ocuparemos “tesismintel”. Importante el parámetro “Device Name” o Nombre del Dispositivo no es el SSID.

**Max range:** Cobertura máxima.

**Channel Bandwidth:** Ancho del canal.

**Frequency Carrier:** frecuencia de transmisión, después de realizar análisis de espectro opte por la mejor frecuencia que es la 5460Mhz.

Figura 4.56 Configuración de Punto de Acceso

**Transmitter power:** potencia de transmisión.

**Antena Gain:** Ganancia de la antena. En el equipo ePmP5i se define 13dbi definido este valor de la antena integrada. En los equipos ePmP5GPS conectorizados va definido por la ganancia de antena a utilizar.

**Suscriber module target receive level:** Recepción regulada en suscriptores o clientes (Disponible en Punto de Acceso).

Power Control		
Transmitter Output Power	27	dBm   min: -24   max: 30
Antenna Gain	17	dBi   min: 13   max: 30
Subscriber Module Target Receive Level	-60	dBm   min: -80   max: -40

*Figura 4.57 Configuración de control de potencia*

**Downlink/Uplink Ratio:** Descarga y carga de los Bits de Transmisión (Disponible en Punto de Acceso).

**Downlink Max Rate:** Modulación Uplink/Downlink (Disponible en Punto de Acceso).

**Uplink Max Rate:** Modulación de carga o subida. (Disponible en Suscriptor o cliente).

Scheduler	
Downlink/Uplink Ratio	<input checked="" type="radio"/> 75/25 <input type="radio"/> 50/50 <input type="radio"/> 30/70 <input type="radio"/> Flexible
Downlink Max Rate	MCS 15 - 64-QAM 5/6 (MIMO-B)
Carrier Sense	<input checked="" type="radio"/> Disabled <input type="radio"/> Enabled
Management Traffic Rate	<input type="radio"/> MCS0 <input checked="" type="radio"/> MCS1

*Figura 4.58 Modulación*

## SYSTEM

En **system** nos permite poder configurar lo siguiente:

**Nombre del dispositivo:** \_ Nos sirve para poder identificar con algún nombre nuestro equipo Ap ejemplo: *Ap Mintel Pedro Carbo, Ap Mintel Naranjito* etc. Para nuestro caso hemos configurado ‘*Ap Tesis Mintel*’

Acceso Web (HTTP) o cifrado (HTTPS);

Figura 4.59 Configuración del sistema

**Time Zone:** Ecuador.

Figura 4.60 Protocolo de tiempo de red

Tipos de cuenta, este nos sirve para el ingreso mediando WEB.

Cuenta Administrador- Cuenta Instalador – Cuenta Usuario doméstico –

Cuenta Sólo lectura.

The screenshot displays the 'Account Management' interface with the following configurations:

Account Type	Status	Username	Password
Administrator Account	Enabled	admin	••••••••
Installer Account	Enabled	installer	••••••••
Home User Account	Disabled	home	••••••••
Read-Only Account	Enabled	readonly	••••••••

Figura 4.61 Administración de cuenta

Nos permite poder configurar las diferentes contraseñas para los diferentes accesos mediante la interfaz web y los privilegios de configuración.

## SEGURIDAD

**WPA2:** Modo de protección inalámbrica.

**WPA2 Pre-shared Key:** Clave para seguridad Inalámbrica (8-63 caracteres).

Para poder establecer el enlace entre el Ap y los SM y poder tener un protocolo de seguridad, hemos utilizado WPA2 con la clave: **tesismintel**.

Esta clave tendrá que ser configurada en los sm.

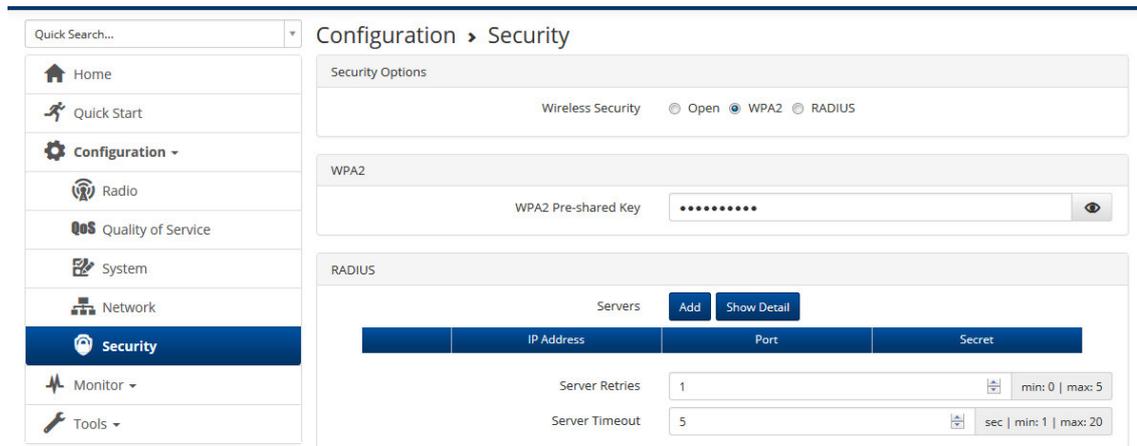


Figura 4.62 Configuración de seguridad

## NETWORK

- ✓ IP Address: ip de red 192.168.0.2 para el AP.
- ✓ Subnet Mask: mascara de red 255.255.255.0
- ✓ Gateway: puerta de enlace red 192.168.0.1.

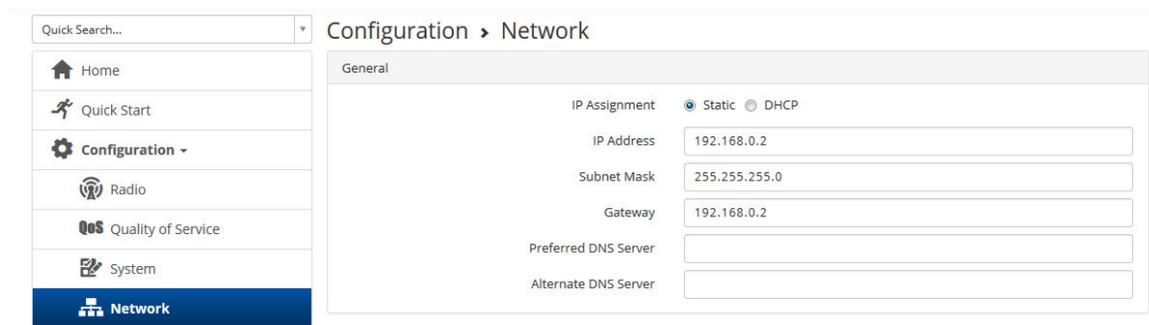


Figura 4.63 Configuración de red

**Management Access:** Ethernet and Wireless (Permite al suscriptor el acceso a la configuración del punto de Acceso. Disponible en Punto de acceso después de tener enlace).

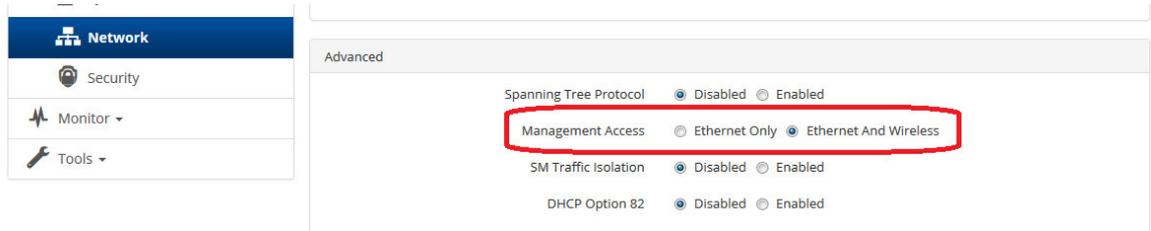


Figura 4.64 Menú de red

## MONITOR

Permite observar el estado y el rendimiento de la red alámbrica, inalámbrica y todos los *logs* registrados en el equipo.

Quick Search...		Ethernet Statistics - Transmitted		Ethernet Statistics - Received	
Home		Total Traffic	154947826 kbits	Total Traffic	2244652168 kbits
Quick Start		Total Packets	153902812	Total Packets	229624244
Configuration		Packet Errors	0	Packet Errors	0
Radio		Packet Drops	0	Packet Drops	0
Quality of Service		Multicast / Broadcast Traffic	153361 kbits	Multicast / Broadcast Traffic	472955178 kbits
System		Broadcast Packets	226868	Broadcast Packets	908209733
Network		Multicast Packets	100621	Multicast Packets	22139548
Security		Wireless Statistics - Downlink		Wireless Statistics - Uplink	
Monitor		Total Traffic	2734393446 Kbits	Total Traffic	146214107 Kbits
Performance		Total Packets	288715541	Total Packets	153926314
System		Error Drop Packets	59	Error Drop Packets	43883
Wireless		Capacity Drop Packets	0	Multicast / Broadcast Traffic	137926 Kbits
Network		Retransmission Packets	60459984	Broadcast Packets	226502
		Multicast / Broadcast Traffic	487193162 Kbits	Multicast Packets	100636
		Broadcast Packets	908169475		
		Multicast Packets	22230712		

Figura 4.65 Desempeño de red

## QUICK START

Nos muestra de manera automática la configuración tanto para el "AP" como para el "STA".

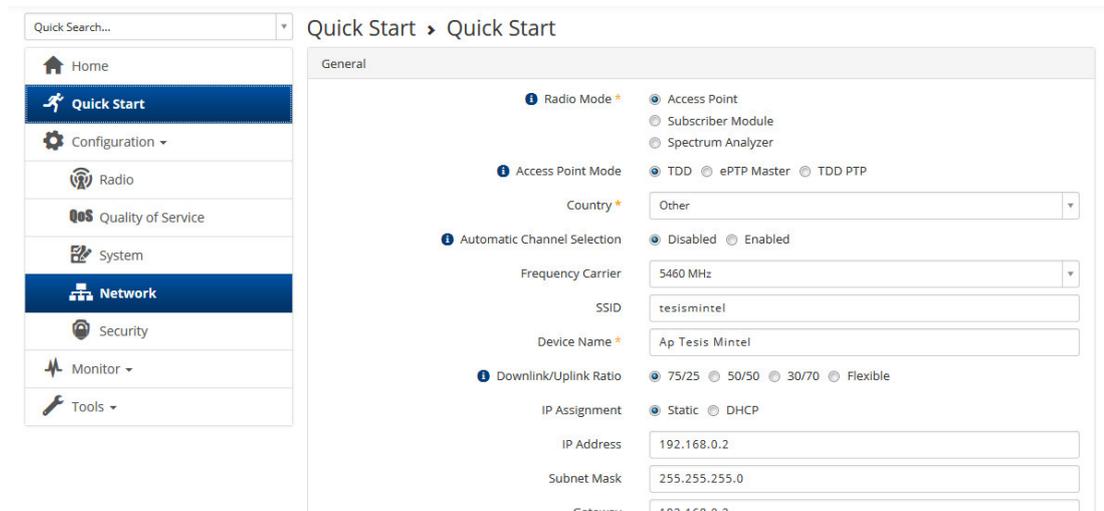


Figura 4.66 Menú de inicio rápido

Una vez configurado nuestro AP procederemos a guardar los cambios y reiniciar el equipo.

## CONFIGURACION DEL SUSCRIBER MODULE (SM)

Los suscriptores tendrán básicamente que copiar cierta información del AP, el cual tendremos que configurar de manera similar el SSID, ancho de canal y la seguridad inalámbrica.

**Access Point Mode:** Modo TDD (AP y SM) para Multipunto.

**Country:** \_ Estará definida por el AP

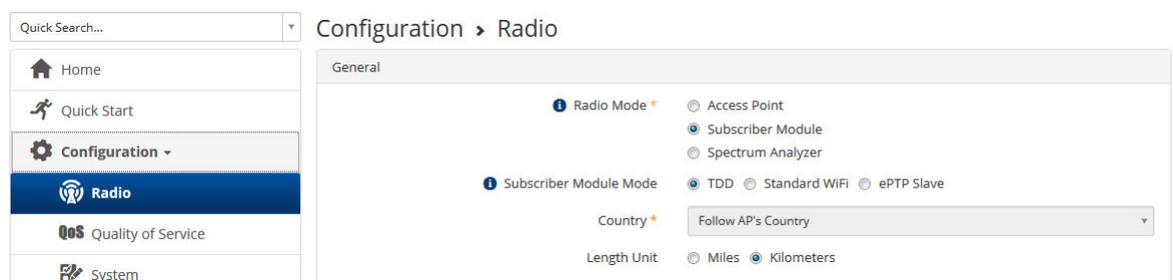


Figura 4.67 Configuración de radio

## SEGURIDAD

Establecemos el mismo WPA2 que configuramos en el AP (wpa2: **tesismintel**).



Figura 4.68 Seguridad Wpa2

## Ancho de canal

El ancho de canal que definimos el en AP (20Mhz).

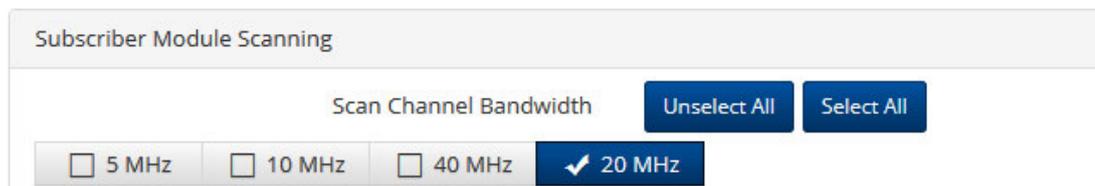


Figura 4.69 Módulo de escaneo de suscriptores

Seleccionamos todas las frecuencias disponibles para el ancho de canal de 20 MHz, es importante marcar todas las frecuencias debido a que si se llega a presentar problemas de interferencia, se deberá de cambiar de frecuencia en el AP para poder recuperar el servicio.

Radio Frequency 20 MHz Scan List Unselect All Select All

✓ 5160 MHz	✓ 5165 MHz	✓ 5170 MHz	✓ 5175 MHz	✓ 5180 MHz	✓ 5185 MHz	✓ 5190 MHz	✓ 5195 MHz
✓ 5200 MHz	✓ 5205 MHz	✓ 5210 MHz	✓ 5215 MHz	✓ 5220 MHz	✓ 5225 MHz	✓ 5230 MHz	✓ 5235 MHz
✓ 5240 MHz	✓ 5245 MHz	✓ 5250 MHz	✓ 5255 MHz	✓ 5260 MHz	✓ 5265 MHz	✓ 5270 MHz	✓ 5275 MHz
✓ 5280 MHz	✓ 5285 MHz	✓ 5290 MHz	✓ 5295 MHz	✓ 5300 MHz	✓ 5305 MHz	✓ 5310 MHz	✓ 5315 MHz
✓ 5320 MHz	✓ 5325 MHz	✓ 5330 MHz	✓ 5335 MHz	✓ 5340 MHz	✓ 5345 MHz	✓ 5350 MHz	✓ 5355 MHz
✓ 5360 MHz	✓ 5365 MHz	✓ 5370 MHz	✓ 5375 MHz	✓ 5380 MHz	✓ 5385 MHz	✓ 5390 MHz	✓ 5395 MHz
✓ 5400 MHz	✓ 5405 MHz	✓ 5410 MHz	✓ 5415 MHz	✓ 5420 MHz	✓ 5425 MHz	✓ 5430 MHz	✓ 5435 MHz
✓ 5440 MHz	✓ 5445 MHz	✓ 5450 MHz	✓ 5455 MHz	✓ 5460 MHz	✓ 5465 MHz	✓ 5470 MHz	✓ 5475 MHz
✓ 5480 MHz	✓ 5485 MHz	✓ 5490 MHz	✓ 5495 MHz	✓ 5500 MHz	✓ 5505 MHz	✓ 5510 MHz	✓ 5515 MHz
✓ 5520 MHz	✓ 5525 MHz	✓ 5530 MHz	✓ 5535 MHz	✓ 5540 MHz	✓ 5545 MHz	✓ 5550 MHz	✓ 5555 MHz
✓ 5560 MHz	✓ 5565 MHz	✓ 5570 MHz	✓ 5575 MHz	✓ 5580 MHz	✓ 5585 MHz	✓ 5590 MHz	✓ 5595 MHz
✓ 5600 MHz	✓ 5605 MHz	✓ 5610 MHz	✓ 5615 MHz	✓ 5620 MHz	✓ 5625 MHz	✓ 5630 MHz	✓ 5635 MHz
✓ 5640 MHz	✓ 5645 MHz	✓ 5650 MHz	✓ 5655 MHz	✓ 5660 MHz	✓ 5665 MHz	✓ 5670 MHz	✓ 5675 MHz
✓ 5680 MHz	✓ 5685 MHz	✓ 5690 MHz	✓ 5695 MHz	✓ 5700 MHz	✓ 5705 MHz	✓ 5710 MHz	✓ 5715 MHz
✓ 5720 MHz	✓ 5725 MHz	✓ 5730 MHz	✓ 5735 MHz	✓ 5740 MHz	✓ 5745 MHz	✓ 5750 MHz	✓ 5755 MHz
✓ 5760 MHz	✓ 5765 MHz	✓ 5770 MHz	✓ 5775 MHz	✓ 5780 MHz	✓ 5785 MHz	✓ 5790 MHz	✓ 5795 MHz
✓ 5800 MHz	✓ 5805 MHz	✓ 5810 MHz	✓ 5815 MHz	✓ 5820 MHz	✓ 5825 MHz	✓ 5830 MHz	✓ 5835 MHz
✓ 5840 MHz	✓ 5845 MHz	✓ 5850 MHz	✓ 5855 MHz	✓ 5860 MHz	✓ 5865 MHz		

Figura 4.70 Selección de radio frecuencia

**Transmitter power:** Potencia de transmisión.

**Antena Gain:** Ganancia de la antena.

Power Control

Max Tx Power  Auto  Manual

Transmitter Output Power  dBm | min: -24 | max: 30

The actual Tx Power may be reduced to be compliant with regulatory rules.

Antenna Gain  dbi | min: 13 | max: 30

Network Entry RSSI Threshold  dBm | min: -100 | max: -20

Network Entry SNR Threshold  dB | min: -5 | max: 60

Figura 4.71 Control de potencia

Una vez configurado nuestro SM procederemos a guardar los cambios y reiniciar el equipo.



Figura 4.72 Menú de cambios

Para poder verificar los niveles de Rx/Tx al momento de realizar el alineamiento de las antenas, utilizaremos la herramienta **eAlign** propietario de cambium Networks ePMP100, estos valores nos ayudaran a definir la buena calidad del enlace.

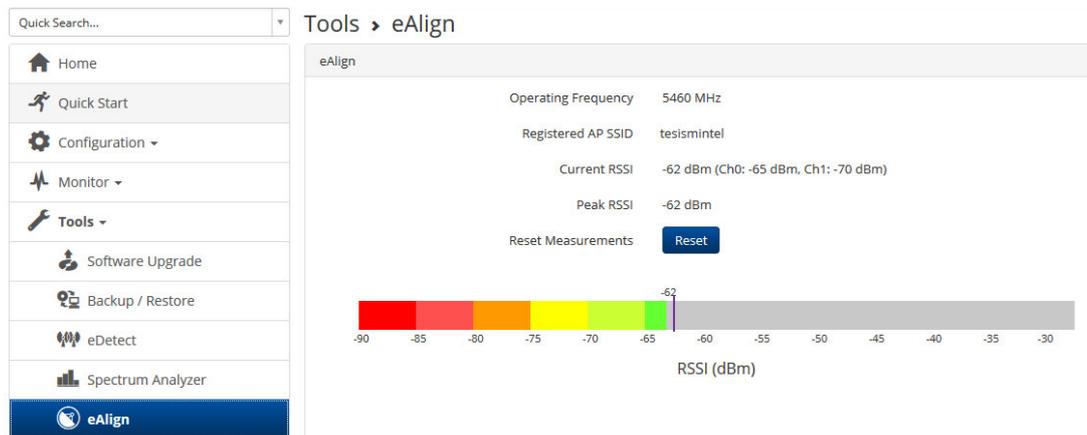


Figura 4.73 Menú herramientas de alineación

#### 4.4.3 Configuración del Modem VSAT ubicado en las escuelas

Configurar IP estática en interface de red de Laptop:

Se debe configurar una IP estática en nuestro equipo para tener acceso al modem, por default todos los módems tienen la IP 192.168.0.1 / 24.

Entonces asignamos una IP dentro de esa red a la PC.

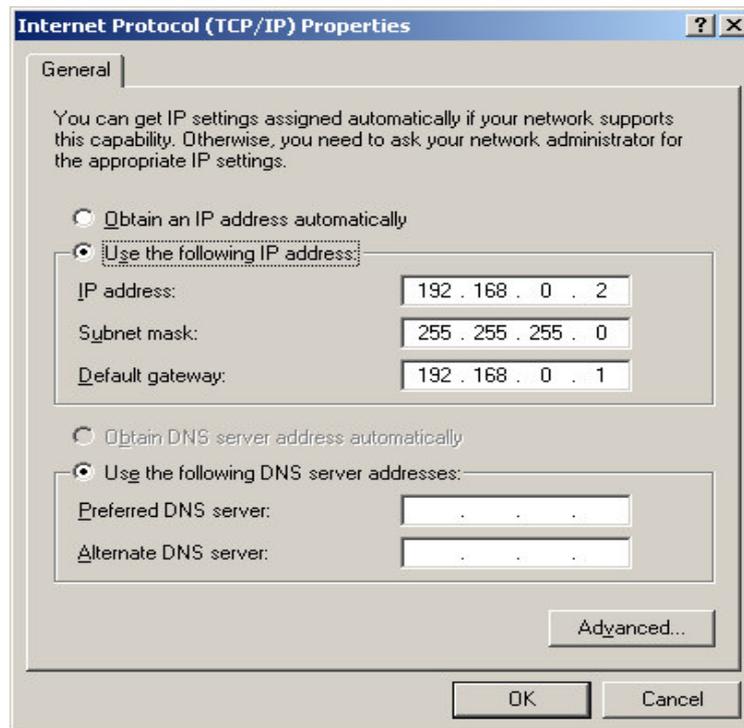


Figura 4.74 Menú de protocolo IP

Conectar a la interface LAN1 de la VSAT.

*CARGAR ARCHIVO SBC.CFG*

Copiar el archivo sbc.cfg (enviado) en el escritorio de la laptop. Abrimos el browser e ingresar a la dirección 192.168.0.1, aparece una página igual a la mostrada abajo. Damos clic sobre el icono del hombre pequeño (círculo rojo) para ir a la página de configuración avanzada.

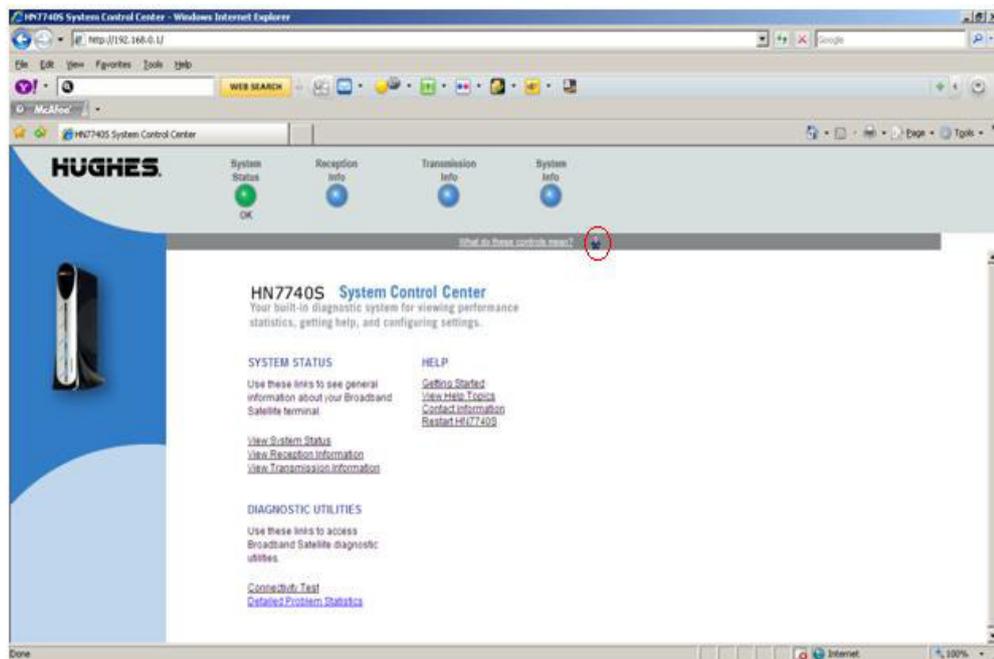


Figura 4.75 Sistema de control HN7740S [58]

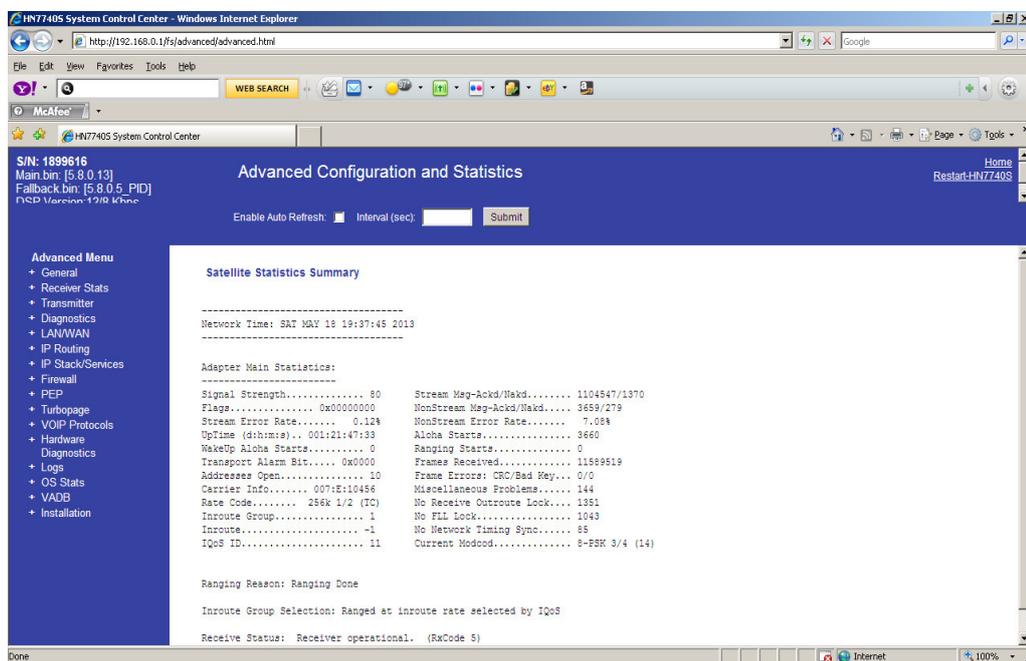


Figura 4.76 Estadísticas y configuraciones avanzadas del HN7740S [59]

En la página avanzado (arriba) clic en: \_

- ✓ Installation
- ✓ Setup (abajo).

