

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS

ESTUDIO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROCESO DE TRANSICIÓN DE LA RED DE VOZ ANÁLOGA A DIGITAL POR MEDIO DE ENLACES DE MICROONDA PARA EL INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE TECNÓLOGO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

CARLOS IVÁN TAPA CAIZA

ivancxt696@hotmail.com

JAIRO JAVIER MALES MALDONADO

kof4383@hotmail.com

DIRECTOR: Msc. Wilson Enríquez

wenriquez@igepn.edu.ec

Quito, Mayo, 2013

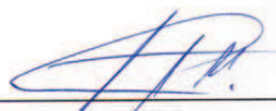
DECLARACIÓN

Nosotros, Carlos Iván Tapa Caiza y Jairo Javier Males Maldonado, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

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



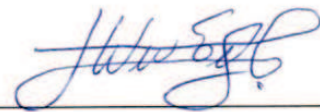
Carlos Iván Tapa Caiza



**Jairo Javier Males
Maldonado**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Carlos Iván Tapa Caiza y Jairo Javier Males Maldonado, bajo mi supervisión.



Msc. Wilson Enríquez

DIRECTOR DE PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Dejo constancia mi sincero agradecimiento: al Doctor Wilson Enriquez, Ingeniero Gustavo Prado y la Ingeniera Mayra Vaca por su apoyo e incentivo permanente a lo largo de la realización de esta tesis y sobre todo por su gran paciencia y dedicación.

A mis queridos compañeros: Lore, Mirian, Freddy, Eddy, Santiago, Christian, Carlitos, Andrea, Robert, Cristina, Pancho y JC, personas que siempre me brindaron su ayuda y amistad haciendo que cada día de trabajo sea diferente.

Carlos Tapa.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a cada uno de los que formaron parte de este proyecto, ingenieros y área técnica del Instituto Geofísico, así como la ayuda que nos prestaron el Doctor Wilson Enríquez e Ingeniero Gustavo Prado quienes nos apoyaron en todo momento y nos supieron dirigir en el desarrollo de este proyecto.

Agradezco a mis padres por haberme apoyado incondicionalmente durante la culminación de mi carrera, así como también a toda mi familia quienes me supieron dar aliento y fuerza durante los momentos difíciles.

Jairo Males.

DEDICATORIA

Esta tesis la dedico a mis padres por todo el esfuerzo que hicieron en el transcurso de mi vida para darme todo lo que necesité.

A mi padre por todo su trabajo y empeño.

A mi madre por ser un ejemplo de lucha y perseverancia, gracias por siempre estar presente en los momentos buenos y malos de mi vida.

A mis abuelos por ser un modelo de honestidad en mi vida.

Carlos Tapa.

DEDICATORIA

Dedico el proyecto principalmente a mis padres por darme la vida, a mi madre María en especial por ser ejemplo de vida, a mis hermanas que se encuentran en el exterior quienes me apoyaron siempre y en todo momento, a mi hermano Galo por darme apoyo y ser mi ejemplo, por mucho tiempo de mi vida, a mi familia en general, que supo entenderme y ayudarme cuando lo necesitaba.

Dedico el fruto de mi trabajo, a esa personal especial para mí, Diana, quien me supo alentar y dar fuerzas, haciéndome compañía en los buenos y malos momentos, ofreciéndome animo siempre con una sonrisa.

Jairo Males.

CONTENIDO

ÍNDICE DE FIGURAS	12
ÍNDICE DE TABLAS.....	18
RESUMEN	22
PRESENTACIÓN	24
INTRODUCCIÓN	25
CAPÍTULO 1	26
<i>1.1.-PARAMETROS DE EMISION USADOS PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE VOZ ANALOGA Y DIGITAL</i>	<i>26</i>
1.1.1.-CLASE DE EMISION	26
1.1.2.-ANCHO DE BANDA	26
1.1.3.-TOLERANCIA DE FRECUENCIA DE EMISION.....	26
1.1.4.-POLARIZACION DE ONDA.....	27
1.1.4.1.-Polarización Horizontal.....	27
1.1.4.2.-Polarización Vertical	27
1.1.4.3.-Polarización Oblicua.....	28
1.1.4.4.-Polarización circular	28
<i>1.2.-PROGRAMAS PARA ANALISIS DE RADIO ENLACES.....</i>	<i>28</i>
1.2.1.-RADIO MOBILE.....	29
1.2.1.1.-Parámetros específicos para el modelo de Longley-Rice.....	29
1.2.1.1.1.-Polarización.....	30
1.2.1.1.2.-Refracción.....	30
1.2.1.1.3.-Permitividad y Conductividad	30
1.2.1.1.4.-Refractividad de la superficie	31
1.2.1.1.5.-Clima.....	31
1.2.1.1.6.-Variabilidad	31
1.2.2.-SOFTWARE MOTOROLA PTP LINKPLANNER	32
CAPÍTULO 2	34
<i>2.1.-ESTUDIO DE LA RED DE VOZ ANÁLOGA.....</i>	<i>34</i>
<i>2.2.-ENLACES DE LA RED ANÁLOGA.....</i>	<i>36</i>
2.2.1.-ENLACES ANALOGICOS	38
2.2.1.1.-Enlace Cerro Atacazo – Instituto Geofísico	38
2.2.1.3.-Enlace Atacazo Cuchillas - Pilisurco	39

2.2.1.4.-Enlace Pilisurco – Loma Grande	40
2.2.1.5.-Enlace Loma Grande - OVT	41
2.3.-MANEJO DEL SOFTWARE PTP LINK PLANNER.....	43
2.3.1.-INSTALACIÓN.....	43
2.3.2.-CREACIÓN DE LOS ENLACES.....	45
2.4.-VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA DIGITAL CON RESPECTO A LA ANALÓGICA.....	51
2.4.1.-VENTAJAS	51
2.4.2.-DESVENTAJAS.....	52
CAPÍTULO 3	54
3.1.-DISEÑO DE LAS REPETIDORAS.....	54
3.1.1.-REPETIDORAS REGIÓN SIERRA.....	55
3.1.2.-REPETIDORAS REGIÓN COSTA.....	57
3.1.3.-REPETIDORAS REGIÓN ORIENTE	59
3.2.-DISEÑO DE UN RADIO ENLACE	62
3.2.1.-CÁLCULO DE UN RADIO ENLACE	62
3.2.1.1.-Perfil de la trayectoria.....	62
3.2.1.1.1.-Línea de Vista	62
3.2.1.1.2.-Factor K (Curvatura Terrestre).....	63
3.2.1.2.-Cálculo de la curvatura de la Tierra.....	63
3.2.1.3.-Despeje	64
3.2.1.4.-Zonas de Fresnel	64
3.2.1.5.-Ecuación del Enlace	66
3.2.2.-PRESUPUESTO DE POTENCIA	67
3.2.2.1.-En Transmisión	69
3.2.2.1.1.-Potencia de Transmisión (Tx)	69
3.2.2.1.2.-Pérdida en el cable	69
3.2.2.1.3.-Pérdidas en los conectores	70
3.2.2.1.4.-Pérdida en el espacio libre	70
3.2.2.2.-En Recepción	71
3.2.2.2.1.-Ganancia de antena desde el receptor	72
3.2.2.2.2.-Sensibilidad del receptor	72
3.2.2.2.3.-Margen	72
3.3.-DISEÑO DE LOS ENLACES DE LA RED DE VOZ DIGITAL	72
3.2.1.-CÁLCULO Y SIMULACION DE LOS ENLACES	74
3.2.1.1.-Enlaces de la Región Sierra	74
3.2.1.1.1.-Enlace Atacazo - Clirsen	74

3.2.1.1.2.-Enlace Clirsen - Putzalahua	86
3.2.1.2.-Enlaces Región Oriente.....	88
3.2.1.2.1.-Enlace Cotacachi – Cayambe	88
3.2.1.2.2.-Enlace Cayambe – Lumbaqui	90
3.2.1.3.-Enlaces Región Costa	93
3.2.1.3.1.-Enlace Chispas – Manta	93
3.2.1.3.2.-Enlace Cerro 507 – Hierba Buena	95
3.2.1.3.3.-Enlace Cerro 507 - Capadia.....	97
3.2.1.3.4.-Enlace Capadia – Pilisurco	99
3.2.1.3.5.-Enlace Gatazo – Atacazo.....	101
3.3.-ESTRUCTURA DE LA RED DE VOZ DEL INSTITUTO GEOFÍSICO.....	107
3.3.1.-CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE LA RED DE VOZ	109
3.3.1.1.-Antena Multidipolos	109
3.3.1.2.-Duplexor	110
3.3.1.3.-Repetidora.....	110
3.3.1.4.-Switch Ethernet de 5 puertos	112
3.3.1.5.-ODU (Outdoor Unit) Unidad externa – Radio Transmisor	113
3.3.1.6.-PIDU (power indoor unit) Unidad de Poder Interna	114
3.3.1.7.-Antena Parabólica	115
3.3.1.8.-APS (Advanced Power System) Sistema de alimentación Avanzado	116
3.3.1.9.-Cargador de batería SAMLEX.....	117
3.3.2.-EQUIPOS INSTALADOS POR ESTACIÓN.....	119
3.3.2.1.-Estaciones con un enlace y un repetidor.....	119
3.3.2.2.-Estaciones con dos puntos de enlace	120
3.3.2.3.-Estaciones con dos puntos de enlace y un repetidor	120
3.3.2.4.-Estación con un Repetidor con enlace existente	121
3.3.2.5.-Estación con punto de enlace y enlace existente.....	122
3.3.2.6.-Estación con repetidor y fibra óptica	122
CAPÍTULO 4	125
4.1.-ESTACIONES INSTALADAS.....	125
4.1.1.- ZONA SIERRA	125
4.1.1.1.-Atacazo Cuchillas	125
4.1.1.2.-Clirsen	127
4.1.1.3.-Putzalahua	129
4.1.1.4.-Pilisurco.....	131
4.1.1.5.-Loma Grande	133
4.1.1.6.-OVT	135

4.1.2.-ZONA ORIENTE.....	135
4.1.2.1.-Lumbaqui.....	135
4.1.2.2.-Cayambe.....	137
4.1.2.3.-Cotacachi.....	138
4.1.3.-ZONA COSTA.....	140
4.1.3.1.-Chispas.....	140
4.1.3.2.-Cerro B – 507.....	142
4.1.3.3.-Capadia.....	143
4.1.3.4.-Base Geofísico.....	144
4.2.-PRUEBAS DE COBERTURA.....	147
4.2.1.-PRUEBAS REALIZADAS DE CAMPO.....	150
4.2.1.1.-Prueba Quito-Mitad del Mundo.....	151
4.2.1.2.-Pruebas Repetidora Atacazo.....	153
4.2.1.3.-Prueba Repetidor Pilisurco.....	153
4.2.1.4.-Prueba Repetidor Loma Grande.....	154
4.2.1.5.-Prueba Repetidora Cotacachi.....	154
4.2.1.6.-Pruebas Lumbaqui.....	155
4.2.1.7.- Pruebas Repetidora Chispas.....	155
4.2.1.7.-Pruebas sector norte.....	156
4.3.-COSTOS.....	156
CAPÍTULO 5.....	159
5.1.-CONCLUSIONES.....	159
5.2.-RECOMENDACIONES.....	161
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	162
ANEXOS.....	164
ANEXO 1.....	164
ANEXO 2.....	167
ANEXO 3.....	173

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1.- Polarización horizontal.	27
Figura 1.2.- Polarización vertical.	27
Figura 1.3.- Polarización oblicua.	28
Figura 1.4.- Polarización circular.	28
Figura 1.5.- Parámetros que intervienen en el enlace. Referencia: (Software Radio Mobile).	32
Figura 2.1.- Gráfico de un repetidor.	34
Figura 2.2.- Gráfico de un enlace	35
Figura 2.3.- Parámetros ingresados para los enlaces. Referencia: (Radio Mobile)...	37
Figura 2.4.- Parámetros ingresados para los enlaces. Referencia: (Radio Mobile)...	37
Figura 2.5.- Perfil topográfico del enlace entre Atacazo y Instituto Geofísico Referencia: (Software Radio Mobile).....	38
Figura 2.6.- Perfil topográfico del enlace entre Atacazo Cuchillas y Pilisurco Referencia: (Software Radio Mobile).....	39
Figura 2.7.- Perfil topográfico del enlace entre Pilisurco y Loma Grande. Referencia: (Software Radio Mobile).	40
Figura 2.8.- Perfil topográfico del enlace entre Loma Grande y OVT. Referencia: (Software Radio Mobile).	41
Figura 2.9.- Diagrama de cobertura total de la red de voz analógica. Referencia: (Software Radio Mobile).	42
Figura 2.10.- Icono que identifica al software Link Planner.	43
Figura 2.11.- Ventanas del software Link Planner.	44
Figura 2.12.- Instalación del software.	44
Figura 2.13.- Pantalla final de la instalación.	45

Figura 2.14.- Ventana de inicio del software Link Planner.	45
Figura 2.15.- Datos que solicita el software Link Planner.....	46
Figura 2.16.- Datos a guardarse del proyecto en el software Radio Mobile.	47
Figura 2.17.- Forma de ingresar los datos de coordenadas de los diferentes sitios..	47
Figura 2.18.- Ingreso de coordenadas en el software Link Planner.	48
Figura 2.19.- Puntos elegidos para realizar el enlace.	48
Figura 2.20.- Pantallas que indican que enlace se hizo y a que correo va a llegar la información.....	49
Figura 2.21.- Ventana donde se escogerá diferentes parámetros de transmisión. ...	49
Figura 2.22.- Resultados del enlace.	50
Figura 3.1.- Mapa de las repetidoras en la región sierra	55
Figura 3.2.- Diagrama de cobertura de las repetidoras de la parte central.	56
Figura 3.3.- Mapa de las repetidoras en la región costa.	57
Figura 3.4.- Diagrama de cobertura de las repetidoras de la región costa.....	58
Figura 3.5.- Mapa de la repetidora en la región oriental.....	59
Figura 3.6.- Diagrama de cobertura de la repetidora región oriente.....	60
Figura 3.7.- Mapa completo de cobertura del Ecuador.	61
Figura 3.8.- Valores del factor K.....	63
Figura 3.9.- Diagrama que representa las zonas de fresnel.....	65
Figura 3.10.- Diagrama con datos para calcular la primera zona de fresnel.	65
Figura 3.11.- Gráfico de los elementos para el cálculo del radioenlace.	66
Figura 3.13.- Diagrama esquemático de la pérdida en el espacio libre.....	71
Figura 3.14.- Gráfico de los puntos mas notables entre Atacazo y Clirsen.	75

Figura 3.15.- Gráfico de los datos y variantes para los diferentes cálculos.....	75
Figura 3.16.- Puntos del enlace. Referencia: (Software PTP LINKPlanner).....	79
Figura 3.17.- Perfil topográfico del enlace entre Atacazo y Clirsén. Referencia: (Software LINK Planner).	80
Figura 3.18.- Gráfico de la ventana de selección equipment (Equipo). (Software PTP LINK Planner).....	81
Figura 3.19.- Perfil topográfico del enlace entre Atacazo y Clirsén. Referencia: (Software PTP LINK Planner).....	87
Figura 3.20.- Perfil topográfico del enlace entre Cotacachi y Cayambe. Referencia: (Software PTPLINK Planner).....	89
Figura 3.21.- Perfil topográfico del enlace entre Cayambe y Lumbaqui. Referencia: (Software PTP LINK Planner).....	91
Figura 3.22.- Perfil topográfico del enlace entre Chipas y Manta. Referencia: (Software PTP LINK Planner).....	94
Figura 3.23.- Perfil topográfico del enlace entre Cerro 507 y Hierba Buena. Referencia: (Software PTP LINK Planner).	96
Figura 3.24.- Perfil topográfico del enlace entre Cerro 507 y Capadia. Referencia: (Software PTP LINK Planner).....	98
Figura 3.25.- Perfil topográfico del enlace entre Capadia y Pilisurco. Referencia: (Software PTP LINK Planner).....	100
Figura 3.26.- Perfil topográfico del enlace entre Gatazo y Atacazo. Referencia: (Software PTP LINK Planner).....	102
Figura 3.27.- Tabla de valores del perfil de enlace. Referencia: (Software PTP LINK Planner).....	103
Figura 3.28.- Perfil topográfico del enlace entre Gatazo y Atacazo con coordenadas recomendadas. Referencia: (Software PTP LINK Planner).....	104
Figura 3.29.- Mapa total de enlaces y repetidoras de la red de voz digital del Instituto Geofísico.	106

Figura 3.30.- Mapa de los enlaces incluyendo las frecuencias de las mismas.	107
Figura 3.31.- Diagrama de bloques de un enlace con repetidora.....	108
Figura 3.32.- Antena Multidipolos.....	109
Figura 3.33.- Duplexor.....	110
Figura 3.34.- Repetidor	110
Figura 3.35.- Switch Ethernet.....	112
Figura 3.36.- ODU.....	113
Figura 3.37.- PIDU.	114
Figura 3.38.- Antena parabólica.	115
Figura 3.39.- APS a utilizarse en las distintas estaciones.	116
Figura 3.40.- Cargador automático de batería SAMLEX.	117
Figura 3.41.- Diagrama de una estación repetidora y un punto inicial o final de enlace.	119
Figura 3.42.- Figura de un punto de enlace sin repetidora.....	120
Figura 3.43.- Figura repetidor con dos antenas de enlace.....	121
Figura 3.44.- Diagrama de una repetidora de la red de voz.....	121
Figura 3.45.- Punto final de enlace de 5,8MHz unido a la red de microonda existente.	122
Figura 3.46.- Se muestran los equipos que se encuentran en la estación Chispas.	123
Figura 4.1.- Repetidor y enlace instalado en Atacazo Cuchillas.....	125
Figura 4.2.- Antena de 8 dipolos y antena microondas de enlace. Estación Atacazo Cuchillas.....	126
Figura 4.3.- Enlace instalado en la estación Clirsen.....	128
Figura 4.4- Antenas de los enlaces, una hacia el Atacazo y la otra dirigida a Putzalahua.	128

Figura 4.5.- Equipos instalados en la estación Putzalahua.	129
Figura 4.6.- Antena dirigida hacia Clirsén.	130
Figura 4.7.- Equipos instalados en la estación Pilisurco.	131
Figura 4.8.- Antena de 8 dipolos y del enlace hacia Capadia.	132
Figura 4.9.- Equipos instalados en Loma Grande.	133
Figura 4.10.- Antena de 8 dipolos de la repetidora. Estación Loma Grande.	134
Figura 4.11.- Equipos instalados en la estación Lumbaqui.	136
Figura 4.12.- Antena de 8 dipolos y antena de microondas dirigido hacia la estación Cayambe.	136
Figura 4.13.- Equipos instalados en la estación Cotacachi.	138
Figura 4.14.- Antena de 8 dipolos y antena de microondas dirigida hacia Cayambe.	139
Figura 4.15.- Equipos instalados en la estación Chispas.	141
Figura 4.16.- Equipos instalados en la estación Cerro B – 507.	142
Figura 4.17.- Equipos instalados en la estación Capadia.	143
Figura 4.18.- Antena de microondas dirigida hacia Pilisurco y brazo de antena. ...	143
Figura 4.19.- Radio base sala de registradores Instituto Geofísico.	145
Figura 4.20.- Radio base sala de servidores. Instituto Geofísico.	145
Figura 4.21.- Antena multidipolos, Base Geofísico.	146
Figura 4.22.- Conexión entre radio y computador.	148
Figura 4.23.- Programa MOTOTRBO SiteSurvey.	148
Figura 4.24.- Ventana de Settings del programa MOTOTRBO SiteSurvey.	149
Figura 4.25.- Ventana, GPS Visualizer para obtención de gráficos.	150
Figura 4.26.- Ventana con colores de nivel de señal.	151

Figura 4.27.- Prueba Quito-Mitad del Mundo (www.gpsvisualizer.com).....	152
Figura 4.28.-Prueba Repetidora Atacazo (www.gpsvisualizer.com).....	153
Figura 4.29.- Prueba Repetidora Pilisurco (www.gpsvisualizer.com).....	153
Figura 4.30.- Prueba Repetidora Loma Grande (www.gpsvisualizer.com).....	154
Figura 4.31.- Prueba Repetidora Cotacachi (www.gpsvisualizer.com).....	154
Figura 4.32.- Prueba Repetidora Lumbaqui (www.gpsvisualizer.com).....	155
Figura 4.33.- Prueba Repetidora Chispas (www.gpsvisualizer.com).....	155
Figura 4.34.- Prueba sector norte (www.gpsvisualizer.com).	156

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1.-Permitividad relativa y conductividad típica para distintos tipos de suelo.	30
Tabla 1.2.- Modelos de Clima.....	31
Tabla 2.1.- Datos de la red análoga de voz (Repetidoras).....	36
Tabla 3.1.- Repetidoras de la región Sierra.....	55
Tabla 3.2.- Repetidoras de la región Costa.....	57
Tabla 3.3.-Repetidor región Oriente.....	59
Tabla 3.4.- Valores típicos de pérdida en los cables para 2,4GHz.....	70
Tabla 3.5.- Coordenadas de los sitios.....	73
Tabla 3.6.- Datos de los puntos de enlace.....	74
Tabla 3.7.- Puntos utilizados para trazar el mapa.....	75
Tabla 3.8.- Notas para la instalación de la repetidora Atacazo.....	82
Tabla 3.9.- Notas para la instalación del sitio Clirsén.....	83
Tabla 3.10.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.....	83
Tabla 3.11.- Resumen de los valores calculados en el enlace Atacazo Cuchillas- Clirsén.....	86
Tabla 3.12.- Datos de los puntos de enlace.....	86
Tabla 3.13.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.....	87
Tabla 3.14.- Resumen de los valores calculados en el enlace Clirsén y Putzalahua	88
Tabla 3.15.- Datos de los puntos de enlace.....	88
Tabla 3.16.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.....	90
Tabla 3.17.- Resumen de los valores calculados en el enlace Cotacachi – Cayambe.	90

Tabla 3.18.- Datos de los puntos de enlace	90
Tabla 3.19.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.	92
Tabla 3.20.- Resumen de los valores calculados en el enlace Cayambe y Lumbaqui.	92
Tabla 3.21.- Datos de los puntos de enlace	93
Tabla 3.22.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.	94
Tabla 3.23.- Resumen de los valores calculados en el enlace Cayambe y Lumbaqui.	95
Tabla 3.24.- Datos de los puntos de enlace	95
Tabla 3.25.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.	96
Tabla 3.26.- Resumen de los valores calculados en el enlace Cerro 507 y Hierba Buena.	97
Tabla 3.27.- Datos de los puntos de enlace.	97
Tabla 3.28.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.	98
Tabla 3.29.- Resumen de los valores calculados en el enlace Cerro 507 y Capadia.	99
Tabla 3.30.- Datos de los puntos de enlace.	99
Tabla 3.31.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.	101
Tabla 3.32.- Resumen de los valores calculados en el enlace Capadia y Pilisurco.	101
Tabla 3.33.- Datos de los puntos de enlace.	101
Tabla 3.34.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.	104
Tabla 3.35.- Resumen de los valores calculados en el enlace Capadia y Pilisurco.	105
Tabla 3.36.- Resumen de los enlaces de la red de vos digital..	106
Tabla 3.37.- Especificaciones técnicas de la antena de multidipolos doblados de 8 pares.	109
Tabla 3.38.- Especificaciones del duplexor.	110

Tabla 3.39.- Características técnicas de la repetidora.	112
Tabla 3.40.- Características del PIDU.	115
Tabla 3.41.- Características de antena parabólica.	116
Tabla 3.42.- Características de antena parabólica.	124
Tabla 4.1.- Los equipos descritos se encuentran instalados y operativos como RADIO ENLACE ATACAZO hacia CLIRSEN.	127
Tabla 4.2.- Equipos instalados en el repetidor de Atacazo.	127
Tabla 4.3.- Los equipos descritos quedan instalados y operativos en CLIRSEN.	129
Tabla 4.4.- Los equipos descritos quedan instalados y operativos como RADIO ENLACE PUTZALAHUA hacia Clirsen.	131
Tabla 4.5.- Equipos instalados en el Cerro Pilisurco.	132
Tabla 4.6.- Equipos instalados en el repetidor de Pilisurco.	133
Tabla 4.7.- Equipos instalados en Loma Grande.	134
Tabla 4.8.- Equipos instalados en OVT.	135
Tabla 4.9.- Equipos instalados en Lumbaqui.	137
Tabla 4.10.- Equipos instalados en Lumbaqui.	137
Tabla 4.11.- Equipos instalados en Cayambe.	138
Tabla 4.12.- Equipos instalados en Cotacachi.	139
Tabla 4.13.- Equipos en el repetidor en Cotacachi.	140
Tabla 4.14.- Equipos instalados en el repetidor del Cerro Chispas.	141
Tabla 4.15.- Equipos instalados en el Cerro B - 507.	143
Tabla 4.16.- Equipos instalados del enlace Pilisurco-Capadia.	144
Tabla 4.17.- Equipos instalados en la Base del Geofísico.	146
Tabla 4.18.- Costos de Equipos.	157

Tabla 4.19.- Costos adicionales de instalación.	158
--	-----

RESUMEN

En este proyecto se propone el estudio e implementación del proceso de transición de la red de voz análoga a digital por medio de enlaces de microonda para el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, con la finalidad de ampliar y mejorar el sistema de red de voz análoga existente, se ha dividido este proyecto en 5 capítulos los cuales serán resumidos a continuación:

Capítulo Uno

En este capítulo se hace un estudio introductorio de un sistema de voz digital, así como los parámetros que implican los enlaces de microondas, como por ejemplo: clases de emisión, ancho de banda, tolerancia de frecuencia y polarización de onda, además se estudia los programas (software), con los cuales se realizan los diseños de los enlaces, como son: Radio Mobile y Link Planner.

Capítulo Dos

En este capítulo se hace un estudio de la red de voz análoga para verificar puntos de enlace que se volverán a utilizar en la red de voz digital, se enseña el funcionamiento del software Link Planner para realizar los enlaces de microonda y se señala las ventajas y desventajas de una red digital frente a una red análoga.

Capítulo Tres

En este capítulo se realiza el diseño de la red de voz digital, se hace los cálculos manuales de los enlaces con formulas de la teoría de propagación de señales y el cálculo de la primera zona de fresnel, además se realiza la simulación de los enlaces y se visualiza los resultados mediante el programa Link Planner. Se presenta diagramas de cobertura de todas las repetidoras especificado por regiones y el alcance total que cubre la red digital de voz en el Ecuador con la ayuda del programa Radio Mobile de Motorola.

Capítulo Cuatro

En este capítulo se muestran fotografías de los avances de la instalación y se presentan los diferentes equipos instalados en cada estación, además de las pruebas en diferentes sitios del país de cobertura de la red de voz. Se presenta también los costos que involucran el desarrollo del proyecto, costos de equipos y costos adicionales.