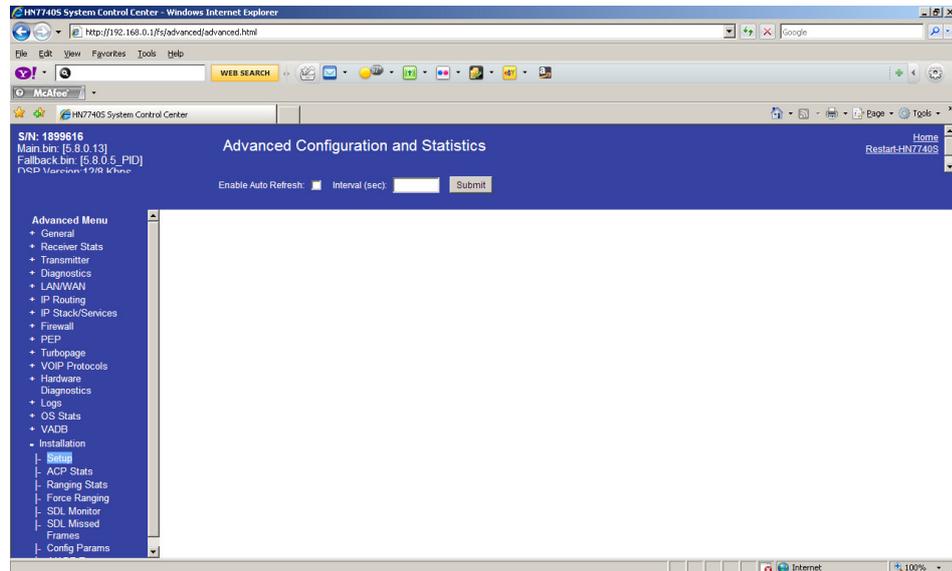


Figura 4.77 Estadísticas HN7740S [60]

Aparece una nueva página (abajo). Click en “Config File Upload”, localizer el archive *sbc.cfg* y cargarlo.

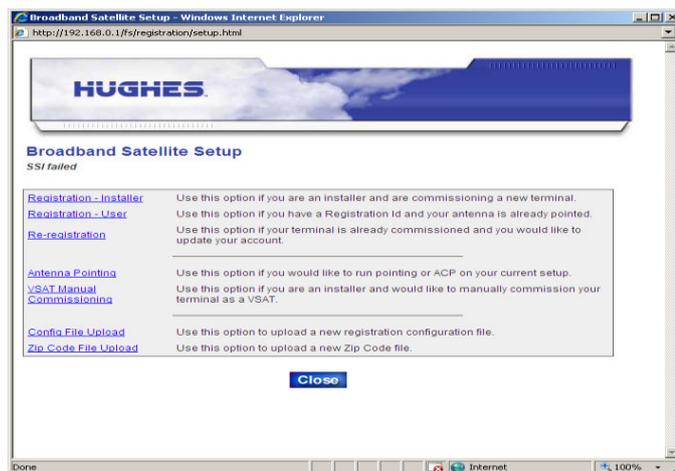


Figura 4.78 Configuración del satélite [61]

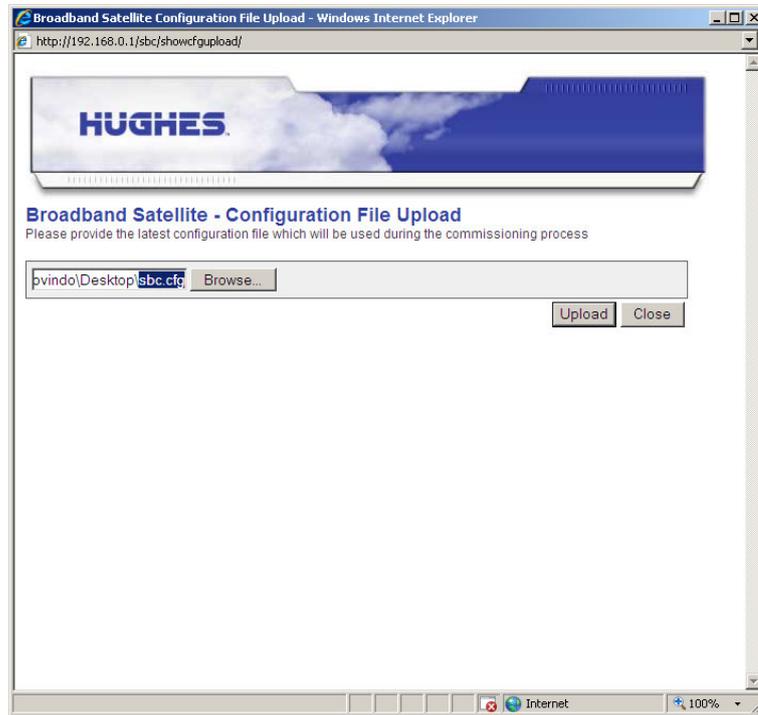


Figura 4.79 Configuración del satélite [62]

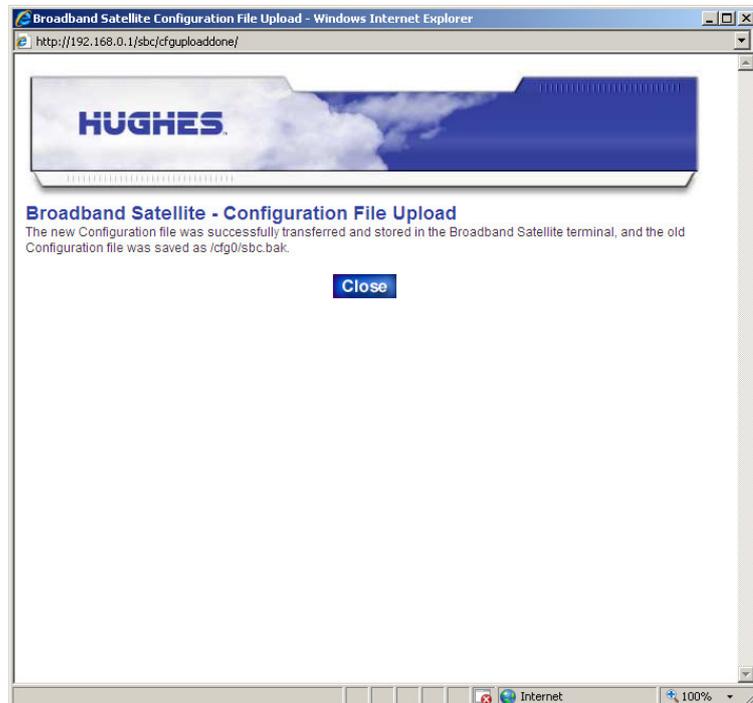


Figura 4.80 Sitio de carga del archivo de configuración [63]

Una vez que se ha cargado el archivo *sbc.cfg* file cerrar la ventana (clic sobre **close**).

## COMISIONAMIENTO MANUAL

Regresar a la página Advanced clic sobre Installation=> Setup

Clic sobre “VSAT Manual Commissioning”(figura 4.81).

The screenshot shows the HN7405 System Control Center web interface. The browser address bar shows the URL `http://192.168.0.1/f3/advanced/advanced.html`. The page title is "Advanced Configuration and Statistics". On the left, there is a navigation menu with categories like General, Receiver Stats, Transmitter, Diagnostics, LAN/WAN, IP Routing, IP Stack/Services, Firewall, PEP, Turbopage, VoIP Protocols, Hardware, OS Stats, VADB, and Installation. The main content area displays "Satellite Statistics Summary" with the following data:

```

Network Time: Sat Jun 18 19:46:45 2013
-----
Adapter Main Statistics:
Signal Strength..... 76      Stream Msg-Ackd/UnAckd..... 796/0
Flags..... 0x00000000      NonStream Msg-Ackd/UnAckd.... 9/0
Stream Error Rate..... 0.00%  NonStream Error Rate..... 0.00%
Uptime (d:h:m:s).. 000:00:06:40  Aloha Starts..... 9
WakeUp Aloha Starts..... 0      Ranging Starts..... 0
Transport Alarm Bit..... 0x0000  Frames Received..... 21456
Addresses Open..... 10         Frame Errors: CRC/Bad Key... 0/0
Carrier Info..... 007:E:10456    Miscellaneous Problems..... 1
Rate Code..... 256k 1/2 (10)    No Receive Outroute Lock.... 1339
Inroute Group..... 1           No Fill Lock..... 524
Inroute..... -1               No Network Timing Sync..... 0
IQoS ID..... 11              Current Modcod..... 8-FSK 3/4 (14)

Ranging Reason: Ranging Done

Inroute Group Selection: Ranged at inroute rate selected by IQoS

Receive Status: Receiver operational. (RxCode 5)

```

Figura 4.81 Configuración del satélite [64]

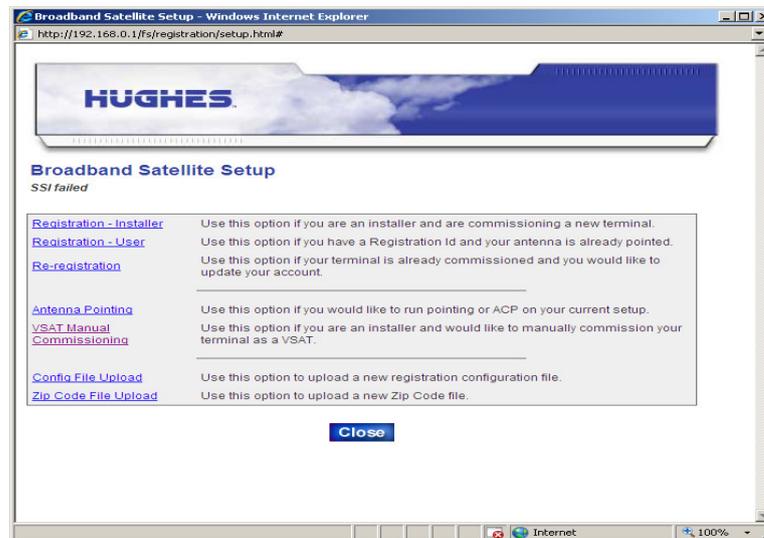


Figura 4.82 Configuración de banda ancha del satélite [65]

Aparece una ventana como la mostrada abajo. Se debe cambiar Latitud y Longitud en los parámetros VSAT de acuerdo a la ubicación de esta. La dirección IP, máscara y la IP de MGMT (admin) se configura en el NMSS. Todo esto está en rojo en la pantalla siguiente.

Los otros parámetros son los mismos de la ventana mostrada abajo. Una vez finalizado se debe grabar la configuración haciendo clic en **“Save”**.

## CONFIGURATION

La VSAT grabará y se reiniciará. Para verificar si la configuración es correcta ir a la página.

**Advanced** hacer clic en: \_\_

- ✓ Installation
- ✓ Config Parámetros.

Se debe observar una página como la mostrada a continuación.

**Satellite Parameters**

Longitude [Degrees/Hemisphere]: 107 West Frequency [x 100kHz]: 13343  
 Symbol Rate [Sps]: 4000000 LNB 22KHz Switch: Off  
 DVB Mode: DVB-S2-ACM OTA Frequency [x 100kHz]: 0  
 Receive Polarization: Vertical Transmit Polarization: Horizontal

**VSAT Parameters**

Longitude: 79 West Latitude: 2 South  
 Minutes: 57 Hemisphere: West Degree: 2 Minutes: 9 Hemisphere: South

**LAN Parameters**

LAN 1 IP Address: 186.101.47.129 LAN 1 Subnet Mask: 255.255.255.252 Validate:   
 LAN 2 IP Address (optional): 192.168.78.1 LAN 2 Subnet Mask (optional): 255.255.255.252 Validate:

**Management Parameters**

IP Gateway IP Address: 192.168.12.100 SDL Control Channel IP Address: 224.0.1.6  
 DVB Program Num for User Data: 20500 DVB Program Num for DNCC Data: 40000  
 VSAT Management IP Address: 13.1.1.5 Default Gateway IP Address (LAN RETURN only): 10.0.0.10  
 VSAT Return Path: Inroute Dynamic Routing Enabled: Disabled

**Radio Parameters**

Receive LNB Type: Invacom\_UniversalKu  
 Transmit Radio:  1 Watt  2 Watt  More Options  
 Transmit Radios Part Number: [Dropdown]

Buttons: Save Configuration, Cancel

Figura 4.83 Resumen de parámetros del satélite [66]

**Advanced Configuration and Statistics**

Enable Auto Refresh:  Interval (sec): [ ] Submit

Startup Timestamp: [ ]

Parameter Value entered Value in use

VSAT Return Path:	Inroute	Inroute
Satellite Longitude in degrees:	30	30
Satellite Hemisphere:	West	West
VSAT Longitude in degrees:	79	79
VSAT Longitude in minutes:	57	57
VSAT Longitude Hemisphere:	West	West
VSAT Latitude in degrees:	2	2
VSAT Latitude in minutes:	9	9
VSAT Latitude Hemisphere:	South	South
Satellite Channel Frequency:	13948 (x 100kHz)	13948 (x 100kHz)
Receive Symbol Rate:	1250000 Sps	1250000 Sps
Receive Polarization:	Vertical	Vertical
Transmit Polarization:	Horizontal	Horizontal
LNB 22KHz Switch:	Off	Off
DVB Mode:	DVB-S2-ACM	DVB-S2-ACM
Frequency Band / Modulation:	Ku / 8-PSK	Ku / 8-PSK
DVB Program Num for User Data:	20500	20500
DVB Program Num for DNCC Data:	40000	40000
LAN1 IP Address:	172.30.20.1	172.30.20.1
LAN1 Subnet Mask:	255.255.255.248	255.255.255.248
LAN2 IP Address:	0.0.0.0	0.0.0.0
LAN2 Subnet Mask:	255.255.255.0	0.0.0.0
IP Gateway IP Address:	192.168.12.100	192.168.12.100
SDL Control Channel Multicast Address:	224.0.1.6	224.0.1.6
VSAT Management IP Address:	13.1.1.2	13.1.1.2

Figura 4.84 Configuración avanzada del satélite [67]

## APUNTAMIENTO DE LA ANTENA

Ir a la página Advanced de la VSAT. Clic en: \_

- ✓ Installation
- ✓ Setup

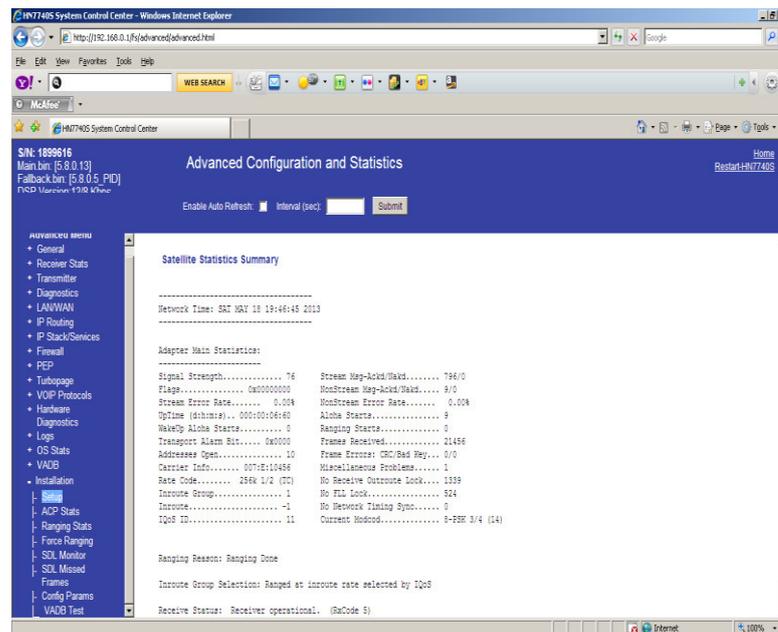


Figura 4.85 Configuración avanzada del satélite [68]

En la nueva ventana clic en **Antenna Pointing** como se muestra en la figura 4.86:

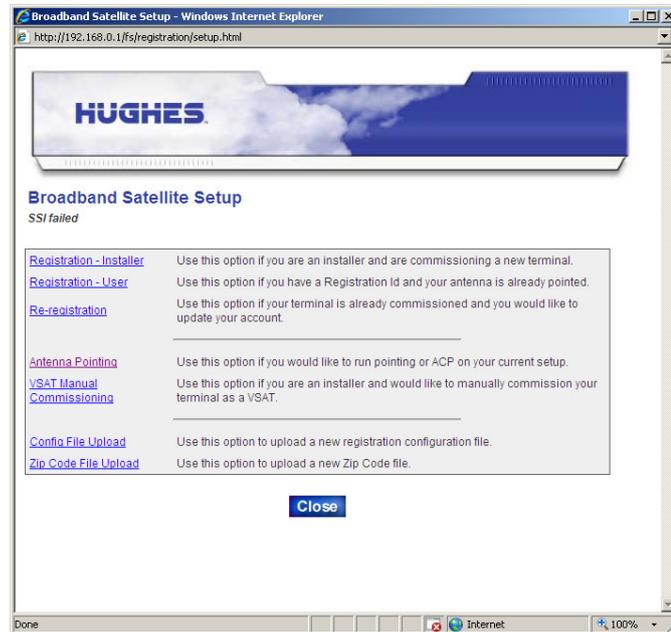


Figura 4.86 Configuración de banda ancha del satélite [69]

En la ventana que aparece hacer clic en *Next*.

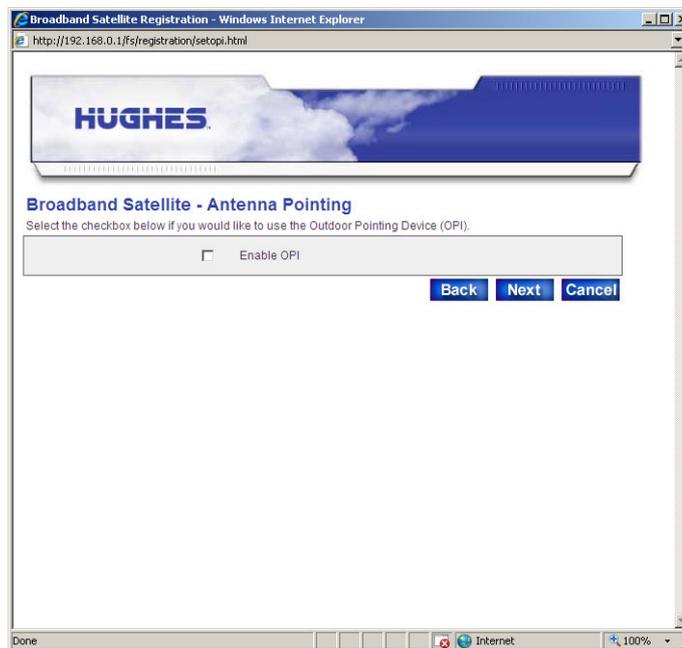


Figura 4.87 Calibración de antena [70]

Se observa los datos de elevación y Azimut. Ubicar la antena lo más cercano posible con esos datos de elevación y azimut e iniciar el apuntamiento fino.

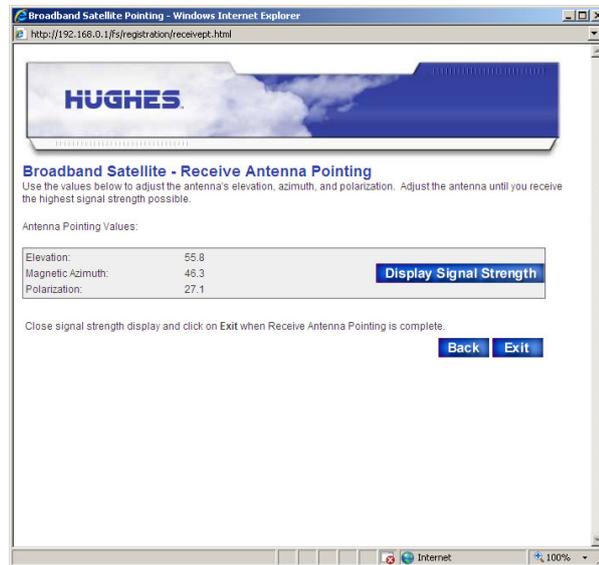


Figura 4.88 Calibración de antena receptora [71]

Damos clic en **Display Signal Strength** para ver la fuerza de la señal mientras se apunta. Intentar alcanzar el mejor nivel de señal.

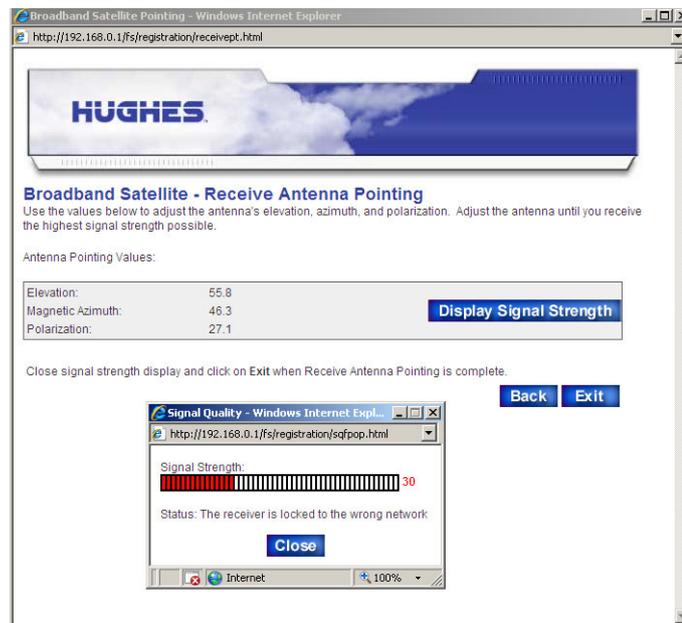


Figura 4.89 Calibración de antena receptora [72]

Realizar el apuntamiento hasta tener el mejor nivel de señal como se muestra en la figura 4.90.

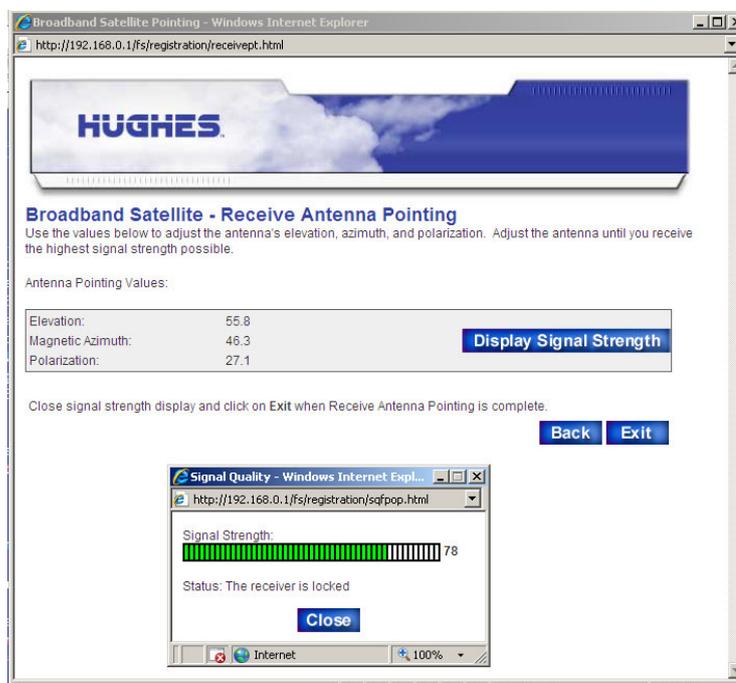


Figura 4.90 Fuerza de la señal de antena receptora [73]

Una vez apuntada y con el mayor nivel de señal, cerrar las ventanas, ir la página Advanced y hacer clic en: \_

- ✓ General
- ✓ Summary.

Aquí se debe tener: \_

- ✓ Receive Status: Receiver Operational (Rx Code 5)
- ✓ Transmit Status: Transmitter ready (Tx code 8)

Se muestra remarcado con rojo en la página siguiente, si el Tx code es 13 asegúrese que los cables y conectores están en buen estado y las conexiones son correctas. Si el Tx code es 9 o 10 esperar aproximadamente 5 minutos y verificar si el estado cambia a Tx code 8. Si esto no ocurre ir a: \_

- ✓ Installation
- ✓ Force Ranging.

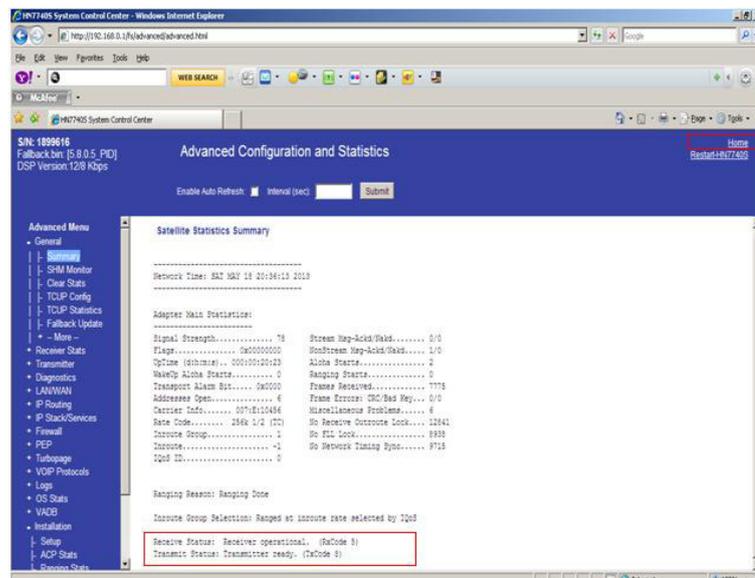


Figura 4.91 Resumen estadístico [74]

## PROCEDIMIENTO PARA FORCE RANGING

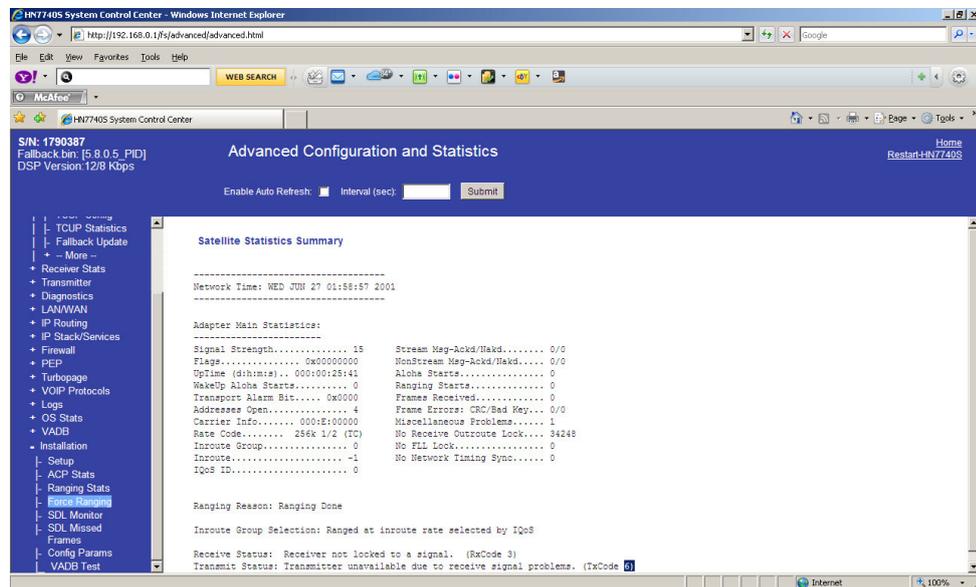


Figura 4.92 Resumen estadístico [75]

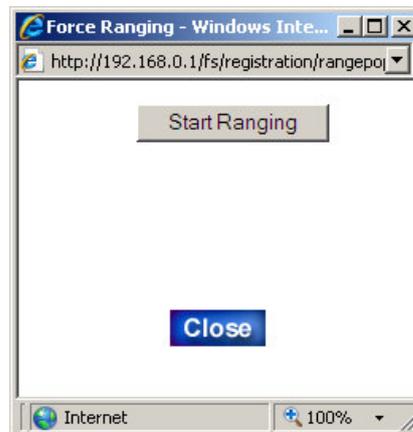


Figura 4.93 Inicio de escaneo [76]

Una vez finalizado todo el proceso de configuración debemos ir a la página de inicio y confirmar si el **System Status** está en verde como se muestra en la figura 4.94.