Capítulo Cinco

En este capítulo se muestran las conclusiones sobre el proyecto planteado, así como las recomendaciones que servirán en el desarrollo del proyecto y la implementación de los equipos.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto lleva como título " Estudio e implementación del proceso de transición de la red de voz análoga a digital por medio de enlaces de microonda para el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional ", plantea el diseño e implementación para migrar de una red análoga ya existente a una red digital con mayor cobertura, variedades de uso y ventajas que se obtiene al implementar una red digital.

El Instituto Geofísico es una entidad sin fines de lucro, cuya misión es reducir el impacto de los fenómenos sísmicos y volcánicos en el Ecuador a través del monitoreo permanente, la investigación científica y la aplicación tecnológica promoviendo la creación de una cultura de prevención. La visión del Instituto Geofísico será una organización líder en la investigación científica que incida en políticas de Estado para propender al mejoramiento de la seguridad individual y colectiva, así como al desarrollo sostenible del país, vía reducción de su vulnerabilidad frente a los fenómenos naturales.

El sistema de telecomunicaciones que se presenta en este proyecto, se basa en el diseño de radioenlaces con microonda digital, siendo una alternativa de optimización aplicable para el Instituto Geofísico.

INTRODUCCIÓN

El Departamento de Geofísica de la Escuela Politécnica Nacional es la entidad encargada del control sísmico y volcánico del país en forma permanente, a través del monitoreo con redes de estaciones sísmicas y otras tecnologías ubicadas en todo el Ecuador y con énfasis en los volcanes activos.

Cada una de las estaciones de monitoreo necesita mantenimiento preventivo y correctivo, por lo que siempre se deben desplazar los técnicos del Instituto Geofísico a los diferentes sitios, generalmente las estaciones se encuentran en zonas rurales en donde no existe cobertura de celular o simplemente esta fuera del rango de trabajo de la red análoga de voz existente. Además, en estos sitios siempre es necesario hacer pruebas de los equipos sísmicos instalados y verificar como llega la información al centro de monitoreo en el Instituto Geofísico, por esta razón, se requiere un tipo de comunicación propio y eficiente.

En la actualidad, el Instituto Geofísico cuenta con una red de voz análoga que ha estado en operación por más de 10 años, esta red tiene su base en el sexto piso del edificio de Ingeniería Civil de la Escuela Politécnica Nacional. Las frecuencias que utiliza esta red son 470,025MHz y 475,025MHz otorgadas por el SENATEL. Estos equipos han cumplido su vida útil por el pasar del tiempo, se encuentran obsoletos y deteriorados, por esta razón se decidió implementar una nueva red de voz que será digital.

Esta nueva red de voz presenta varias ventajas con respecto a la existente:

Mejor fidelidad, seguridad de las comunicaciones, GPS para la ubicación del personal en el campo, el envío de datos mediante texto, entre otras.

CAPÍTULO 1

En este capítulo se presentaran aspectos a considerarse en el diseño de una red análoga y digital de voz, también se mostrarán dos programas que se utiliza en el diseño de radioenlaces, éstos nos ayudaran a conformar los diagramas de cobertura y diseñar los enlaces que existirá en la red de voz digital.

1.1.-PARAMETROS DE EMISION USADOS PARA EL DISEÑO DE UNA RED DE VOZ ANALOGA Y DIGITAL

En los sistemas de comunicación analógico y digital, se utilizan señales radioeléctricas las que vienen caracterizadas por ciertos parámetros, los dos programas mencionados anteriormente utilizan estos conceptos para sus respectivos cálculos y son:

1.1.1.-CLASE DE EMISION

Se denomina al conjunto de características de una emisión como son: el tipo de modulación de la portadora principal, la naturaleza de la señal moduladora, tipo de información que se transmite, ancho de banda, detalles de la señal entre otros.

1.1.2.-ANCHO DE BANDA

El ancho de banda es la longitud, medida en hertzios (Hz), del rango de frecuencias en el que se concentra la mayor parte de la potencia de la señal, además este ancho de banda para señales digitales debe ser el estrictamente necesario para poder enviar y recibir la información.

1.1.3.-TOLERANCIA DE FRECUENCIA DE EMISION

Es la desviación máxima admisible entre la frecuencia asignada y la situada en el centro de la banda de frecuencias ocupada por una emisión.

1.1.4.-POLARIZACION DE ONDA

Toda onda electromagnética se caracteriza por su polarización, que es definida a partir de la orientación del vector campo eléctrico. Se distinguen los siguientes casos:

1.1.4.1.-Polarización Horizontal

El vector campo eléctrico se halla paralelo al plano horizontal

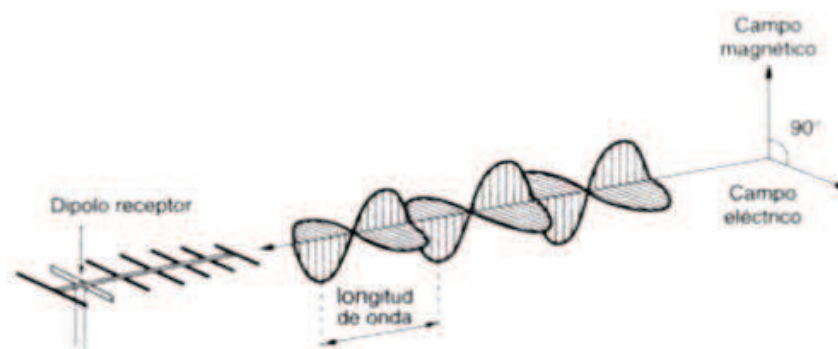


Figura 1.1.- Polarización horizontal.

1.1.4.2.-Polarización Vertical

El vector campo eléctrico se encuentra paralelo al plano vertical.

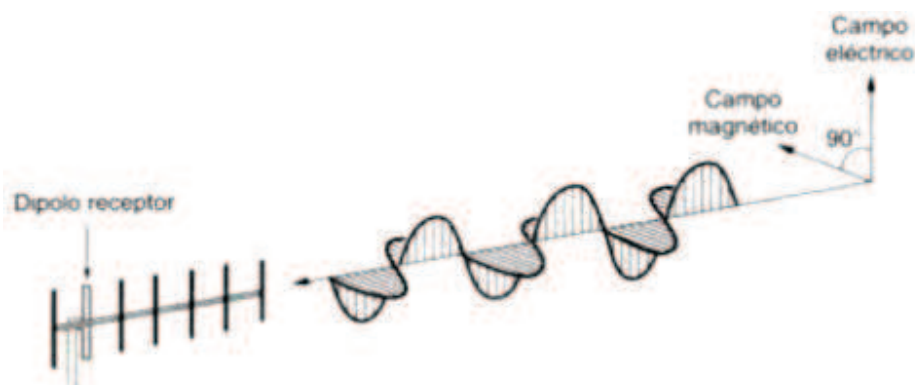


Figura 1.2.- Polarización vertical.

1.1.4.3.-Polarización Oblicua

El vector campo eléctrico tiene una inclinación de 45 grados respecto de la horizontal.

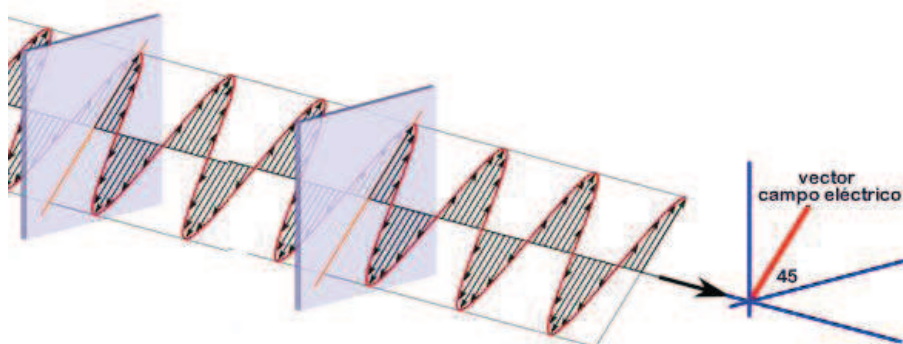


Figura 1.3.- Polarización oblicua.

1.1.4.4.-Polarización circular

El extremo del vector campo eléctrico describe un círculo.

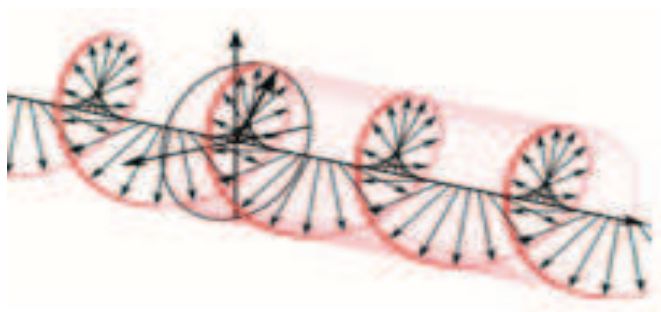


Figura 1.4.- Polarización circular.

1.2.-PROGRAMAS PARA ANALISIS DE RADIO ENLACES

Los programas que van a utilizarse son los siguientes:

- a.- Radio Mobile.
- b.- Link Planner 2.6.1 (MOTOROLA)

1.2.1.-RADIO MOBILE

Este es un software de libre distribución para el cálculo de radio enlaces de larga distancia en terreno irregular. Para ello utiliza perfiles geográficos combinados con la información de los equipos (potencia, sensibilidad del receptor, características de las antenas, pérdidas, etc.) que quieren simularse.

Este software implementa con buenas prestaciones el modelo Longley-Rice¹ también conocido como modelo de terreno irregular (ITM), este programa puede predecir la atenuación de las señales de radio para un enlace de telecomunicaciones, sobre terreno irregular, en el rango de 20MHz a 20GHz y para longitudes de trayecto de entre 1 y 2000 Km. Los parámetros a introducir para realizar las simulaciones permiten reflejar de forma fiel los equipos reales que se piensa utilizar en la instalación para la que estarían destinados.

Además, utiliza para la evaluación de los enlaces, el perfil geográfico de las zonas de trabajo. La obtención de estos mapas puede realizarse directamente desde una opción del software que permite descargarlos de Internet. Hay tres tipos de mapas disponibles: los SRTM², los GTOPO30³ y los DTED⁴.

Este software es muy completo y según el modelo que está utilizando requiere considerar ciertos parámetros que se detallan a continuación:

1.2.1.1.-Parámetros específicos para el modelo de Longley-Rice

La naturaleza del modelo requiere algunos parámetros adicionales.

¹ Modelo Longley-Rice: es conocido como modelo de terreno irregular para cálculo de enlaces.

² SRTM (The Shuttle Radar Topography Mission): son una base de cartas topográficas digitales de alta resolución de la Tierra.

³ GTOPO: Modelo global de elevación digital del mundo, desarrollado por la USGS (United States Geological Survey).

⁴ DTED (Digital Terrain Elevation Data): es un estándar de un conjuntos de datos digitales de los que se componen de una matriz de valores de elevación del terreno.

1.2.1.1.1.-Polarización

Debe especificarse si se trabaja con polarización horizontal o vertical. El modelo de Longley-Rice asume que ambas antenas tienen la misma polarización, vertical u horizontal.

1.2.1.1.2.-Refracción.

La refracción de una onda consiste en el cambio de dirección que experimenta cuando pasa de un medio a otro distinto. Este cambio de dirección se produce como consecuencia de la diferente velocidad de propagación que tiene la onda en ambos medios.

1.2.1.1.3.-Permitividad y Conductividad

Tanto la permitividad relativa o constante dieléctrica del medio y la conductividad, en Siemens⁵ por metro, tienen valores típicos que se muestran en la Tabla 1.1.

TERRENO	PERMITIVIDAD RELATIVA	CONDUCTIVIDAD S/m
Agua Salada, 20°C	70	5
Suelo húmedo	30	10 ⁻²
Agua Dulce, 20°C	80	2x10 ⁻³
Suelo moderadamente Seco	15	10 ⁻³
Suelo muy seco	3	10 ⁻⁴
Agua Pura, 20°C	80	<10 ⁻⁵
Hielo, -1°C	3	3x10 ⁻⁵

Tabla 1.1.-Permitividad relativa y conductividad típica para distintos tipos de suelo.

⁵ Siemens: Se denomina siemens (símbolo **S**) a la unidad derivada del SI (Sistema internacional de unidades) para la medida de la conductancia eléctrica.

1.2.1.1.4.-Refractividad de la superficie

La refractividad de la superficie, determina la curvatura que sufrirán las ondas de radio al propagarse. Las constantes atmosféricas, y en particular la refractividad de la atmosfera, debe ser tratada como una función aleatoria de la posición y del tiempo.

Para la mayoría de los propósitos esta función aleatoria puede ser caracterizada por el simple valor N_s que representa el valor normal de la refractividad cerca de los niveles terrestres; usualmente se mide en unidades N (partes por millón),

1.2.1.1.5.-Clima

Existen 7 tipos de clima que junto con N_s sirven para caracterizar la atmosfera y su variabilidad en el tiempo. Los climas disponibles se presentan en la Tabla 1.2.

CLIMA	N_s (N-unidades)
Ecuatorial (Congo)	360
Continente subtropical (Sudan)	320
Marítimo subtropical (costa oeste de África)	370
Desierto (Sahara)	280
Continental	301
Marítimo templado, sobre la tierra (Reino Unido)	320
Marítimo templado, sobre el mar	350

Tabla 1.2.- Modelos de Clima

Para escoger el tipo de clima dependerá del sitio en el que se va a realizar el enlace.

1.2.1.1.6.-Variabilidad

En el modelo de Longley-Rice utilizado por el Software, se define cuatro modos de variabilidad que son los siguientes: Modo intento, modo accidente, modo de Móvil, y el modo de difusión, dependiendo del modo que se elija se determinara la fiabilidad de los cálculos.

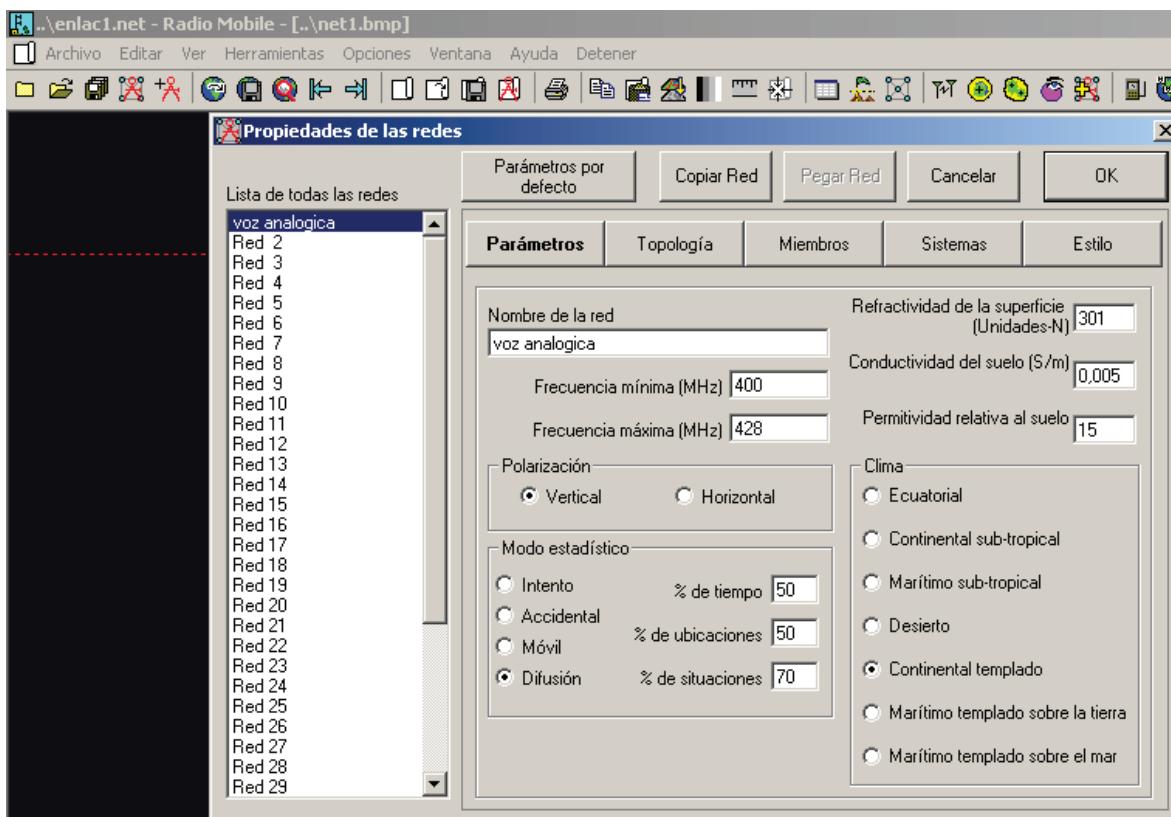


Figura 1.5.- Parámetros que intervienen en el enlace. Referencia: (Software Radio Mobile).

Dependiendo de cómo se elija los distintos parámetros, dependerá la confiabilidad de los enlaces. Cada enlace de la red de voz analógica se encuentra con la configuración de la figura 1.5.

Como se menciona anteriormente, además del uso del programa Radio Mobile se usará otro tipo de software llamado Software Motorola LINK Planner.

1.2.2.-SOFTWARE MOTOROLA PTP LINKPLANNER

Este es un software de libre distribución y de fácil aplicación, puede ser corrida en Windows y en Macintosh, trabaja y hace los cálculos con las recomendaciones ITU⁶ ITU-R⁷ P.526-10(propagación por difracción) y ITU-R P.530-12(Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con

⁶ ITU: unión internacional de telecomunicaciones.

⁷ ITU-R: unión internacional de telecomunicaciones sector radiocomunicaciones

visibilidad directa) para poder visualizar los diferentes enlaces en cualquier parte del mundo, aunque es un programa confiable a veces no considera interferencia por los árboles y los edificios, lo cual es una desventaja del programa, además de no realizar diagramas de cobertura, lo cual es necesario para tener una idea clara de cómo está quedando constituida la red mediante diagramas de radiación. La gran ventaja que presenta es un fácil manejo y rápido en la realización del enlace.

Para tener una idea clara de cómo funciona este software se mostrará paso a paso como introducir la información en uno de los enlaces, para los otros enlaces solo se cambiarán las coordenadas geográficas y otros parámetros.

La información acerca del enlace realizado llega en forma de mensaje, a una dirección de correo electrónico que ha sido designado previamente, este correo es seleccionado por el usuario del programa. Una vez que el mensaje ha sido recibido y abierto se puede visualizar el perfil del terreno, y datos adicionales del enlace.

Motorola PTP designa la operación y trabaja con los caminos y perfiles entre los sitios escogidos además como los enlaces no son conocidos se podrá verificar si hay línea de vista(LOS) o no hay línea de vista (nLOS) es decir las condiciones del enlace.

Estos dos programas serán los utilizados para diseñar los enlaces de microondas de la red, si bien es cierto los dos programas hacen casi el mismo trabajo, es necesario utilizar los dos ya que se complementan para tener una visión global del comportamiento de la red total.

En el capítulo dos, se realizará un breve estudio de la red de voz analógica, el manejo del programa Link Planner para la realización de un enlace y se analizará las ventajas y desventajas para el Instituto Geofísico el cambio a esta nueva forma de comunicación.

CAPÍTULO 2

En este capítulo se va a realizar un breve estudio de la red análoga de voz, también se analizará si algunos sitios de esta red, pueden ser usados para la nueva red digital.

Se identificarán las ventajas y desventajas que se obtendrán al tener esta nueva forma de comunicación y como se dará esta transición entre las dos redes.

2.1.-ESTUDIO DE LA RED DE VOZ ANÁLOGA

La red analógica del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional está bastante deteriorada, por el tiempo y su uso continuo.

Esta red analógica se basa en un transceiver que recibe la señal de voz y la retransmite en una determinada área de cobertura (ver figura 2.1)

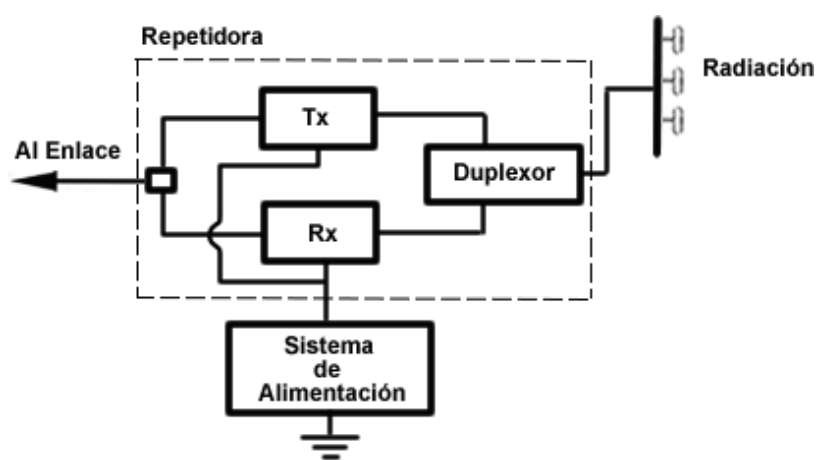


Figura 2.1.- Gráfico de un repetidor.

En la Figura 2.2 podemos ver el esquema de un radioenlace, la información se modula para ser enviada, luego viaja por el medio de transmisión, llegando al receptor, en la recepción se hace el proceso contrario al del transmisor. El proceso de modulación consiste en enviar la señal en banda base (baja frecuencia), a una señal de alta frecuencia, para que debido a las características del medio de transmisión sea posible la comunicación.

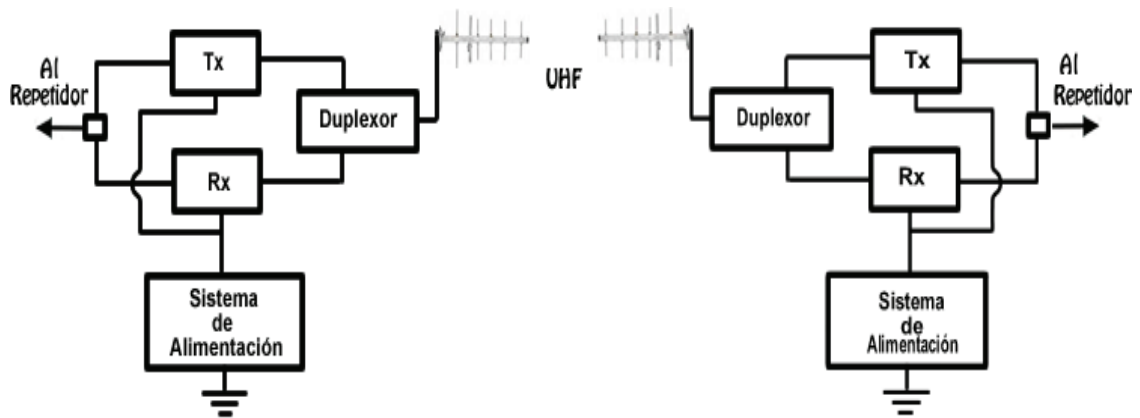


Figura 2.2.- Gráfico de un enlace

Básicamente el proceso de radiocomunicación tanto analógico como digital es el mismo y es necesario considerar ciertos pasos:

- Se modulará la portadora, esta función es realizada por el transmisor.
- La señal modulada se transformará en ondas electromagnéticas a través de la antena para su propagación.
- Las ondas electromagnéticas viajarán a través de la atmosfera hasta que llega al destino deseado.
- La antena receptora convertirá la onda electromagnética recibida en el destino en una señal portadora modulada.
- La señal se demodula es decir, pasa a un proceso de la extracción de la información contenida en la portadora modulada.

La red analógica de voz tenía los sitios de enlace descritos en la tabla 2.1.

Estación	Latitud	Longitud	Altura de las estaciones (mts)	Antenas		FRECUENCIA	
				Tipo	Ganancia	FREC. Tx. (MHz)	FREC. Rx. (MHz)
Inst. Geofísico	0°12'31"S	78°29'20"O	2800	Yagi	11 dB	470.2	474.02
Cerro Atacazo	0°18'23"S	78°36'48"O	3800	Arreglo de dipolos	9dB	470.2	474.02

Cerro Plisurco	1°09'07"S	78°39'14"O	4154	Yagi	9dB	470.2	474.02
Loma Grande	1°22'26"S	78°27'11"O	2800	Arreglo de dipolos	9dB	470.2	474.02

Tabla 2.1.- Datos de la red análoga de voz (Repetidoras).

Varios de estos sitios no funcionan debido a que los equipos, se encuentran deteriorados y dañados, la infraestructura existente en los diferentes sitios serán de utilidad para la red de voz digital.

2.2.-ENLACES DE LA RED ANÁLOGA

A continuación mostraremos un análisis de los enlaces utilizados en la red analógica, estos servirán como base para el posterior diseño de los enlaces digitales así:

Usando el programa Radio Mobile se mostrarán los enlaces entre los distintos puntos mencionados en la tabla 2.1.

Los parámetros descritos a continuación, fueron utilizados en el diseño de la red análoga por las personas que llevaron a cabo el proyecto, y son los siguientes:

- Potencia del Tx: 5 Watts o 37 dB
- Perdida de línea: 1dB
- Ganancia de antena: 11 dB
- Altura de las antenas: 3m (se puede variar dentro de la opción enlace de radio)
- Perdidas adicional por cable: 2dB
- Frecuencia mínima: 470 MHz
- Frecuencia máxima: 490 MHz
- Tipo de antena : Yagi
- Polarización: Vertical

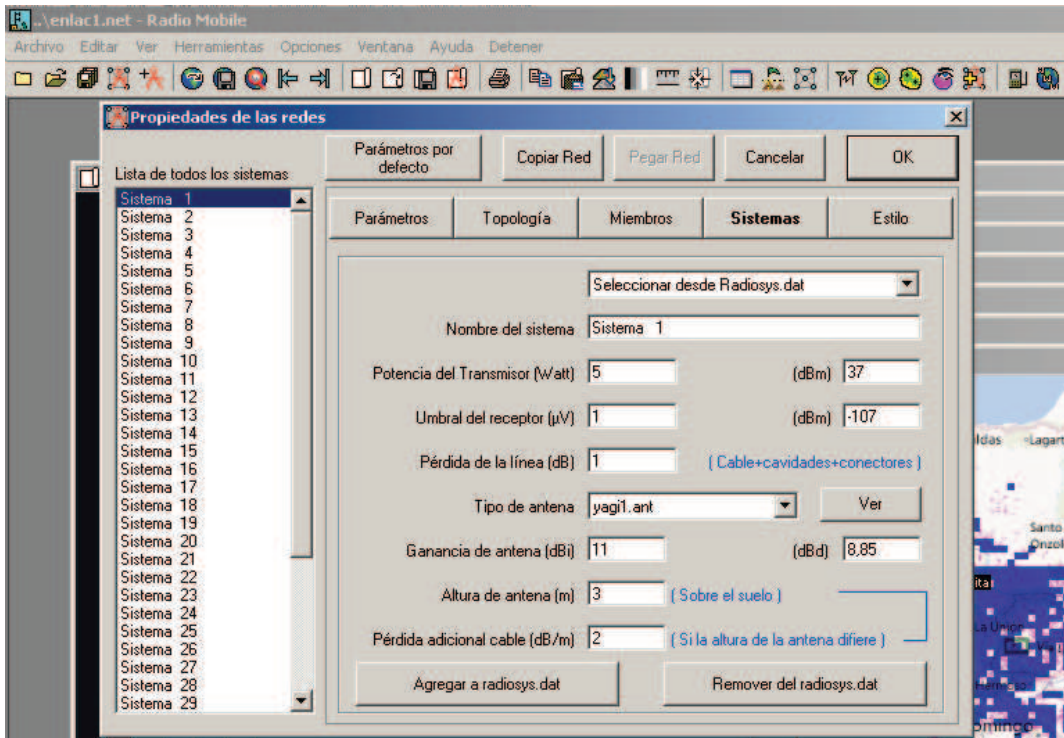


Figura 2.3.- Parámetros ingresados para los enlaces. Referencia: (Radio Mobile).

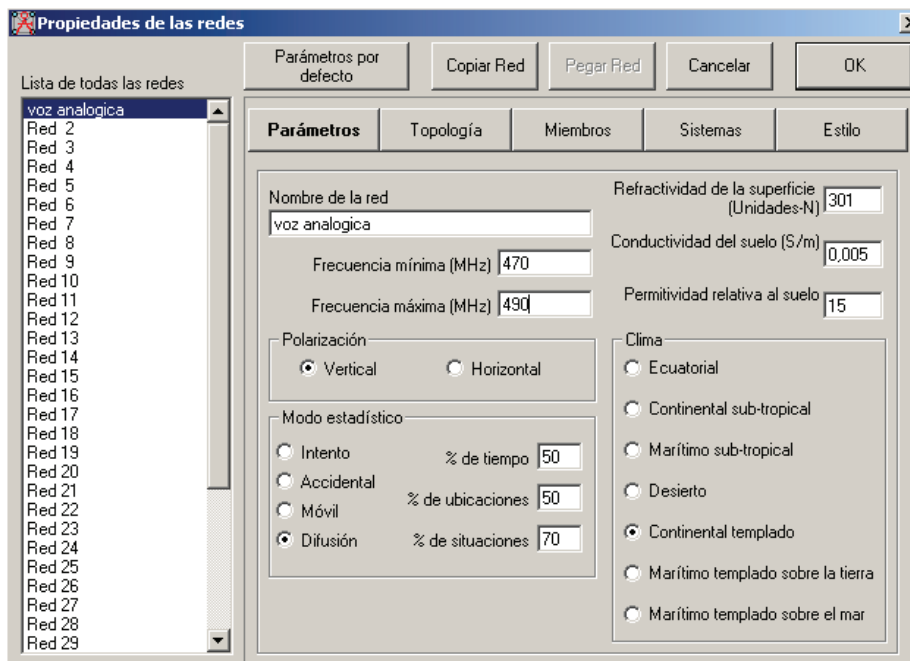


Figura 2.4.- Parámetros ingresados para los enlaces. Referencia: (Radio Mobile).

En las figuras 2.3 y 2.4 se muestra en forma gráfica como se ingresó los diferentes parámetros antes mencionados.

Una vez ingresados los datos de los diferentes parámetros requeridos se procederá a observar los resultados de la simulación.

2.2.1.-ENLACES ANALOGICOS

2.2.1.1.-Enlace Cerro Atacazo – Instituto Geofísico

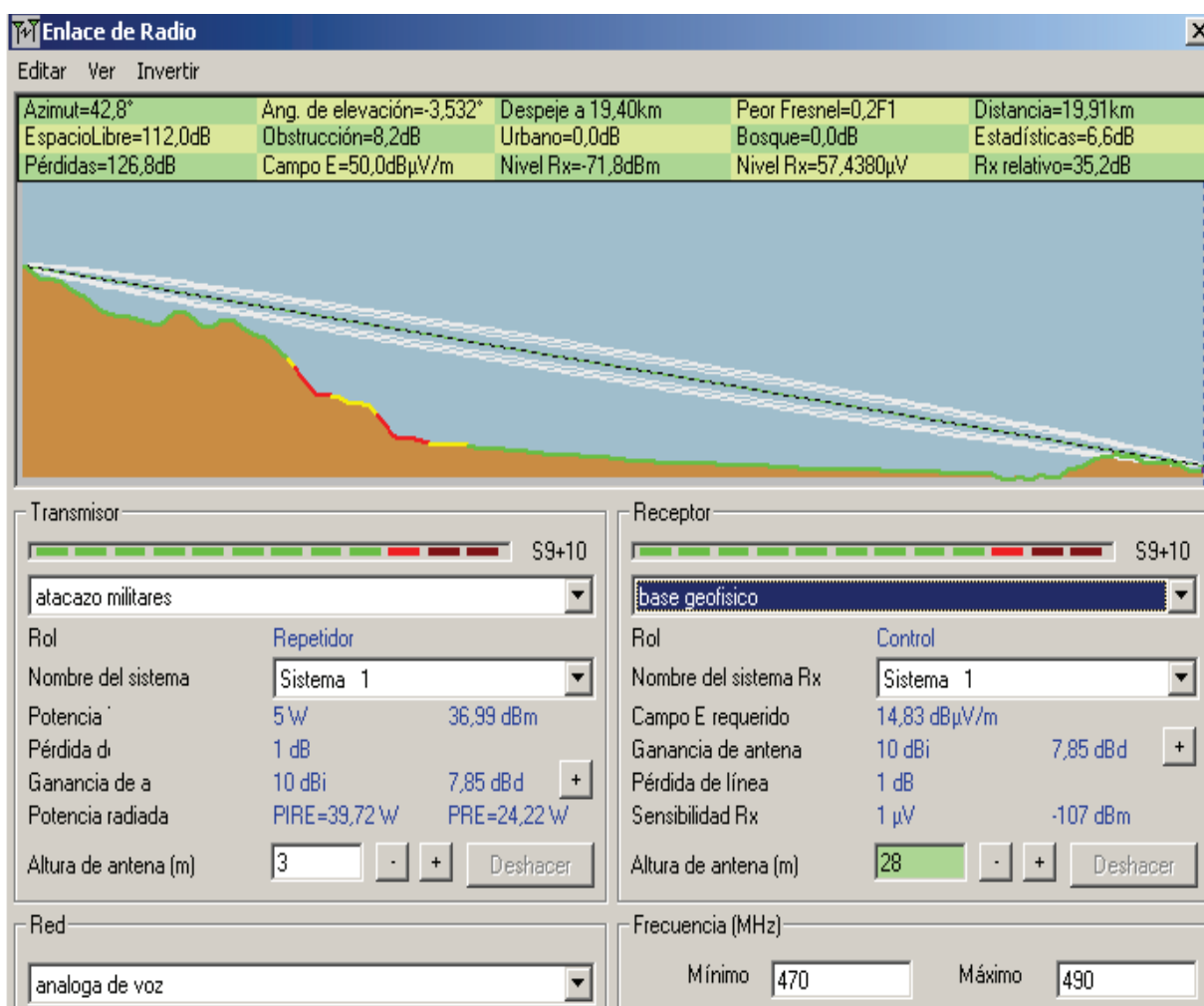


Figura 2.5.- Perfil topográfico del enlace entre Atacazo y Instituto Geofísico Referencia: (Software Radio Mobile).

En la figura 2.5 se puede evidenciar que existe línea de vista entre estos dos puntos por lo sé que puede seleccionar el sitio Atacazo.

2.2.1.3.-Enlace Atacazo Cuchillas - Pilisurco

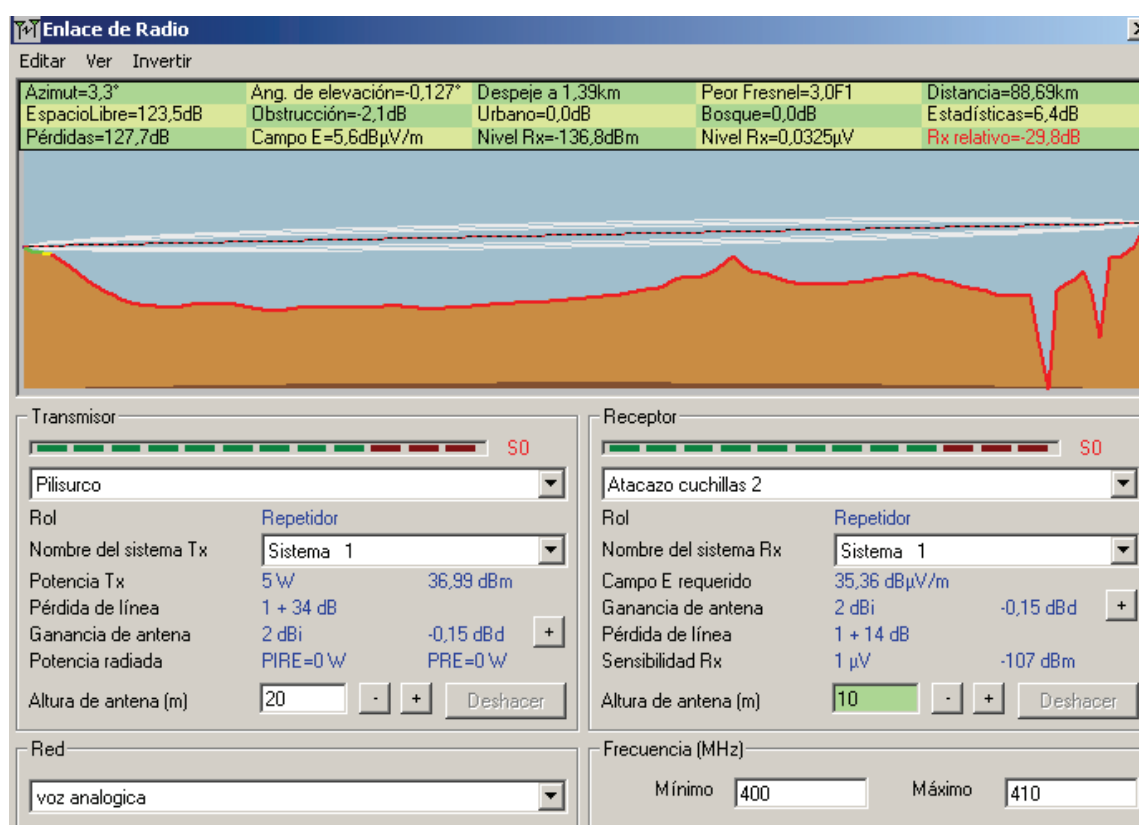


Figura 2.6.- Perfil topográfico del enlace entre Atacazo Cuchillas y Pilisurco Referencia: (Software Radio Mobile).

En la figura 2.6, se observan los resultados del enlace de radio y se analizan los diferentes parámetros concluyendo que se tiene una línea de vista óptima entre los dos puntos y sin ninguna obstrucción de por medio, pero la distancia entre estos dos sitios es muy amplia para un enlace de microonda. La posible solución sería la búsqueda de un sitio óptimo, entre estos dos puntos, para que de esta manera se pueda avanzar al sur del país con la red digital.

Los sitios, Atacazo y Pilisurco se podrían usar como repetidoras para la red de voz digital, debido a que en los lugares mencionados se cuenta con infraestructura física y se tendría una buena cobertura de voz.

2.2.1.4.-Enlace Pilisurco – Loma Grande

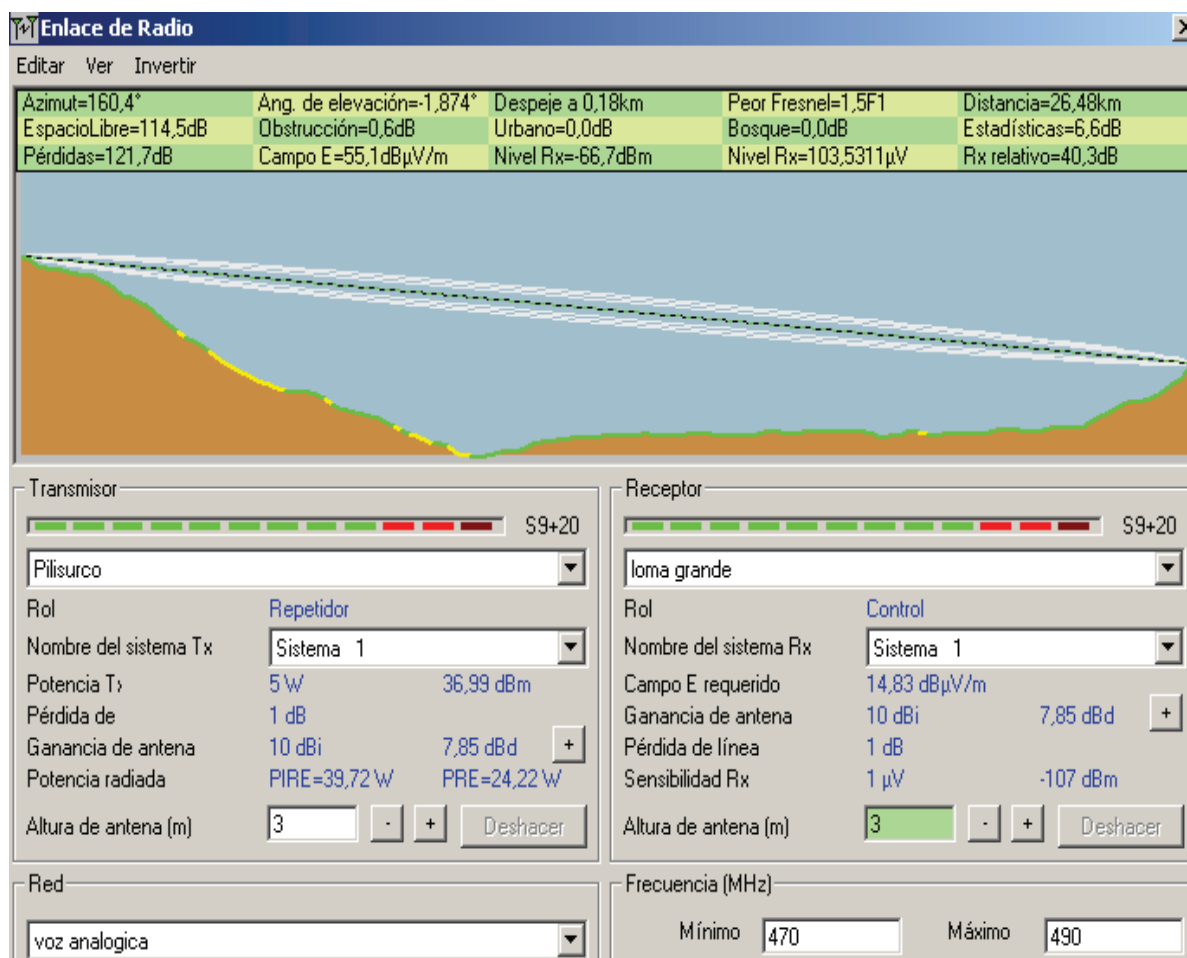


Figura 2.7.- Perfil topográfico del enlace entre Pilisurco y Loma Grande. Referencia: (Software Radio Mobile).

En la figura 2.7 observamos el enlace Pilisurco, Loma Grande al igual que el anterior, tiene una óptima línea de vista y no presentaría ningún problema al momento de la instalación.

Se puede concluir que Pilisurco es un punto estratégico para la red de voz digital tanto como repetidora de voz y como punto de enlace.

2.2.1.5.-Enlace Loma Grande - OVT

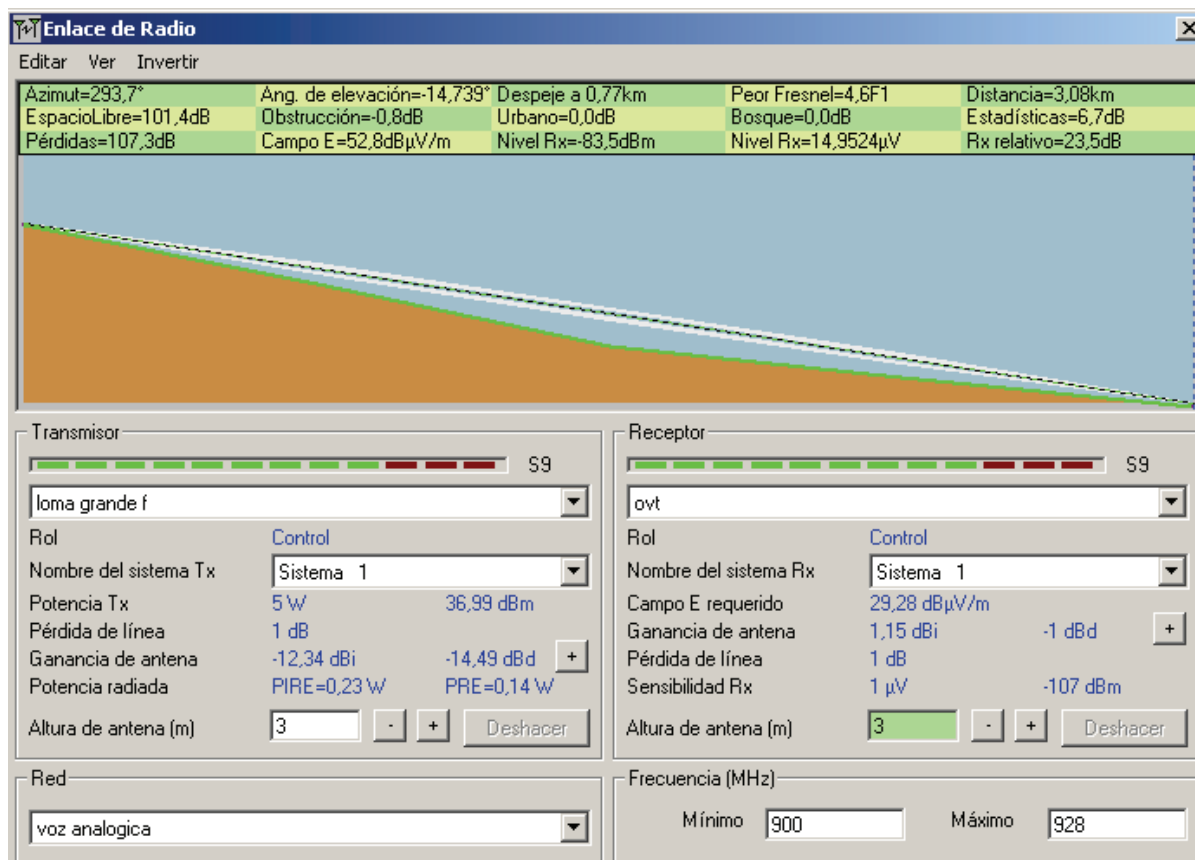


Figura 2.8.- Perfil topográfico del enlace entre Loma Grande y OVT. Referencia: (Software Radio Mobile).

Como podemos ver en la figura 2.8, existe una óptima línea de vista, por lo que se podría considerar a loma grande como una repetidora y punto de enlace para la red de voz digital, además que en esta estación se cuenta con toda la infraestructura física como es una caseta y una torre que se puede utilizar, para la antena de microondas.

En la figura 2.9 que se muestra a continuación, se observa la cobertura que tenía de la red de voz analógica que se encontraba en funcionamiento en el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

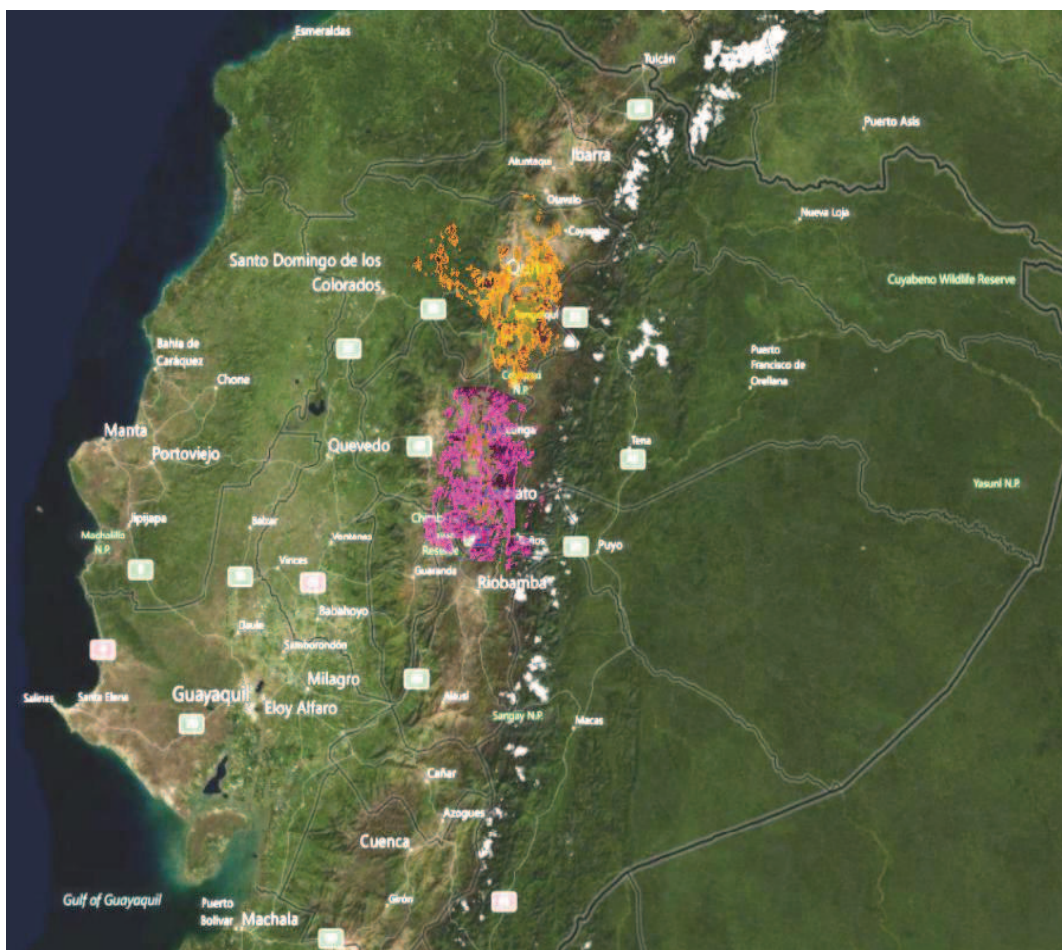


Figura 2.9.- Diagrama de cobertura total de la red de voz analógica. Referencia: (Software Radio Mobile).

En la figura 2.9 se encuentran marcadas las zonas de dos colores, cada color simboliza el alcance que tenía la red de voz analógica, tomate para la parte norte de la red y violeta la parte sur, como son señales analógicas nunca existió comunicación entre estas dos zonas. La red analógica de la parte norte se encuentra bastante deteriorada, mientras que la parte sur no se encuentra en funcionamiento.

En conclusión del análisis de los puntos de la red de voz analógica, los sitios que se van a utilizar serían: Pilisurco y Loma Grande debido a que son lugares estratégicos que cuentan con el espacio y la infraestructura para poner los diferentes equipos que se tiene en la red digital de voz.

Se observó que Atacazo es un buen punto, pero se tiene la posibilidad de remplazarlo por el sitio en las cuchillas del sector cerro Atacazo, este punto se llamará Cuchillas Atacazo, con este nuevo punto existe la posibilidad de hacer enlaces con la zona costa debido a encontrarse a una mejor altura que el punto anterior, además se comprobará si mejora la línea de vista con respecto a las otras estaciones en este nuevo sitio.

Para el diseño de los enlaces de la red digital se utilizará un programa diferente al Radio Mobile, a continuación se puede ver como es el funcionamiento y manejo de este nuevo software.

2.3.-MANEJO DEL SOFTWARE PTP LINK PLANNER

2.3.1.-INSTALACIÓN

El proceso de instalación es el siguiente:

1. Se puede descargar la versión del internet LinkPlannerSetup.2.6.1.exe que es libre.
2. Dependiendo del lugar donde se guardó el programa se abre la carpeta y se encuentra el icono de la figura 2,10 :

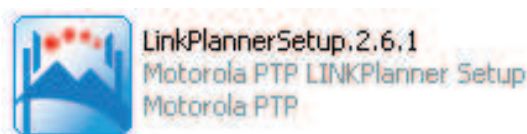


Figura 2.10.- Ícono que identifica al software Link Planner.

3. En las ventanas mostradas en la figura 2.11, se indican cómo se guardará la información y los diferentes tipos de archivos que se crearán para su instalación, se presiona en Next para continuar :

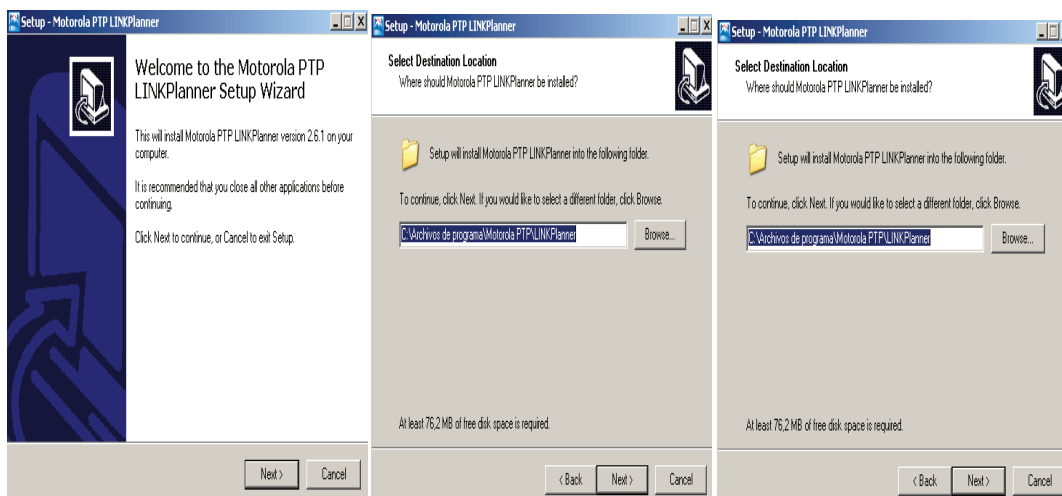


Figura 2.11.- Ventanas del software Link Planner.

4. El siguiente paso, es la instalación del software, para lo que se da clic en Install como se muestra en la figura 2.12.