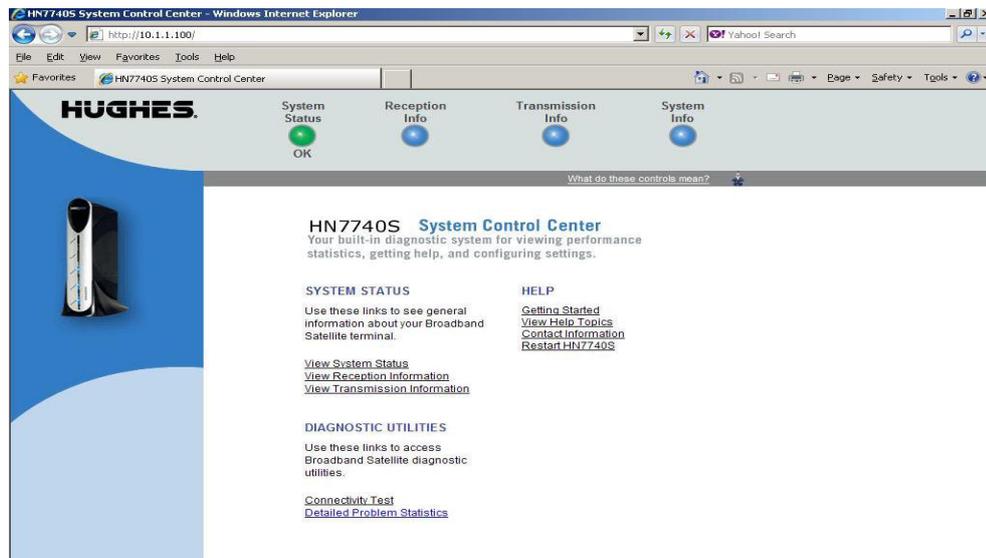


Figura 4.94 Configuración del satélite [77]

Procedemos a dar clic sobre el botón verde y se observa la página siguiente, en *software download status* debe aparecer que todos los archivos han sido actualizados.

SYSTEM STATUS	
Signal Strength	86
<small>Note: Signal Strength is not an indicator of browsing speed. Precipitation can affect Signal Strength. If you do not see a red flag next to any of the status messages on this page, you should be able to browse the Internet successfully.</small>	
Receive Status	Receiver operational. (RxCode 5)
Transmit Status	Transmitter ready. (TxCode 8)
Software Download Status	All files are up-to-date.
Service Status	Commissioned [Keys updated]
TCP Acceleration Status	Operational
Diagnostics Code	0000-0000-0000-0005(Hourly) 0000-0000-0000-0005(Recent)

Figura 4.95 Status del sistema [78]

#### 4.4.4 Investigación y diseño de equipos de Radioenlace

Para la interconexión de las escuelas antes mencionadas se requiere del establecimiento de radioenlaces, los mismos deben proporcionar características mínimas de operación para garantizar la calidad del servicio requerida.

En la figura 4.96 se puede apreciar los sistemas punto a punto y multipunto de la red en cuestión:

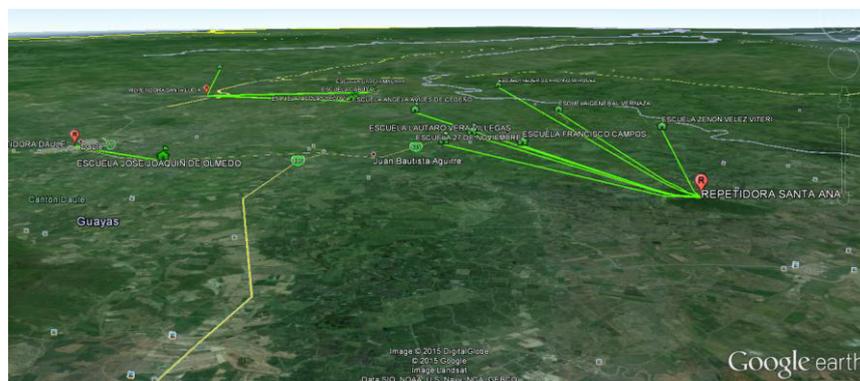


Figura 4.96 Sistema punto a punto – punto multipunto

Para determinar la factibilidad de los radioenlaces se realiza una simulación donde se consideran las características técnicas de los equipos involucrados, la topografía del entorno y las características de propagación de la señal.

Para el análisis se ha utilizado la herramienta de Cambium Networks llamada PTP LINK PLANNER el cual nos permitirá determinar las características del radioenlace en condiciones ideales, el software *Link Planner* es una herramienta que puede evaluar qué equipo es el mejor según las condiciones a operar, en este programa podemos calcular la línea de vista, zona de

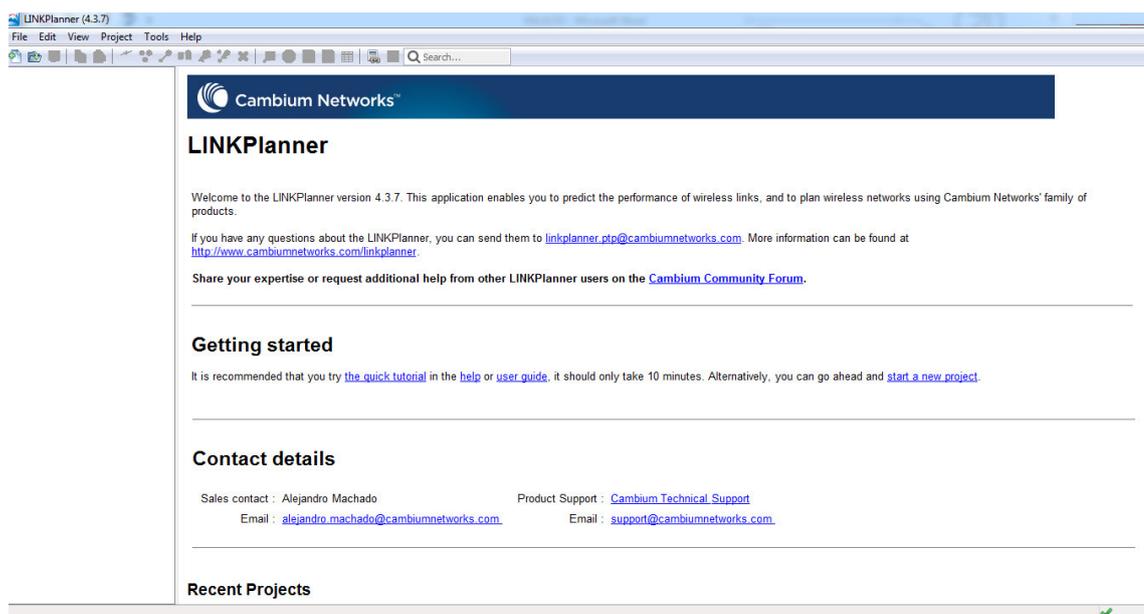
fresnel, distancia del enlace, altura de torres, frecuencias etc. De esta forma hemos determinado que equipo es el mejor para nuestro proyecto.

El software se lo puede descargar gratuitamente desde el siguiente enlace: \_

<https://support.cambiumnetworks.com/files/linkplanner/>

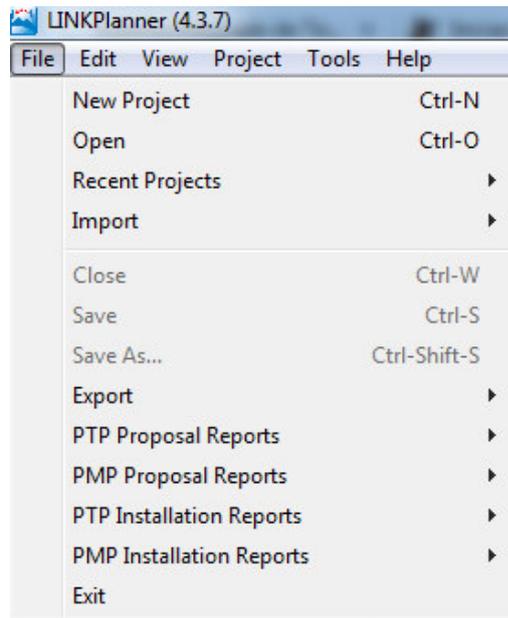
El programa funciona para Windows Vista, Siete (7) u ocho (8). El relieve del lugar se obtiene a través de internet y se requiere un mínimo de 1 Mbps para realizar los estudios.

La versión del LINK PLANNER utilizada es la 4.3.7.



*Figura 4.97 Pantalla principal del software PTP Link Planner*

Este software cuenta con las siguientes opciones: \_



*Figura 4.98 Menú archivo*

**New Project:** \_ Permite iniciar con un nuevo proyecto de enlace punto a punto.

**Open:** \_ Permite abrir un proyecto existente (.ptpproj / .prj). Es posible abrir más de un proyecto a la vez.

**Recent Projects:** \_ Permite visualizar en lista los últimos 9 proyectos en los cuales ha estado trabajando recientemente.

**Import:** \_ Esta es una de las funciones más importantes y robustas del software, ya que permite importar enlaces o puntos desde Google Earth (kml/kmz), Excel (csv), Hydra, Pathloss, Radio Mobile, etc.; si Usted cuenta con un software de los mencionados anteriormente, puede migrar sus proyectos a Link Planner para obtener la mejor recomendación de equipos

Cambium, ya sea a línea de vista (LOS), línea de vista parcial (nLOS) o sin línea de vista (NLOS).

**Close:** \_ Cerrar el proyecto actual o el proyecto seleccionado, en caso de que tenga varios proyectos activos.

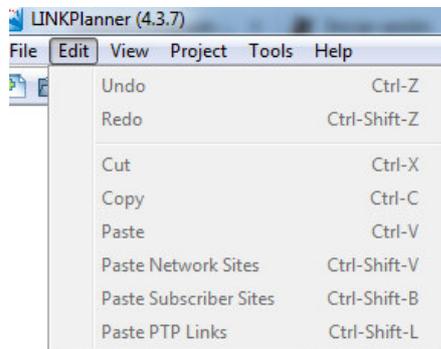
**Save / Save As:** \_ Esta función permite guardar los cambios efectuados al proyecto o los proyectos abiertos y también permiten guardar el proyecto con otro nombre diferente al actual.

**Export:** \_ Permite exportar los enlaces y/o puntos de enlace a Excel (csv) o Google Earth (kml/kmz).

**Proposal Report:** \_ Permite generar un PDF con toda la información acerca del proyecto, los puntos que lo integran, el desglose de los enlaces de forma independiente, los equipos requeridos, el rendimiento esperado, las alturas, niveles de ruido, puntos de reflejo, datos del cliente que lo solicita, factibilidad y garantía del sistema, etc. Esta función es única de Cambium y ninguna otra marca ofrece algo similar.

**Installation Report:** \_ Similar al "Proposal Report", pero en este caso, el documento contiene información técnica más específica como: modulaciones, anchos de banda, niveles de señal, márgenes de desvanecimiento, orientación de antenas, etc. Este reporte es una guía completa para el instalador del sistema.

**Exit:** \_ Salir del software

**EDIT**

*Figura 4.99 Menú Edit*

**UNDO:** \_ Deshacer cualquier cambio

**REDO:** \_ Rehacer algún cambio

**CUT:** \_ Cortar información desde cualquier punto.

**COPY:** \_ Copiar la información y trasladarla a cualquier punto.

**PASTE:** \_ Pegar información

**PASTE NETWORK SITES:** \_ Pegar sitios desde Radio Mobile, Google Earth etc.

**PASTE SUBSCRIBER SITES:** \_ Pegar sitios des clientes.

**PASTE PTP LINKS:** \_ Pegar enlaces desde google earth, radio mobile etc.

## VIEW

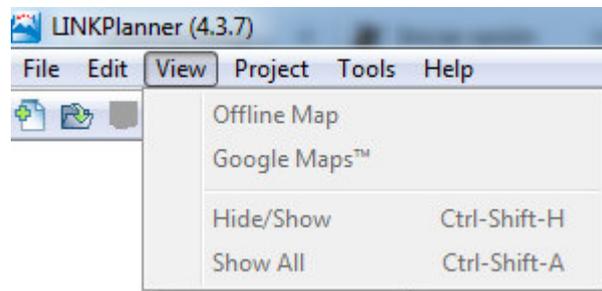


Figura 4.100 Menú View

**OFFLINE MAP:** \_ Podemos observar mapas sin conexión a Internet.

**Google Maps:** \_ Observar mapas de Google Maps.

**Hide/Show:** \_ Mostrar / Ocultar

**Show All:** \_ Mostrar todo.

## PROJECT

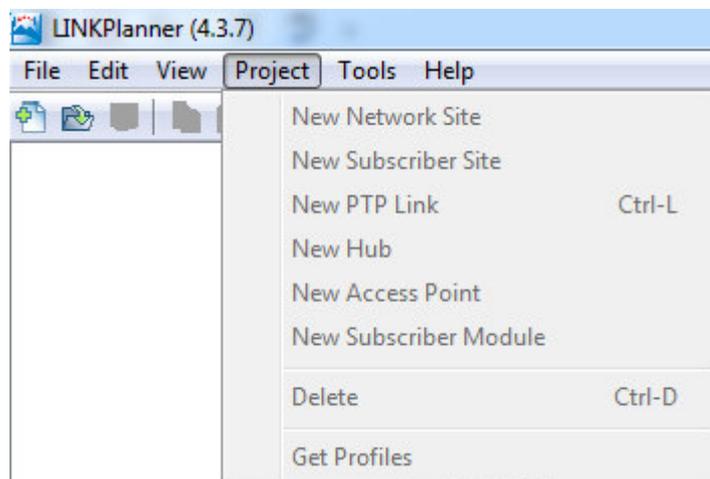


Figura 4.101 Menú Project

**New Network Site:** \_ Permite agregar un nuevo punto al sistema mediante coordenadas (Latitud/Longitud).

**New Subscriber Site:** \_ Suscribir un nuevo sitio

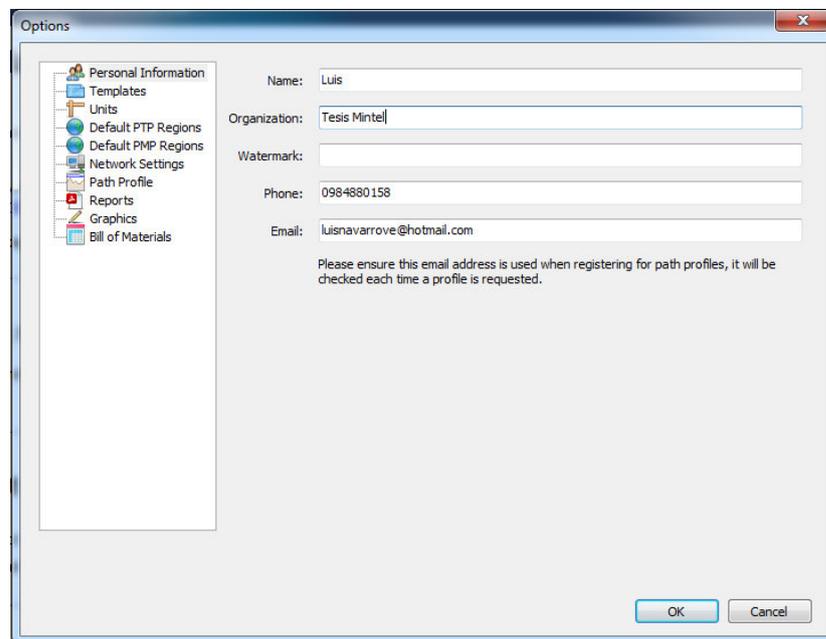
**New PTP Link:** \_ Permite establecer un nuevo enlace entre puntos existentes en el proyecto, siempre y cuando el enlace no exista en el mismo.

**New Access Point:** \_ Nuevo punto de Acceso

**Delete:** \_ Permite eliminar o borrar algún punto específico en el proyecto que ha sido seleccionado previamente.

**Get Profiles:** \_ Esta herramienta sirve para solicitar al servidor que renueve o actualice algún enlace que no se haya valorado correctamente, ya sea por problemas de la conexión a Internet o por algún conflicto en la comunicación entre la PC y el servidor.

## TOOLS

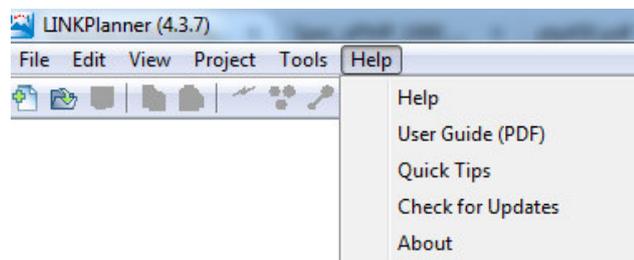


*Figura 4.102 Menú Options*

**Options:** \_ Permite ver las funciones del software dentro de nuestra PC, tales como: \_ unidades de medida (millas, kilómetros, metros, pies etc.), sistema de coordenadas GPS (grados decimales, grados, minutos y segundos), información personal, tipo de letra de los reportes de propuesta o de instalación, tamaño de la página, etc.

**Open in new Window:** \_ Permite abrir una nueva ventana solo con la información de un enlace específico.

## HELP



*Figura 4.103 Menú Help*

**Help:** \_ Permite abrir una ventana emergente o de soporte para apoyo al usuario.

**User Guide (PDF):** \_ Permite descargar una guía al usuario en formato PDF.

**Quick Tips:** \_ Muestra la ventana "Tips del día" donde se encuentra de manera resumida toda la información del software.

**Check for Updates:** \_ permite verificar si existen actualizaciones del software.

**About:** \_ Datos información del softwares tales como la versión, datos legales, correos de soporte, etc.

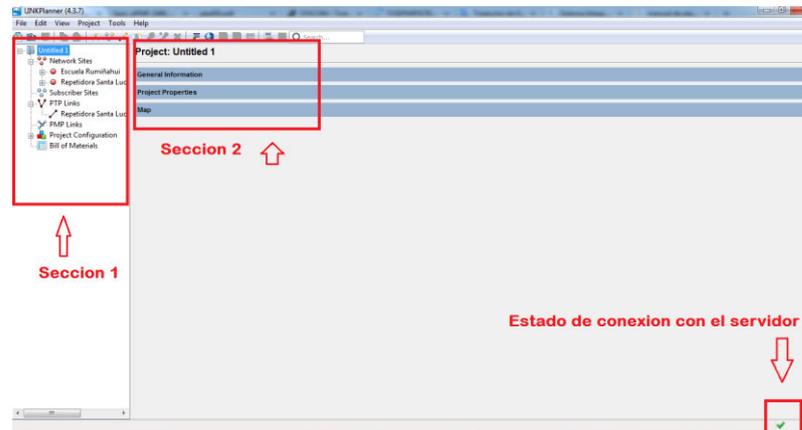


Figura 4.104 Menú principal PTP

**Sección 1:** Recopila la información de los proyectos, los puntos involucrados, enlaces entre puntos, factibilidad de enlaces, configuración especiales etc.

**Sección 2:** Muestra la información que se recopila en la sección 1.

Estado de conexión con el servidor: El icono de visto significa que la conexión con el servidor entre el software e internet es exitosa.

Para poder ingresar las coordenadas tanto de la repetidora como las escuelas necesitamos agregar nuevos sitios al software.

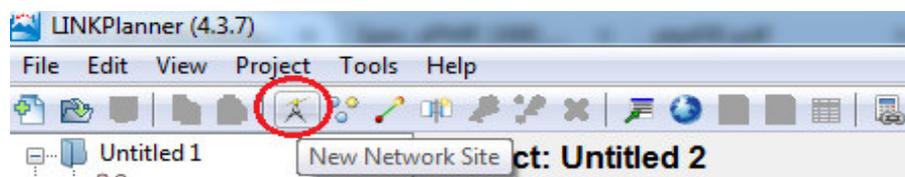


Figura 4.105 New Network Site

Cuando seleccionamos esta categoría el nuevo sitio contiene: nombre, Altura de la torre, y coordenadas en Grados, minutos y segundos.

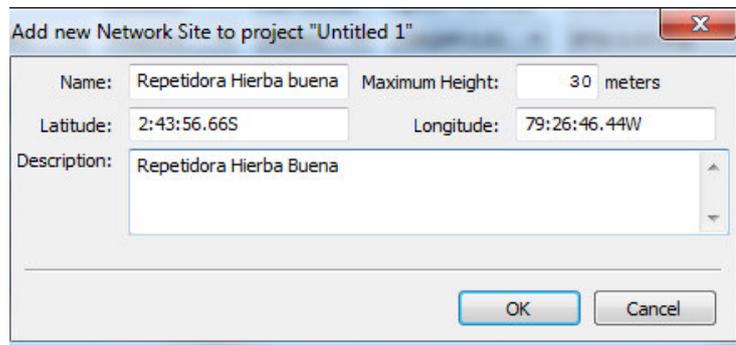


Figura 4.106 Agregar nueva red

De manera similar vamos agregando los diferentes puntos que tenemos en nuestro proyecto y se van agregando en nuestra sección 1.

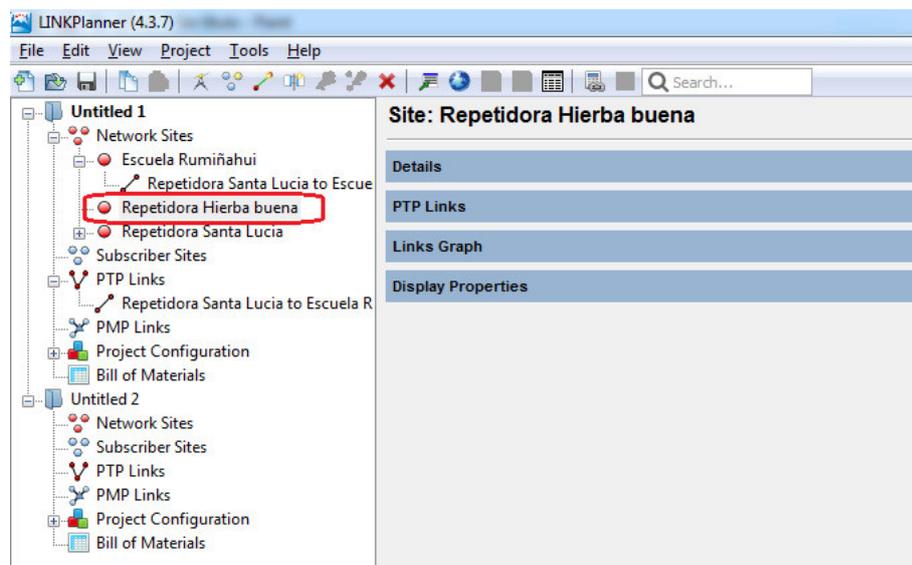


Figura 4.107 Ejemplo Sitio Repetidora Hierba buena

Para poder realizar el estudio en *zona de fresnel* para cada uno de los enlaces registrados de los puntos de nuestro proyecto, agregamos un LINKS y realizamos el estudio.

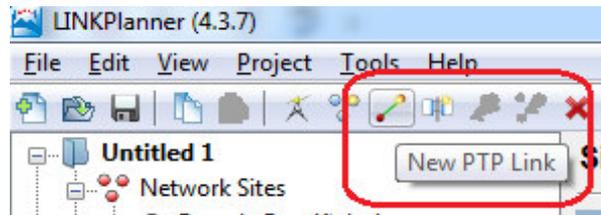


Figura 4.108 New PTP Link

En Links me muestra los enlaces que ingresamos, aquí nos pide de manera obligatoria agregar nuestro correo electrónico y registrarnos en la cuenta gratuita de cambium Networks, así mismo seleccionamos dos sitios para la realización del estudio.

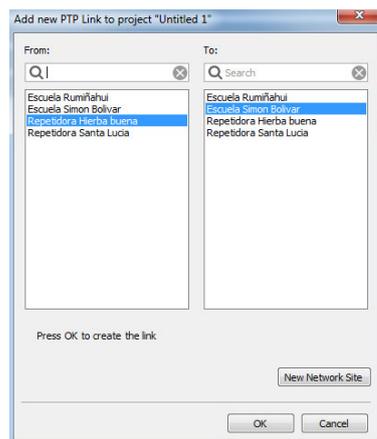


Figura 4.109 Agregar al PTP Link project

Una vez seleccionado los 2 puntos nos va a mostrar en la sección 1 y 2 toda la información del enlace, como son: \_ Links de descripción, Equipos, Banda, frecuencia, perfil, configuración, resumen de desempeño, detalles del desempeño, lista de materiales del enlace

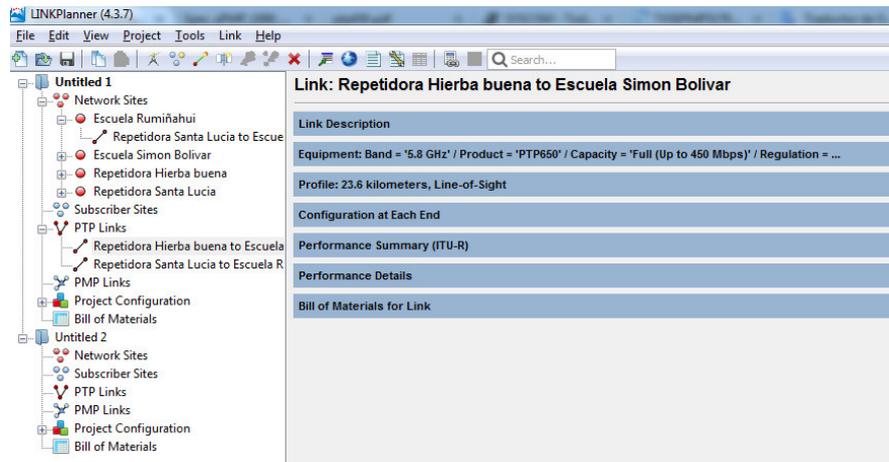


Figura 4.110 Link Enlace Hierba buena – Escuela Simón Bolívar

**Link description:** \_ contiene el nombre de los 2 puntos ingresados.



Figura 4.111 Link Description

**Equipment Band:** \_ Aquí en esta sección podemos selección como puede operar nuestro enlace con respecto al a banda, frecuencia, modulación, país de regulación de la potencia, ancho de canal, el tipo de prioridad de tráfico (IP/TDM), con o sin sincronización GPS, etc.



Figura 4.112 Equipamiento

**Profile:** \_ Aquí nos muestra todo lo relacionado con el relieve del enlace punto a punto, distancia del enlace, los puntos de reflejo de señal etc.

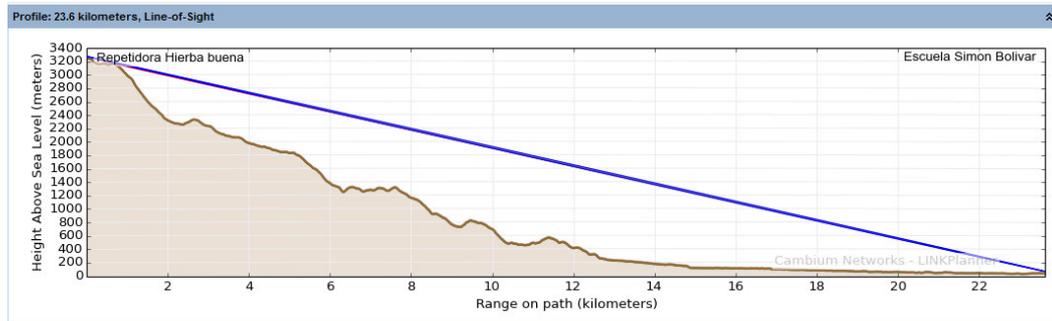


Figura 4.113 Perfil topográfico

Al no tener una limitación en línea de vista entre los dos puntos ingresamos en el software nos arroja una línea roja en referencia al relieve (como se muestra en la figura 4.114).

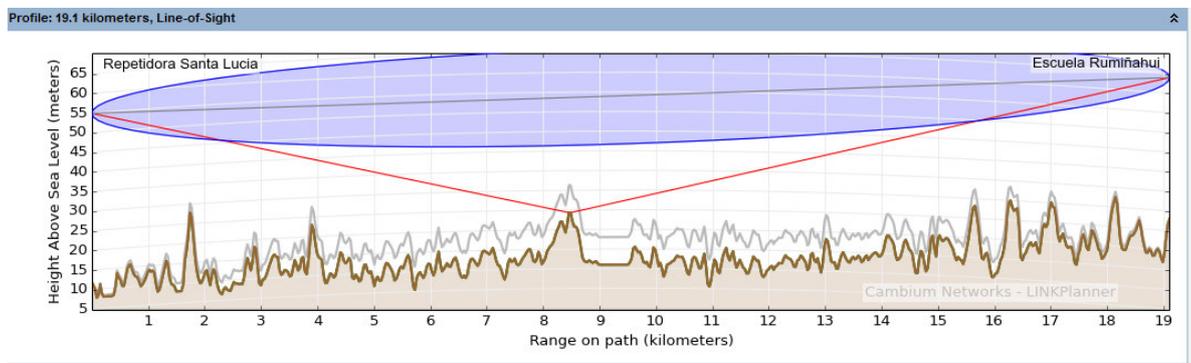


Figura 4.114 Perfil topográfico Escuela Rumiñahui

**Configuration at Each End :**\_ nos permite configurar el tipo de antena y la ganancia del mismo a utilizar la altura de las torres de cada sitio es importante esta sección porque va a depender mucho sobre nuestro proyecto

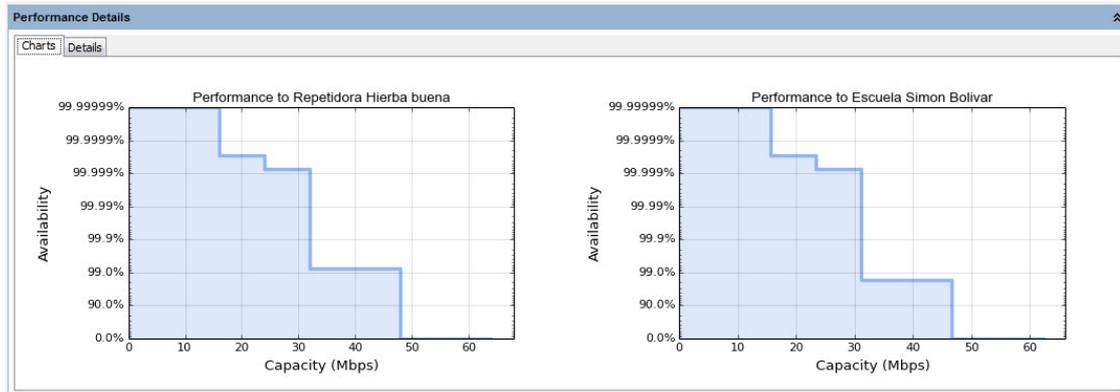
, para los estudios se ha tomado como referencia las torre de 30 mts, esto nos permite ir calculando cuanto necesitamos de altura e ir proyecto nuestro presupuesto económico y la factibilidad del terreno cuando se realicen las instalaciones de las torres, cabe indicar que previo a este estudio se realizó las inspecciones en sitio de cada una de las escuela, esto nos ayuda a tener un direccionamiento correcto al momento de la instalación del enlace.

Figura 4.115 Configuración de altura de torres

**Performance Summary:** \_ En relación a todo lo configurado, en esta sección nos permite ver una simulación del desempeño de nuestro enlace si cumple el throughput esperado.

Figura 4.116 Desarrollo del enlace

**Performance Details:** \_ Nos permite observar las gráficas de disponibilidad de ancho de banda, según el entorno que se desenvuelve el enlace como interferencia, ruido etc.



*Figura 4.117 Detalles del desarrollo del estudio*

**Bill of materials for link:** \_ Materiales requeridos para el enlace.

P/N	Description	Qty	Notes
(no part number)	Unspecified Power Lead	2	(set the region in the Bill of Materials options)
01010419001	Coaxial Cable Grounding Kits for 1/4" and 3/8" Cable	6	
C000065L007	LPU and Grounding Kit (1 kit per END)	2	
C050045B002	5 GHz PTP 450i END, Integrated High Gain Antenna (ROW)	2	
N000045L002	Tilt Bracket Assembly	2	
N000065L001	PTP 650 AC Power Injector	2	
WB3176	328 ft (100 m) Reel Outdoor Copper Clad CAT5E (Recommended for PTP)	1	

*Figura 4.118 Materiales requeridos para el enlace*

Una vez mostrado todo el funcionamiento del software PTP link planner vamos a proceder a realizar los estudios de fresnel correspondiente a cada escuela del muestreo tomado en la provincia del Guayas.

## ENLACE PUNTO MULTIPUNTO HACIA LAS ESCUELAS: NICOLAS SEGOVIA, CABUYAL Y CARCHI MACARA

En estos enlaces el CPE se encuentra ubicado en el cantón Santa Lucía, correspondiente a las escuelas Nicolás Segovia, Cabuyal y Carchi Macara. En las figuras 4.120, 4.122 y 4.124 se puede apreciar el análisis de propagación del enlace Punto Multipunto hacia la Repetidora Santa Lucía.

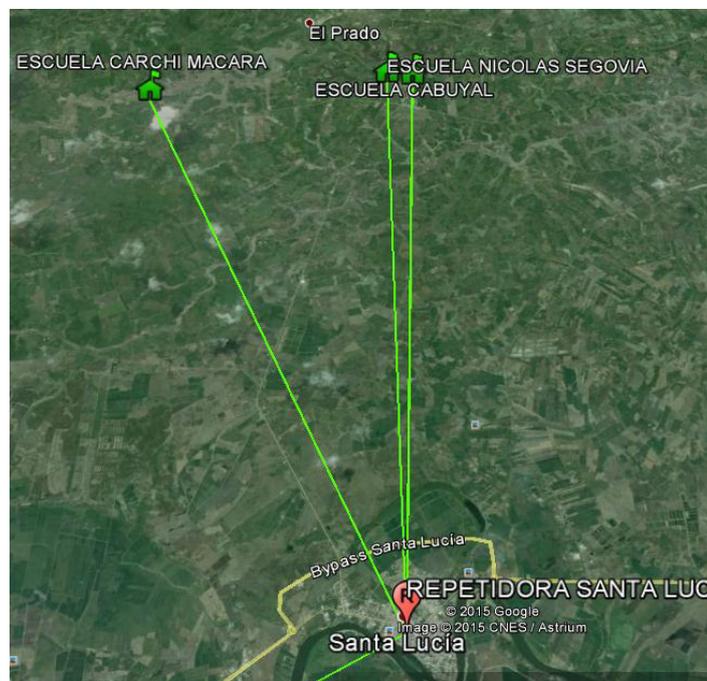


Figura 4.119 Simulación del Enlaces Punto Multipunto

Tabla 4.8 Resumen de enlace

REPETIDORA	SANTA LUCIA
ALTURA DE TORRE DE LA REPETIDORA	30 MTS
NOMBRE DE LA ESCUELA	NICOLAS SEGOVIA

COORDENADAS DE LA ESCUELA	1°43'36.37"S 79°53'52.84"O
ALTURA DE TORRE DE LA ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	9.9 KM
CANTON	SANTA LUCIA
PROVINCIA	GUAYAS

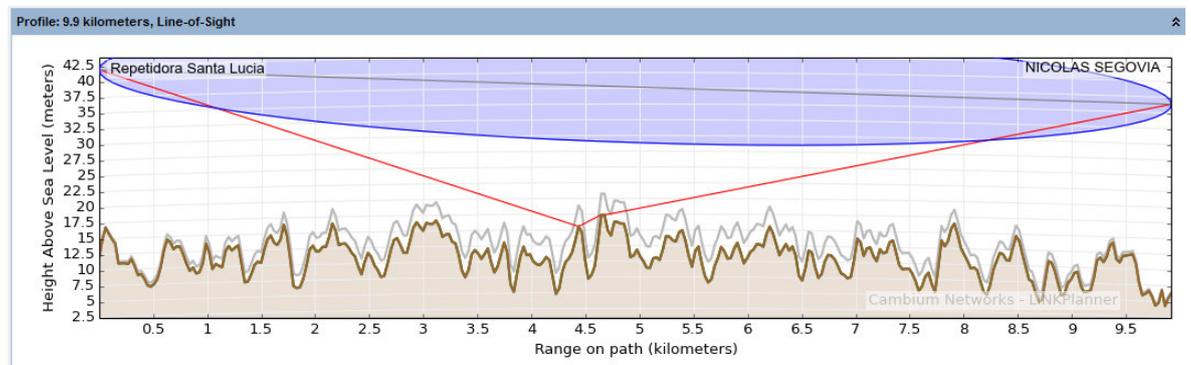


Figura 4.120 Simulación del Enlace Nicolás Segovia

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 127.65 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -66dBm. La distancia del enlace es de 9.9 km. En la Figura 5.121 se presentan los detalles del enlace.

Configuration at Each End		
<b>Repetidora Santa Lucia</b> Cambium Networks 5 GHz Integrated Antenna (13.0dBi) Antenna Height : 30 meters (Max height at site is 30.0 m) Maximum EIRP : 43.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit Maximum Power : 30.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit <input type="checkbox"/> Interference : MAC Address :	<b>NICOLAS SEGOVIA</b> Cambium Networks 5 GHz Integrated + Reflector Dish C050900H008 (19.0dBi) Antenna Height : 30 meters (Max height at site is 30.0 m) Maximum EIRP : 49.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit Maximum Power : 30.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit <input type="checkbox"/> Interference : MAC Address :	
Performance Summary (ITU-R)		
<b>Performance to Repetidora Santa Lucia</b> Predicted Receive Power : -66 dBm ± 7 dB Mean IP Predicted : 38.85 Mbps Mean IP Required : 5.0 Mbps % of Required IP : 777 % Min IP Required : 1.0 Mbps Min IP Availability Required : 99.9900 % Min IP Availability Predicted : 99.9998 %	<b>Operating Conditions</b> Frame Size : 1518 Bytes <b>Link Summary</b> <b>Aggregate IP Throughput : 77.69 Mbps</b> <b>Lowest Mode Availability : 99.9998 %</b> System Gain Margin : 19.23 dB Free Space Path Loss : 127.65 dB Gaseous Absorption Loss : 0.12 dB Excess Path Loss : 0.00 dB Total Path Loss : 127.77 dB	<b>Performance to NICOLAS SEGOVIA</b> Predicted Receive Power : -66 dBm ± 7 dB Mean IP Predicted : 38.85 Mbps Mean IP Required : 5.0 Mbps % of Required IP : 777 % Min IP Required : 1.0 Mbps Min IP Availability Required : 99.9900 % Min IP Availability Predicted : 99.9998 %

Figura 4.121 Simulación del Enlace Nicolás Segovia

Tabla 4.9 Resumen de enlace

REPETIDORA	SANTA LUCIA
ALTURA DE TORRE DE LA REPETIDORA	30 MTS
NOMBRE DE LA ESCUELA	CABUYAL
COORDENADAS DE LA ESCUELA	1°43'49.80"S 79°53'57.20"O
ALTURA DE TORRE DE LA ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	9.9 KM
CANTON	SANTA LUCIA
PROVINCIA	GUAYAS

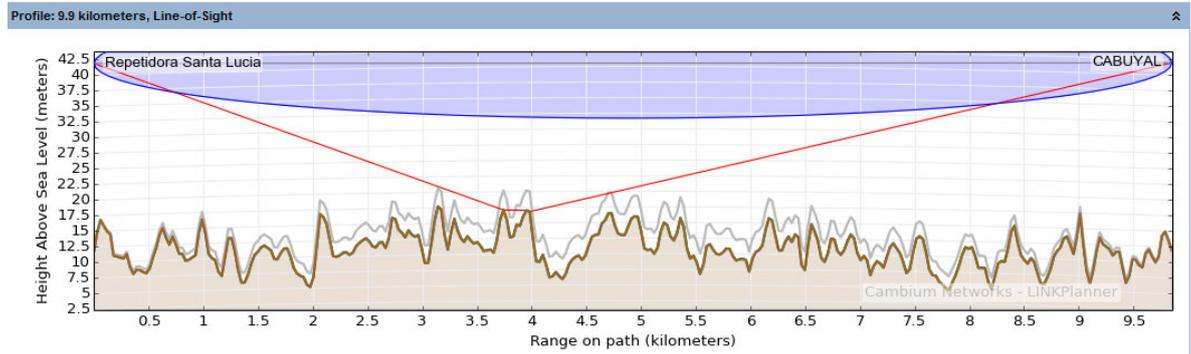


Figura 4.122 Simulación del Enlace Cabuyal

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 127.57 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -73dBm. La distancia del enlace es de 9.9 km. En la Figura 5.31 se presentan los detalles del enlace.

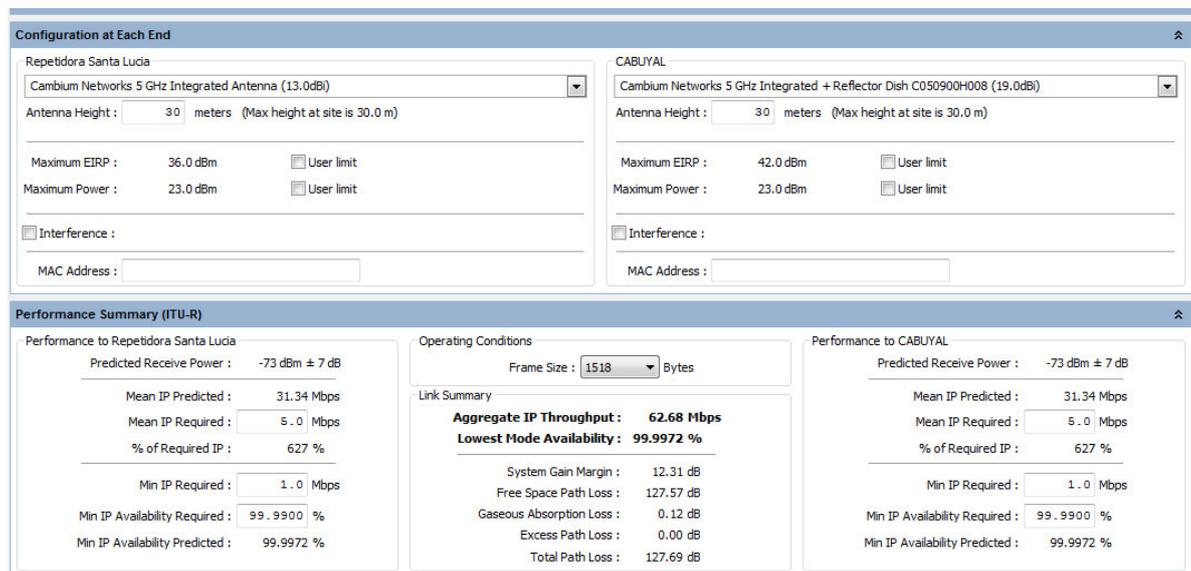


Figura 4.123 Detalles del Enlace Cabuyal

Tabla 4.10 Resumen de enlace

REPETIDORA	SANTA LUCIA
ALTURA DE TORRE DE LA REPETIDORA	30 MTS
NOMBRE DE LA ESCUELA	CARCHI MACARA
COORDENADAS DE LA ESCUELA	1°41'26.79"S 79°53'38.78"O
ALTURA DE TORRE DE LA ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	10.6 KM
CANTON	SANTA LUCIA
PROVINCIA	GUAYAS

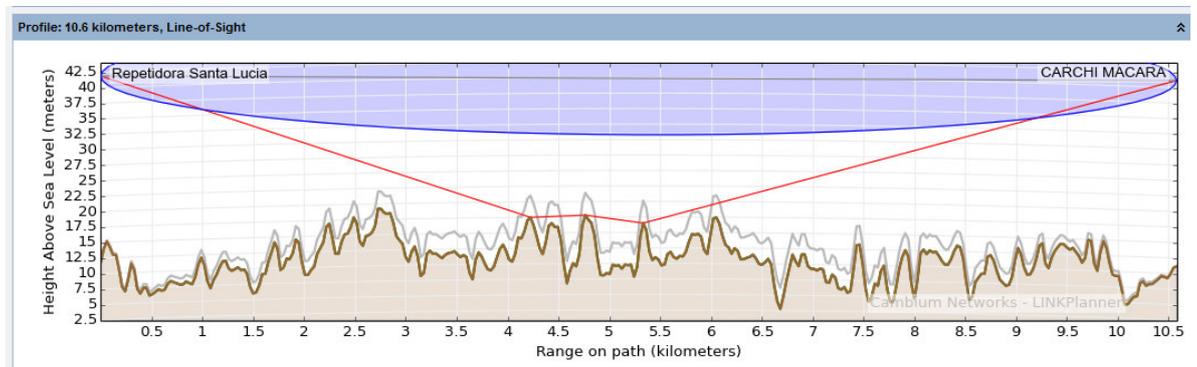


Figura 4.124 Simulación del Enlace Carchi Macara

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 127.90 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -66dBm. La distancia del enlace es de 10.6 km. En la Figura 5.33 se presentan los detalles del enlace.

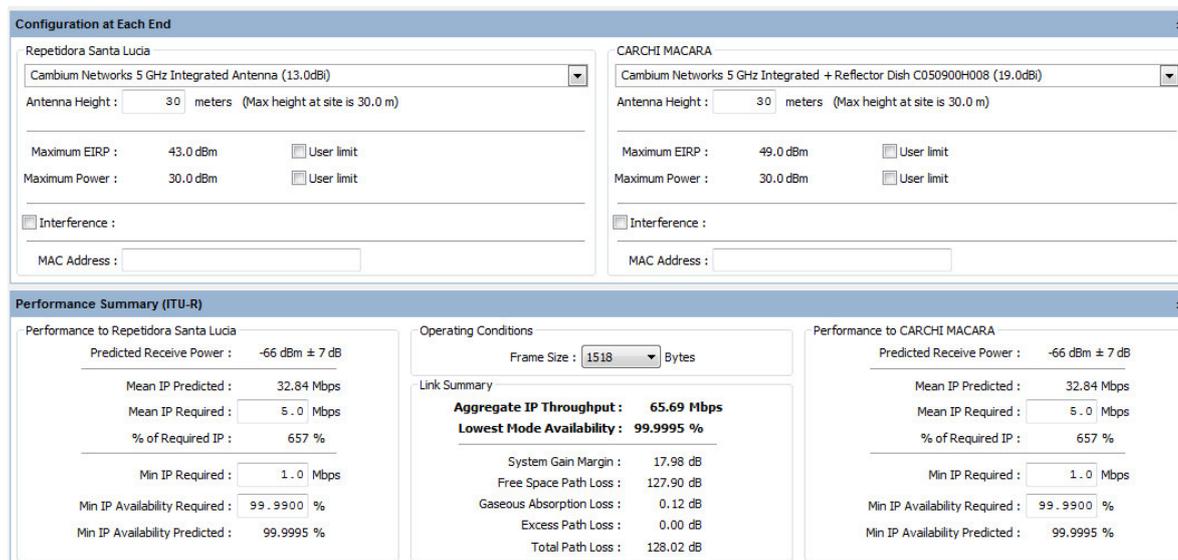


Figura 4.125 Detalles del Enlace Carchi Macara

## ENLACE PUNTO A PUNTO HACIA ESCUELA JOSE JOAQUIN DE OLMEDO

En este enlace el CPE se encuentra ubicado en el cantón Daule, correspondiente a la Escuela Jose Joaquín de Olmedo. En la figura 4.126 se puede apreciar el análisis de propagación del enlace hacia la Repetidora Daule.

Tabla 4.11 Tabla de detalles del enlace

REPETIDORA	DAULE
ALTURA DE TORRE DE LA REPETIDORA	30 MTS
NOMBRE DE LA ESCUELA	JOSE JOAQUIN DE OLMEDO
COORDENADAS DE LA ESCUELA	1°53'11.70"S 79°56'3.80"O

ALTURA DE TORRE DE LA ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	5.2 KM
CANTON	DAULE
PROVINCIA	GUAYAS

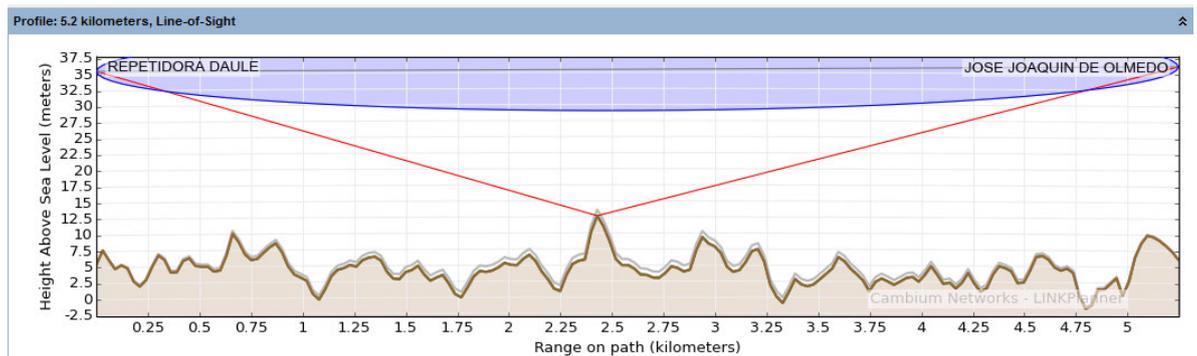


Figura 4.126 Simulación del Enlace Jose Joaquín de Olmedo

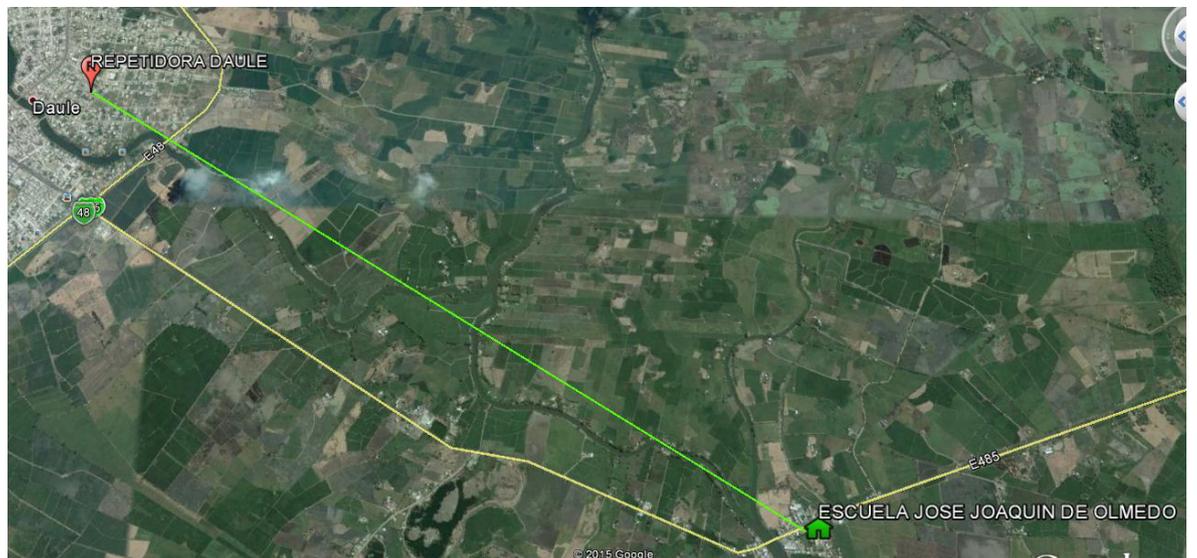


Figura 4.127 Simulación del Enlace Jose Joaquín de Olmedo

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 122.11 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -54dBm. La

distancia del enlace es de 5.2 km. En la Figura 4.128 se presentan los detalles del enlace.

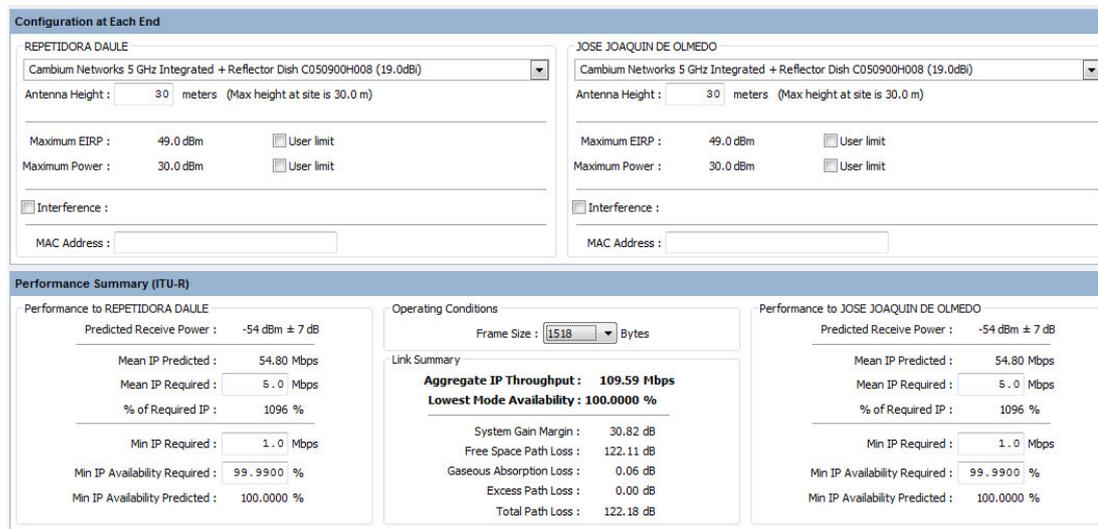


Figura 4.128 Detalles del Enlace Jose Joaquín de Olmedo

## ENLACE PUNTO MULTIPUNTO HACIA LAS ESCUELAS: ZENON VELEZ VITERI, LAUTARO VERA VILLEGAS, 27 DE NOVIEMBRE, FRANCISCO CAMPOS, GENERAL VERNAZA, ANGELA AVILES CEDEÑO Y FEDERICO PROAÑO MARQUEZ

En estos enlaces el CPE se encuentra ubicado en el cantón Salitre, correspondiente a las escuelas Zenón Velez Viteri, Lautaro Vera Villegas, 27 de Noviembre, Francisco Campos, General Vernaza, Ángela Avilés Cedeño y Federico Proaño Márquez. En las figuras 4.130, 4.132, 4.134, 4.136, 4.138, 4.140 y 4.142 se puede apreciar el análisis de propagación del enlace Punto Multipunto hacia la Repetidora Santa Ana.