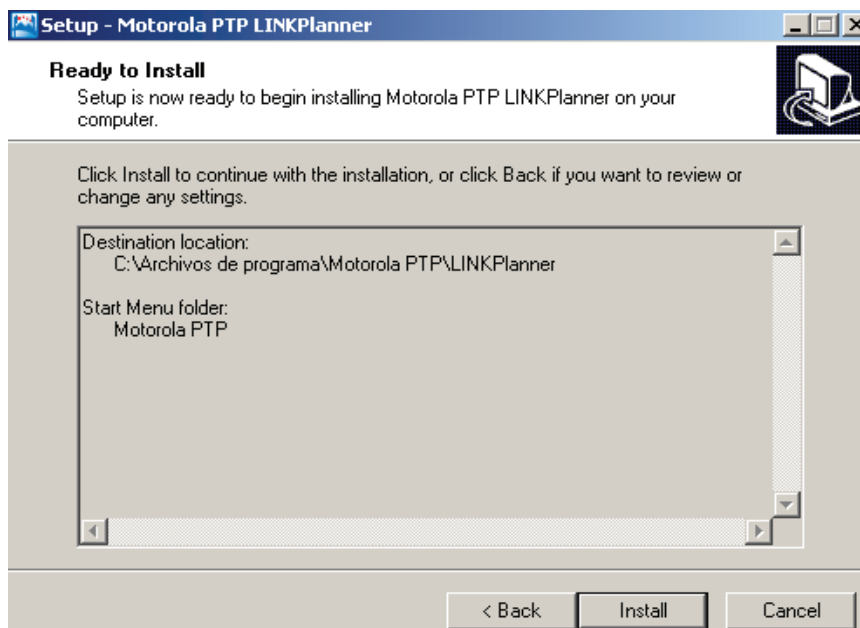


Figura 2.12.- Instalación del software.

5. Una vez que ha finalizado el proceso de instalación, se presiona Finish para terminar la sesión (ver figura 2.13).

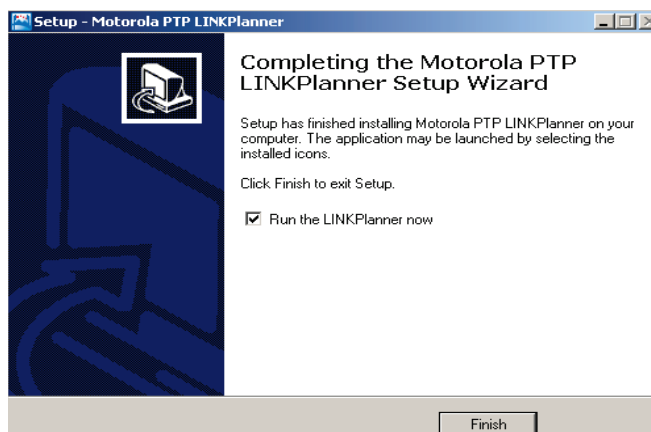


Figura 2.13.- Pantalla final de la instalación.

2.3.2.-CREACIÓN DE LOS ENLACES

1. En la siguiente figura 2.14 se muestra la ventana de inicio, hay distintas opciones como: ver el manual de operación del equipo, ayuda, ponerse en comunicación con Motorola por medio de varios links y comenzar un nuevo proyecto. Al iniciar un nuevo proyecto se hace uso de esta opción.

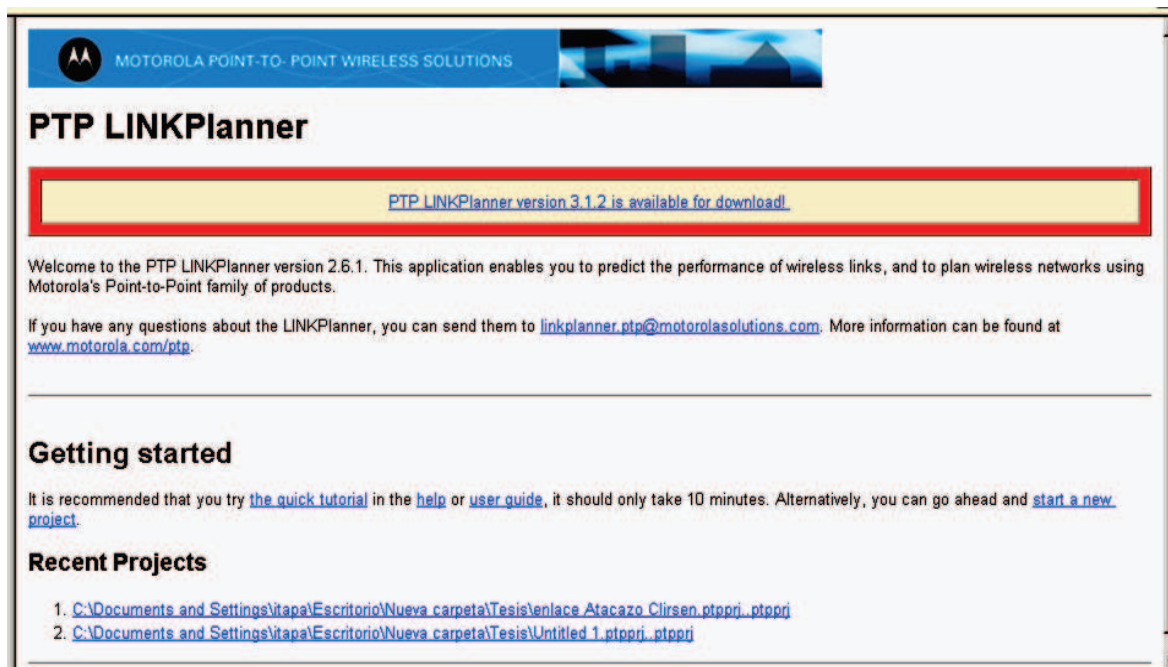
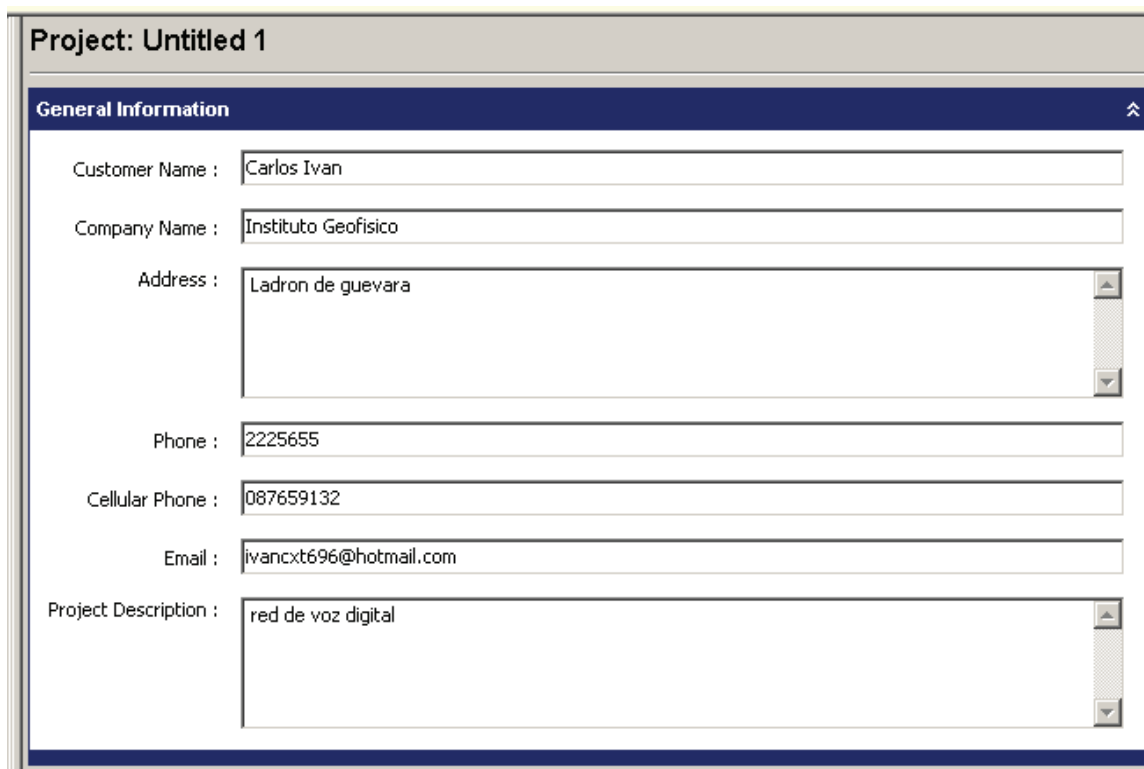


Figura 2.14.- Ventana de inicio del software Link Planner.

2. Una vez que se ha ejecutado el nuevo proyecto se despliega la ventana que se muestra en la figura 2.15, en ésta se coloca los datos del cliente, lo más importante es el correo electrónico.



The screenshot shows a window titled "Project: Untitled 1" with a "General Information" section. The form contains the following fields:

Customer Name :	Carlos Ivan
Company Name :	Instituto Geofisico
Address :	Ladron de guevara
Phone :	2225655
Cellular Phone :	087659132
Email :	ivancxt696@hotmail.com
Project Description :	red de voz digital

Figura 2.15.- Datos que solicita el software Link Planner.

3. Una vez ingresados los datos en esta pantalla se selecciona: File y luego Save As.
4. Luego se seleccionará el lugar donde va a guardarse el proyecto, para posteriormente colocar el nombre del mismo. Este archivo se guardará con la extensión .ptpproj (Ver figura 2.16).

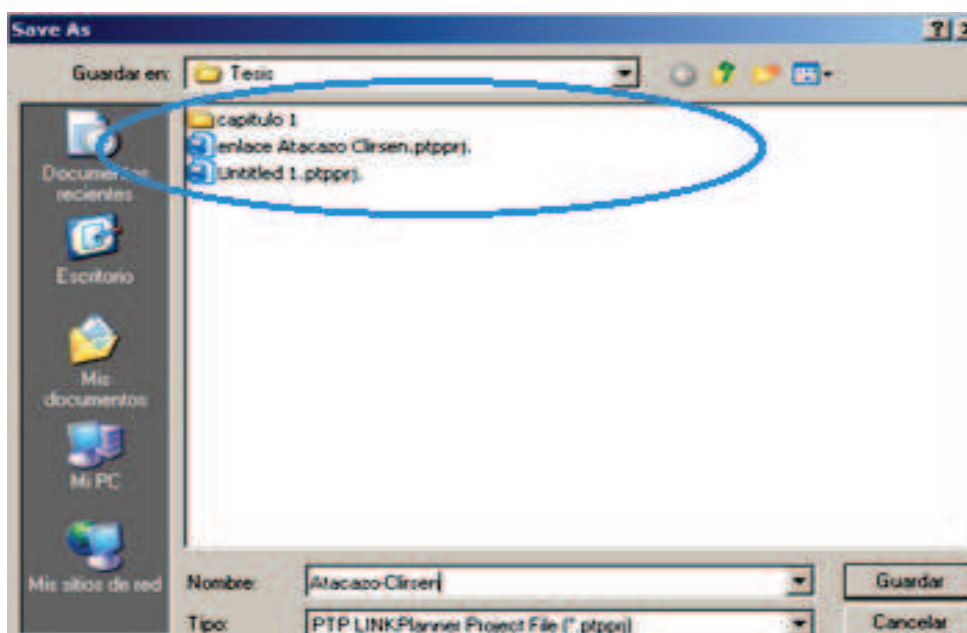


Figura 2.16.- Datos a guardarse del proyecto en el software Radio Mobile.

Cuando se ha guardado el proyecto, se procede a ingresar los diferentes puntos GPS de los distintos sitios para posteriormente realizar los enlaces.

5. Como siguiente paso se da clic en New Site; y se ingresa las coordenadas geográficas de los sitios (latitud y longitud). Ver figura 2.17.

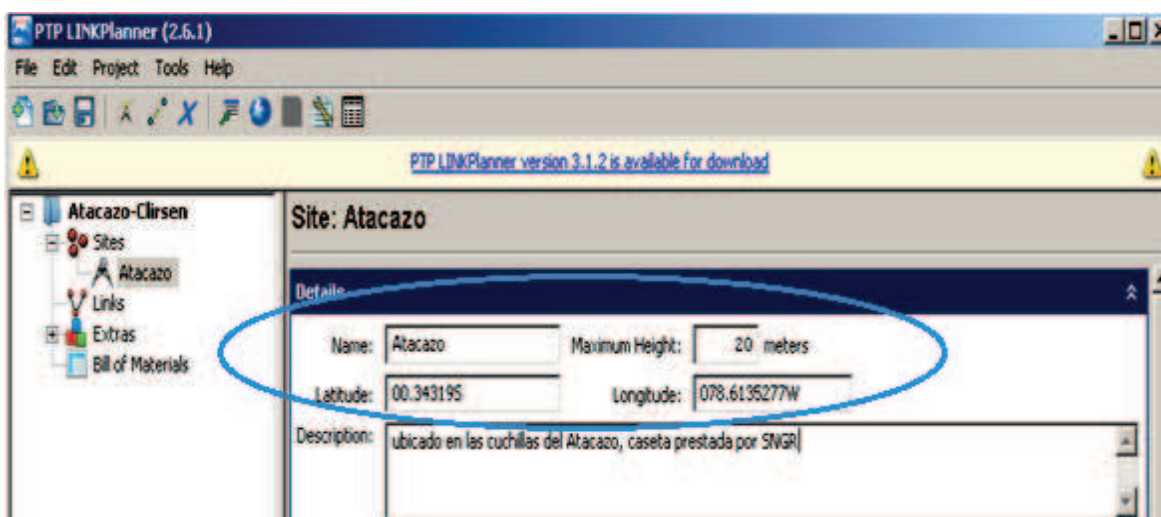


Figura 2.17.- Forma de ingresar los datos de coordenadas de los diferentes sitios.

6. A continuación se ingresan los datos del otro punto del enlace, se realiza el mismo proceso anterior. Ver figura 2.18.

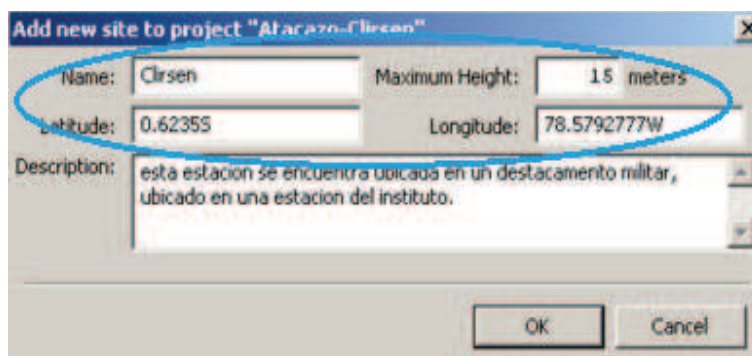


Figura 2.18.- Ingreso de coordenadas en el software Link Planner.

7. Una vez ingresados los dos puntos lo siguiente es establecer el enlace para esto se hace clic en New Link y nos despliega la siguiente pantalla, figura 2.19.

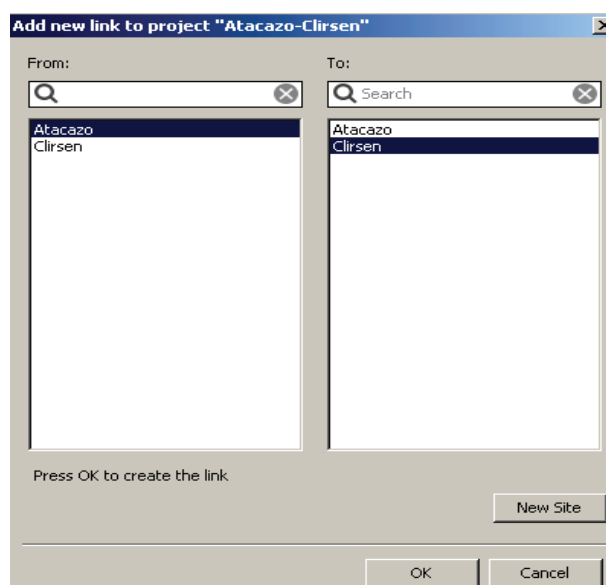


Figura 2.19.- Puntos elegidos para realizar el enlace.

Esta ventana puede encontrarse con diferentes lugares geográficos, de los cuales se debe elegir los dos sitios que se requiere para la realización del enlace.

8. Luego se debe seleccionar Project, Get profiles. Cuando se selecciona OK surge la ventana de la figura 2.20, esta es la confirmación de que el enlace va a llegar al correo electrónico ingresado.

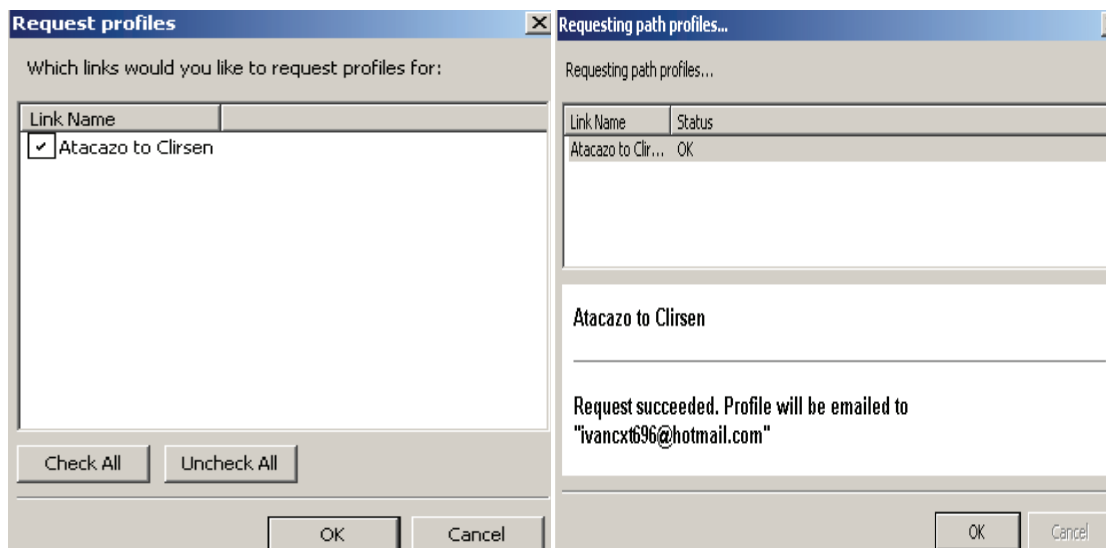


Figura 2.20.- Pantallas que indican que enlace se hizo y a que correo va a llegar la información.

9. Mientras se espera la respuesta vía mail, se puede llenar la siguiente ventana que son los parámetros de la transmisión. Ver figura 2.21.

The image shows the 'Equipment' configuration window. It has a dark blue header with the word 'Equipment' in white. Below the header is a section titled 'Region and Equipment Selection' with three dropdown menus: 'Band' (5.8 GHz), 'Product' (PTP58500 Lite), and 'Regulation' (Full Power). Below this is another section titled 'PTP58500 Lite Configuration' with seven dropdown menus: 'Bandwidth' (15 MHz), 'E1/T1' (None), 'Optimisation' (TDM), 'Sync' (Disabled), 'Symmetry' (Symmetric), 'Dual Payload' (Enabled), and 'Master' (Atacaz).

Figura 2.21.- Ventana donde se escogerá diferentes parámetros de transmisión.

Los parámetros ingresados en la ventana anterior son los que se pondrán en todos los enlaces de la red de voz digital, ya que son parte de las características del equipo.

Una vez que se recibió el mensaje a la dirección del correo electrónico seleccionada anteriormente, se lo abre y se desplegará la pantalla de la figura 2.22, conteniendo la información del enlace.

En la visualización de los resultados se puede analizar que hay una perfecta línea de vista y la velocidad de información (Aggregate IP Throughput) es de 27,09 Mbps lo que significa que es considerablemente alta en comparación a la que vamos a utilizar, por lo que el enlace entre estos dos sitios es bueno.

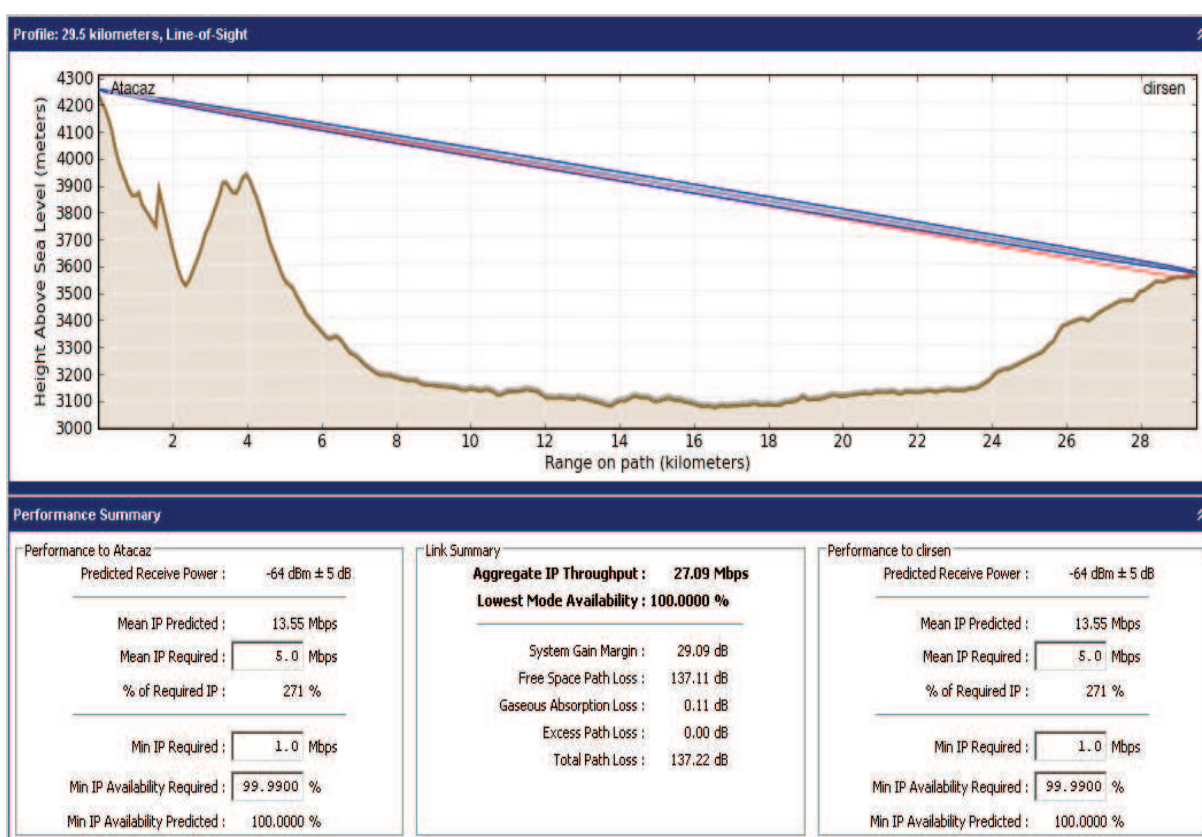


Figura 2.22.- Resultados del enlace.

Una vez que se conoce la forma de manipular el software se puede proceder a diseñar los diferentes enlaces que se necesita para la red de voz de Instituto Geofísico, esto se realizará en el capítulo tres.

2.4.-VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TECNOLOGÍA DIGITAL CON RESPECTO A LA ANALÓGICA.

Hay ventajas y desventajas al hablar de la transición de un sistema a otro, pero las más destacadas son las siguientes:

2.4.1.-VENTAJAS

1. La ventaja principal de la transmisión digital respecto a la analógica es su inmunidad al ruido. Los impulsos digitales son menos susceptibles a variaciones causadas por ruido, que las señales analógicas. En la transmisión digital no es necesario evaluar las características de amplitud, frecuencia y fase con tanta precisión como en la transmisión analógica. En lugar de ello, los pulsos recibidos se evalúan durante un intervalo preciso de muestreo, y se hace una determinación simple para ver si el pulso está arriba o debajo de un nivel de umbral. No es importante la amplitud, frecuencia o fase de la señal recibida.
2. Las señales digitales presentan un mejor procesamiento y multiplexado que las señales analógicas. El procesamiento digital de la señal (DSP) es el procesamiento de las señales analógicas aplicando métodos digitales. En el procesamiento digital se incluye el filtrado, igualación y desplazamiento de fase. Los pulsos digitales se pueden guardar con más facilidad que las señales analógicas. También, la rapidez de transmisión de un sistema digital se puede cambiar con facilidad para adaptarse a ambientes distintos, y para interconectar distintas clases de equipo.
3. Los sistemas digitales usan regeneración de señal y no usan amplificación de la misma, por lo que el ruido producido en los circuitos amplificadores que usan los sistemas análogos no afecta a los sistemas digitales, en los sistemas análogos este ruido es aditivo por lo que la relación señal a ruido se deteriora cada vez que se amplifica la señal, así que la distancia total a la que se puede transportar las señales analógicas es limitada. Por otra parte, los regeneradores digitales muestrean la señal de entrada con ruido y a

continuación reproducen una señal digital enteramente nueva, con la misma relación señal a ruido que la señal original transmitida. En consecuencia, las señales digitales se pueden transportar a distancias mayores, según el número de repetidoras que se conecten, por ende abarcará mayor distancia que las señales analógicas.

4. Es más fácil medir y evaluar las señales digitales. En consecuencia, es más fácil comparar la eficiencia de sistemas digitales alternativos con capacidades distintas de señalización e información que en sistemas equiparables analógicos.
5. Los sistemas digitales se adaptan más para evaluar el funcionamiento con errores. Se pueden detectar y corregir los errores de transmisión en señales digitales, con más facilidad y más exactitud que las que son posibles en los sistemas analógicos.
6. El radio a utilizarse es el Motorola 6150, ofrecen varias ventajas como el uso de tecnología digital de Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) que duplica el número de usuarios que pueden recibir servicio con un solo canal de 12.5 KHz con licencia, integra voz y datos para aumentar la eficiencia operativa, permite aplicaciones de datos como son los mensajes de texto, la comunicación es nítida en un rango de cobertura más amplio en comparación con radios analógicos similares, permite una fácil migración de analógico a digital gracias a su capacidad para funcionar en ambos modos, consta de funciones mejoradas de administración de llamadas incluyendo alerta de llamada, llamada de emergencia, monitoreo remoto, identificación de llamada (PTT-ID), verificación de radio, llamada privada e inhabilitación de radio, además consta de un GPS incorporado que facilita la ubicación del equipo.

2.4.2.-DESVENTAJAS

1. La transmisión de señales analógicas codificadas digitalmente requieren un ancho de banda bastante mayor que la simple transmisión de la señal analógica original. Es importante tener en cuenta el ancho de banda, debido a que por lo general es limitado y siempre tiene un costo por el uso del mismo.

2. Las señales analógicas se deben convertir en códigos digitales antes de su transmisión, y reconvertirse a la forma analógica en el receptor, necesitando, por consiguiente, circuitos adicionales de codificación y decodificación.
3. La transmisión digital requiere una sincronización precisa, respecto al tiempo, entre los relojes del transmisor y del receptor. Por consiguiente, los sistemas digitales requieren costosos circuitos de recuperación de reloj en todos los receptores.
4. Los sistemas de transmisión digital son incompatibles con las instalaciones anteriores de transmisión analógica.

En el siguiente capítulo se realizará el diseño de los diferentes enlaces para la red digital de voz, se visualizará la cobertura que tendrá cada una de las repetidoras, y los diferentes equipos que se utilizara en las distintas estaciones.

CAPÍTULO 3

En este capítulo se diseñará, el área de cobertura de las diferentes repetidoras de la red de voz digital con la ayuda del programa Radio Mobile. Además se realizarán los diseños de los enlaces de radio, presupuestos de potencia y el cálculo con el software Link Planner. Adicionalmente se presentan: el costo de equipos y el costo adicional para la implementación del proyecto.

3.1.-DISEÑO DE LAS REPETIDORAS

Para la elección de los sitios, entre los que se realizarán los enlaces de microondas con tecnología digital OFDM (Multiplexación por división de frecuencias ortogonales) y para las repetidoras TDMA (Acceso múltiple por división de tiempo), es conveniente considerar los sitios utilizados por la red de voz análoga, así como; otros lugares que se usan como repetidoras de datos de las diferentes redes existentes dentro del Instituto Geofísico, con la finalidad de garantizar la existencia de línea de vista, brindar facilidades en cuanto a infraestructura civil, acceso al sector, energía eléctrica, etc.

Es necesario, escoger los sitios de manera adecuada para que exista la cobertura en los puntos de las estaciones de la red nacional.

Para la ubicación de las diferentes repetidoras de la red de voz digital, se consideró los lugares donde se necesitará cobertura para la comunicación, es decir, donde se tiene el mayor número de estaciones sísmicas y de monitoreo volcánico, con los diagramas de cobertura se obtendrá una idea clara de lo que se cubrirá.

3.1.1.-REPETIDORAS REGIÓN SIERRA

En la tabla 3.1 se muestran las repetidoras para la región sierra y en las figuras 3.1 y 3.2 la ubicación de las mismas en el mapa geográfico y la cobertura de señal.

ITEM	NOMBRE	UBICACIÓN	SITIO	TIPO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
1	COTACACHI	PROV. IMBABURA	IG	REPETIDORA	00:19:55,3 N	78:20:24,8 W	4048
2	ATACAZO	PROV. PICHINCHA	IG	REPETIDORA	00:21:22,2 S	78:37:9,1 W	4474
3	PILISURCO	PROV. TUNGURAHUA	IG	REPETIDORA	01:09:10,6 S	78:39:53,9 W	4050
4	LOMA GRANDE	PROV. TUNGURAHUA	IG	REPETIDORA	01:22:37,1 S	78:27:48,0 W	2981
5	HIERBA BUENA	PROV. AZUAY	IG	REPETIDORA	02:47:30,3 S	79:25:31,2 W	3680

Tabla 3.1.- Repetidoras de la región Sierra.



Figura 3.1.- Mapa de las repetidoras en la región sierra

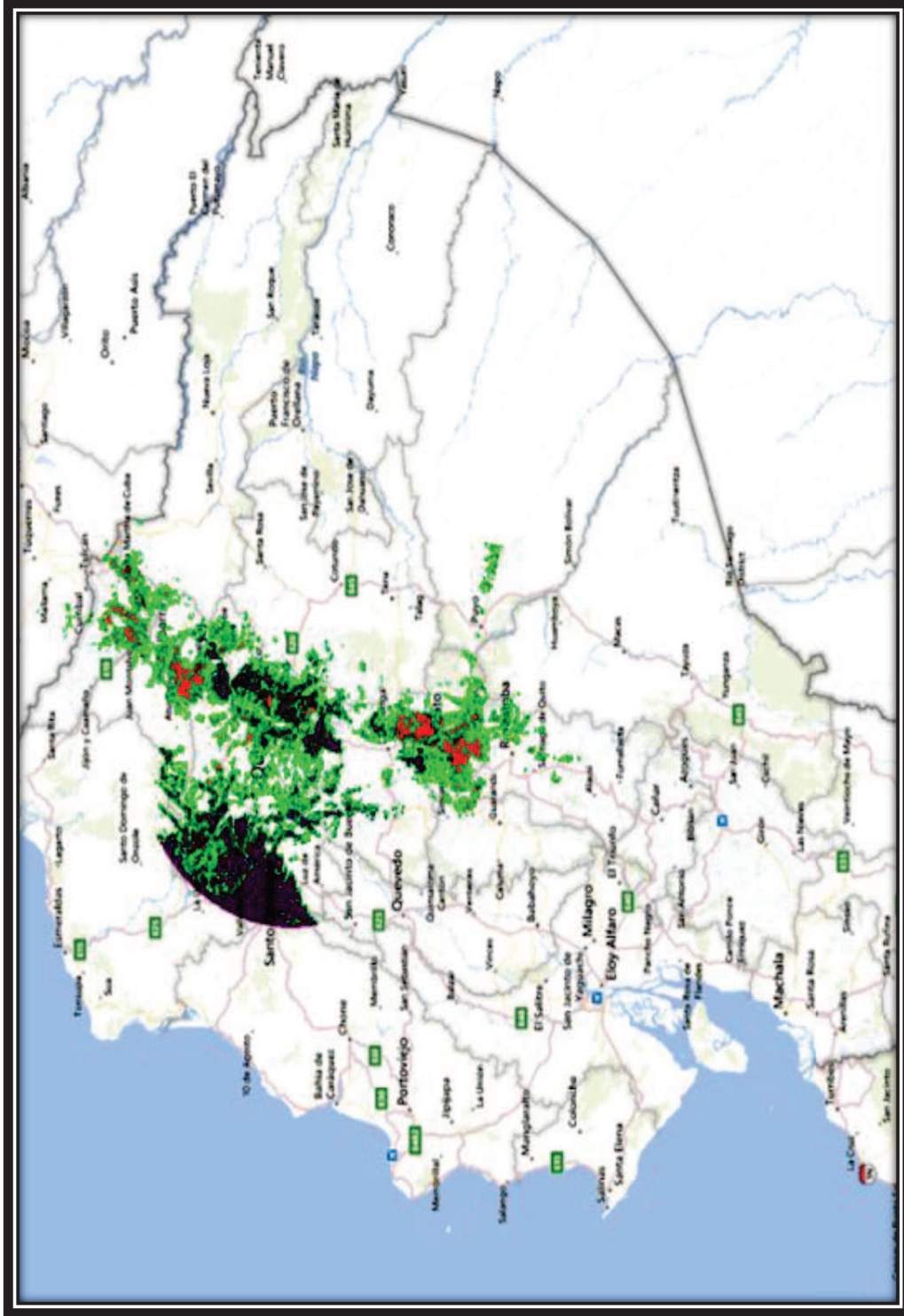


Figura 3.2.- Diagrama de cobertura de las repetidoras de la parte central.

3.1.2.-REPETIDORAS REGIÓN COSTA

En la tabla 3.2 se muestra el listado de las repetidoras para la zona costa y en las figuras 3.3 y 3.4 la ubicación en el mapa geográfico y las zonas de cobertura respectivas.

ITEM	NOMBRE	UBICACIÓN	SITIO	TIPO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
1	GATAZO	PROV. ESMERALDAS	CNT	REPETIDORA	0:56:38,4 N	79:39:28,8 W	493
2	CERRO CHISPAS	PROV. MANABI	Petro- Ecuador	REPETIDORA	0:16:5,3 S	80:12:29,6W	668
3	CERRO B507	PROV. GUAYAS	CCFA	REPETIDORA	02:09:5,5 S	79:59:1,0 W	457

Tabla 3.2.- Repetidoras de la región Costa.



Figura 3.3.- Mapa de las repetidoras en la región costa.

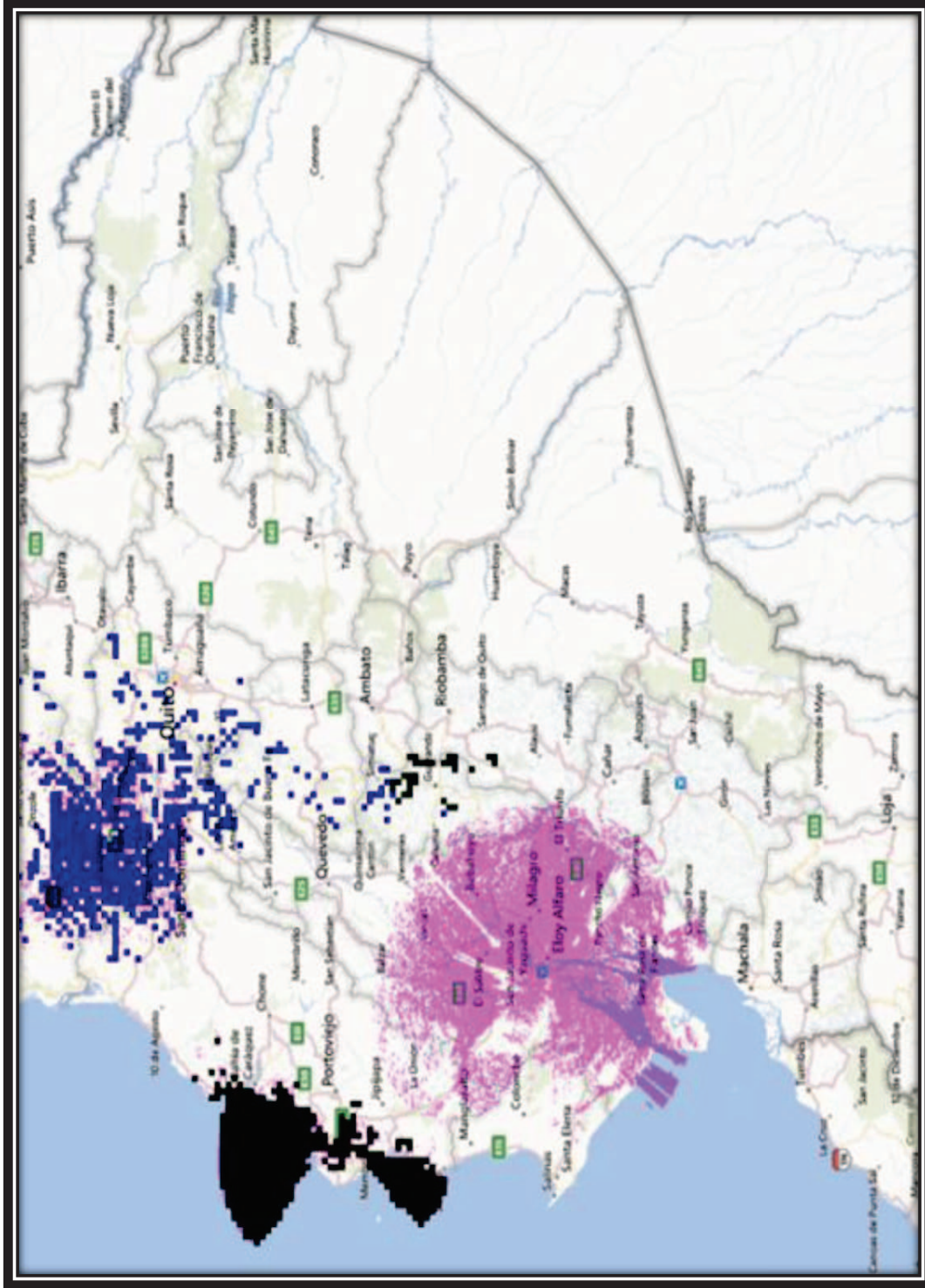


Figura 3.4.- Diagrama de cobertura de las repetidoras de la región costa.

3.1.3.-REPETIDORAS REGIÓN ORIENTE

En la tabla 3.3 se muestra el listado de las repetidoras para la zona oriental y en las figuras 3.5 y 3.6 la ubicación en el mapa geográfico y las zonas de cobertura respectivas.

ITEM	NOMBRE	UBICACIÓN	SITIO	TIPO	LATITUD	LONGITUD	ALTURA
1	LUMBAQUI	PROV. NAPO	IG	REPETIDORA	00:00:30.2 S	77:19:18,3 W	1064

Tabla 3.3.-Repetidor región Oriente



Figura 3.5.- Mapa de la repetidora en la región oriental.

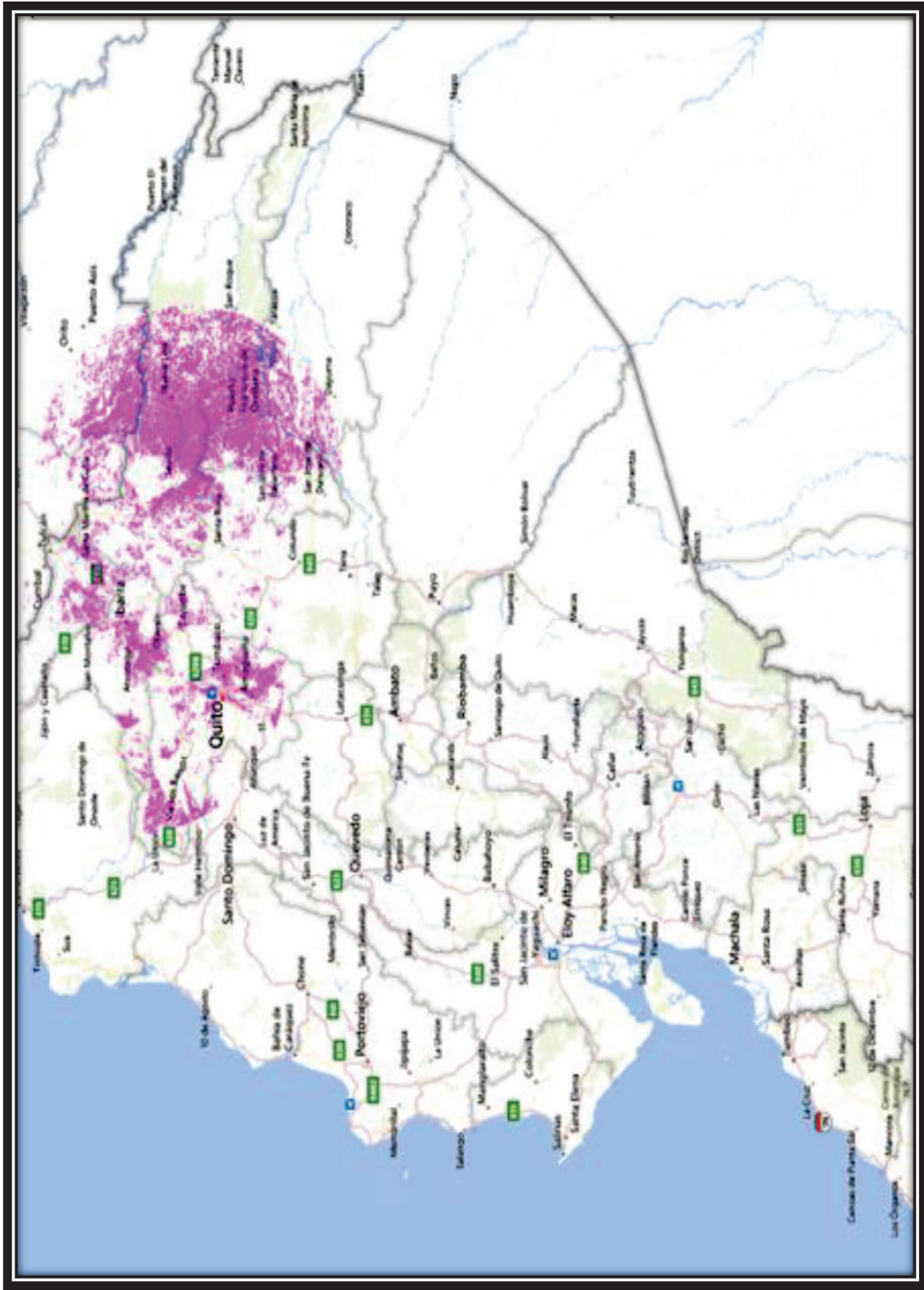


Figura 3.6.- Diagrama de cobertura de la repetidora región oriente.

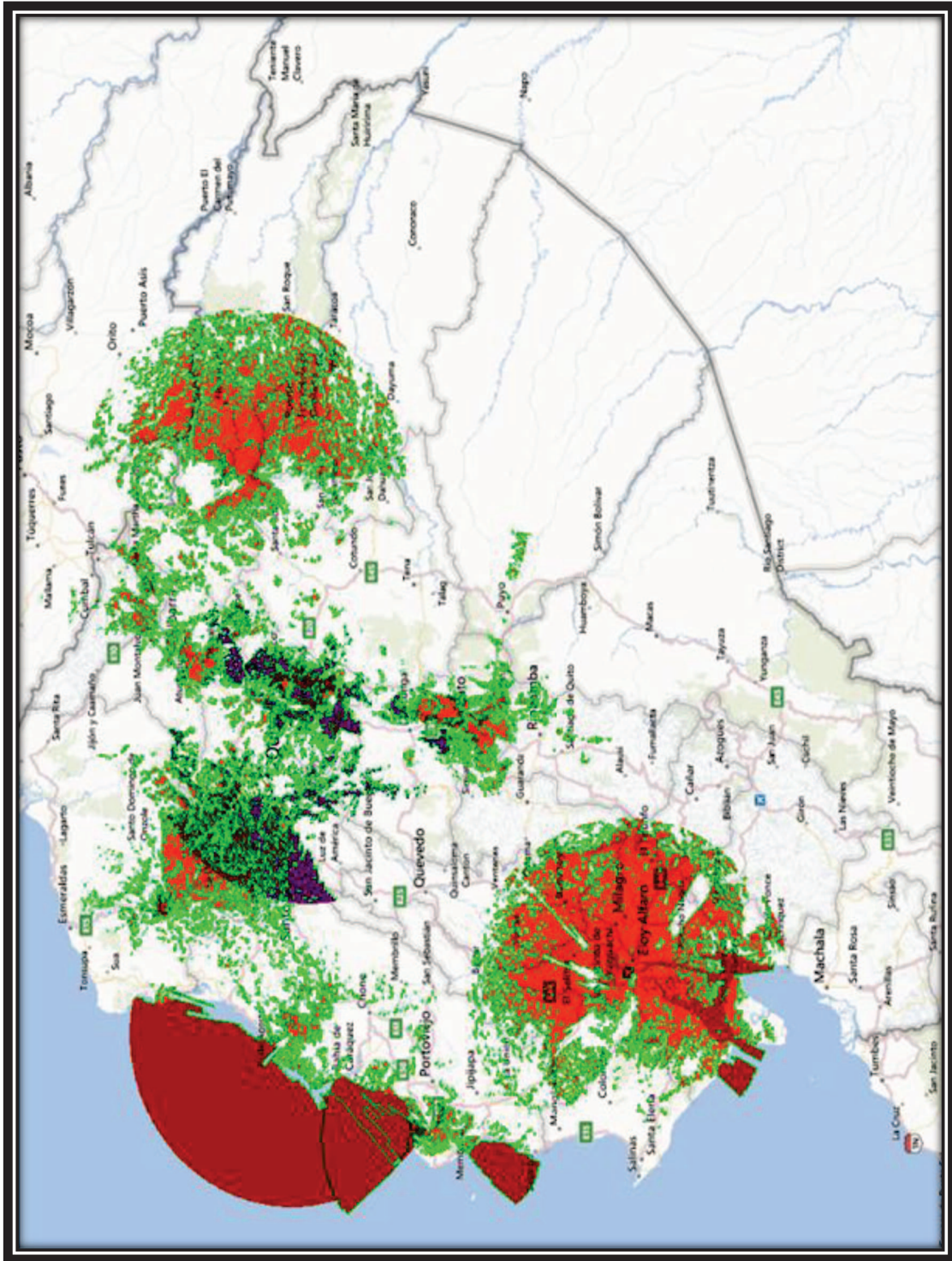


Figura 3.7.- Mapa completo de cobertura del Ecuador.

En la figura 3.7 se graficó el área total de cobertura en las regiones costa, sierra y oriente, en la grafica se puede notar el alcance de las repetidoras Atacazo, Cotacachi, Pilisurco, Loma Grande, Hierba Buena, Cerro 507, Cerro Chispas, Cerro Gatazo y Lumbaqui.

3.2.-DISEÑO DE UN RADIO ENLACE

Para realizar el diseño de la redes de microondas es necesario conocer algunos conceptos y aplicarlos a nuestros modelos de radioenlace. Para comprobar si un enlace es posible se deben considerar dos aspectos muy importantes: el cálculo del radioenlace y el presupuesto de potencia. A continuación se hará la descripción de cómo se deben aplicar estos conceptos.

3.2.1.-CÁLCULO DE UN RADIO ENLACE

El radioenlace terrestre se diseña de forma que en cada uno de sus puntos de enlace se den condiciones de visibilidad directa, tomando en cuenta la curvatura de la Tierra.

3.2.1.1.-Perfil de la trayectoria

3.2.1.1.1.-Línea de Vista

Para determinar que exista línea de vista se realizan los siguientes pasos:

- En un mapa topográfico, preferiblemente escala 1:50000, con curvas de nivel se traza una recta entre el sitio del transmisor y el sitio del receptor
- Se procede a leer en cada intersección de la recta con las curvas de nivel la altura del punto y la distancia desde el transmisor
- Se traza entonces, un diagrama de alturas versus distancia para diferentes condiciones de propagación

Se pueden obtener perfiles de terreno de diferentes fuentes de información:

- Mapas topográficos.

- GPS.
- Recorrido de la trayectoria.
- Programas para trazado de trayectorias.

3.2.1.1.2.-Factor K (Curvatura Terrestre).

El factor de curvatura terrestre K , está en función estadística de muchas variables atmosféricas, climáticas y del terreno. Como se dispone de una función estadística de varias variables se han generado los denominados criterios de planificación. Se trata de reglas generales que se cumplen en la mayoría de los casos y permite resolver el problema de cálculo. Resultan ser de simple aplicación y a partir de dicho punto puede considerarse solo la atenuación del espacio libre.

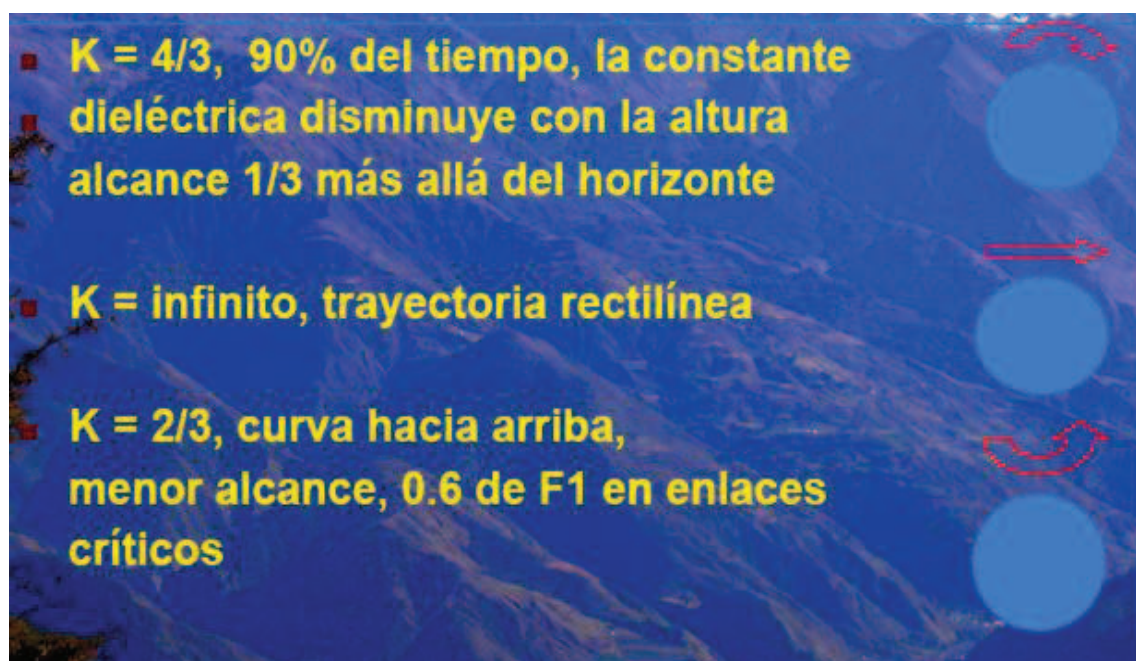


Figura 3.8.- Valores del factor K .

3.2.1.2.-Cálculo de la curvatura de la Tierra

Se puede determinar el valor de la curvatura (también llamada protuberancia) de la tierra en un punto de enlace mediante la expresión:

$$C = \frac{4 * dx(dT - dx)}{51K} \quad \text{ec. (3.1)}$$

Donde:

C: curvatura de la Tierra en metros (m).

dx: distancia al obstáculo más evidente desde la primera estación en kilómetros (Km).

dT: distancia total entre los puntos de enlace en kilómetros (km).

K: Factor de radio ficticio de la Tierra.

3.2.1.3.-Despeje

El despeje D (también llamado "clearance" del término en inglés) es la distancia entre la línea de vista (trayecto directo entre transmisor y el receptor) y el perfil del terreno a lo largo de un enlace que permita la recepción del 60% de la primera zona de fresnel.

Sin embargo, para garantizar que tengamos libre este porcentaje de la primera zona de fresnel es necesario tomar en cuenta las variaciones atmosféricas, que consideramos al estimar el factor de corrección del radio de la tierra (k) y que modifican la distancia entre el perfil del terreno y el haz que va del transmisor al receptor.

3.2.1.4.-Zonas de Fresnel

Según Huygens, los puntos que no están en el eje directo entre A y B también radian potencia hacia B, es decir las ondas viajan en una zona en forma de elipsoide de revolución. Esta es la Zona de Fresnel. (ver figura 3.9)

En el trayecto, se deben evitar obstáculos, como montañas, pero también se debe evitar la difracción, causada por la obstrucción parcial de cualquier objeto fijo.