Figura 4.129 Simulación de los enlaces punto multipunto

Tabla 4.12 Resumen de enlace

REPETIDORA	SANTA ANA
ALTURA DE TORRE DE LA REPETIDORA	30 MTS
NOMBRE DE LA ESCUELA	ZENON VELEZ VITERI
COORDENADAS DE LA ESCUELA	1°48'36.00"S 79°45'0.00"O
ALTURA DE TORRE DE LA ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	13.3 KM
CANTON	SALITRE
PROVINCIA	GUAYAS

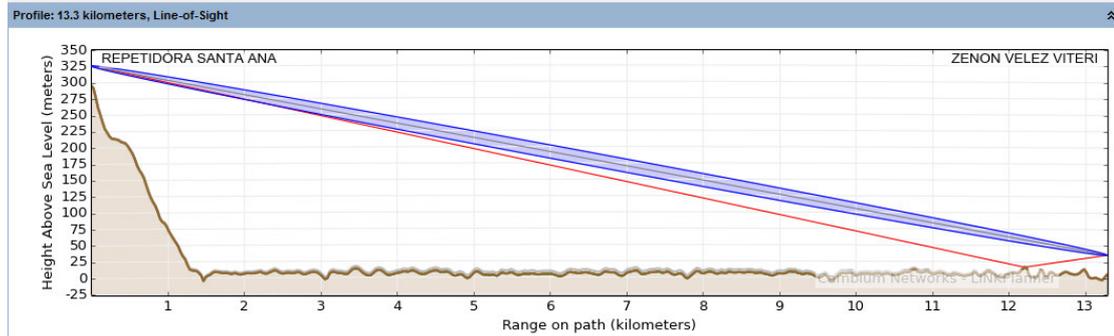


Figura 4.130 Simulación del Enlace Zenón Velez Viteri

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 130.19 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -68dBm. La distancia del enlace es de 13.3 km. En la Figura 4.131 se presentan los detalles del enlace.

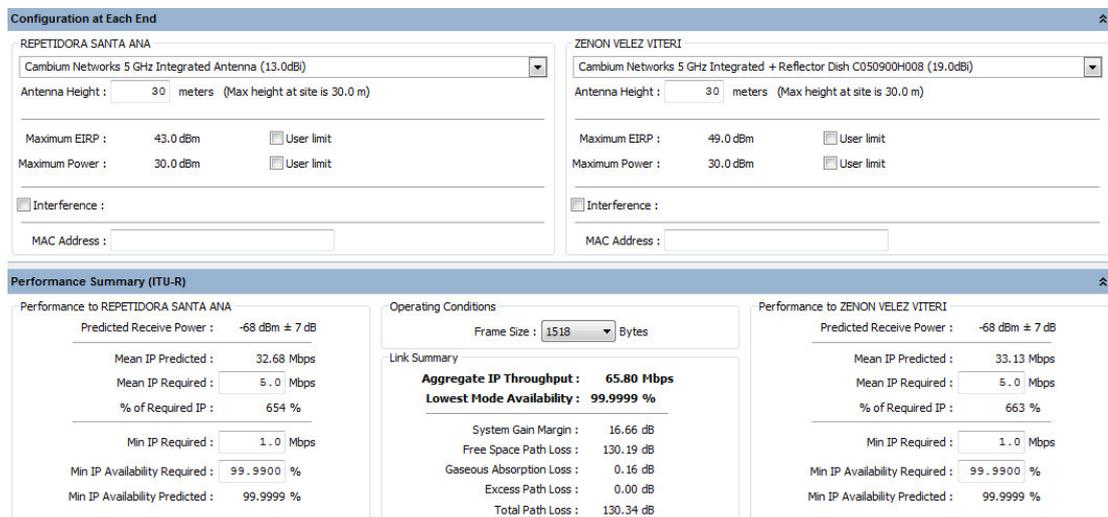


Figura 4.131 Detalles del Enlace Zenón Velez Viteri

Tabla 4.13 Resumen de enlace

REPETIDORA	SANTA ANA
ALTURA DE TORRE DE LA REPETIDORA	30 MTS
NOMBRE DE LA ESCUELA	LAUTARO VERA VILLEGAS
COORDENADAS DE LA ESCUELA	1°51'0.00"S 79°50'24.00"O
ALTURA DE TORRE DE LA ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	12.2 KM
CANTON	SALITRE
PROVINCIA	GUAYAS

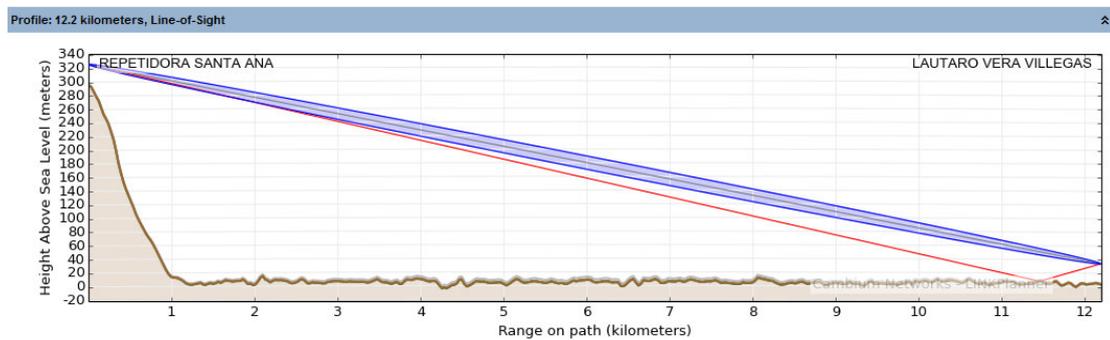


Figura 4.132 Simulación del Enlace Lautaro Vera Villegas

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 129.44 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -68dBm. La distancia del enlace es de 12.2 km. En la Figura 4.133 se presentan los detalles del enlace.

Configuration at Each End		
<b>REPETIDORA SANTA ANA</b> Cambium Networks 5 GHz Integrated Antenna (13.0dBi) Antenna Height : 30 meters (Max height at site is 30.0 m) Maximum EIRP : 43.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit Maximum Power : 30.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit <input type="checkbox"/> Interference : MAC Address :	<b>LAUTARO VERA VILLEGAS</b> Cambium Networks 5 GHz Integrated + Reflector Dish C050900H008 (19.0dBi) Antenna Height : 30 meters (Max height at site is 30.0 m) Maximum EIRP : 49.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit Maximum Power : 30.0 dBm <input type="checkbox"/> User limit <input type="checkbox"/> Interference : MAC Address :	
Performance Summary (ITU-R)		
<b>Performance to REPETIDORA SANTA ANA</b> Predicted Receive Power : -68 dBm ± 7 dB Mean IP Predicted : 33.32 Mbps Mean IP Required : 5.0 Mbps % of Required IP : 666 % Min IP Required : 1.0 Mbps Min IP Availability Required : 99.9900 % Min IP Availability Predicted : 100.0000 %	<b>Operating Conditions</b> Frame Size : 1518 Bytes <b>Link Summary</b> <b>Aggregate IP Throughput : 66.88 Mbps</b> <b>Lowest Mode Availability : 100.0000 %</b> System Gain Margin : 17.42 dB Free Space Path Loss : 129.44 dB Gaseous Absorption Loss : 0.14 dB Excess Path Loss : 0.00 dB Total Path Loss : 129.58 dB	<b>Performance to LAUTARO VERA VILLEGAS</b> Predicted Receive Power : -68 dBm ± 7 dB Mean IP Predicted : 33.56 Mbps Mean IP Required : 5.0 Mbps % of Required IP : 671 % Min IP Required : 1.0 Mbps Min IP Availability Required : 99.9900 % Min IP Availability Predicted : 100.0000 %

Figura 4.133 Detalles del Enlace Lautaro Vera Villegas

Tabla 4.14 Resumen de enlace

REPETIDORA	SANTA ANA
ALTURA DE TORRE DE LA REPETIDORA	30 MTS
NOMBRE DE LA ESCUELA	27 DE NOVIEMBRE
COORDENADAS DE LA ESCUELA	1°49'48.00"S 79°49'48.00"O
ALTURA DE TORRE DE LA ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	13.2 KM
CANTON	SALITRE
PROVINCIA	GUAYAS

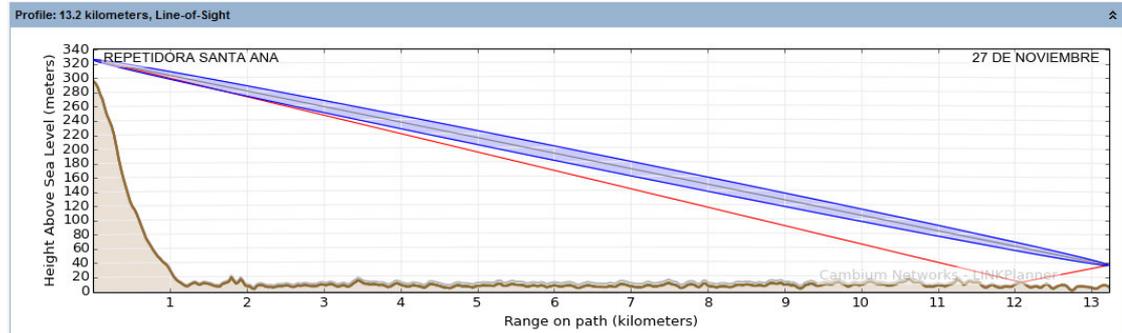


Figura 4.134 Simulación del Enlace 27 de Noviembre

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 130.14 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -68dBm. La distancia del enlace es de 13.2 km. En la Figura 4.135 se presentan los detalles del enlace.

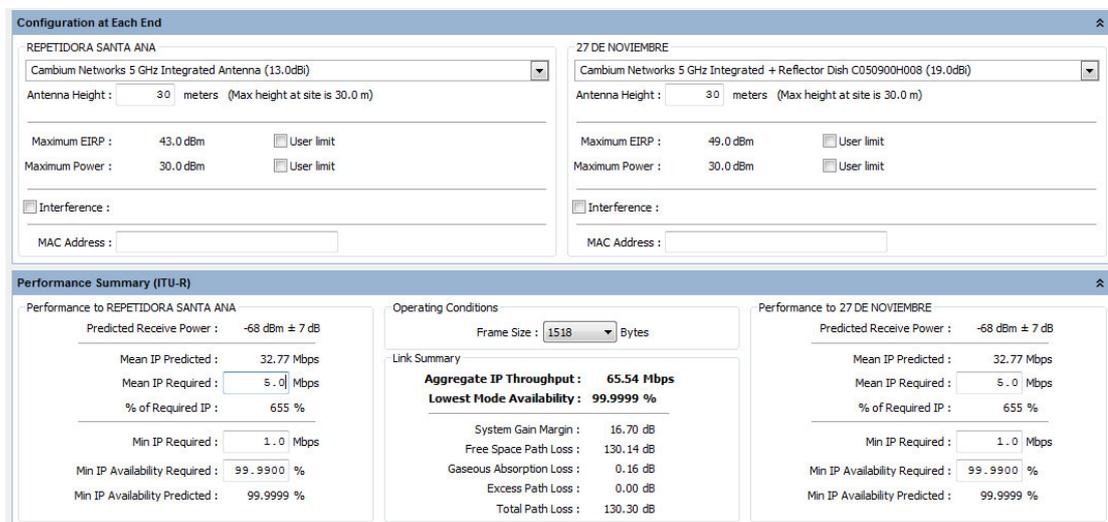


Figura 4.135 Detalles del Enlace 27 de Noviembre

Tabla 4.15 Resumen de enlace

REPETIDORA	SANTA ANA
ALTURA DE TORRE REPETIDORA	30 MTS
ESCUELA	FRANCISCO CAMPOS
COORDENADAS DE LA ESCUELA	1°51'0.00"S 79°48'36.00"O
ALTURA DE TORRE ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	10.2 KM
CANTON	SALITRE
PROVINCIA	GUAYAS

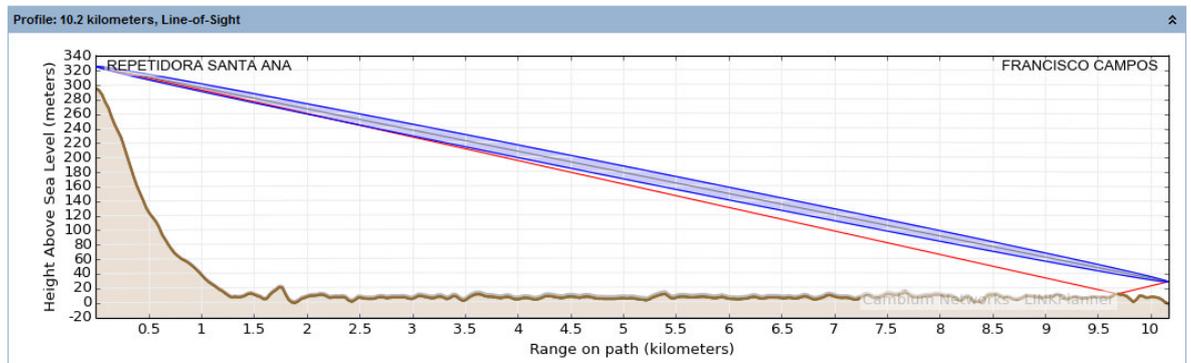


Figura 4.136 Simulación del Enlace Francisco Campos

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 127.86 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -66dBm. La

distancia del enlace es de 10.2 km. En la Figura 4.137 se presentan los detalles del enlace.

**Configuration at Each End**

**REPETIDORA SANTA ANA**  
 Cambium Networks 5 GHz Integrated Antenna (13.0dBi)  
 Antenna Height : 30 meters (Max height at site is 30.0 m)  
 Maximum EIRP : 43.0 dBm  User limit  
 Maximum Power : 30.0 dBm  User limit  
 Interference :  
 MAC Address :

**FRANCISCO CAMPOS**  
 Cambium Networks 5 GHz Integrated + Reflector Dish C050900H008 (19.0dBi)  
 Antenna Height : 30 meters (Max height at site is 30.0 m)  
 Maximum EIRP : 49.0 dBm  User limit  
 Maximum Power : 30.0 dBm  User limit  
 Interference :  
 MAC Address :

**Performance Summary (ITU-R)**

Performance to REPETIDORA SANTA ANA	Operating Conditions	Performance to FRANCISCO CAMPOS
Predicted Receive Power : -66 dBm ± 7 dB	Frame Size : 1518 Bytes	Predicted Receive Power : -66 dBm ± 7 dB
Mean IP Predicted : 37.32 Mbps	<b>Link Summary</b> <b>Aggregate IP Throughput : 74.63 Mbps</b> <b>Lowest Mode Availability : 100.0000 %</b>	Mean IP Predicted : 37.32 Mbps
Mean IP Required : 5.0 Mbps		Mean IP Required : 5.0 Mbps
% of Required IP : 746 %	System Gain Margin : 19.02 dB	% of Required IP : 746 %
Min IP Required : 1.0 Mbps	Free Space Path Loss : 127.86 dB	Min IP Required : 1.0 Mbps
Min IP Availability Required : 99.9900 %	Gaseous Absorption Loss : 0.12 dB	Min IP Availability Required : 99.9900 %
Min IP Availability Predicted : 100.0000 %	Excess Path Loss : 0.00 dB	Min IP Availability Predicted : 100.0000 %
	Total Path Loss : 127.98 dB	

Figura 4.137 Detalles del Enlace Francisco Campos

Tabla 4.16 Resumen de enlace

REPETIDORA	SANTA ANA
ALTURA DE TORRE DE LA REPETIDORA	30 MTS
NOMBRE DE LA ESCUELA	GENERAL VERNAZA
COORDENADAS DE LA ESCUELA	1°45'49.09"S 79°47'24.72"O
ALTURA DE TORRE DE LA ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	18.6 KM
CANTON	SALITRE
PROVINCIA	GUAYAS

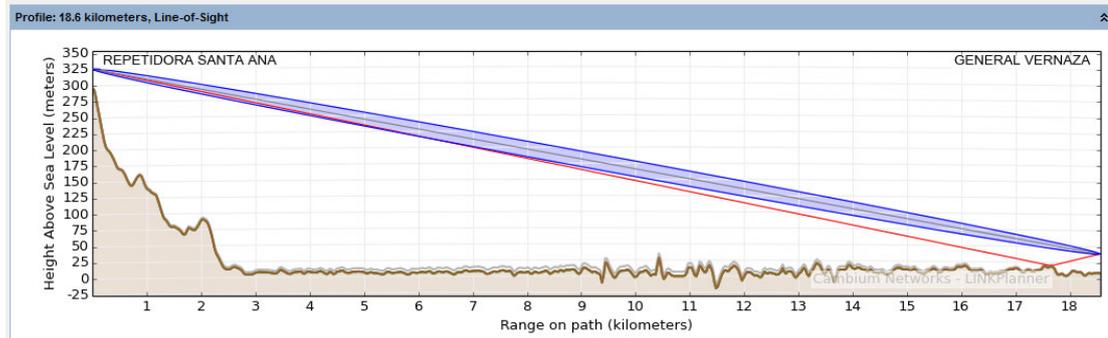


Figura 4.138 Simulación del Enlace General Vernaza

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 133.09 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -71dBm. La distancia del enlace es de 18.6 km. En la Figura 4.139 se presentan los detalles del enlace.

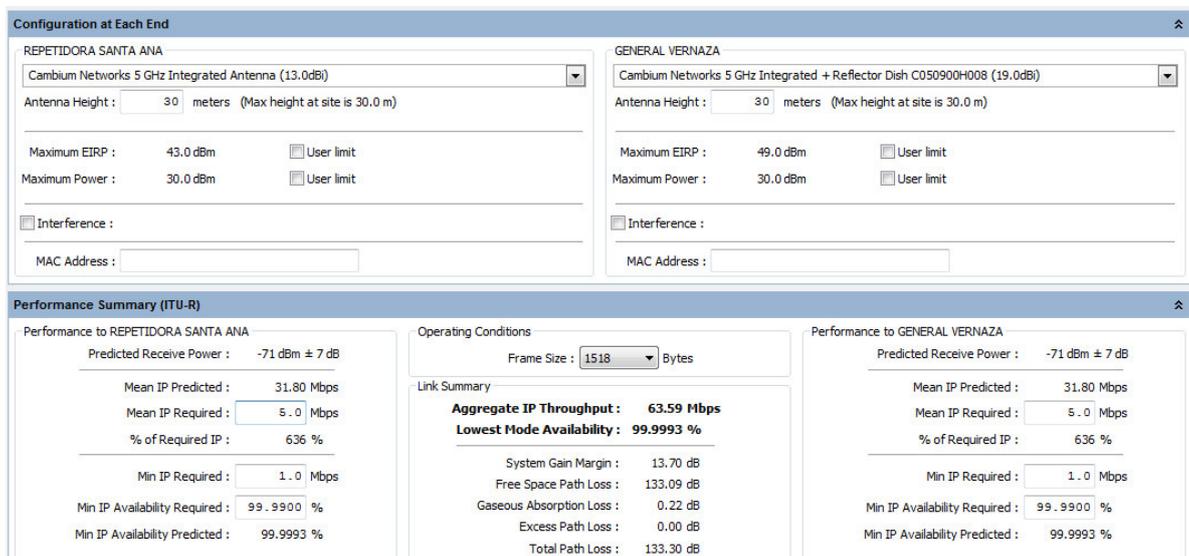


Figura 4.139 Detalles del Enlace General Vernaza

Tabla 4.17 Resumen de enlace

REPETIDORA	SANTA ANA
ALTURA DE TORRE DE LA REPETIDORA	30 MTS
NOMBRE DE LA ESCUELA	ANGELA AVILES CEDEÑO
COORDENADAS DE LA ESCUELA	1°46'12.00"S 79°51'36.00"O
ALTURA DE TORRE DE LA ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	20.6 KM
CANTON	SALITRE
PROVINCIA	GUAYAS

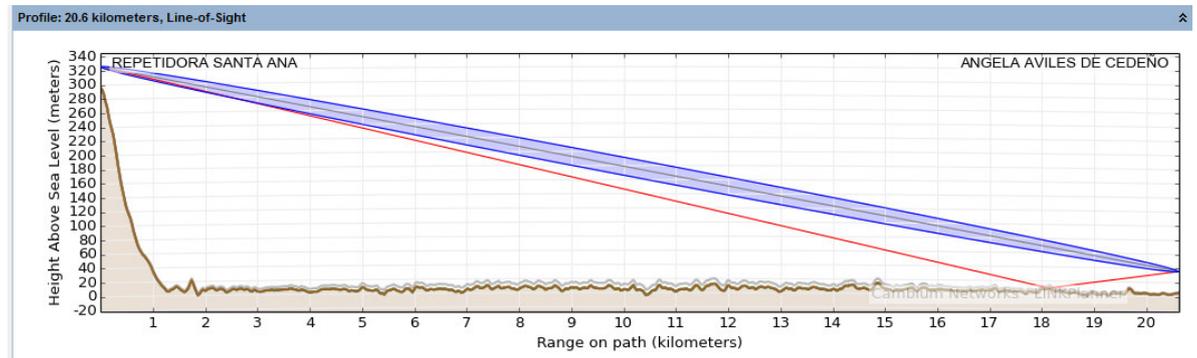


Figura 4.140 Simulación del Enlace Ángela Avilés Cedeño

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 134.0 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -72dBm. La distancia del enlace es de 20.6 km. En la Figura 4.141 se presentan los detalles del enlace.

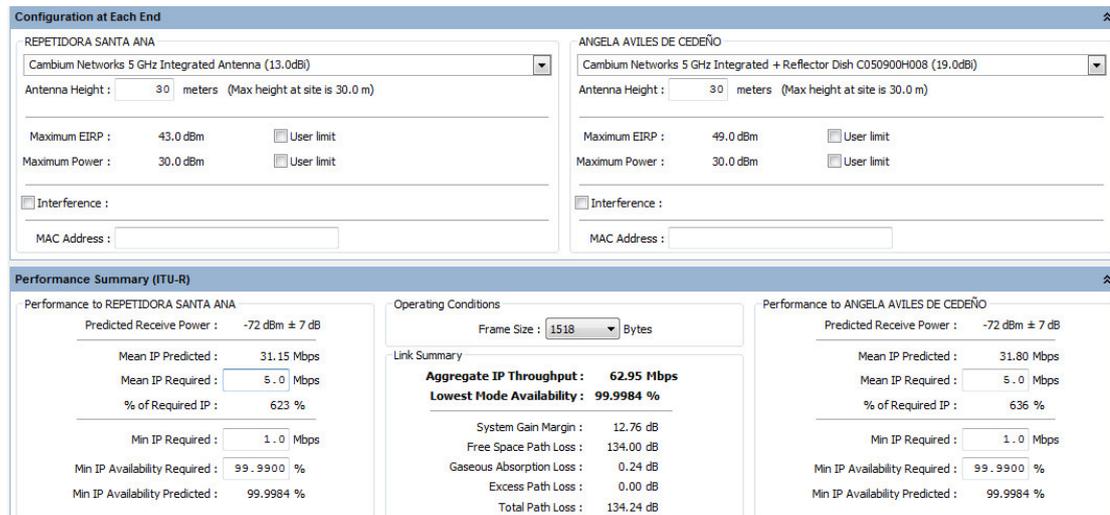


Figura 4.141 Detalles del Enlace Ángela Avilés Cedeño

Tabla 4.18 Resumen de enlace

REPETIDORA	SANTA ANA
ALTURA DE TORRE REPETIDORA	30 MTS
ESCUELA	FEDERICO PROAÑO MARQUEZ
COORDENADAS DE LA ESCUELA	1°39'36.00"S 79°49'12.00"O
ALTURA DE TORRE ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	30.4 KM
CANTON	SALITRE
PROVINCIA	GUAYAS

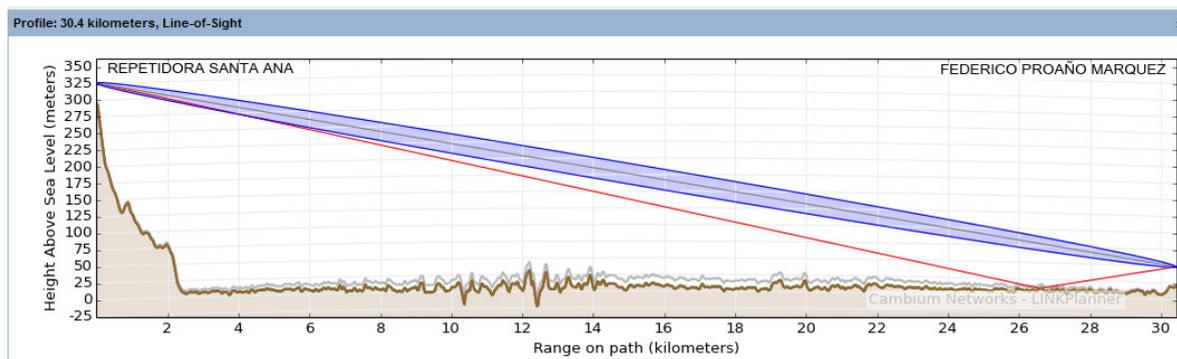


Figura 4.142 Simulación del Enlace Federico Proaño Márquez

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 137.38 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -76dBm. La distancia del enlace es de 30.4 km. En la Figura 4.143 se presentan los detalles del enlace.

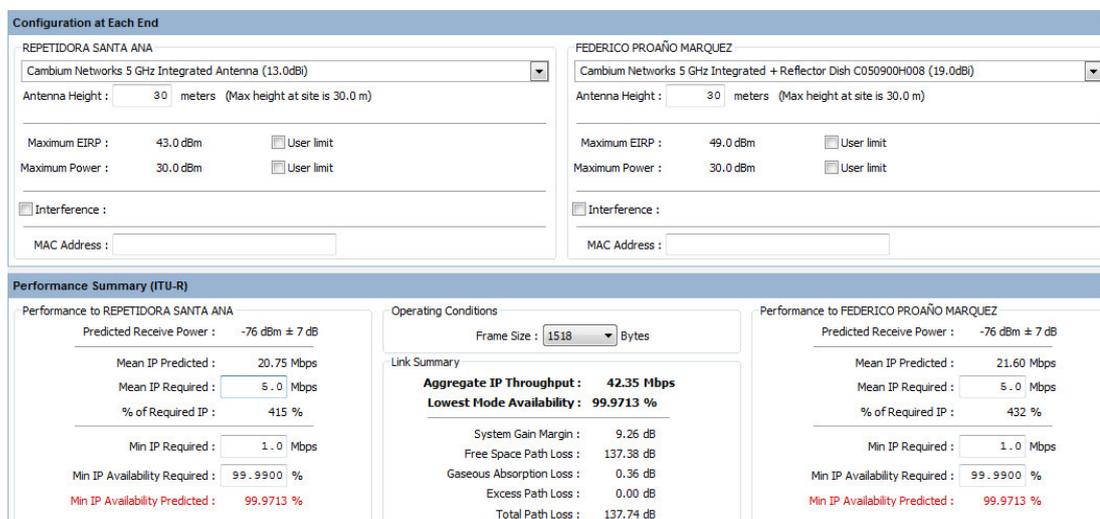


Figura 4.143 Detalles del Enlace Federico Proaño Márquez

## ENLACE PUNTO A PUNTO HACIA ESCUELA SIMON BOLIVAR

En este enlace el CPE se encuentra ubicado en el cantón Naranjal, correspondiente a la Escuela Simón Bolívar. En la figura 4.144 se puede

apreciar el análisis de propagación del enlace hacia la Repetidora Hierba Buena.