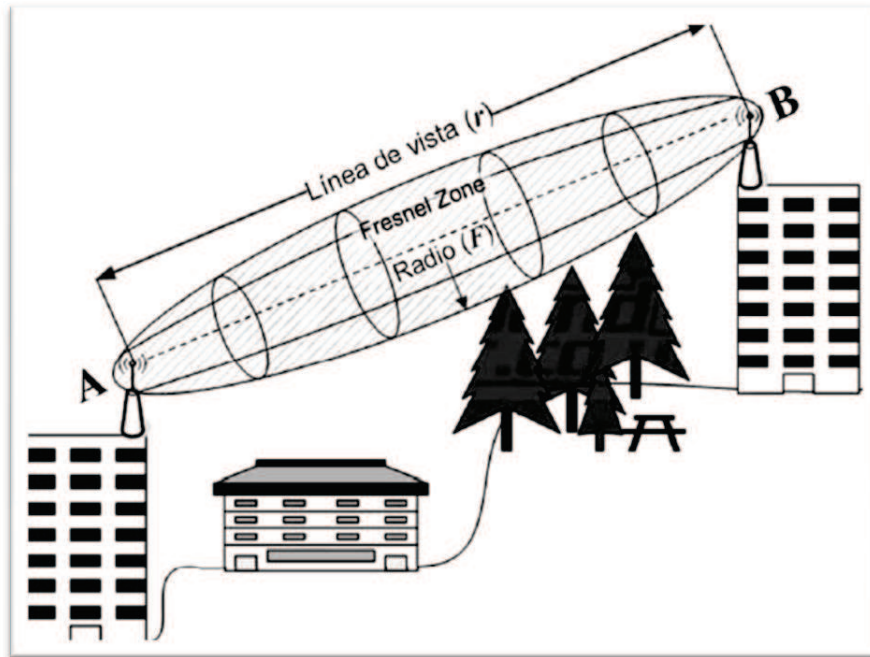


Figura 3.9.- Diagrama que representa las zonas de fresnel.

La ecuación para calcular de la primera zona de Fresnel es:

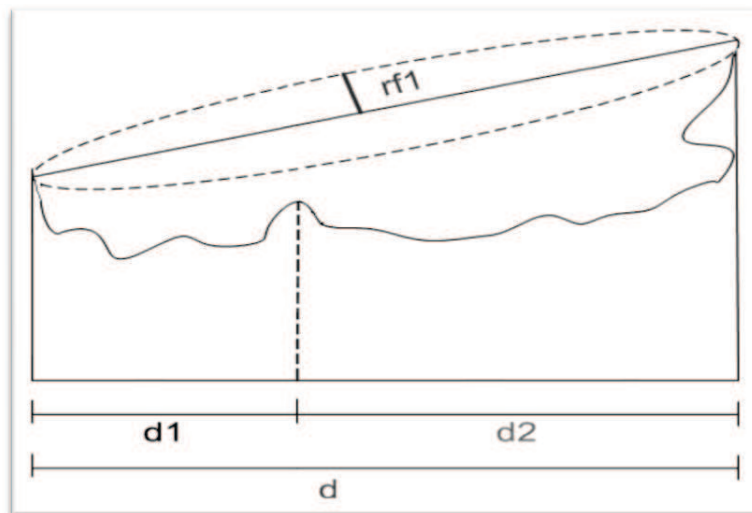


Figura 3.10.- Diagrama con datos para calcular la primera zona de fresnel.

$$Rf1(m) = 550 \sqrt{\frac{d_1(m)d_2(m)}{dT(m) * f(MHz)}}$$

ec. (3.2)

Donde:

- $Rf1$ es el radio de la primera zona en metros.
- $d1$ y $d2$ son las distancias desde el obstáculo a los extremos del enlace en metros.
- dT es la distancia total del enlace en metros, es $d1 + d2$.
- f es la frecuencia en MHz.

En la práctica, es suficiente mantener despejado sólo el 60% de la primera zona de Fresnel.

3.2.1.5.-Ecuación del Enlace

Los elementos involucrados en la ecuación del enlace teniendo en cuenta el efecto de curvatura de la tierra y la primera zona de fresnel se muestran en la figura 3.11

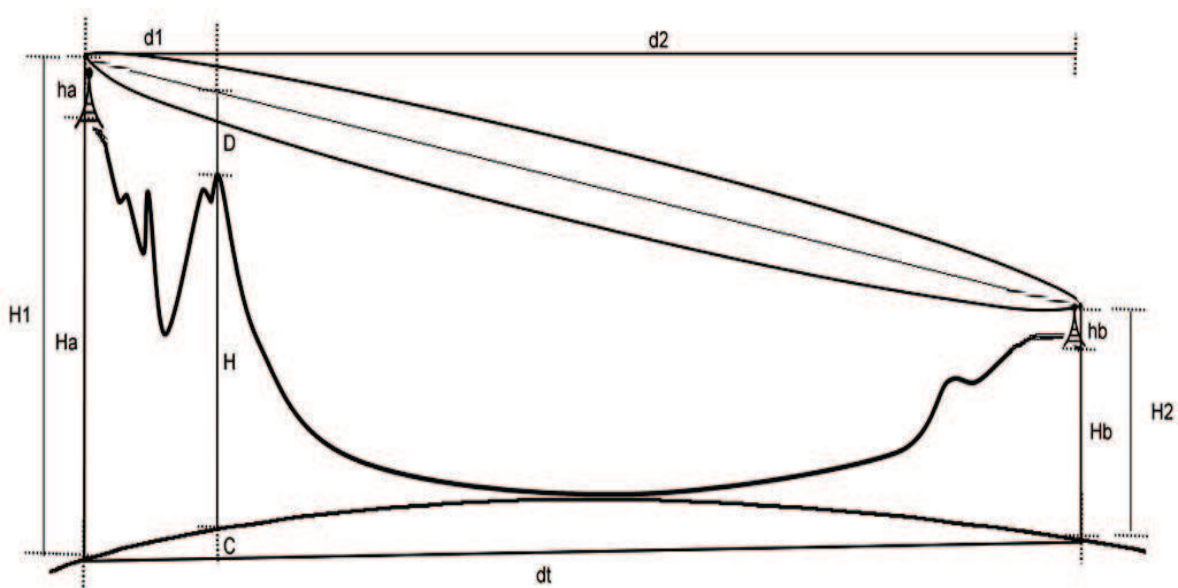


Figura 3.11.- Gráfico de los elementos para el cálculo del radioenlace.

Para garantizar que pase la primera zona de fresnel se necesita conocer los siguientes datos.

H_1 : $H_a + h_a$ altura del terreno sobre el nivel del mar más la altura de la antena en la primera estación.

H2: $H_b + h_b$ corresponde a la misma definición en la segunda estación.

H3: $C + H + D$ altura del rayo en el obstáculo constituido por la curvatura del terreno más la altura del obstáculo sobre el nivel del mar más un despejamiento adicional por difracción.

H: Altura del obstáculo

d_1 : Distancia del transmisor hacia el obstáculo más evidente.

d_2 : Distancia del receptor hacia el obstáculo más evidente.

d_t : distancia entre transmisor y receptor.

R_{f1} : Radio de la primera zona de Fresnel.

C: Curvatura de la tierra.

D: Despeje

Se puede, a continuación, plantear una relación de proporcionalidad entre los elementos:

$$(H_3 - H_1) * d_2 = (H_2 - H_3) * d_1 \quad \text{ec. (3.3)}$$

Si D es mucho mayor a R_{f1} entonces se garantiza el paso de la primera zona de fresnel.

3.2.2.-PRESUPUESTO DE POTENCIA

Un presupuesto de potencia para un enlace punto a punto es el cálculo de ganancias y pérdidas desde el radio transmisor (fuente de la señal de radio), a través de cables, conectores y espacio libre hacia el receptor. La estimación del valor de potencia en diferentes partes del radioenlace es necesaria para hacer el mejor diseño y elegir el equipamiento adecuado

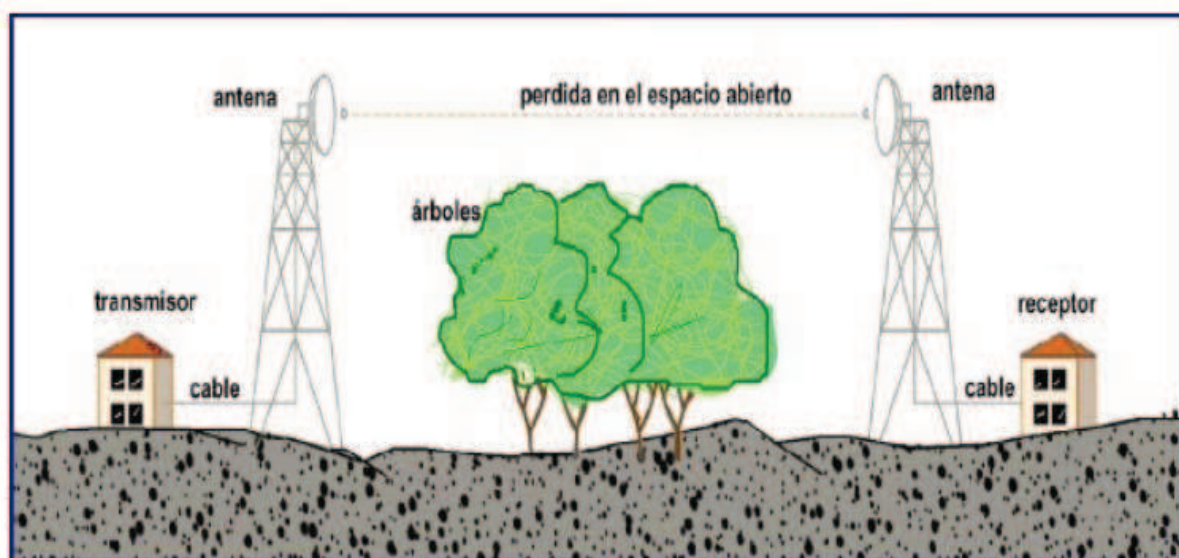


Figura 3.12.- Elementos en un enlace.

Los elementos de un enlace pueden ser divididos en 3 partes principales:

1. El lado de Transmisión con potencia efectiva de transmisión.
2. Pérdidas en la propagación.
3. El lado de Recepción con efectiva sensibilidad receptiva (effective receiving sensibility).

Un presupuesto de radio enlace completo es simplemente la suma de todos los aportes (en decibelios) en el camino de las tres partes principales.

Potencia del transmisor [dBm]⁸ – Pérdida en el cable TX [dB] + ganancia de antena TX [dBi] – Pérdidas en la trayectoria en el espacio abierto [dB] + ganancia de antena RX [dBi]⁹ – Pérdidas en el cable del RX [dB] = Margen – Sensibilidad del receptor [dBm].

ec. (3.4)

⁸ dBm es el decibelio tomando como referencia 1mWatt.

⁹ dBi es el decibelio tomando como referencia a una antena isotrópica

3.2.2.1.-En Transmisión

Los parámetros que se deben tomar en cuenta son los siguientes:

3.2.2.1.1.-Potencia de Transmisión (Tx)

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio. El límite superior depende de las regulaciones vigentes en cada país, dependiendo de la frecuencia de operación y puede cambiar al variar el marco regulatorio. En general, los radios con mayor potencia de salida son más costosos. La potencia de transmisión del radió, normalmente se encuentra en las especificaciones técnicas del manual del equipo. Cabe recalcar que las especificaciones técnicas darán valores ideales, los valores reales pueden variar con factores como la temperatura y la tensión de alimentación.

3.2.2.1.2.-Pérdida en el cable

Las pérdidas se producen en los cables que conectan transmisor y receptor a las antenas. Las pérdidas dependen del tipo de cable y la frecuencia de operación, normalmente se miden en dB/m dependiendo de la calidad del cable. Por esta razón, el cable de la antena debe ser lo más corto posible. La pérdida típica en los cables está entre 0,1 dB/m y 2 dB/m. En general, mientras más grueso y más rígido sea el cable menor atenuación presentará. Por eso para el cálculo de la pérdida en el cable, se debe usar los valores correctos para el rango de frecuencia usada, tomada la información de la hoja de datos del distribuidor y si fuera posible, se debe verificar las pérdidas tomando sus medidas. Como regla general, el cable presentara el doble de pérdida en [dB] para 5,4 GHz comparado con 2,4 GHz.

En la tabla 3.4 se muestra una tabla de pérdidas para diferentes tipos de cables coaxiales.

Tipo de Cable	Pérdida (dB/100m)
RG 58	80 - 100
RG 213	50
RG8	52,5

LMR - 200	50
LMR - 400	22
Aircon plus	22
LMR - 600	14
Flexine de 1/2"	12
Flexine de 7/8"	6,6
C2FCP	21
Helix de 1/2"	12
Helix de 7/8"	7

Tabla 3.4.- Valores típicos de pérdida en los cables para 2,4GHz.

3.2.2.1.3.-Pérdidas en los conectores

Se debe estimar por lo menos 0,25 dB de pérdida para cada conector en el cableado. Estos valores son para conectores bien fabricados mientras que los conectores mal soldados pueden implicar pérdidas mayores. Si se usan cables largos, la suma de las pérdidas en los conectores está incluida en una parte de la ecuación de "Pérdidas en los cables". Pero para estar seguro, siempre considere un promedio de pérdidas de 0,3 a 0,5 dB por conector como regla general. Además, los protectores contra descargas eléctricas que se usan entre las antenas y el radio deben ser presupuestados hasta con 1 dB de pérdida, dependiendo del tipo. Se revisa los valores suministrados por el fabricante (los de buena calidad sólo introducen 0,2 dB).

3.2.2.1.4.-Pérdida en el espacio libre

La onda de radio pierde potencia incluso en una línea recta, porque se esparce sobre una mayor región en el espacio a medida que se aleja del transmisor.

La pérdida en el espacio libre (L) mide esta dispersión de la potencia en un espacio libre sin obstáculos.

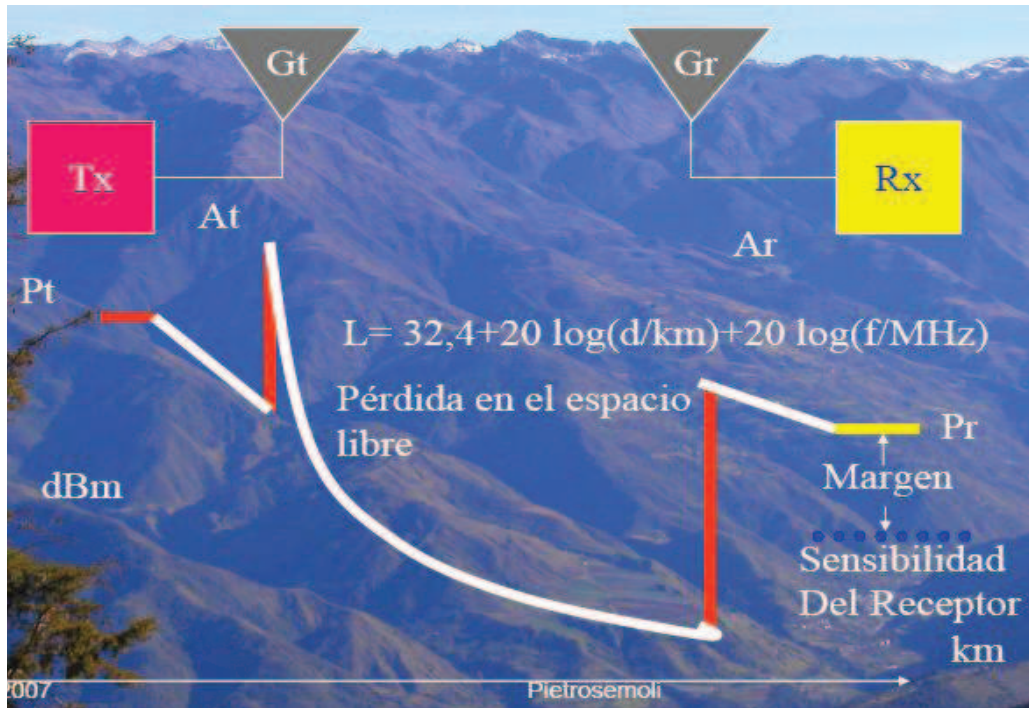


Figura 3.13.- Diagrama esquemático de la pérdida en el espacio libre.

Para determinar el valor de la pérdida en el espacio libre (ver figura 3.13) se puede usar la siguiente expresión.

$$L = 32.4 + 20 \log(d/\text{km}) + 20 \log(f/\text{MHz}) \quad \text{ec. (3.5)}$$

Donde:

L: pérdida en el espacio libre en dB.

d: distancia entre los puntos de enlace en Km.

f: frecuencia del enlace en MHz

3.2.2.2.-En Recepción

Los cálculos son casi idénticos que los del lado del transmisor.

3.2.2.2.1.-Ganancia de antena desde el receptor

La ganancia de una antena puede variar, estos valores dependen del fabricante y se tienen valores típicos entre 2 dBi (antena isotrópica), 8 dBi (omnidireccional estándar), hasta 21 – 33,3 dBi (parabólica). Hay que tener en cuenta que hay muchos factores que disminuyen la ganancia real de una antena. Las pérdidas pueden ocurrir por muchas razones, principalmente relacionadas con una incorrecta instalación (pérdidas en la inclinación, en la polarización, objetos metálicos adyacentes). Esto significa que sólo puede esperar una ganancia completa de antena, si está instalada en forma óptima.

3.2.2.2.2.-Sensibilidad del receptor

La sensibilidad de un receptor es un parámetro que merece especial atención ya que identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar/extraer “bits lógicos” y alcanzar una cierta tasa de bits. Cuanto más baja sea la sensibilidad, mejor será la recepción del radio. Un valor típico es -82 dBm, estos valores varían según el fabricante.

3.2.2.2.3.-Margen

Es la comparación entre la sensibilidad de receptor y la suma de las ganancias y pérdidas del equipo, si la suma de las ganancias y pérdidas es mayor a la sensibilidad del receptor se garantiza la transmisión de datos por ende las condiciones del enlace son dables.

3.3.-DISEÑO DE LOS ENLACES DE LA RED DE VOZ DIGITAL

Para el diseño de los Radioenlaces se parte de los sitios conocidos con anterioridad.

Los enlaces se calcularán individualmente entre 2 puntos. Para nuestro caso son los distintos puntos de repetición.

Los sitios descritos a continuación fueron pensados para poner los equipos de la red de voz, debido a que algunos de estos puntos pertenecen al Instituto Geofísico y

tienen otras redes en funcionamiento, además se puede ver en la tabla 3.5 frecuencias de operación de 7,4 y 7,6 GHz, esto se debe a que el Instituto cuenta con una red de microondas en estas frecuencias y se puede aprovechar este medio de transmisión.

Coordenadas			Altura de la estación	Antenas		Frecuencia	
Estación	Latitud	Longitud		Tipo	Ganancia	Frec. TX	Frec. RX
Atacazo	00:21:22,2 S	78:37:9,1W	4474	Parabólica	33,3 dBi	5,2 GHz	5,8 GHz
Clirsen	00:37:23,4S	78:34:46,3W	3552,2	Parabólica	33,3 dBi	5,2 GHz	5,8 GHz
Putzalahua	00:57:54,8 S	78:33:43,6 W	3381	Parabólica	33,3 dBi	5,2 GHz	5,8 GHz
Pilisurco	01:09:10,6 S	78:39:53,9 W	4050	Parabólica	33,3 dBi	7,6 GHz	7,4 GHz
Loma Grande	01:22:37,1 S	78:27:48,0 W	2981	Parabólica	33,3 dBi	7,6 GHz	7,4 GHz
Capadia	01:25:55,5 S	78:56:16,3 W	4361	Parabólica	33,3 dBi	5,2 GHz	5,8 GHz
Cerro 507	02:09:5,5 S	79:59:1,0 W	457	Parabólica	33,3 dBi	5,2 GHz	5,8 GHz
Hierba Buena	02:47:30,3 S	79:25:31,2 W	3680	Parabólica	33,3 dBi	5,2 GHz	5,8 GHz
Lumbaqui	00:00:30,2 S	77:19:18,3 W	1064	Parabólica	33,3 dBi	5,2 GHz	5,8 GHz
Cayambe	00:03:57,8 N	77:59:25,9 W	4197	Parabólica	33,3 dBi	5,2 GHz	5,8 GHz
Cotacachi	00:19:55,3 N	78:20:24,8 W	4048	Parabólica	33,3 dBi	7,4 GHz	7,6 GHz
Gatazo	0:56:38,4 N	79:39:28,8 W	493	Parabólica	33,3 dBi	5,2 GHz	5,8 GHz
Manta	00:56:43,7 S	80:43:19,6W	11,8	Parabólica	33,3 dBi	5,2 GHz	5,8 GHz
Chispas	0:16:5,3 S	80:12:29,6W	668	Parabólica	33,3 dBi	5,2 GHz	5,8 GHz

Tabla 3.5.- Coordenadas de los sitios.

Para realizar los cálculos teóricos necesitamos los mapas topográficos (Escala 1:5000 o menor) de los sectores donde se realizaría el enlace, luego se ubican las coordenadas y se traza una línea recta entre estos sitios, se escoge los puntos más altos y se calculan sus respectivas distancias, que van desde el origen hacia el posible obstáculo, en este gráfico se utiliza las zonas de fresnel, con la finalidad de que la primera zona de fresnel este libre para asegurar el enlace.

Una vez trazado un gráfico de alturas en función de la distancia de cada enlace propuesto en el proyecto, se procederá a aplicar los cálculos anteriormente mencionados en la teoría del cálculo del radio enlace y presupuesto de potencia,

para garantizar que el diseño realizado es el correcto y se asegura que habrá cobertura en los lugares mencionados.

3.2.1.-CÁLCULO Y SIMULACION DE LOS ENLACES

3.2.1.1.-Enlaces de la Región Sierra

Para empezar con el cálculo y la simulación de los enlaces, se iniciará con la parte central, esta zona es de vital importancia debido al constante monitoreo al Volcán Tungurahua y además en esta región se encuentra la mayor parte de volcanes que presentan actividad y son monitoreados constantemente, por el personal del Instituto Geofísico.

Se iniciará el cálculo y la simulación con el enlace Atacazo - Clirsén que se presenta a continuación:

3.2.1.1.1.-Enlace Atacazo - Clirsén

1. Realizamos el gráfico del perfil del terreno para verificar línea de vista:

Atacazo- Clirsén		
Distancia total del enlace dT=29,85 km	Altura	
	Atacazo	Clirsén
	4250 msnm	3588 msnm

Tabla 3.6.- Datos de los puntos de enlace

Item	Distancia(Km)	Altura(msm)
1	0	4237,5
2	0,989	3863,2
3	1,259	3808,9
4	1,708	3831,8
5	1,888	3727,3
6	2,338	3528
7	3,417	3909,2
8	3,776	3892,8
9	3,956	3936,9

10	5,125	3525
11	8,002	3178,5
12	16,004	3077,5
13	24,276	3209,8
14	25,804	3361,3
15	26,703	3409,1
16	28,052	3508,4
17	29,49	3566

Tabla 3.7.- Puntos utilizados para trazar el mapa.

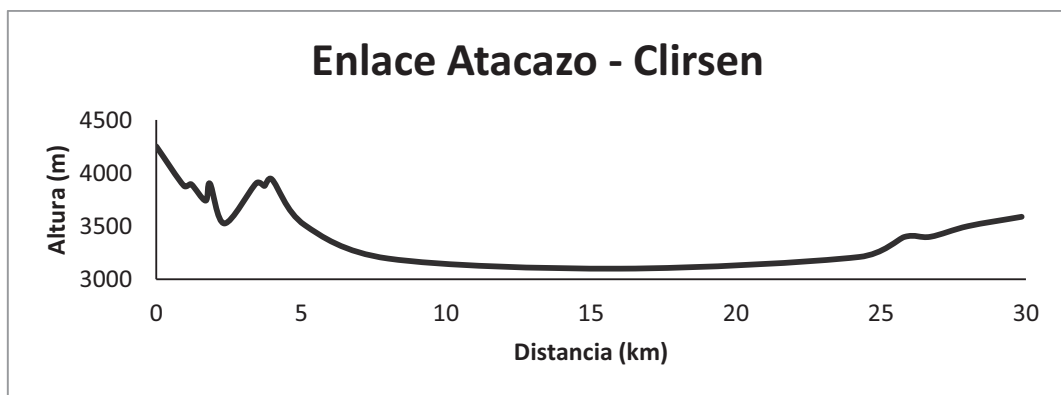


Figura 3.14.- Gráfico de los puntos más notables entre Atacazo y Clirsen.

- Realizamos el diagrama con los datos para proceder a calcular la primera zona de fresnel y compararla con el despeje.

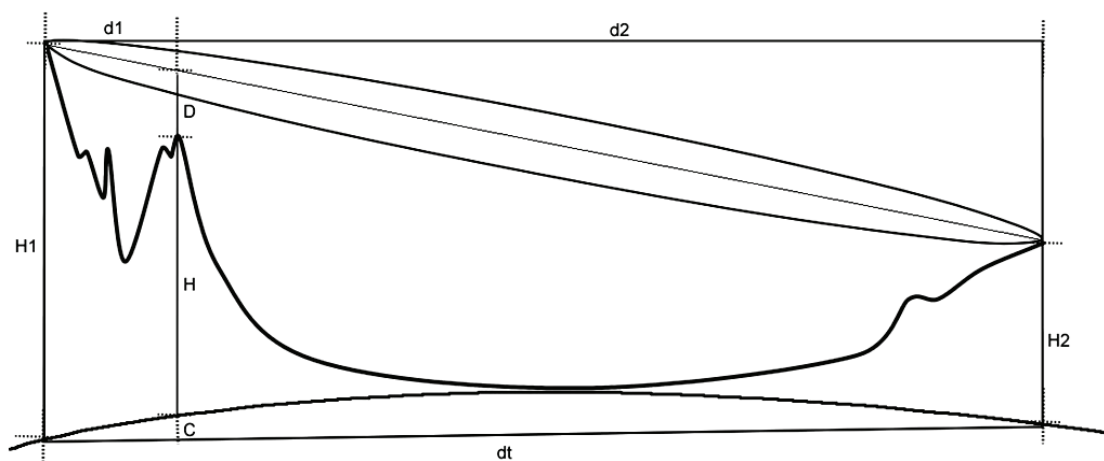


Figura 3.15.- Gráfico de los datos y variantes para los diferentes cálculos.

- Cálculo de Rf1 (Radio de la primera zona de Fresnel) utilizando la ec. (3.2):

$$Rf1 = 550 \sqrt{\frac{d1 * d2}{dT * f}}$$

$$Rf1 = 550 \sqrt{\frac{3,956(25,534)}{29,49(5800)}}$$

$$Rf1 = 13,365m$$

Donde:

d1: distancia desde el punto de inicio (Atacazo) al obstáculo más evidente.

d2: distancia del obstáculo más evidente al final (Clirsén).

f: frecuencia del enlace.

dT: distancia total del enlace (Atacazo - Clirsén).

- Cálculo de C (Curvatura de la Tierra) utilizando la ec. (3.1):

$$C = \frac{4dx(dT - dx)}{51K}$$

$$C = \frac{4(3,956)(29,49 - 3,956)}{51 \left(\frac{4}{3}\right)}$$

$$C = 5,941m$$

Donde:

dx: distancia al obstáculo más evidente desde el punto de inicio(Atacazo).