Tabla 4.19 Resumen de enlace

REPETIDORA	HIERBA BUENA
ALTURA DE TORRE DE LA REPETIDORA	30 MTS
NOMBRE DE LA ESCUELA	SIMON BOLIVAR
COORDENADAS DE LA ESCUELA	2°31'12.00"S 79°28'12.00"O
ALTURA DE TORRE DE LA ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	23.6 KM
CANTON	NARANJAL
PROVINCIA	GUAYAS

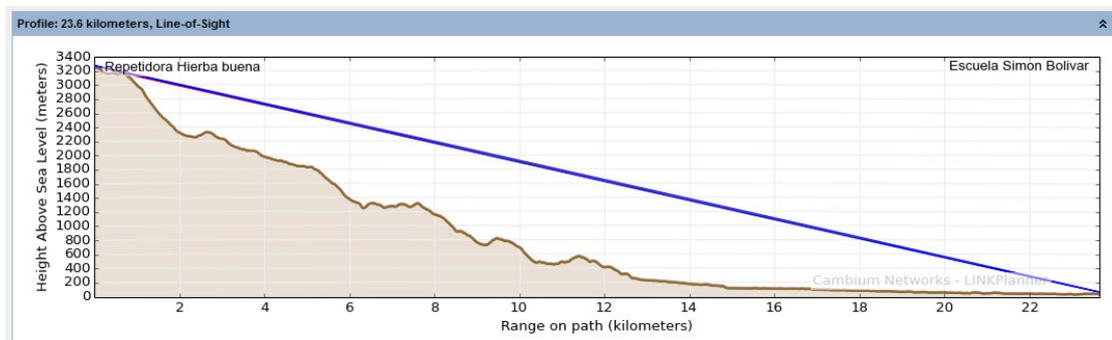


Figura 4.144 Simulación del Enlace Simón Bolívar



*Figura 4.145 Simulación del Enlace Simón Bolívar*

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 134.88 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -63dBm. La distancia del enlace es de 23.6 km. En la Figura 4.146 se presentan los detalles del enlace.

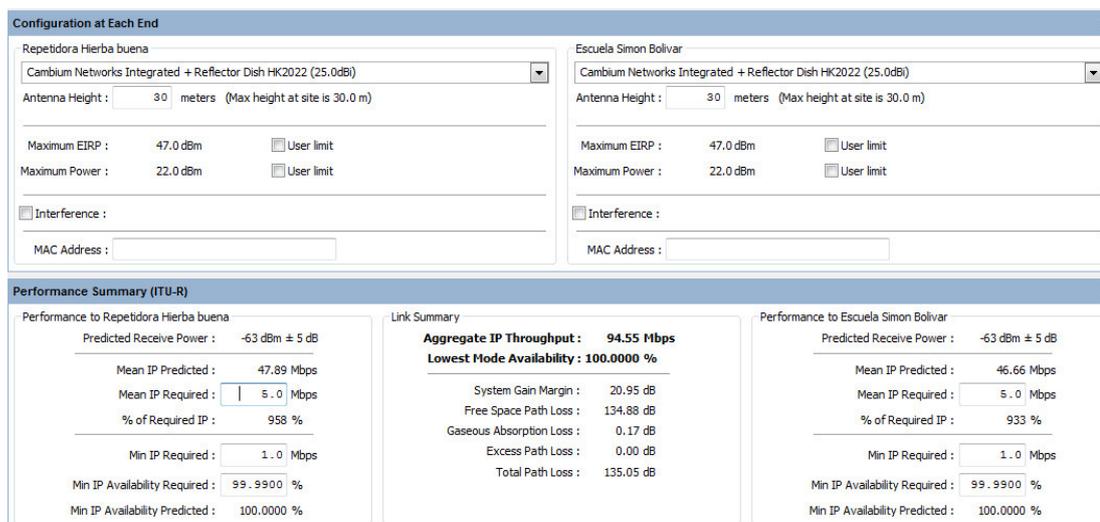


Figura 4.146 Detalles del Enlace Simón Bolívar

## ENLACE PUNTO A PUNTO HACIA ESCUELA ECUADOR PAIS AMAZONICO

En este enlace el CPE se encuentra ubicado en el cantón Marcelino Maridueña, correspondiente a la Escuela Ecuador País Amazónico. En la figura 4.147 se puede apreciar el análisis de propagación del enlace hacia la Repetidora Naranjito.

Tabla 4.20 Resumen del enlace

REPETIDORA	NARANJITO
ALTURA DE TORRE DE LA REPETIDORA	30 MTS
NOMBRE DE LA ESCUELA	ECUADOR PAIS AMAZONICO
COORDENADAS DE LA ESCUELA	2°15'12.01"S 79°29'46.85"O
ALTURA DE TORRE DE LA ESCUELA	30 MTS

DISTANCIA DEL ENLACE	9.5 KM
CANTON	MARCELINO MARIDUEÑA
PROVINCIA	GUAYAS

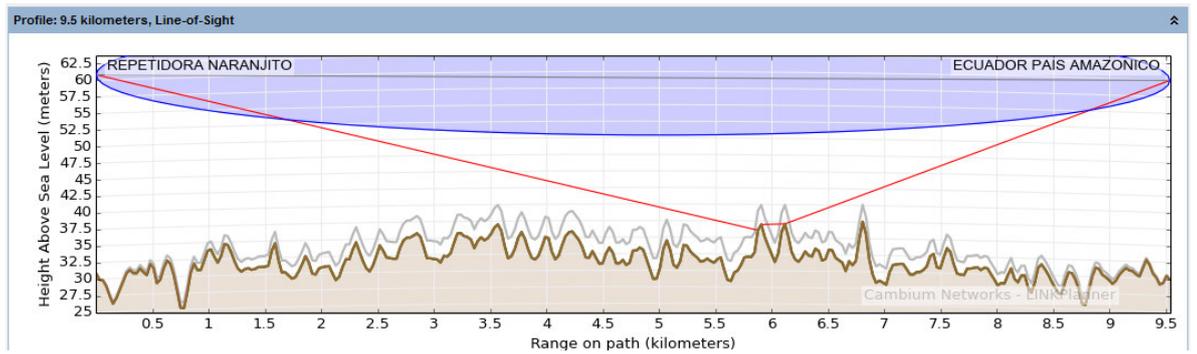


Figura 4.147 Simulación del Enlace Ecuador País Amazónico

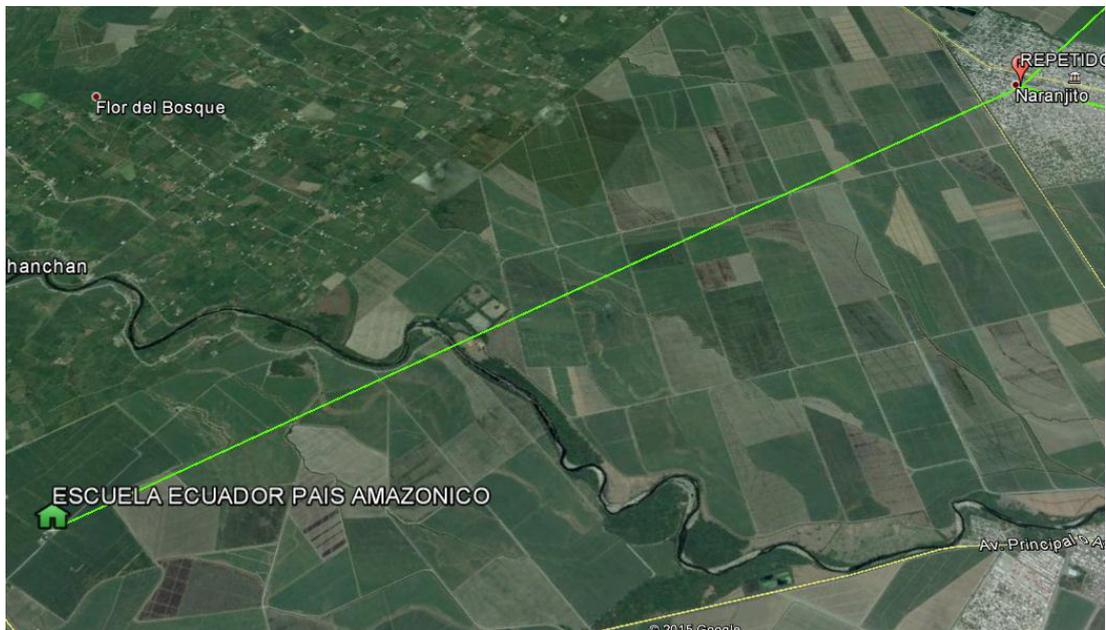


Figura 4.148 Simulación del Enlace Ecuador País Amazónico

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 127.32 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -55dBm. La distancia del enlace es de 23.6 km. En la Figura 4.149 se presentan los detalles del enlace.

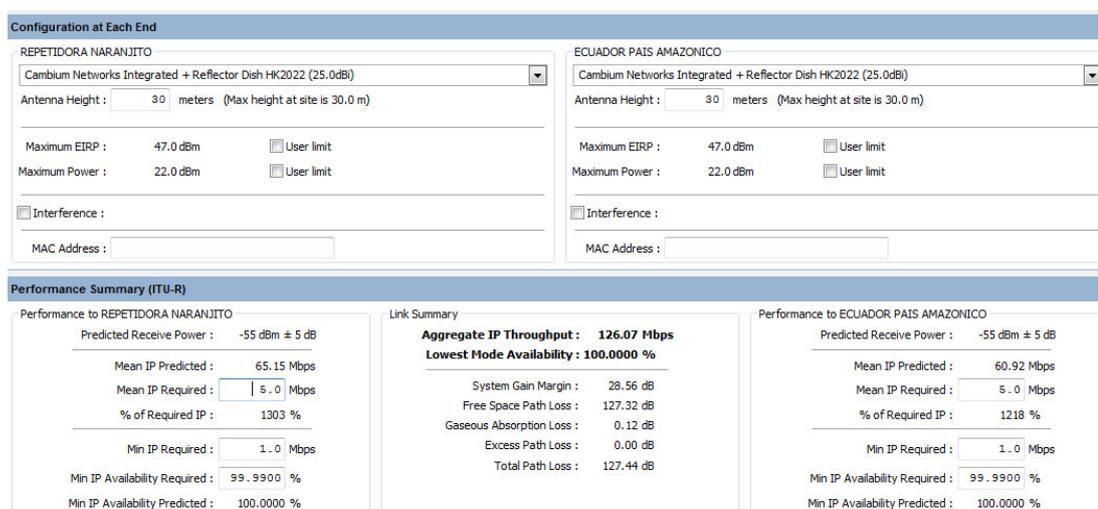


Figura 4.149 Detalles del Enlace Ecuador País Amazónico

## ENLACE PUNTO A PUNTO HACIA ESCUELA FRANCISCO FALQUEZ AMPUERO

En este enlace el CPE se encuentra ubicado en el cantón Gral. Antonio Elizalde, correspondiente a la Escuela Francisco Falquez Ampuero. En la figura 4.150 se puede apreciar el análisis de propagación del enlace hacia la Repetidora Naranjito.

Tabla 4.21 Resumen del enlace

REPETIDORA	NARANJITO
ALTURA DE TORRE REPETIDORA	30 MTS
ESCUELA	FRANCISCO FALQUEZ AMPUERO
COORDENADAS DE LA ESCUELA	2° 6'0.00"S 79°13'48.00"O
ALTURA DE TORRE ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	27.6 KM
CANTON	GRAL. ANTONIO ELIZALDE
PROVINCIA	GUAYAS

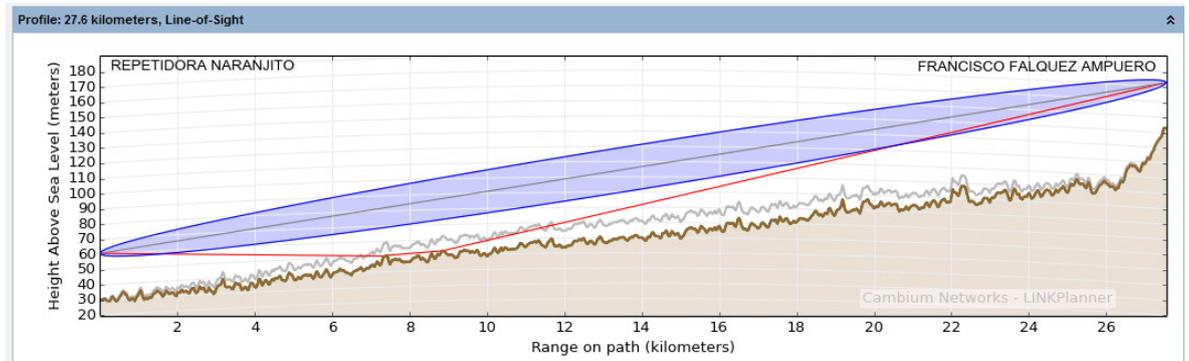


Figura 4.150 Simulación del Enlace Francisco Falquez Ampuero

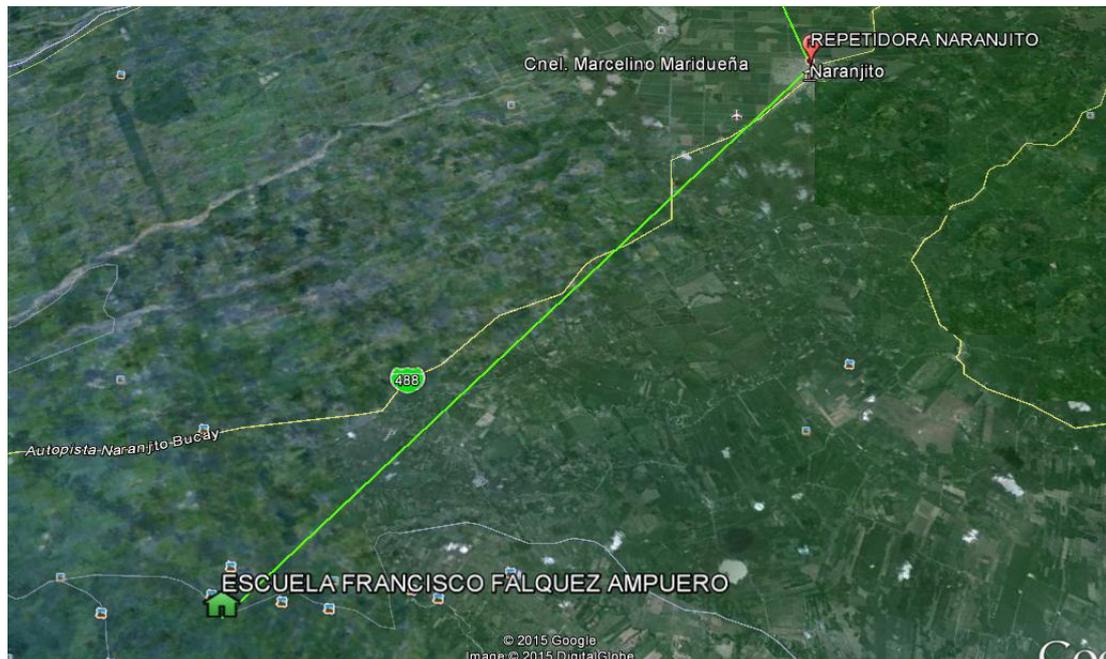


Figura 4.151 Simulación del Enlace Francisco Falquez Ampuero

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 136.54 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -65dBm. La distancia del enlace es de 27.6 km. En la Figura 4.152 se presentan los detalles del enlace.

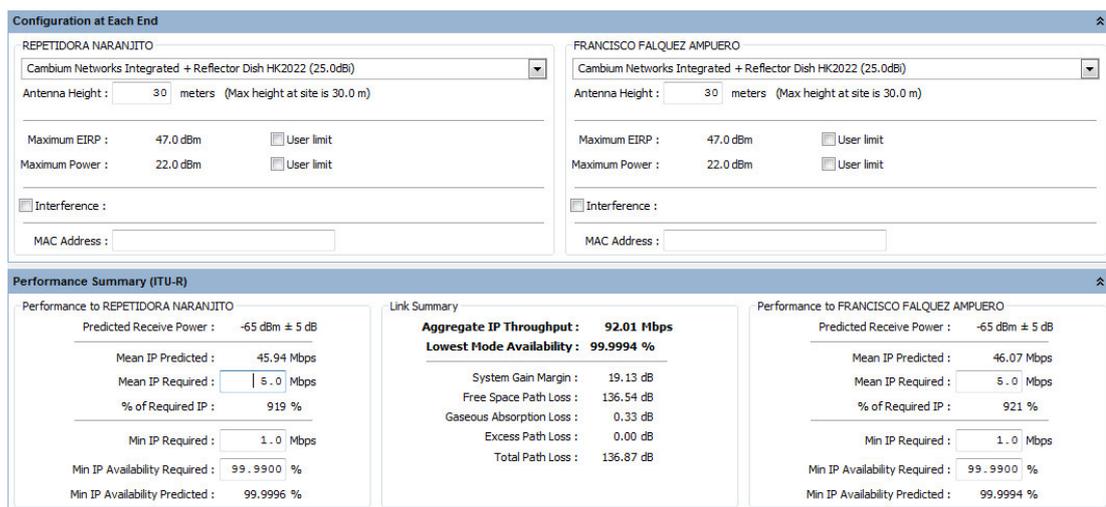


Figura 4.152 Detalles del Enlace Francisco Falquez Ampuero

## ENLACE PUNTO A PUNTO HACIA ESCUELA OLMEDO SALVADOR

En este enlace el CPE se encuentra ubicado en el cantón Simón Bolívar, correspondiente a la Escuela Olmedo Salvador. En la figura 4.153 se puede apreciar el análisis de propagación del enlace hacia la Repetidora Naranjito.

Tabla 4.22 Resumen del enlace

REPETIDORA	NARANJITO
ALTURA DE TORRE REPETIDORA	30 MTS
ESCUELA	OLMEDO SALVADOR
COORDENADAS DE LA ESCUELA	2° 1'12.10"S 79°27'35.97"O
ALTURA DE TORRE ESCUELA	30 MTS
DISTANCIA DEL ENLACE	16.9KM
CANTON	SIMON BOLIVAR
PROVINCIA	GUAYAS

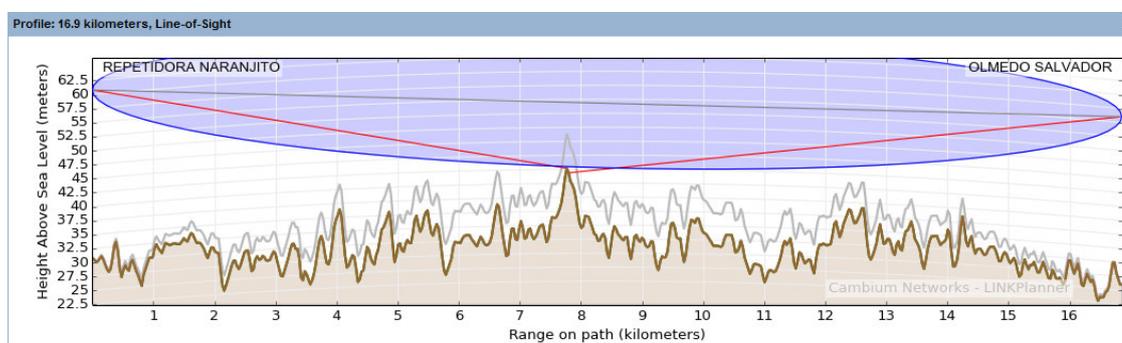
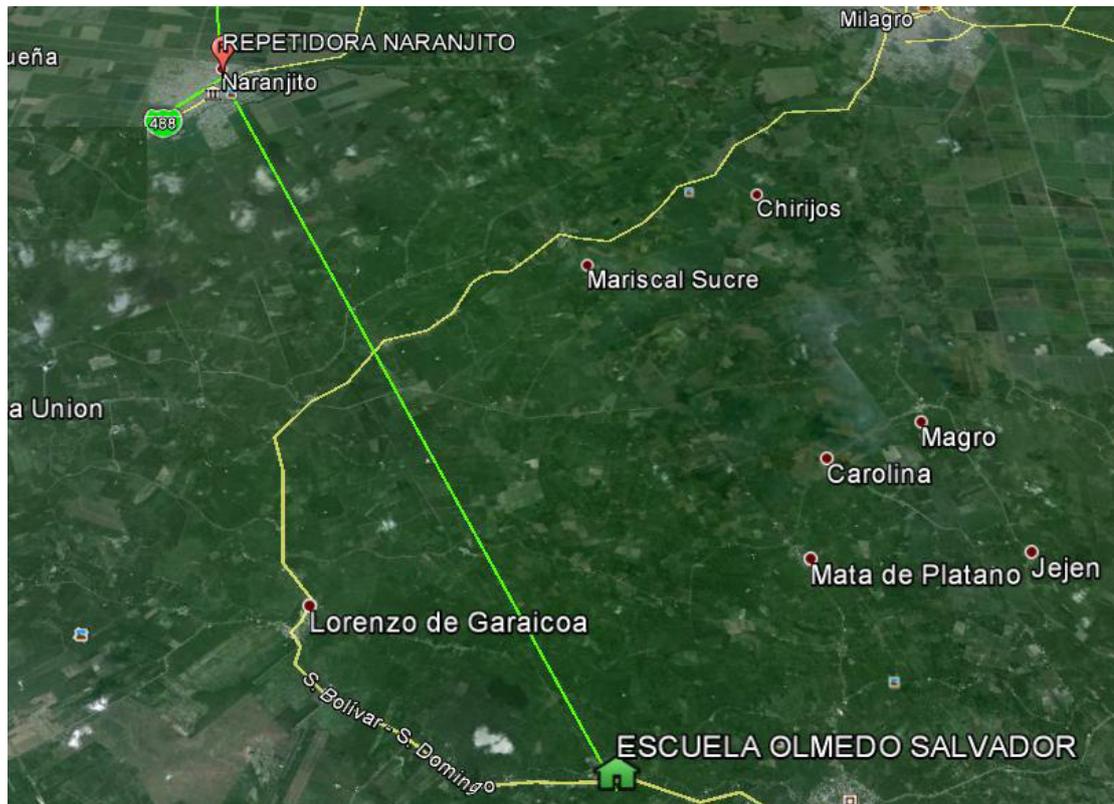


Figura 4.153 Simulación del Enlace Olmedo Salvador



*Figura 4.154 Simulación del Enlace Olmedo Salvador*

El enlace es técnicamente factible con una pérdida de espacio libre de 132.27 dB y una intensidad de señal recibida en el Slave de -60dBm. La distancia del enlace es de 16.9 km. En la Figura 4.155 se presentan los detalles del enlace.

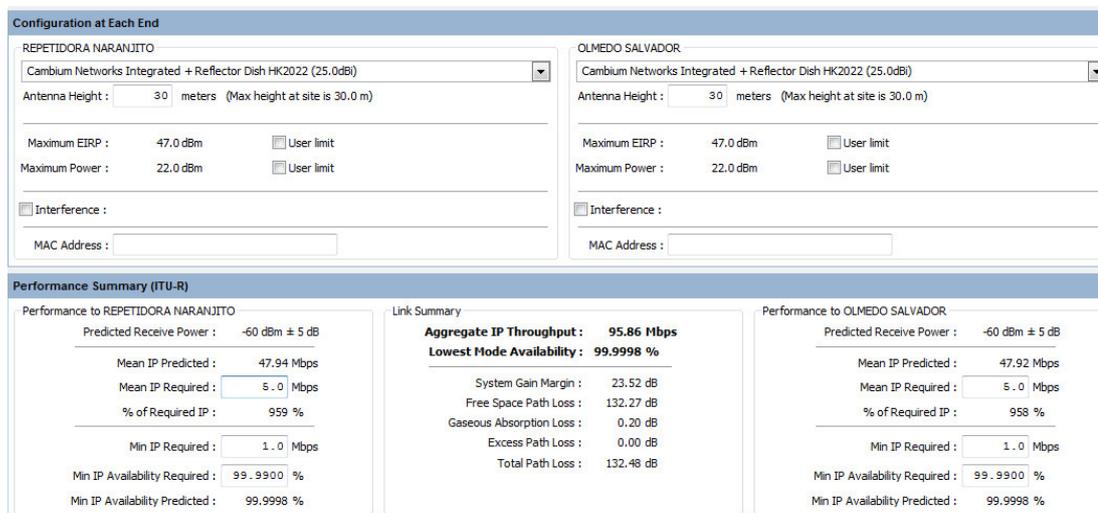


Figura 4.155 Detalles del Enlace Olmedo Salvador

#### 4.4.5 Ventajas económicas y técnicas en la adquisición de equipos de Radioenlace

Como se mencionó en la sección 4.4.2 para los sistemas punto multipunto de transmisión de radiofrecuencia terrena se hará uso del equipo Radio Cambium Networks ePMP 1000, el mismo que opera en toda la banda de 5GHz el cual proporciona características superiores a las de sus computadores como su robustez técnica, latencias en el orden de magnitud de los 6 ms, interfaz de software de administración amigable, soporte de QoS, fundamental para aplicaciones de VoIP y sistemas de radiación integrados que permiten aplicar diversidad de polarización para optimizar el uso del espectro radioeléctrico, así como técnicas de espectro ensanchado incorporadas que hacen que el sistema sea altamente tolerable a interferencias y sea muy versátil.

Los equipos de radio Cambium Networks proporcionan adicionalmente ventajas en el ámbito económico ya que la relación costo beneficio de estos equipos justifica la incorporación de los mismos en el diseño de la red, adicionalmente estos equipos son ampliamente utilizados en el mercado de las telecomunicaciones lo que garantiza disponibilidad de asistencia técnica y repuestos en caso de requerirse.

En el ámbito regulatorio ofrecen también ventajas en cuanto a costos en el pago de tasas por concepto de uso del espectro radioeléctrico al Estado, ya que al operar en la banda de 5GHz, únicamente requieren de la obtención de un certificado de registro de uso de frecuencias ante la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (ARCOTEL), este Título habilitante autoriza el uso del espectro radioeléctrico en la banda requerida bajo la modalidad de Sistema de Modulación Digital de Banda Ancha, lo cual implica que la tarifa por concepto de explotación de frecuencias está en el orden de los USD 12,80 mensual por enlace, valor que se encuentra muy por debajo de los correspondientes a sistemas que operan en bandas licenciadas.

En virtud de lo anteriormente expuesto se evidencia que los equipos Cambium Networks sugeridos en el presente diseño, no solo proporcionan características técnicas superiores sino que adicionalmente proporcionan ventajas en cuanto a asistencia técnica y garantía, costos mínimos por conceptos de regularización de uso del espectro radioeléctrico, ya que

trabajan en bandas de atribución a título secundario que permiten acogerse a tasas más económicas.