K=4/3: efecto de refracción

- Cálculo del Despeje (D)

$$H1 = Ha + ha$$

$$H2 = Hb + hb$$

$$H3 = C + H + D$$

$$H1 = 4237,5m + 20m$$

$$H1 = 4257,5m$$

$$H2 = 3566m + 15m$$

$$H2 = 3581m$$

Donde:

Ha: altura del la elevación de Atacazo

ha: altura de la antena en Ha

Hb: altura de la elevación de Clirsén.

hb: altura de la antena en Hb.

H: altura de la elevación más evidente en el enlace.

$$\text{➤ } (H3 - H1) * d2 = (H2 - H3) * d1 \text{ Utilizando la ec. (3.3)}$$

Donde:

d1: distancia desde Atacazo a la altura más evidente.

d2: distancia desde la altura más evidente hasta Clirsén.

$$(H3 - 4,2575) * 25,534 = (3,581 - H3) * 3,956$$

$$25,534H3 + 3,956H3 = 14,1664 + 108,711005$$

$$H3 = \frac{122,8774}{29,49}$$

$$H3 = 4,16674Km$$

$$H3 = C + H + D$$

$$4166,74 = 5,941 + 3936,9 + D$$

$$D = 223,899m$$

Obtenemos los siguientes resultados:

$$Rf1 = 13,36m \text{ y } D = 223,89m$$

Se puede concluir que el enlace funcionará bien, debido a que existe línea de vista entre Atacazo y Clirsén, cumple con la condición $D > Rf1$, para este caso $D=223,89 > Rf1=13,36$. Se garantiza que el obstáculo más evidente no obstruye el paso de la primera zona de fresnel del lóbulo de radiación del enlace.

3. Realizamos la simulación en el programa Link Planner:

Para realizar la simulación de este enlace, se empieza ubicando las coordenadas geográficas donde se va a calcular dicho enlace, se introducen estas coordenadas correspondientes a los sitios a enlazar desde la página principal del programa Link Planner. Si existe línea de vista el software lo representa con una línea verde como se puede ver en la figura 3.16 que une los dos puntos, caso contrario se verá una línea roja.

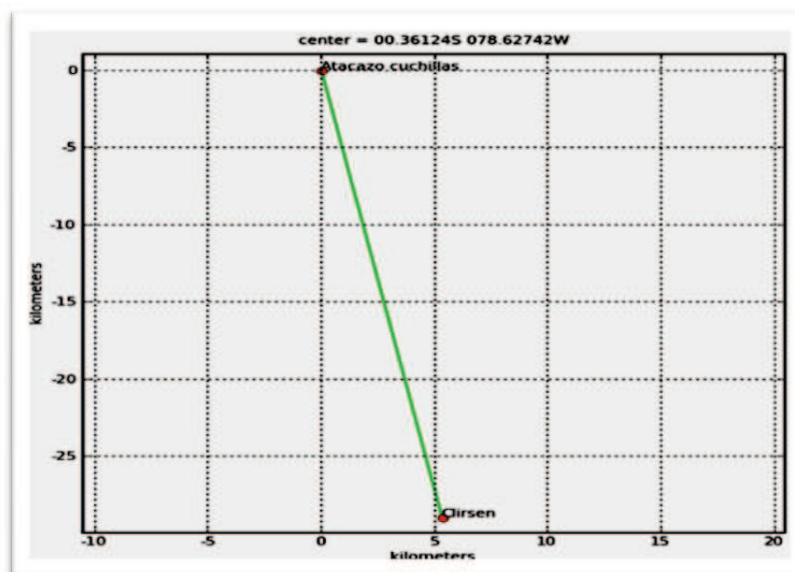


Figura 3.16.- Puntos del enlace. Referencia: (Software PTP LINKPlanner).

A continuación, según se observa en el gráfico de la figura 3.17 se procede a configurar cada punto extremo del enlace Atacazo y Clirsén, para este diseño se escoge una antena parabólica cuya altura sobre el nivel del suelo puede variar desde 1 metro hasta 15 metros, que es la altura máxima de la torre en el sitio Atacazo Cuchillas; y en el sitio Clirsén puede variar desde 1 metro hasta los 20 metros, de acuerdo al requerimiento del radioenlace; a continuación se selecciona el EIRP (Efficient Isotropic Radiated Power) que se la define como la potencia transmitida por una antena isotrópica, que es la suma de la ganancia de la antena mas la potencia del radio menos las perdidas en cable. Este valor lo calcula el programa en base a los datos de antena y potencia en el repetidor. La potencia máxima del radio es 27dBm (500mW aproximadamente).

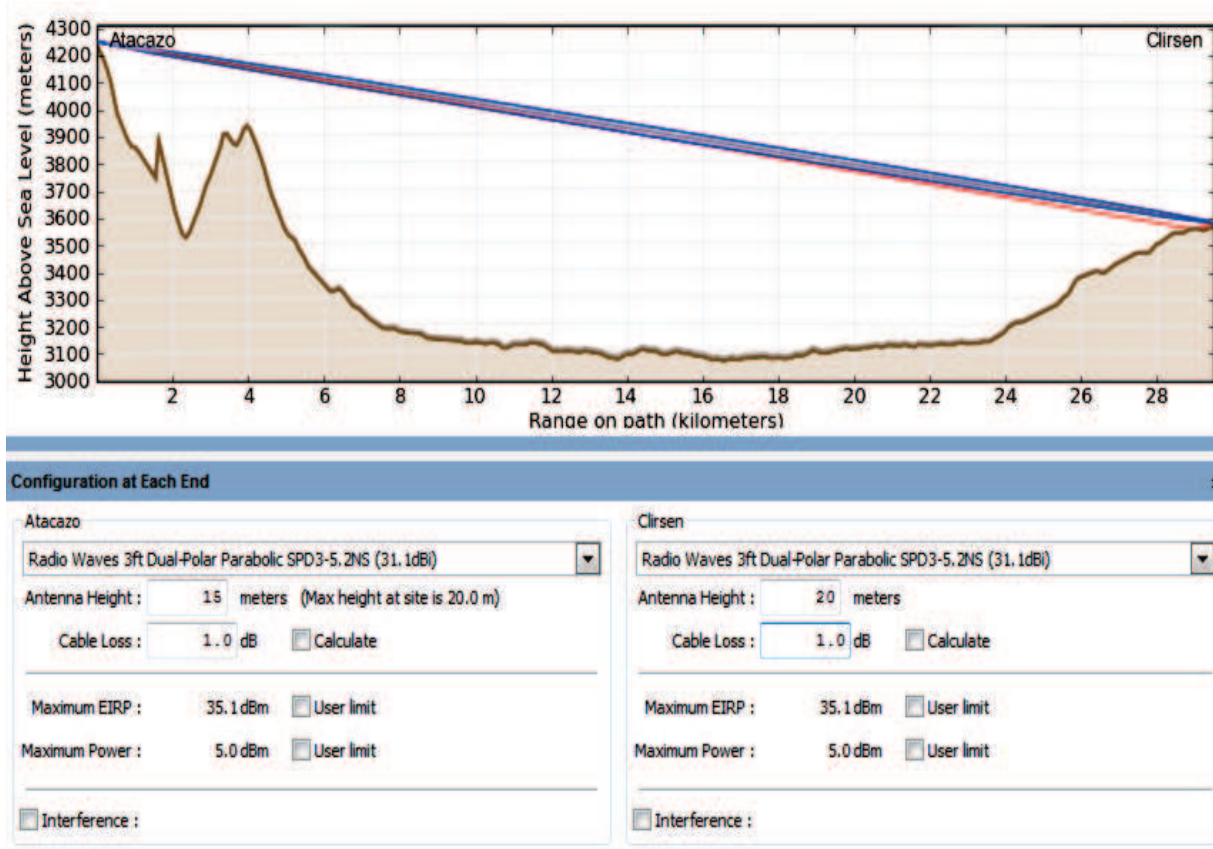


Figura 3.17.- Perfil topográfico del enlace entre Atacazo y Clirsen. Referencia: (Software LINK Planner).

En la gráfica que se presenta en la figura 3.18, del software PTP LINK Planner; se introduce los siguientes valores: la frecuencia de operación del enlace para este diseño se escogió 5,8 GHz, además se selecciona el equipo a utilizarse para el diseño de las estaciones, se colocará el PTP 58600 (ODU¹⁰) con un ancho de banda de 15 MHz, además presenta otras opciones como es la optimización, el sincronismo, la simetría, la carga dual y si el repetidor es máster o esclavo.

¹⁰ ODU: Parte de la antena que convierte los datos en radio frecuencia.

Equipment

Region and Equipment Selection

Band: 5.8 GHz | Product: PTP58600 | Regulation: ETSI

PTP58600 Configuration

Bandwidth: 15 MHz | E1/T1: None | Optimisation: IP | Sync: Disabled | Symmetry: Symmetric | Dual Payload: Disabled | Master: Atacazo cuchillas

Figura 3.18.- Gráfico de la ventana de selección equipment (Equipo). (Software PTP LINK Planner).

Con este software también se puede crear reportes en archivo pdf, estos contienen información adicional acerca de los enlaces como se muestra en las siguientes tablas:

Installation Notes for Atacazo cuchillas	
Coordinates	00.36124S 078.62742W
Antenna Height	15.0 meters AGL
Antenna Type	Radio Waves 3ft Dual-Polar Parabolic SPD3-5.2NS
Feeder Cable	LMR600
Feeder Length	1 meters
Bearing to Clirsen	169.57° from True North
Antenna Tilt angle	-1.4°
Link Name	Atacazo cuchillas to Clirsen
Link Location	Atacazo cuchillas
Telecomms Interface	None
Dual Payload	Disabled
Master Slave Mode	Master
Link Mode Optimisation	IP Traffic
TDD Synchronisation Mode	Disabled

Max Transmit Power	3 dBm while aligning 3 dBm in normal operation
Ranging Mode	Auto 0 to 40 kilometers
Platform Variant	Connectorized
Antenna Gain	31.1 dBi
Cable Loss	0.2 dB
Channel Bandwidth	15 MHz
Link Symmetry	Symmetric
Predicted Receive Power	-73 dBm \pm 5 dB while aligning
Predicted Link Loss	137.19 dB \pm 5.00 dB

Tabla 3.8.- Notas para la instalación de la repetidora Atacazo.

Installation Notes for Clirsén	
Coordinates	00.62317S 078.57953W
Antenna Height	20.0 meters AGL
Antenna Type	Radio Waves 3ft Dual-Polar Parabolic SPD3-5.2NS
Feeder Cable	LMR600
Feeder Length	3 meters
Bearing to Atacazo cuchillas	349.57° from True North
Antenna Tilt angle	1.2°
Link Name	Atacazo cuchillas to Clirsén
Link Location	Clirsén
Telecomms Interface	None
Dual Payload	Disabled
Master Slave Mode	Slave
Link Mode Optimisation	IP Traffic
TDD Synchronisation Mode	Disabled

Max Transmit Power	3 dBm while aligning 3 dBm in normal operation
Ranging Mode	Auto 0 to 40 kilometers
Platform Variant	Connectorized
Antenna Gain	31.1 dBi
Cable Loss	0.7 dB
Channel Bandwidth	15 MHz
Predicted Receive Power	-73 dBm \pm 5 dB while aligning
Predicted Link Loss	137.19 dB \pm 5.00 dB

Tabla 3.9.- Notas para la instalación del sitio Clirsen.

En la tabla 3.8 y tabla 3.9 se puede apreciar las notas detalladas e individuales de cada sitio entre el enlace Atacazo y Clirsen, estos datos pueden ser de utilidad al momento de la instalación ya que tiene entre otras cosas los azimuts de cada antena.

A continuación en la tabla 3.10 se presenta los datos más importantes de las tablas anteriormente descritas:

Parámetro	Sitio	
	Atacazo	Clirsen
Azimut	169,57°	349,57°
Ángulo de elevación de antena	-1,4°	1,2°
Ancho de banda del canal	15Mhz	15MHz
Tipo de cable	Coaxial LMR600	Coaxial LMR600
Potencia de transmisión máxima	27dB	27dB
Potencia esperada de llegada	De -73dBm +/- 5dB mientras se alinea	De -73dBm +/- 5dB mientras se alinea
Perdidas esperadas por enlace	137,19dB +/- 5,00dB	137,19dB +/- 5,00dB

Tabla 3.10.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.

4. Realizamos el cálculo del presupuesto de potencia para el enlace:

Cálculos para enlace Atacazo Cuchillas – Clirsén:

- En transmisión:

PTP 58500 tiene una potencia de transmisión que varía entre -18dbm y 27 dBm según el módulo de modulación y configuración.

Salida del transmisor: 23 dBm valor usado para el cálculo.

- Cables y conectores:

El cable que se utiliza es el LMR 600 que tiene una pérdida de 14 dB/100metros para 2,4GHz como el enlace es en 5,8 GHz se considera el doble, además hay que considerar los conectores a usarse por lo menos 0,25 dB de pérdida para cada conector del cableado y los protectores contra descargas que se usan entre las antenas y el radio debe ser presupuestado hasta 1 dB de pérdida.

- Pérdida en cables: se considerara siempre una distancia de 20 metros

Realizaremos una regla de tres:

$$\begin{array}{l} 100m \text{ --- } 14dB \\ 20m \text{ --- } X \end{array}$$

En este caso la variable X es el valor de pérdida del cable en 20m a 2,4GHz

$$X = 2,8dB$$

20 metros de cable =2,8 dB (multiplicamos por 2 por ser un enlace a 5,8 GHz).

Pérdida en cables = 2,8 dB x 2 =5,6 dB

- Pérdida en conectores: se considera dos conectores

Pérdida conectores = 0,25 dB x 2 = 0,5 dB

- Pérdida por protector descargas: Se usa 1 protector contra descargas

Pérdida por descargas =1 dB

- Cables y conectores= Pérdida en cables+ Pérdida conectores+ Pérdida por descargas

Cables y conectores=5,6 dB + 0,5 dB + 1 dB = 7 dB (pérdidas)

- Ganancia de Antena.

Varía entre 32,5 y 33,3 dBi

Ganancia de Antena = 33 dBi valor usado para el cálculo.

- Pérdidas en espacio libre (L) utilizando ec. (3.5).

Se necesita de dos datos:

Frecuencia = 5,8 GHz

Distancia = 29,49 Km

$$L_{dB} = 32,4 + 20 \log_{10}(d[Km]) + 20 \log_{10}(f[MHz])$$

$$L_{dB} = 32,4 + 20 \log_{10}(29,49[Km]) + 20 \log_{10}(5800[MHz])$$

$$L_{dB} = 137 \text{ dB}$$

- En recepción:

Básicamente los cálculos son los mismos que los del lado del transmisor.

- Ganancia de antena de recepción.

Se utiliza el mismo valor de la ganancia de antena debido a que son del mismo tipo.

- Cables y conectores Recepción.

Se utiliza el mismo valor de las pérdidas producidas por cables, conectores y protector de descargas que el del anterior debido a que se utilizarán los mismos equipos.

- Sensibilidad del receptor:

La sensibilidad del receptor adaptiva, varía entre -94 y -69 dBm (según manual del equipo).

Sensibilidad del receptor = -82 dB valor usado para el cálculo.

- Margen:

Se necesita que la intensidad de señal que llega al receptor sea mayor que la sensibilidad del mismo, esta diferencia es el margen total.

Margen = 20 dB (sumatoria de ganancias y pérdidas en el enlace).

Toda la información del ejercicio se la resume en la tabla 3.11:

Datos	Elementos	Valores
Distancia =29,49 Km Frecuencia = 5,8 GHz	Salida del transmisor	23 dBm
	Cables y conectores	-7 dB
	Antena transmisora	33 dBi
	L	-137 dB
	Antena receptora	33 dBi
	Cables y conectores	-7 dB
	Sensibilidad del receptor	-82 dBm
	Total:(MARGEN)	20 dB

Tabla 3.11.- Resumen de los valores calculados en el enlace Atacazo Cuchillas- Clirsen.

Se puede concluir que el enlace es muy bueno, según los cálculos realizados, la simulación en el programa Link Planner y el presupuesto de enlace, por ende se puede proceder a realizar la instalación.

Para los siguientes enlaces no se presentarán cálculos, pues se sigue la misma metodología; solo se presentarán resultados de cálculo de radio enlace, simulación en el software Link Planner y presupuesto de enlace.

3.2.1.1.2.-Enlace Clirsen - Putzalahua

Clirsen - Putzalahua		
Distancia total del enlace dT=37,834 km	Altura	
	Clirsen	Putzalahua
	3566 msnm	3490 msnm

Tabla 3.12.- Datos de los puntos de enlace

Se realiza el mismo procedimiento de cálculo de radio enlace del primer ejemplo y se obtienen los siguientes resultados:

$$Rf1 = 4,78m \text{ y } D = 19,91m$$

Se puede concluir que el enlace funcionará bien, debido a que existe línea de vista entre Clirsen y Putzalahua, cumple con la condición $D > Rf1$, para este caso $D=19,91 > Rf1=4,78$. Se garantiza que el obstáculo más evidente no obstruye el paso de la primera zona de fresnel del lóbulo de radiación del enlace.

A continuación se procederá a introducir los datos en el programa LINK PLANNER para constatar que es posible el enlace, y tener los resultados para la instalación.

En la figura 3.19 se puede ver que se tiene una línea de vista clara entre Clirsen y Putzalahua,

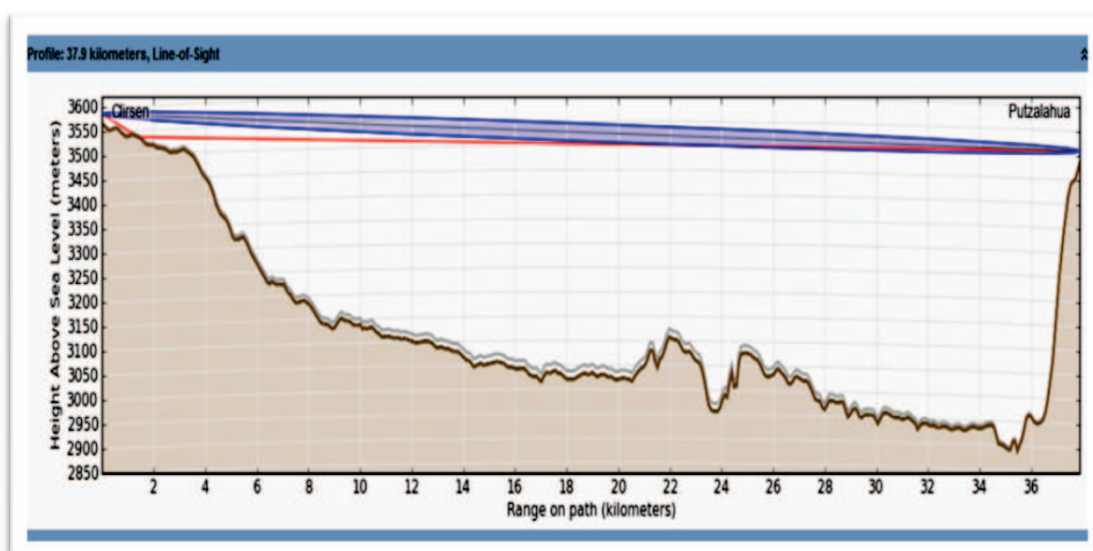


Figura 3.19.- Perfil topográfico del enlace entre Atacazo y Clirsen. Referencia: (Software PTP LINK Planner).

A continuación en la tabla 3.13 se presenta los datos más importantes obtenidos del software Link Planner:

Parámetro	Sitio	
	Clirsen	Putzalahua
Azimut	177,07°	357,07°
Ángulo de elevación de antena	-0,2°	-0,0°
Ancho de banda del canal	15Mhz	15MHz
Tipo de cable	Coaxial LMR600	Coaxial LMR600
Potencia de transmisión máxima	27dB	27dB
Potencia esperada de llegada	De -77dBm +/- 5dB mientras se alinea	De -77dBm +/- 5dB mientras se alinea
Perdidas esperadas por enlace	139,42dB +/- 5,00dB	139,42dB +/- 5,00dB

Tabla 3.13.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.

El presupuesto del enlace entre Clirsen y Putzalahua se resume en la siguiente tabla 3.14

Datos	Elementos	Valores
Distancia =37,834 Km Frecuencia = 5,8 GHz	Salida del transmisor	23 dBm
	Cables y conectores	-7 dB
	Antena transmisora	33 dBm
	L	-139 dB
	Antena receptora	33 dB
	Cables y conectores	-7 dB
	Sensibilidad del receptor	-82 dBm
	Total:(MARGEN)	18 dB

Tabla 3.14.- Resumen de los valores calculados en el enlace Clirsen y Putzalahua

Se puede concluir que el enlace es bueno, según los cálculos realizados, la simulación en el programa Link Planner y el presupuesto de enlace, por ende se puede proceder a realizar la instalación.

Para completar la región central de la red de voz, son necesarios los enlaces entre Putzalahua - Pilisurco y Pilisurco - Loma Grande, el Instituto Geofísico goza de una red de microonda en el rango de frecuencia de 7,4 y 7,6 GHz en estos puntos, la cual está en operación, y tiene una capacidad de 8Mbps, además el ancho de banda usado por la red de voz es de 128KHz, se puede usar esta red para el flujo de información entre estos sitios.

Con estos dos enlaces estaría completa la red de la región Sierra; entre los puntos de Loma Grande y OVT no es necesario otro enlace, debido a que no se necesita microonda, solo se usa la activación de la repetidora.

3.2.1.2.-Enlaces Región Oriente

3.2.1.2.1.-Enlace Cotacachi – Cayambe

Cotacachi-Cayambe		
Distancia total del enlace dT=48,83 km	Altura	
	Cotacachi	Cayambe
	4012,8 msnm	4210,2 msnm

Tabla 3.15.- Datos de los puntos de enlace

Se realiza el mismo procedimiento de cálculo de radio enlace del primer ejemplo y se obtienen los siguientes resultados:

$$Rf1 = 11,347m \text{ y } D = 84,208m$$

Se puede concluir que el enlace funcionará bien, debido a que existe línea de vista entre Cotacachi y Cayambe, cumple con la condición $D > Rf1$, para este caso $D=84.20 > Rf1=11.34$. Se garantiza que el obstáculo más evidente no obstruye el paso de la primera zona de fresnel del lóbulo de radiación del enlace.

A continuación se procederá a introducir los datos en el programa LINK PLANNER para constatar que es posible el enlace, y tener los resultados para la instalación.

En figura 3.20 se puede ver que existe una línea de vista clara entre Cotacachi y Cayambe, se configuró cada extremo del enlace (Cotacachi - Cayambe) con los parámetros correspondientes a cada sitio, y se puede observar claramente que no existen obstrucciones.

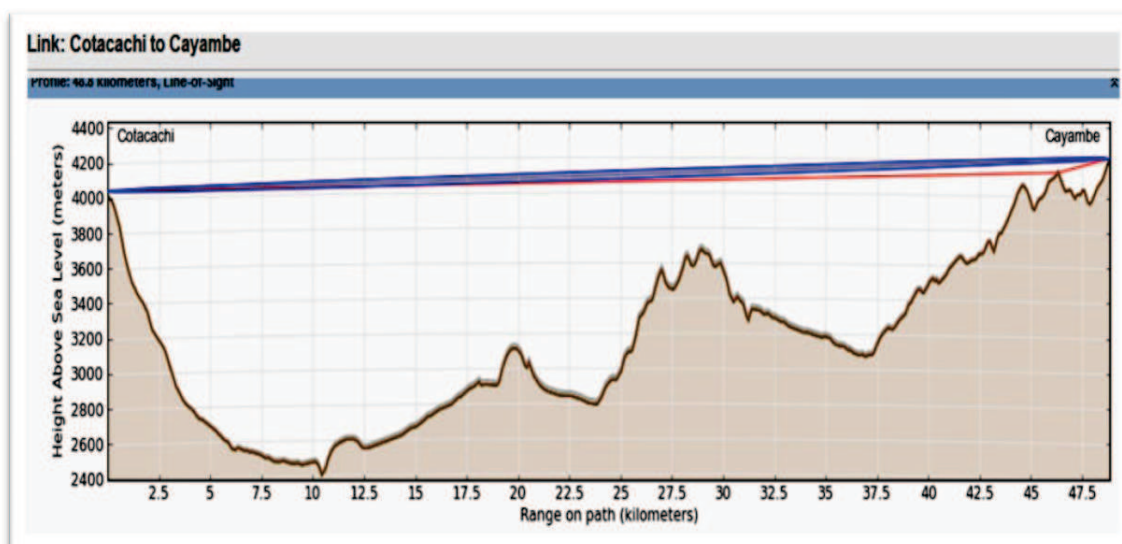


Figura 3.20.- Perfil topográfico del enlace entre Cotacachi y Cayambe. Referencia: (Software PTPLINK Planner).

A continuación en la tabla 3.16 se presenta los datos más importantes obtenidos del software Link Planner:

Parámetro	Sitio	
	Cotacachi	Cayambe
Azimut	127,28°	307,29°
Ángulo de elevación de antena	0,1°	-0,4°
Ancho de banda del canal	15Mhz	15MHz
Tipo de cable	Coaxial LMR600	Coaxial LMR600
Potencia de transmisión máxima	27dB	27dB
Potencia esperada de llegada	De -78dBm +/- 5dB mientras se alinea	De -78dBm +/- 5dB mientras se alinea
Perdidas esperadas por enlace	141,65dB +/- 5,00dB	141,65dB +/- 5,00dB

Tabla 3.16.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.

El presupuesto del enlace entre Cotacachi y Cayambe se resume en la siguiente tabla 3.17.

Datos	Elementos	Valores
Distancia =48,83 Km Frecuencia = 5,8 GHz	Salida del transmisor	23 dBm
	Cables y conectores	-7 dB
	Antena transmisora	33 dBi
	L	-141 dB
	Antena receptora	33 dBi
	Cables y conectores	-7 dB
	Sensibilidad del receptor	-82 dBm
	Total:(MARGEN)	16 dB

Tabla 3.17.- Resumen de los valores calculados en el enlace Cotacachi – Cayambe.

Se puede concluir que el enlace es bueno, según los cálculos realizados, la simulación en el programa Link Planner y el presupuesto de enlace, por ende se puede proceder a realizar la instalación.