#### **4.4.6 Investigación y diseño de equipos Vsat**

El diseño de la Vsat a instarlas en las Escuelas donde la FO y el Radio-enlace no es factible por diferentes ámbitos económicos si hablamos de Fibra Óptica y topográfico de Radio- Enlace tiene como objetivo principal poder transmitir Voz y datos a los sectores rurales de la provincia del Guayas, el cual nos va servir para poder transmitir este servicio integrado, el throughput es de 4 Mbps full dúplex una latencia de 700 ms.

#### **4.4.7 Ventajas económicas y técnicas en la adquisición de equipos Vsat**

Los equipos Vsat se han difundido de manera exponencial en el mercado mundial de servicios satelitales en los últimos 5 años, esta distribución masiva de equipos no es únicamente el resultado de una estrategia comercial y de mercadeo bien elaborada, sino fundamentalmente, de la alta eficiencia de estos equipos con respecto a su precio de venta al público. Los equipos Vsat representan un adelanto tecnológico importante y al alcance del usuario común, estos equipos proporcionan todas las ventajas de los sistemas satelitales, entre ellas la capacidad de acceder a sitios remotos, donde otros sistemas difícilmente son operativos. Gracias a la aplicación de nuevas técnicas de modulación y de acceso múltiple, así como de

procesamiento electrónico de señales, los sistemas satelitales Vsat ofrecen anchos de banda muy por encima de sus predecesores lo que permite que los mismos cuenten con las características mínimas requeridas para realizar transmisiones de alta calidad y que demanden de muchos recursos de *throughput* como VoIP. Gracias a las Vsat es posible incluir funciones de QoS e incorporarlas en la señal transmitida al satélite.

Por este motivo la adquisición de sistemas Vsat se sugiere ampliamente en el presente diseño. Finalmente la relación costo beneficio de estos sistemas ofrece las características y ventajas necesarias para el establecimiento de todo un sistema de comunicación basado en tecnología VoIP.

## **CAPÍTULO 5**

### **5. PRESENTACION Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

#### **5.1 Resultados de la central Telefónica VoIP**

Después de realizar la configuración tanto de los equipos de radioenlace, Vsat y la central telefónica Denwa se procederá a verificar su comportamiento real en estado de producción.

##### **5.1.1 Análisis y Evaluación**

Para verificar el funcionamiento del sistemas se hace el uso de la configuración de un teléfono IP Denwa DW-210 este equipo nos permitirá realizar y recibir llamadas, este equipo se configura con números IP, número de extensión, contraseña de registro. Ya que la misma contraseña deberá ser

configurada tanto en el PBX como en el teléfono como se aprecia en la imagen 5.1



*Figura 5.1 Teléfono IP Denwa DW 210 [79]*

### **CONFIGURACION DE TELEFONOS IP DENWA DW 210**

Para configurar un nuevo teléfono IP hay prender el equipo que conectar el cable de red para que le asigne una IP al equipo Ejemplo (192.168.10.10) con este número IP se configura desde un proveedor de internet como se aprecia en la imagen de la figura 5.2.

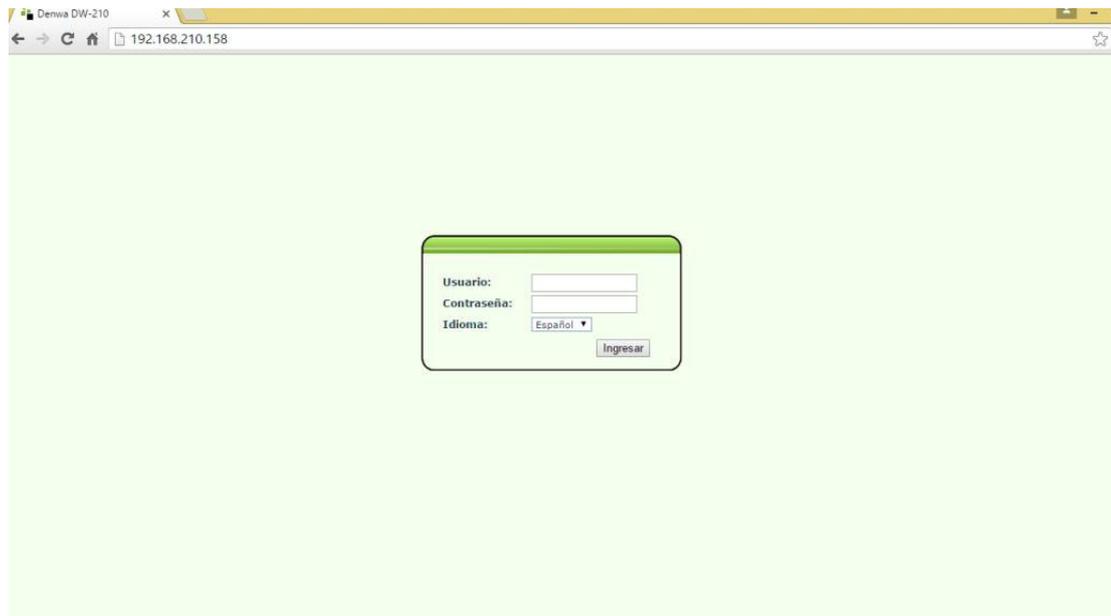


Figura 5.2 Teléfono Denwa DW 210

Como se Observa en la imagen sale la opciones usuario y contraseña, para este caso sería **user: \_ admin** y **contraseña: \_ admin** para ingresar al menú de configuración del teléfono como se aprecia en la imagen de la figura 5.3.

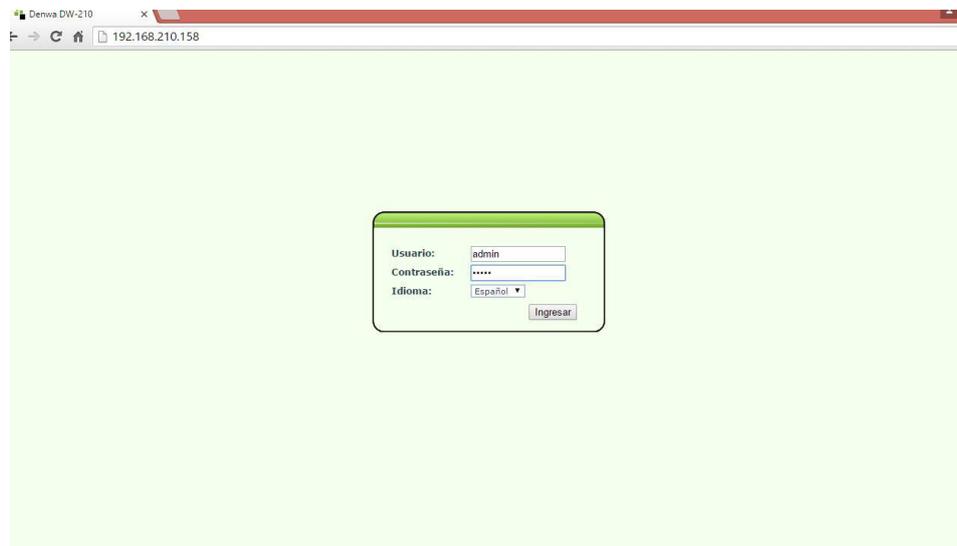


Figura 5.3 Teléfono IP Denwa DW 210

Tenemos el menú de configuración del teléfono IP como se muestra en la imagen.

Damos clic en la opción (**WIZARD**) que es el menú donde se va a configurar IP, extensión y el nombre de la persona o el área donde va a estar instalado el equipo tal como se aprecia en la imagen de la figura 5.4.

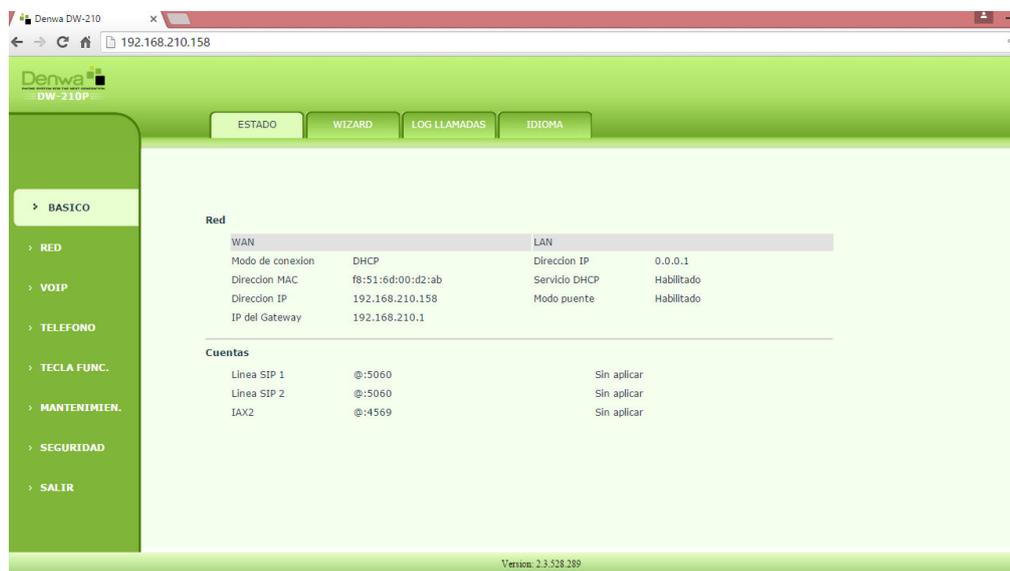


Figura 5.4 Teléfono IP Denwa DW 210

Quando se ingresa en la opción del *Wizard* no muestra la siguiente configuración, el tipo de red que se va a usar en este caso elegimos la opción DHCP para que nos dé una IP libre damos clic en siguiente y aparecerá otra ventana con otras opciones como se aprecia en la imagen 5.5.



Figura 5.5 Teléfono IP Denwa DW 210

En la ventana siguiente nos muestra la configuración de la extensión la IP del Servidor PBX IP la contraseña de registro y habilitar el registro para que el teléfono quede registrado como se aprecia en la Figura 5.6 y la imagen 5.7.



Figura 5.6 Teléfono IP Denwa DW 210

Denwa  
DW-210P

ESTADO WIZARD LOG LLAMADAS IDIOMA

› BASICO

› RED

› VOIP

› TELEFONO

› TECLA FUNC.

› MANTENIMIEN.

› SEGURIDAD

› SALIR

**Ajustes rapidos SIP**

Nombre a mostrar 210

Direccion del servidor 172.24.4.10

Puerto del servidor 5060

Usuario de autentificacion 210

Contraseña de autentificacion \*\*\*\*\*

Usuario SIP 210

Habilitar registro

Anterior Siguiente

*Figura 5.7 Teléfono IP Denwa DW 210*

Nos muestra una última ventana donde nos confirma la configuración del teléfono que se ha configurado para terminar esta configuración se da clic en **Terminar** y se procede a guardar la configuración el equipo el mismo que procederá a reiniciarse para grabar el nuevo registro como se aprecia en la imagen 5.8.



*Figura 5.8 Teléfono IP Denwa DW 210*

A continuación se procederá a configurar software 3CX Phone, el cual es un softphone IP, el mismo que funciona de acuerdo con los parámetros de la central IP Denwa.



*Figura 5.9 Softphone 3CX*

Para continuar con el proceso de verificación del funcionamiento del sistema se abre el Denwa junto con el softphone de manera simultánea, de tal manera que se pueda corroborar la correcta operación de la central IP. En la figura 5.10 se puede apreciar la verificación de la central Denwa junto con el Softphone 3CX.



*Figura 5.10 Verificación Denwa usando Softphone 3CX*

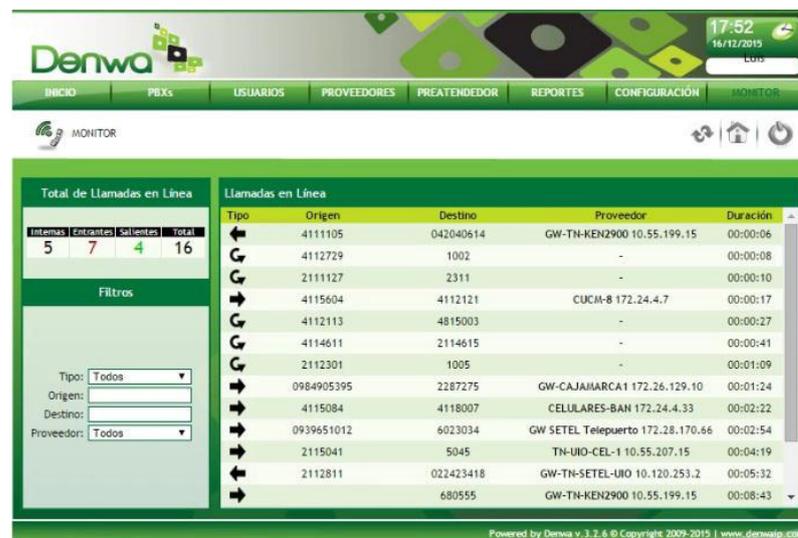
Una vez configurado el 3CX, se puede proceder a realizar la llamada a los usuarios creados a través de la Central IP, de lo cual se puede apreciar en la figura 5.11 que el sistema funciona acorde con lo requerido, y que hay conexión entre los elementos involucrados.



*Figura 5.11 Verificación de llamada usando Softphone 3CX*

El monitor Denwa permite verificar el total de llamadas en línea así como el historial de llamadas realizadas que han sido procesadas por la central IP,

esto permite verificar el correcto funcionamiento y operatividad del sistema. En la figura 5.12 se puede observar la captura del monitor Denwa del sistema propuesto.

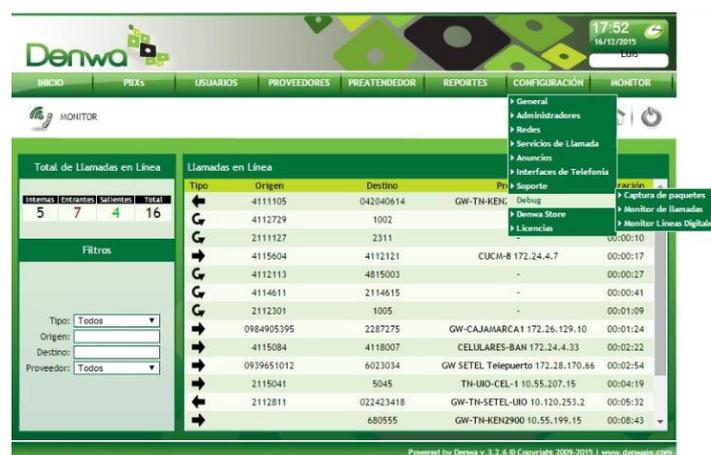


The screenshot shows the Denwa Monitor interface. At the top, there is a navigation menu with options: INICIO, PBXS, USUARIOS, PROVEEDORES, PREATENDIDOR, REPORTES, CONFIGURACIÓN, and MONITOR. The current page is titled 'MONITOR'. On the left, there is a summary section 'Total de Llamadas en Línea' with a table showing: Internas (5), Entrantes (7), Salientes (4), and Total (16). Below this is a 'Filtros' section with dropdown menus for Tipo (Todos), Origen, Destino, and Proveedor (Todos). The main area is a table titled 'Llamadas en Línea' with columns: Tipo, Origen, Destino, Proveedor, and Duración. The table contains 16 rows of call data.

Tipo	Origen	Destino	Proveedor	Duración
←	4111105	042040614	GW-TN-KEN2900 10.55.199.15	00:00:06
←	4112729	1002	-	00:00:08
←	2111127	2311	-	00:00:10
→	4115604	4112121	CUCH-8 172.24.4.7	00:00:17
←	4112113	4815003	-	00:00:27
←	4114611	2114615	-	00:00:41
←	2112301	1005	-	00:01:09
→	0984905395	2287275	GW-CAJAHARCA1 172.26.129.10	00:01:24
→	4115084	4118007	CELULARES-BAN 172.24.4.33	00:02:22
→	0939651012	6023034	GW SETEL Telepuerto 172.28.170.66	00:02:54
→	2115041	5045	TN-UID-CEL-1 10.55.207.15	00:04:19
←	2112811	022423418	GW-TN-SETEL-UID 10.120.253.2	00:05:32
→	680555		GW-TN-KEN2900 10.55.199.15	00:08:43

Figura 5.12 Monitor Denwa

El software Denwa proporciona la capacidad de evaluar la operatividad IP del sistema haciendo uso de la funcionalidad debug, según se puede apreciar en la figura 5.13.



The screenshot shows the Denwa Monitor interface with a dropdown menu open over the 'MONITOR' tab. The menu options are: General, Administradores, Redes, Servicios de Llamada, Anuncios, Interfaces de Telefonía, Soporte, and Debug. The 'Debug' option is highlighted, and a sub-menu is visible with options: Captura de paquetes, Monitor de Llamadas, and Monitor Líneas Digitales. The background shows the same call statistics and table as in Figure 5.12.

Figura 5.13 Funcionalidad Debug en Denwa

El menú debug permite activar la función “*sniffer*” o de captura de paquetes que facilita el análisis en tiempo real de los paquetes y tramas que atraviesan la red, como se puede apreciar en la figura 5.14, al activar el “*sniffer*” el sistema Denwa genera un archivo de extensión .cap el cual incluye la información sobre los paquetes del servicio SIP procesados por el PBX “tesis mintel” durante el establecimiento de una llamada virtual realizada a través del softphone 3CX.

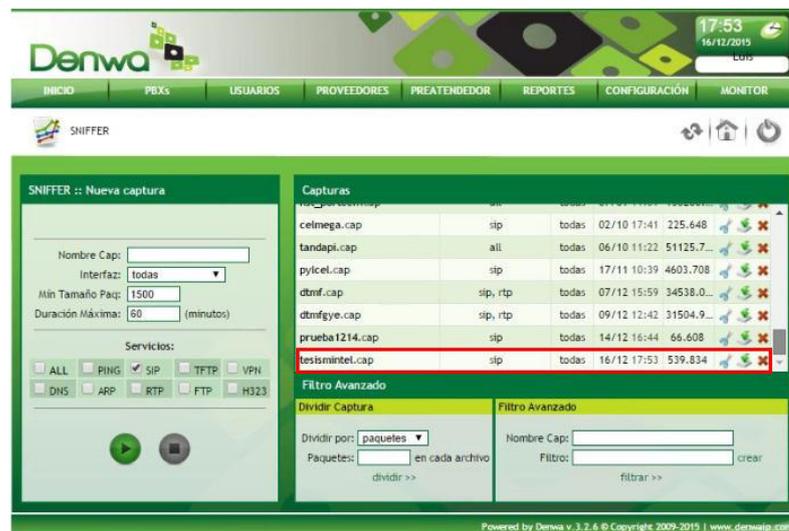


Figura 5.14 Captura de paquetes en Denwa

### 5.1.2 Verificación del funcionamiento

Para poder verificar que el sistema está operando apropiadamente en las capas inferiores del modelo OSI, se requiere de la utilización de un software analizador de protocolos de red que sea capaz de reproducir los archivos de extensión .cap generados por el Denwa, para efectos de la presente tesis se hace uso del software Wireshark, el mismo que es ampliamente usado como

“sniffer” en el ámbito académico y profesional fundamentalmente por su confiabilidad y versatilidad, así como por ser un programa de licencia tipo GPL que facilita su instalación y operación.

El wireshark captura todos los paquetes y tramas de los distintos niveles del modelo OSI y muestra su contenido y detalles técnicos, este software permite filtrar los mismos de acuerdo con los requerimientos del análisis o verificación requeridos. En la figura 5.15 se puede apreciar la información del archivo **.cap** generado por el sniffer Denwa durante el establecimiento de una llamada a través del softphone 3CX.

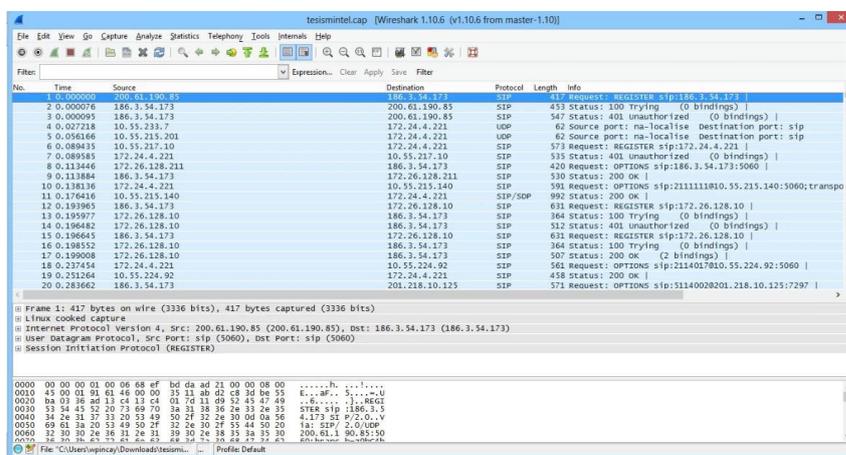


Figura 5.15 Captura de paquetes en Wireshark

Como se puede apreciar, durante el lapso de captura de paquetes, todos corresponden al servicio SIP de llamadas IP, al desplegar la ventana de información de llamadas VoIP se puede apreciar que el sistema ha registrado

las llamadas realizadas al usuario “Pueblo nuevo escuela” y que ha sido procesada por el PBX “tesismintel” según se puede apreciar en la figura 5.16.

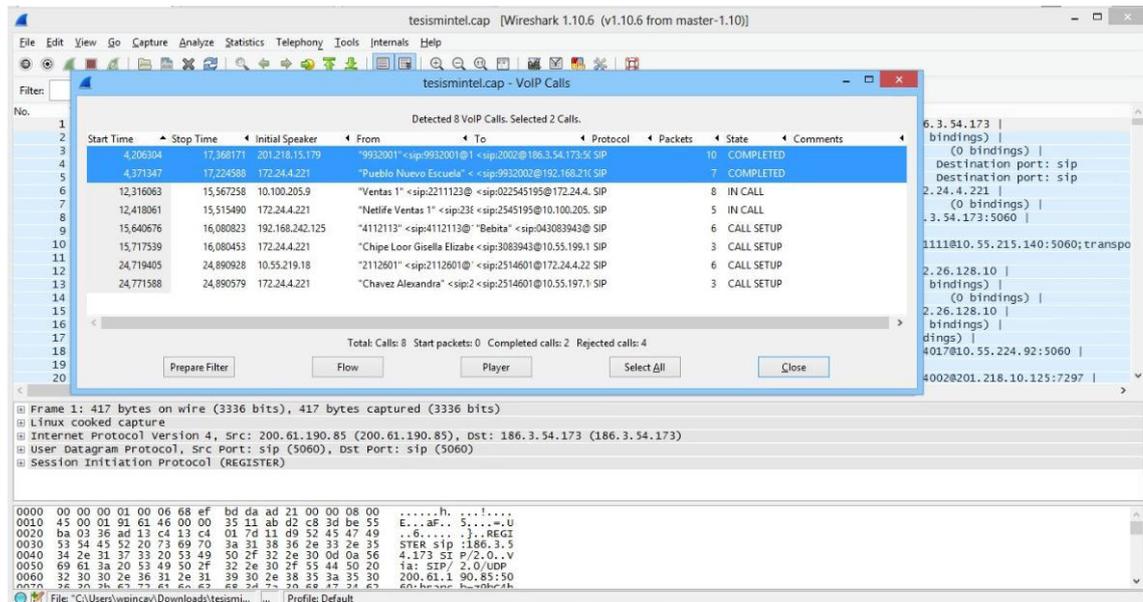


Figura 5.16 Registro de llamadas VoIP en Wireshark

El Wireshark permite visualizar el analizador de paquetes gráfico, que facilita observar el inicio, establecimiento y fin de la sesión de llamada VoIP, según se puede apreciar en la figura 5.17.

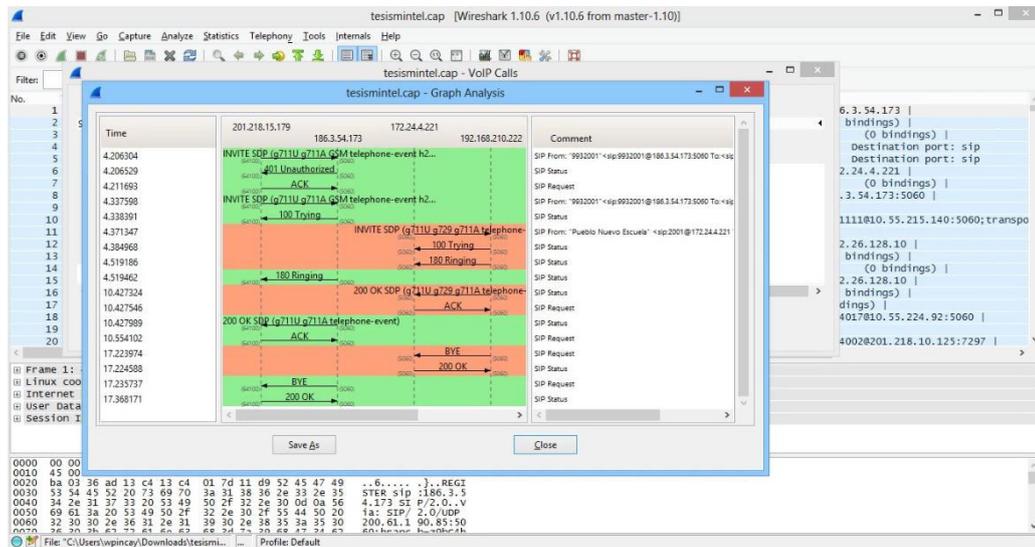


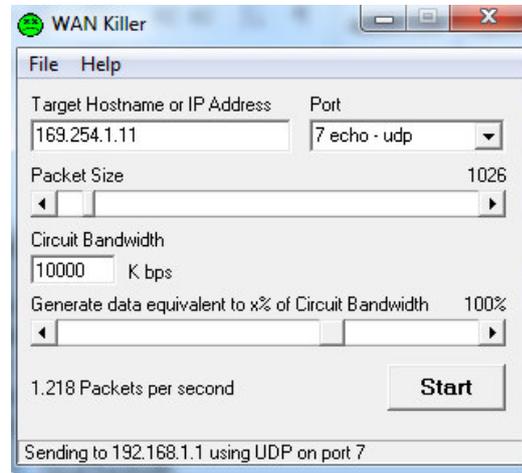
Figura 5.17 Analizador gráfico Wireshark

Como se puede apreciar, el sistema funciona de acuerdo con lo planificado, la verificación de la operatividad del sistema se ha realizado haciendo uso de la central telefónica Denwa, el softphone 3CX y el analizador de protocolos de red Wireshark que en su conjunto han proporcionado resultados óptimos que garantizan el correcto funcionamiento del PBX.

## 5.2 Resultados de Radio-enlace y VSAT

Para poder observar los resultados obtenidos en los enlaces de radio y Vsat se ha realizado un test de Ancho de Banda ocupando la herramienta WAN Killer, el cual se envía tráfico udp con una tasa de 10Mbps, de esta manera comprobamos si el enlace soporta el tráfico que se requiere ( 4Mbps full dúplex) para el proyecto Mintel.

Enviamos tráfico **Udp** a las ip del SM 169.254.1.11 con una tasa transmisión de 10 Mbps y el 100% de eficiencia.



*Figura 5.18 Menú Wan Killer*

Podemos observar que el tráfico de 10Mbps es constante y no se tiene cortes ni intermitencias, esto nos garantiza que al momento de conectar nuestro radio-enlace al router Hp y se tenga consumo de tráfico real no se sature o se pierda totalmente la comunicación provocando intermitencias, pudiendo soportar las tasas de bit que necesitamos para establecer una llamada de VoIP.

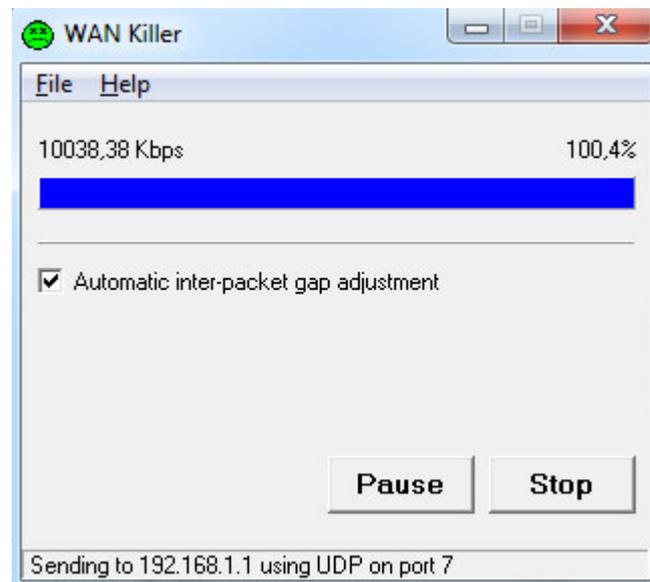


Figura 5.19 Envío de paquetes UDP

### 5.2.1 Pruebas sobre el ruido espectral en 5GHz en enlaces de Radio

Para poder garantizar un enlace estable y tener altas tasas de modulación en nuestro proyecto procederemos antes de realizar la alineación de las antenas un análisis de espectro y verificaremos que en la banda de 5 Ghz que se va a operar no se tenga ruido e interferencia. Para ello utilizamos la herramienta de *Spectrum Analyzer* propietaria de cambium Networks.

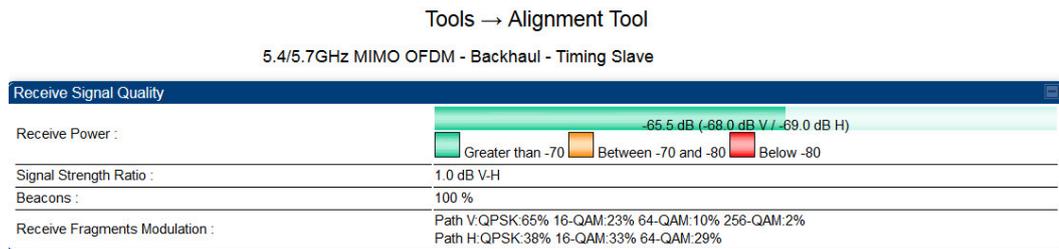


Figura 5.20 Analizador espectral

Para nuestro proyecto ocuparemos de ejemplo la frecuencia 5620Mhz, que según el análisis de espectro es una de las frecuencia disponibles.

### 5.2.2 Mediciones de la intensidad de la señal recibida (RSSI) en los enlaces de radio y VSAT.

Observamos en la figura 5.21 para un enlace de 15 km podemos alcanzar niveles de tx/rx de -65dbm.



*Figura 5.21 Calidad de recepción de señal*

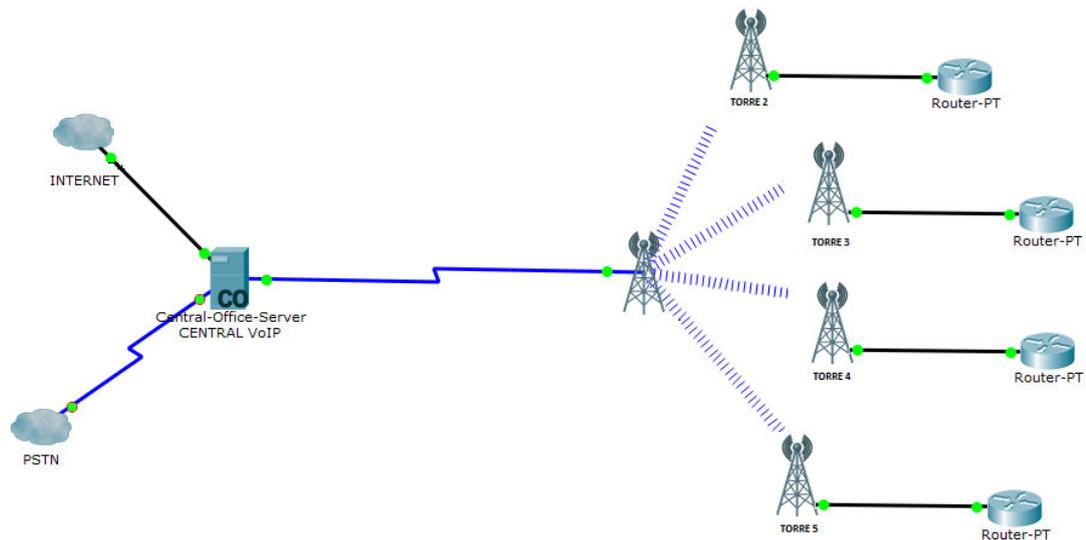
### 5.2.3 Máximo ancho de banda en RF

Una de las ventajas de poder utilizar equipos cambium Networks es la modulación adaptativa, los niveles de rx/tx de -65dbm que obtuvimos en nuestro ejemplo anterior del sub capítulo 5.2.2 pueden alcanzar tasas de transmisión de hasta 40 Mbps full dúplex teniendo un total de 80Mbps agregados, esto nos ha permitido poder alcanzar altas tasas de transmisión garantizando la disponibilidad de la red para el sistema de VoIP.

### 5.3 Plataforma y diagrama de Integración RF a VoIP

La plataforma de integración entre la interfaz de radiofrecuencia terrestre y el sistema de VoIP se presenta en el diagrama de la figura adjunta, como se puede apreciar, a través de enlaces inalámbricos de un sistema con topología punto – multipunto, se conecta la central telefónica de Telconet S.A con los usuarios, para ello se hace uso de las torres y estructuras de soporte descritas previamente, así como de los elementos radiantes necesarios para difundir la información por la interfaz aire, luego los elementos de enrutamiento y conmutación de red instalados en cada nodo permiten la

recepción y distribución de la información hacia cada uno de los puntos requerentes.

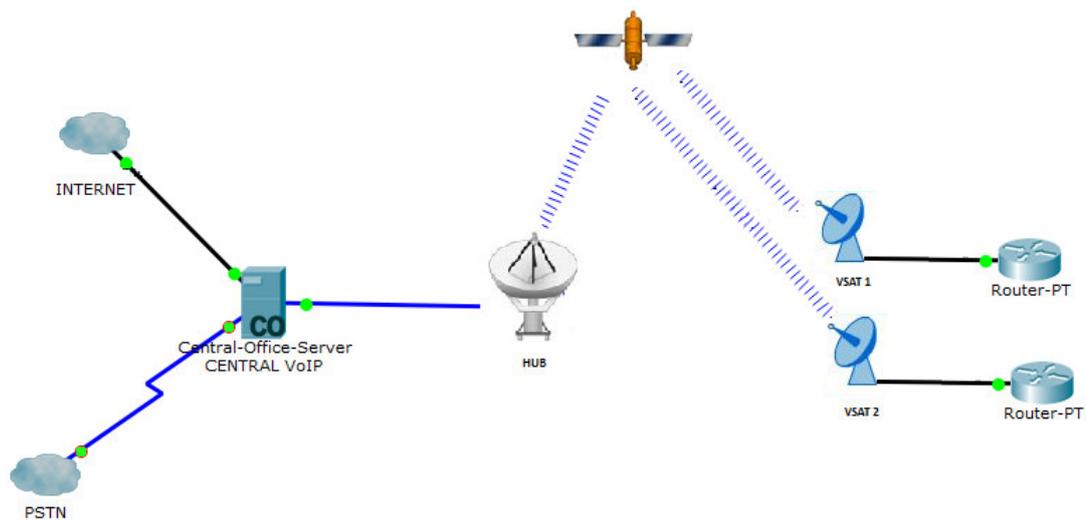


*Figura 5.22 Diagrama de integración RF a VoIP*

#### **5.4 Plataforma y diagrama de integración VSAT a VoIP**

La plataforma de integración entre la interfaz de radiofrecuencia satelital (Vsat) y el sistema de VoIP se presenta en el diagrama de la figura adjunta, como se puede apreciar, a través de enlaces satelitales se establece comunicación hacia los puntos de cada usuario, a su vez la información propagada por el espacio es receptada por un satélite que hace las veces de repetidor remoto, y luego es remitida la señal hacia el concentrador o Hub, que es la estación terrena que permite concentrar la información recibida y con la ayuda de elementos de conmutación y ruteo, distribuir la misma hacia los puntos de interés, basado en este esquema el sistema propuesto es técnicamente operativo y brinda los requerimientos mínimos de calidad para

garantizar un servicio óptimo con latencias de un orden de magnitud imperceptible para el usuario final.



*Figura 5.23 Envío de paquetes UDP*

### **5.5 Resultados de la conmutación de enlaces Backup de Radioenlace**

Con la finalidad de garantizar un servicio continuo en enlace principal de la escuela Crespín Cerezo hacia la repetidora Pedro Carbo se ha previsto la instalación de un sistema de backup, que consiste en un enlace que opera en la banda de 5Ghz, a continuación de presenta el análisis de fresnel del enlace propuesto entre la escuela Crespín Cerezo y la repetidora lomas de sargentillo.

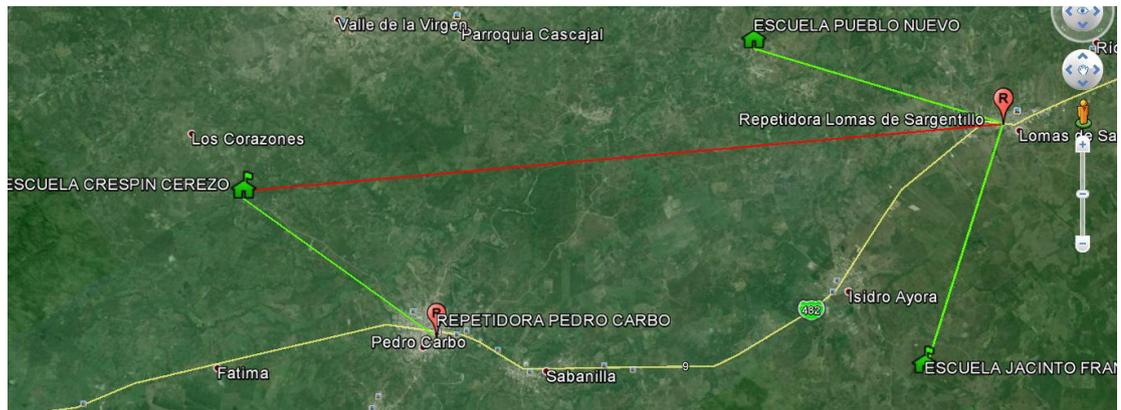


Figura 5.24 Diagrama de red

## 5.6 Calidad de voz

En el instante de tiempo que se establece la comunicación de voz y cuando existe tráfico real, es decir existen usuarios conectados y realizando requerimientos en la red, en ese instante de tiempo hemos observado cómo se comporta el radioenlace versus a la llamada y la navegación de los usuarios. La latencia considerable de 5ms permanece cuando no existe tráfico y al existen consumo puede llegar hasta 50ms cuando se estable la comunicación de VoIP.

## **CONCLUSIONES**

1. El sistema propuesto en el presente trabajo de titulación, basado en los resultados obtenidos de las simulaciones de diseño de red, una vez implementado proporcionaría una mejora considerable en la comunicación entre las escuelas que hagan uso del mismo, y el centro de atención al cliente de TELCONET S.A., esta mejora no solamente se debe a una optimización del servicio presentado por TELCONET S.A. que permitirá reportar a tiempo fallas o problemas de red, sino que también proporciona una mejora sustancial en la calidad técnica de la red, al mejorar las características del diseño de la red propuesta y al incorporar protocolos de calidad de servicio, se garantiza una percepción muy superior en la calidad de la voz transmitida a través de la red TELCONET S.A. en base a ello, los estudiantes de los

sectores rurales y urbano marginales de la provincia del Guayas favorecidos con los beneficios del contrato MINTEL-TELCONET, podrán disponer de un servicio continuo sin interrupciones perceptibles.

2. Al dimensionar la red con equipos Cambium Networks para los enlaces punto multipunto del diseño de la red, se evidenciaron varias ventajas que potencializan el sistema propuesto, entre las principales destacan, la relación costo beneficio de los equipos de radiofrecuencia, ya que los mismos proporcionan considerables ventajas por encima de sus competidores en relación con los precios de mercado, adicionalmente proporcionan garantías y disponibilidad de repuestos permanente y finalmente, al hacer uso de bandas de frecuencias atribuidas en el Plan Nacional de Frecuencias a título secundario, se reduce considerablemente el costo por pago mensual de tarifas de uso del espectro radioeléctrico al Estado.
  
3. La central telefónica propuesta es de Denwa Techonology y proporciona características importantes entre las que destacan su facilidad de uso, el sistema es muy amigable con el usuario, facilitando de este modo el uso recurrente de estos recursos así como el

mantenimiento y configuración de la central, la misma que es escalable, por lo que se puede proyectar fácilmente a una red VoIP de mayores dimensiones realizando pequeñas modificaciones en su configuración e infraestructura tecnológica. Finalmente la central telefónica proporciona soporte a los principales protocolos de calidad de servicio y códecs que permiten ofrecer al usuario una señal nítida con latencias imperceptibles al oído común. En virtud de esto se puede concluir que la central Denwa, una vez implementada bajo los parámetros y con la arquitectura propuesta en la presente tesis, proporcionaría una mejora en la calidad del servicio.

4. Finalmente se ha dimensionado un sistema de *backup* que formaría parte del Plan de Contingencia de red, este respaldo permitirá garantizar la continuidad del servicio en casos emergentes en los que por motivos de fuerza mayor la red principal se encuentre fuera de servicio.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda capacitar al personal administrativo de cada una de las escuelas para que puedan dar el soporte básico a la red y tengan capacidad de respuesta en caso de que sea requerido.
2. Proponer a Telconet S.A el diseño de un sistema de backup que forme parte del Plan de Contingencia de Red que permitirá brindar el servicio a los sectores rurales y urbano marginales de manera ininterrumpida, beneficiando así a los grupos más vulnerables de la sociedad y permitiéndoles tener acceso universal a las tecnologías de la información y por ende a la sociedad del conocimiento.
3. La mayoría de las centrales VoIP, los teléfonos SIP e IAX se puede acceder a ella mediante una interfaz web esto puede provocar ciertas

inseguridades informáticas al momento de la implementación, se recomienda proteger utilizando contraseñas fuertes para así evitar ataques sobre los nombres de usuarios y administradores que operan en el sistema.

4. Poder fortalecer los sistemas operativos negando los accesos de los servicios innecesarios en nuestros microcomputadores, es decir restringiendo accesos a ciertas páginas web y descarga de programas, obteniendo así un óptimo rendimiento y desempeño del sistema.
5. Tener un monitoreo constante de la red a través de programas que nos permita ver en tiempo real y con alarmas si existen problemas tanto de los radioenlaces o Vsat como de la central telefónica Denwa, enviando reportes diarios de monitoreo para generar visitas técnicas y detectar los problemas puntuales.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Kaschel Hector C & San Juan Enrique , Consideraciones Técnicas para Elaborar un Estándar Definitivo VoIP, <http://sistemamid.com/>, 2012 Santiago de Chile
- [2] Kaschel Hector C & San Juan Enrique , Consideraciones Técnicas para Elaborar un Estándar Definitivo VoIP, <http://sistemamid.com>, 2012 Santiago de Chile
- [3] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Recomendación ITU-T H.323, <https://www.itu.int/>, 2009
- [4] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Recomendación ITU-T H.323, <https://www.itu.int/>, 2009
- [5] Kaschel Hector C & San Juan Enrique , Consideraciones Técnicas para Elaborar un Estándar Definitivo VoIP, <http://sistemamid.com>, 2012 Santiago de Chile
- [6] Cisco Systems Inc, Los gateways, <http://www.cisco.com/>, 2009
- [7] Cisco Systems Inc, Elementos de un sistema de VoIP, <http://www.cisco.com/>, 2009
- [8] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Recomendación ITU-R M.1457-9 Especificaciones detalladas de las interfaces radioeléctricas terrenas de las telecomunicaciones móviles internacionales-2000, <https://www.itu.int/>, 2007

- [9] Kaschel Hector C & San Juan Enrique , Consideraciones Técnicas para Elaborar un Estándar Definitivo VoIP, <http://sistemamid.com/>, 2012 Santiago de Chile
- [10] Wikipedia, Voz sobre Protocolo de Internet, <http://www.wikipedia.org>, 3 de diciembre del 2015
- [11] Maggi Walter, Analisis de factibilidad tecnica en la implementacion de una red WRAN- UCSG, <http://www2ucsg.com/>,2014
- [12] IEEE, IEEE Standards Asociation, <http://www.ieee802.org/11/>, 4 de Mayo del 2014
- [13] Bruce Carlson,Sistemas de comunicación una introduccion a las senales y el ruido en las comunicaciones electricas, Mc Graw Hill Interamerica Editores, 2007
- [14] Bruce Carlson,Sistemas de comunicación una introduccion a las senales y el ruido en las comunicaciones electricas, Mc Graw Hill Interamerica Editores, 2007
- [15] Bruce Carlson,Sistemas de comunicación una introduccion a las senales y el ruido en las comunicaciones electricas, Mc Graw Hill Interamerica Editores, 2007
- [16] García Mario, M & Camazón Rodríguez, Redes VSAT (Terminal de Apertura Muy Pequeña),Universidad de Valladolid, 2010
- [17] García Mario, M & Camazón Rodríguez, Redes VSAT (Terminal de Apertura Muy Pequeña),Universidad de Valladolid, 2010

- [18] García Mario, M & Camazón Rodríguez, Redes VSAT (Terminal de Apertura Muy Pequeña), Universidad de Valladolid, 2010
- [19] García Mario, M & Camazón Rodríguez, Redes VSAT (Terminal de Apertura Muy Pequeña), Universidad de Valladolid, 2010
- [20] García Mario, M & Camazón Rodríguez, Redes VSAT (Terminal de Apertura Muy Pequeña), Universidad de Valladolid, 2010
- [21] García Mario, M & Camazón Rodríguez, Redes VSAT (Terminal de Apertura Muy Pequeña), Universidad de Valladolid, 2010
- [22] García Mario, M & Camazón Rodríguez, Redes VSAT (Terminal de Apertura Muy Pequeña), Universidad de Valladolid, 2010
- [23] García Mario, M & Camazón Rodríguez, Redes VSAT (Terminal de Apertura Muy Pequeña), Universidad de Valladolid, 2010
- [24] Via Satelite, Hub Satelital, <http://www.viasatelital.com/>, 15 de Julio del 2011
- [25] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Recomendación UIT-R P.838-3, <http://www.itu.int/>, 2005
- [26] Soto Eduardo, Dinámica de desvanecimiento por lluvia en enlaces terrenales, Universidad Ricardo Palma - Perú, 2013 [27] Soto Eduardo, Dinámica de desvanecimiento por lluvia en enlaces terrenales, Universidad Ricardo Palma - Perú, 2013
- [27] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Recomendación UIT-R P.838-3, <http://www.itu.int/>, 2005

- [28] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Recomendación UIT-R P.838-3, <http://www.itu.int/>, 2005
- [29] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Recomendación UIT-R P.838-3, <http://www.itu.int/>, 2005
- [30] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Recomendación UIT-R P.838-3, <http://www.itu.int/>, 2005
- [31] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Recomendación UIT-R P.838-3, <http://www.itu.int/>, 2005
- [32] Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Recomendación UIT-R P.838-3, <http://www.itu.int/>, 2005
- [33] Intel Celeron, Placa frontal del Nuc Intel modelo DN2820FYKH, <http://www.intel.com/>, 2015
- [34] Intel Celeron, Características principales de la placa computadora Nuc, <http://www.intel.com/>, 2015
- [35] Intel Celeron, Diagrama de la placa frontal del Nuc Intel Celeron, <http://www.intel.com/>, 2015
- [36] Intel Celeron, Nuc Intel, <http://www.intel.com/>, 2015
- [37] Internet Engineering Task Force (IETF), Protocolo SIP, <http://www.ietf.org/>, 1999
- [38] Francois Bounoure Universidad de Buenos Aires, SIP: Session Initiation Protocol, <http://www.fiuba.com.ar/>, 2006

- [39] Francois Bounoure Univerdad de Buenos Aires, SIP: Session Initiation Protocol, <http://www.fiuba.com.ar/>, 2006
- [40] Hewlett Packard L.P, Caracteristicas del servidor SIP, <http://www.hp.com/>, Noviembre del 2015
- [41] Hewlett Packard L.P, Caracteristicas del servidor SIP, <http://www.hp.com/>, Noviembre del 2015
- [42] Cisco Systems, Inc, Router 2800, <http://www.cisco.com/>, 2015
- [43] Cisco Systems, Inc, Router 2800, <http://www.cisco.com/>, 2015
- [44] Cisco Systems, Inc, Caracteristicas del router 2800, <http://www.cisco.com/>, 2015
- [45] Cisco Systems, Inc, Caracteristicas del router 2851, <http://www.cisco.com/>, 2015
- [46] Cisco Systems, Inc, Switch Catalyst 2960, <http://www.cisco.com/>, 2015
- [47] Cisco Systems, Inc, Telefono IP 7970, <http://www.cisco.com/>, 2015
- [48] Cisco Systems, Inc., 2015, extraido desde: [www.cisco.com](http://www.cisco.com)
- [49] Denwa Techonlogy Corp, lpbx Denwa, <http://www.denwaip.com/>, 2015
- [50] Cambium Networks, caracteristicas de los equipos ePMP 1000, <http://www.cambiumnetworks.com/>, 2015
- [51] Cambium Networks, caracteristicas del reflector dish, <http://www.cambiumnetworks.com/>, 2015
- [52] Cambium Networks, Reflector dish, <http://www.cambiumnetworks.com/>, 2015

- [53] Cambium Networks, características de antena sectorial, <http://www.cambiumnetworks.com/>, 2015
- [54] Cambium Networks, esquema trasero del ePMP1000, <http://www.cambiumnetworks.com/>, 2015
- [55] Cambium Networks, esquema posterior del ePMP1000, <http://www.cambiumnetworks.com/>, 2015
- [56] Cambium Networks, esquema del ePMP1000, <http://www.cambiumnetworks.com/>, 2015
- [57] Cambium Networks, conexión del equipo para configuración, <http://www.cambiumnetworks.com/>, 2015
- [58] Hughes Network Systems, Sistema de control, <http://www.hughes.com/>, 2015
- [59] Hughes Network Systems, Estadísticas y configuración, <http://www.hughes.com/>, 2015
- [60] Hughes Network Systems, Estadísticas HN7740S, <http://www.hughes.com/>, 2015
- [61] Hughes Network Systems, Estadísticas HN7740S, <http://www.hughes.com/>, 2015
- [62] Hughes Network Systems, configuración del satélite, <http://www.hughes.com/>, 2015
- [63] Hughes Network Systems, sitio de carga del archivo, <http://www.hughes.com/>, 2015

- [64] Hughes Network Systems, configuracion del satelite, <http://www.hughes.com/>, 2015
- [65] Hughes Network Systems, configuracion de banda ancha del satelite, <http://www.hughes.com/>, 2015
- [66] Hughes Network Systems, Resumen de parametros del satelite, <http://www.hughes.com/>, 2015
- [67] Hughes Network Systems, configuracion avanzada del satelite, <http://www.hughes.com/>, 2015
- [68] Hughes Network Systems, configuracion avanzada del satelite, <http://www.hughes.com/>, 2015
- [69] Hughes Network Systems, configuracion avanzada del satelite, <http://www.hughes.com/>, 2015
- [70] Hughes Network Systems, calibracion de antena, <http://www.hughes.com/>, 2015
- [71] Hughes Network Systems, calibracion de antena receptora, <http://www.hughes.com/>, 2015
- [72] Hughes Network Systems, calibracion de antena receptora, <http://www.hughes.com/>, 2015
- [73] Hughes Network Systems, fuerza de la señal de antena receptora, <http://www.hughes.com/>, 2015
- [74] Hughes Network Systems, resumen estadistico, <http://www.hughes.com/>, 2015

[75] Hughes Network Systems, resumen estadístico, <http://www.hughes.com/>, 2015

[76] Hughes Network Systems, inicio de escaneo, <http://www.hughes.com/>, 2015

[77] Hughes Network Systems, configuración del satélite, <http://www.hughes.com/>, 2015

[78] Hughes Network Systems, status del sistema, <http://www.hughes.com/>, 2015

[79] Denwa, teléfono IP Denwa Dw210, <http://www.denwaip.com/>, 2015

## GLOSARIO DE PALABRAS

<b>SOFTPHONE:</b>	Es un software que se usa para hacer y recibir llamadas VoIP desde una computadora
<b>DEBUG:</b>	Permite activar la función “ <i>sniffer</i> ” o de captura de paquetes que facilita el análisis en tiempo real de los paquetes y tramas que atraviesan la red.
<b>WIRESHARK:</b>	Es una herramienta multiplataforma de análisis de red, captura todos los paquetes y tramas de los distintos niveles del modelo OSI y muestra su contenido y detalles técnicos, este software permite filtrar los mismos de acuerdo con los requerimientos del análisis o verificación requeridos.
<b>VoIP:</b>	Voz sobre Protocolo de Internet, también llamado Voz sobre IP, Voz IP, VoIP, es un grupo de recursos que hacen posible que la señal de voz viaje a través de Internet empleando un protocolo IP.
<b>PPBX IP:</b>	Una central IP o IP-PBX es un equipo de comunicaciones diseñado para ofrecer servicios de comunicación a través de las redes de datos. A esta aplicación se le conoce como voz sobre IP (VoIP), donde IP

es la identificación del dispositivo dentro de la web.

**CODECS:** Es un acrónimo de codificador-decodificador o, menos comúnmente, compresor-descompresor. Su uso está muy extendido para la codificación de señales de audio y video dentro de un formato contenedor. **Codec** es la abreviatura de codificador-decodificador.

**Software:** Es un conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

**SNIFFER:** Es un programa informático que registra la información que envían los periféricos, así como la actividad realizada en un determinado ordenador.

**OSI:** El **modelo de interconexión de sistemas abiertos** (ISO/IEC 7498-1), más conocido como “modelo OSI”, (en inglés, Open System Interconnection) es un modelo de referencia para los protocolos de la red de arquitectura en capas, creado en el año 1980 por la Organización Internacional de Normalización.

**Denwa:**

(En Japonés Significa Teléfono) Technology, especialista cordobesa con amplia trayectoria en el desarrollo de soluciones para telefonía IP y Comunicaciones Unificadas, incursionó en el mundo de la movilidad tras presentar sus nuevos smartphones y tablets en Itexpo 2013, la exposición más grande de telecomunicaciones e Internet, que se llevó a cabo en Miami desde el 30 de enero al 1 de febrero.

**Teléfono IP:**

Es una tecnología que permite integrar en una misma red - basada en protocolo **IP** - las comunicaciones de voz y datos.