3.2.1.2.2.-Enlace Cayambe – Lumbaqui

Cayambe - Lumbaqui		
Distancia total del enlace dT=74,777 km	Altura	
	Cayambe	Lumbaqui
	421,2 msnm	1062,4 msnm

Tabla 3.18.- Datos de los puntos de enlace

Se realiza el mismo procedimiento de cálculo de radio enlace del primer ejemplo y se obtienen los siguientes resultados:

$$Rf1 = 8,584m \text{ y } D = 9,489m$$

Se puede concluir que el enlace funcionará bien, debido a que existe línea de vista entre Cayambe y Lumbaqui, cumple con la condición $D > Rf1$, para este caso $D=9,489 > Rf1=8,584$. Se garantiza que el obstáculo más evidente no obstruye el paso de la primera zona de fresnel del lóbulo de radiación del enlace.

A continuación se procederá a introducir los datos en el programa LINK PLANNER para constatar que es posible el enlace, y tener los resultados para la instalación.

Como se puede ver en la figura 3.21, existe cierta obstrucción en la simulación, el enlace no es muy eficiente como se desea, pero en la práctica puede que esta obstrucción no pueda causar molestias en el flujo de datos, por lo que se debe ir a estos dos sitios y hacer pruebas para verificar el funcionamiento de este enlace.

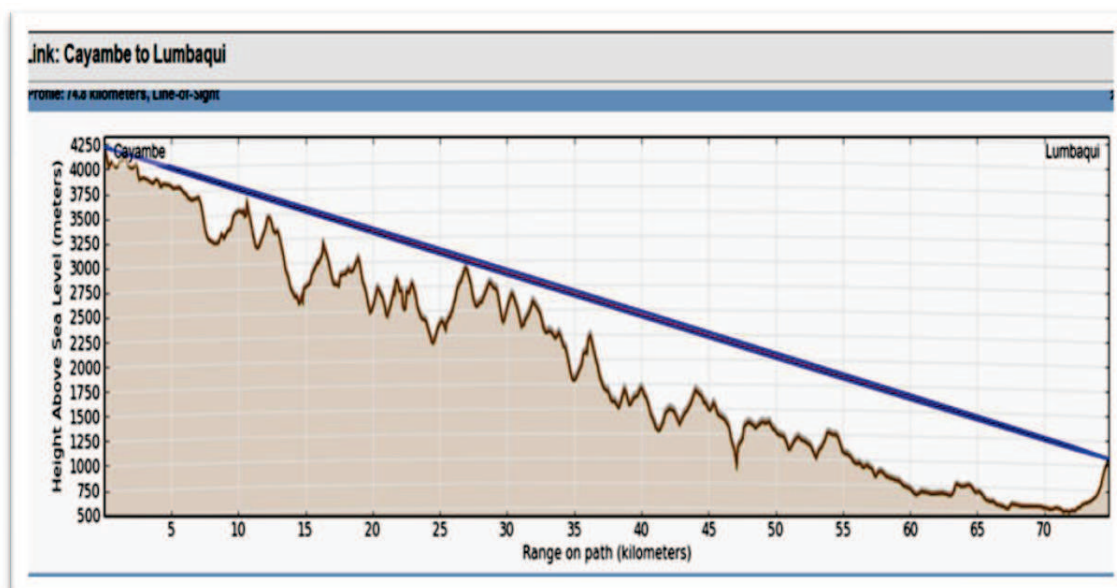


Figura 3.21.- Perfil topográfico del enlace entre Cayambe y Lumbaqui. Referencia: (Software PTP LINK Planner).

A continuación en la tabla 3.19 se presenta los datos más importantes obtenidos del software Link Planner:

Parámetro	Sitio	
	Cayambe	Lumbaqui
Azimut	94,76°	274,76°
Ángulo de elevación de antena	-2,7°	2,2°
Ancho de banda del canal	15Mhz	15MHz
Tipo de cable	Coaxial LMR600	Coaxial LMR600
Potencia de transmisión máxima	27dB	27dB
Potencia esperada de llegada	De -80dBm +/- 5dB mientras se alinea	De -80dBm +/- 5dB mientras se alinea
Perdidas esperadas por enlace	145,58dB +/- 5,00dB	145,58dB +/- 5,00dB

Tabla 3.19.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.

El presupuesto del enlace entre Cayambe y Lumbaqui se resume en la siguiente tabla 3.20.

Datos	Elementos	Valores
Distancia =74,77 Km Frecuencia = 5,8 GHz	Salida del transmisor	23 dBm
	Cables y conectores	-7 dB
	Antena transmisora	33 dBi
	L	-145 dB
	Antena receptora	33 dBi
	Cables y conectores	-7 dB
	Sensibilidad del receptor	-82 dBm
	Total:(MARGEN)	12 dB

Tabla 3.20.- Resumen de los valores calculados en el enlace Cayambe y Lumbaqui.

Se puede concluir que el enlace es bueno, según los cálculos realizados, la simulación en el programa Link Planner y el presupuesto de enlace, por ende se puede proceder a realizar la instalación.

Con estos dos enlaces se finaliza la cobertura de la región norte del oriente, aunque la cobertura no es mucha en la parte oriental del Ecuador, la red se diseño para cubrir zonas que se visitan a menudo en este caso, las zonas aledañas al volcán Reventador.

La información de estos enlaces llega a Quito por medio de la red de microonda de 7,4 y 7,6 GHz existente entre Cotacachi y El Instituto Geofísico.

3.2.1.3.-Enlaces Región Costa

3.2.1.3.1.-Enlace Chispas – Manta

Chispas - Manta		
Distancia total del enlace dT=11,44 km	Altura	
	Chispas	Manta
	297 msnm	14,3 msnm

Tabla 3.21.- Datos de los puntos de enlace

Se realiza el mismo procedimiento de cálculo de radio enlace del primer ejemplo y se obtienen los siguientes resultados:

$$Rf1 = 9,96m \text{ y } D = 23,34m$$

Se puede concluir que el enlace funcionará bien, debido a que existe línea de vista entre Chispas y Manta, cumple con la condición $D > Rf1$, para este caso $D=23,34 > Rf1=9,96$. Se garantiza que el obstáculo más evidente no obstruye el paso de la primera zona de fresnel del lóbulo de radiación del enlace.

A continuación se procederá a introducir los datos en el programa LINK PLANNER para constatar que es posible el enlace, y tener los resultados para la instalación.

En figura 3.22 se puede ver que existe una línea de vista clara entre Chispas y Manta, se configuro cada extremo del enlace (Chipas y Manta) con los parámetros correspondientes a cada sitio, y se puede observar claramente que no existen obstrucciones.

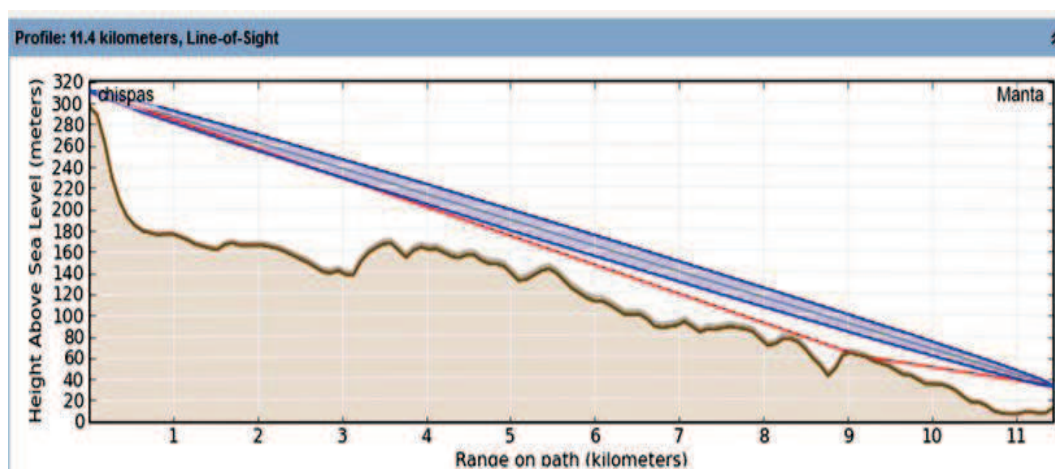


Figura 3.22.- Perfil topográfico del enlace entre Chipas y Manta. Referencia: (Software PTP LINK Planner).

A continuación en la tabla 3.22 se presenta los datos más importantes obtenidos del software Link Planner:

Parámetro	Sitio	
	Chipas	Manta
Azimut	3,88°	183,88°
Ángulo de elevación de antena	-1,4°	1,4°
Ancho de banda del canal	15Mhz	15MHz
Tipo de cable	Coaxial LMR600	Coaxial LMR600
Potencia de transmisión máxima	27dB	27dB
Potencia esperada de llegada	De -64dBm +/- 5dB mientras se alinea	De -64dBm +/- 5dB mientras se alinea
Perdidas esperadas por enlace	129,0dB +/- 5,00dB	129,0dB +/- 5,00dB

Tabla 3.22.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.

El presupuesto del enlace entre Cayambe y Lumbaqui se resume en la siguiente tabla 3.23.

Datos	Elementos	Valores
Distancia =11,44 Km Frecuencia = 5,8 GHz	Salida del transmisor	23 dBm
	Cables y conectores	-7 dB
	Antena transmisora	33 dBi
	L	-109dB
	Antena receptora	33 dBi
	Cables y conectores	-7 dB
	Sensibilidad del receptor	-82 dBm
	Total:(MARGEN)	48 dB

Tabla 3.23.- Resumen de los valores calculados en el enlace Cayambe y Lumbaqui.

Se puede concluir que el enlace es excelente, según los cálculos realizados, la simulación en el programa Link Planner y el presupuesto de enlace, por ende se puede proceder a realizar la instalación.

La información de este enlace llegará al Instituto Geofísico por medio de fibra óptica.

3.2.1.3.2.-Enlace Cerro 507 – Hierba Buena

Cerro 507 – Hierba Buena		
Distancia total del enlace dT=94,164 km	Altura	
	Cerro 507	Hierba Buena
	455,3 msnm	3669,6 msnm

Tabla 3.24.- Datos de los puntos de enlace

Se realiza el mismo procedimiento de cálculo de radio enlace del primer ejemplo y se obtienen los siguientes resultados:

$$Rf1 = 2,165m \text{ y } D = 27,007m$$

Se puede concluir que el enlace funcionará bien, debido a que existe línea de vista entre Cerro 507 y Hierba Buena, cumple con la condición $D > Rf1$, para este caso $D=27,007 > Rf1=2,165$. Se garantiza que el obstáculo más evidente no obstruye el paso de la primera zona de fresnel del lóbulo de radiación del enlace.

Ingresamos las coordenadas de los dos sitios antes mencionados y se procede a trabajar en el software LINK PLANNER.

En la figura 3.23 se observa los datos que fueron ingresados en el enlace y el resultado del enlace entre estos dos sitios.

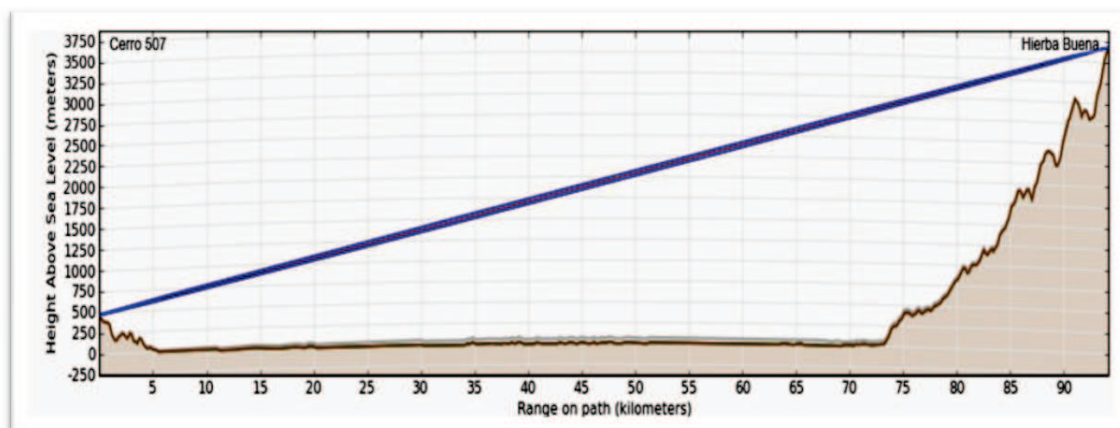


Figura 3.23.- Perfil topográfico del enlace entre Cerro 507 y Hierba Buena. Referencia: (Software PTP LINK Planner).

A continuación en la tabla 3.25 se presenta los datos más importantes obtenidos del software Link Planner:

Parámetro	Sitio	
	Cerro 507	Hierba Buena
Azimut	138,76°	318,74°
Ángulo de elevación de antena	1,6°	-2,3°
Ancho de banda del canal	15MHz	15MHz
Tipo de cable	Coaxial LMR600	Coaxial LMR600
Potencia de transmisión máxima	27dB	27dB
Potencia esperada de llegada	De -84dBm +/- 5dB mientras se alinea	De -84dBm +/- 5dB mientras se alinea
Perdidas esperadas por enlace	147,79dB +/- 5,00dB	147,79dB +/- 5,00dB

Tabla 3.25.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.

El presupuesto del enlace entre Cerro 507 y Hierba Buena se resume en la siguiente tabla 3.26.

Datos	Elementos	Valores
Distancia =94,16 Km Frecuencia = 5,8 GHz	Salida del transmisor	23 dBm
	Cables y conectores	-7 dB
	Antena transmisora	33 dBi
	L	-147dB
	Antena receptora	33 dBi
	Cables y conectores	-7 dB
	Sensibilidad del receptor	-82 dBm
	Total:(MARGEN)	10dB

Tabla 3.26.- Resumen de los valores calculados en el enlace Cerro 507 y Hierba Buena.

Se puede concluir que el enlace es bueno, según los cálculos realizados, la simulación en el programa Link Planner y el presupuesto de enlace, por ende se puede proceder a realizar la instalación.

3.2.1.3.3.-Enlace Cerro 507 - Capadia

Cerro 507 – Capadia		
Distancia total del enlace dT=140,951 km	Altura	
	Cerro 507	Capadia
	455,3 msnm	4337,6 msnm

Tabla 3.27.- Datos de los puntos de enlace.

Se realiza el mismo procedimiento de cálculo del radio enlace del primer ejemplo y se obtienen los siguientes resultados:

$$Rf1 = 2,165m \text{ y } D = 9,881m$$

Se puede concluir que el enlace funcionará bien, debido a que existe línea de vista entre Cerro 507 y Capadia, cumple con la condición $D > Rf1$, para este caso $D=9,881 > Rf1=2,165$. Se garantiza que el obstáculo más evidente no obstruye el paso de la primera zona de fresnel del lóbulo de radiación del enlace.

Este enlace nos ayudará a unir la región costa con la región central de la red nacional de voz digital.

En la figura 3.24 se visualizará si el enlace es factible entre estos dos sitios según el programa Link Planner.

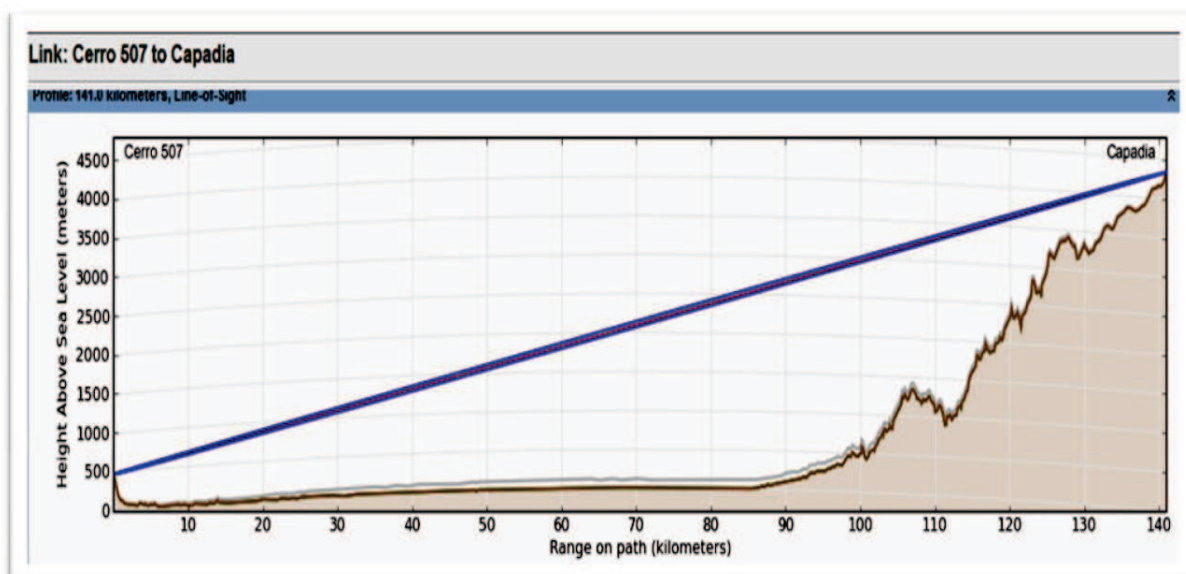


Figura 3.24.- Perfil topográfico del enlace entre Cerro 507 y Capadia. Referencia: (Software PTP LINK Planner).

Se puede ver claramente que existe una buena línea de vista entre los sitios, Cerro 507 y Capadia, no existe ningún obstáculo en la trayectoria de la señal de microonda. A continuación en la tabla 3.28 se presenta los datos más importantes obtenidos del software Link Planner:

Parámetro	Sitio	
	Cerro 507	Capadia
Azimut	55,66°	235,62°
Ángulo de elevación de antena	1,1°	-2,1°
Ancho de banda del canal	15MHz	15MHz
Tipo de cable	Coaxial LMR600	Coaxial LMR600
Potencia de transmisión máxima	27dB	27dB
Potencia esperada de llegada	De -88dBm +/- 5dB mientras se alinea	De -88dBm +/- 5dB mientras se alinea
Perdidas esperadas por enlace	151,50dB +/- 5,00dB	151,50dB +/- 5,00dB

Tabla 3.28.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.

El presupuesto del enlace entre Cerro 507 y Capadia se resume en la siguiente tabla 3.29.

Datos	Elementos	Valores
Distancia =140,95 Km Frecuencia = 5,8 GHz	Salida del transmisor	23 dBm
	Cables y conectores	-7 dB
	Antena transmisora	33 dBi
	L	-150 dB
	Antena receptora	33 dBi
	Cables y conectores	-7 dB
	Sensibilidad del receptor	-82 dBm
	Total:(MARGEN)	7 dB

Tabla 3.29.- Resumen de los valores calculados en el enlace Cerro 507 y Capadia.

En la práctica este valor puede variar y mejorar, ya que no se está usando el valor máximo de potencia de transmisión y valor máximo de ganancia de antena.

Se puede concluir que el enlace es bueno, según los cálculos realizados, la simulación en el programa Link Planner y el presupuesto de enlace, por ende se puede proceder a realizar la instalación.

Con este enlace se termina los cálculos y las simulaciones de la zona costa, el siguiente enlace que se calculará es el que unirá la red de la región costa con la región sierra.

3.2.1.3.4.-Enlace Capadia – Pilisurco

Capadia - Pilisurco		
Distancia total del enlace dT=43,302 km	Altura	
	Capadia	Pilisurco
	4337,6 msnm	4306,0 msnm

Tabla 3.30.- Datos de los puntos de enlace.

Se realiza el mismo procedimiento de cálculo de radio enlace del primer ejemplo y se obtienen los siguientes resultados:

$$Rf1 = 11,63m \text{ y } D = 15,88m$$

Se puede concluir que el enlace funcionará bien, debido a que existe línea de vista entre Capadia y Pilisurco, cumple con la condición $D > Rf1$, para este caso $D=15,88 > Rf1=11,63$. Se garantiza que el obstáculo más evidente no obstruye el paso de la primera zona de fresnel del lóbulo de radiación del enlace.

Este enlace fue diseñado para unir la región costa con la región sierra.

En la figura 3.25 se visualizara si el enlace es factible entre estos dos sitios según el programa Link Planner.

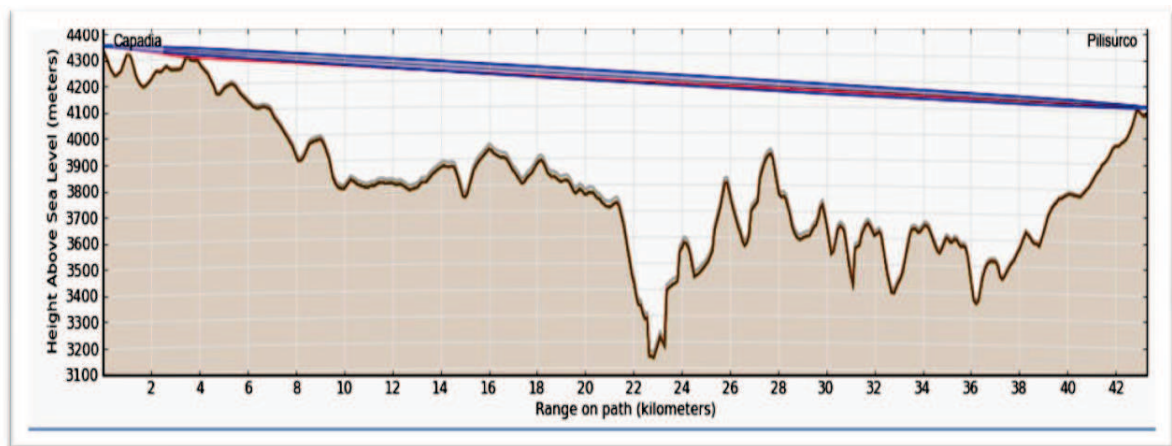


Figura 3.25.- Perfil topográfico del enlace entre Capadia y Pilisurco. Referencia: (Software PTP LINK Planner).

Como se puede ver en la figura 3.26, existe cierta obstrucción en la simulación, el enlace no es muy eficiente como se desea, pero en la práctica puede ser que esta obstrucción no pueda causar molestias en el flujo de datos, por lo que se debe ir a estos dos sitios y hacer pruebas para verificar el funcionamiento de este enlace.

A continuación en la tabla 3.31 se presentan los datos más importantes obtenidos del software Link Planner:

Parámetro	Sitio	
	Capadia	Pilisurco
Azimut	44,54°	224,53°
Ángulo de elevación de antena	-0,5°	0,2°
Ancho de banda del canal	15Mhz	15Mhz
Tipo de cable	Coaxial LMR600	Coaxial LMR600
Potencia de transmisión máxima	27dB	27dB
Potencia esperada de llegada	De -79dBm +/- 5dB mientras se alinea	De -79dBm +/- 5dB mientras se alinea
Perdidas esperadas por enlace	140,60 +/- 5,00dB	140,60 +/- 5,00dB

Tabla 3.31.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.

El presupuesto del enlace entre Capadia y Pilisurco se resume en la siguiente tabla 3.32.

Datos	Elementos	Valores
Distancia =43,30 Km Frecuencia = 5,8 GHz	Salida del transmisor	23 dBm
	Cables y conectores	-7 dB
	Antena transmisora	33 dBi
	L	-140 dB
	Antena receptora	33 dBi
	Cables y conectores	-7 dB
	Sensibilidad del receptor	-82 dBm
	Total:(MARGEN)	17 dB

Tabla 3.32.- Resumen de los valores calculados en el enlace Capadia y Pilisurco.

Se puede concluir que el enlace es bueno, según los cálculos realizados, el programa Link Planner y el presupuesto de enlace, por lo que se puede proceder a realizar la instalación.

3.2.1.3.5.-Enlace Gatazo – Atacazo

Gatazo - Atacazo		
Distancia total del enlace dT=184,457 km	Altura	
	Gatazo	Atacazo
	245,8 msnm	4307,0 msnm

Tabla 3.33.- Datos de los puntos de enlace.

Se realiza el mismo procedimiento de cálculo del radio enlace del primer ejemplo y se obtienen los siguientes resultados:

$$Rf1 = 3,062m \text{ y } D = -51,35m$$

Este enlace no cumple con la condición $D > Rf1$, para este caso $D = -51,35 < Rf1 = 3,062$, el valor negativo del despeje significa que está por encima de la línea recta trazada entre Gatazo y Atacazo, y por lo tanto según los cálculos no se garantiza el paso del 60% de la primera zona de fresnel.

Este enlace está pensado para cubrir la costa norte del país, además con este enlace se terminará toda la estructura de la red de voz del Instituto Geofísico.

Procedemos a introducir los datos en el programa LINK PLANNER de los dos sitios escogidos para el enlace, para poder observar los resultados de la simulación.

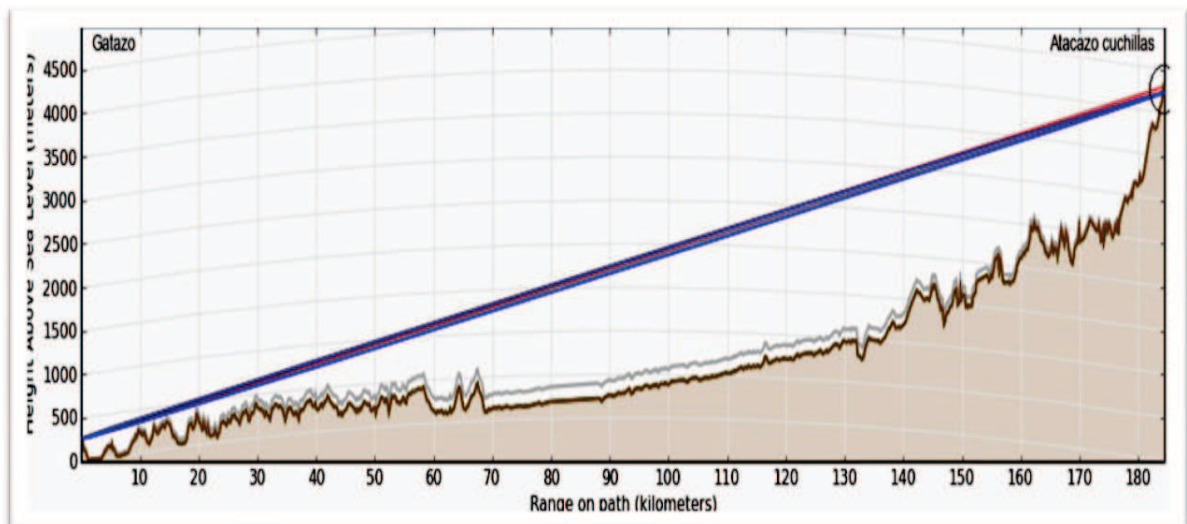


Figura 3.26.- Perfil topográfico del enlace entre Gatazo y Atacazo. Referencia: (Software PTP LINK Planner).

Como se puede observar en la figura 3.26 hay una leve obstrucción que no permite sea posible el enlace, en la figura 3.27 se puede visualizar la altura y a que distancia se encuentra el obstáculo.

Range (km)	Terrain height (m)	Obstruction height (m)
182.568	3836.0	0.0
182.658	3823.5	0.0
182.747	3807.4	0.0
182.837	3807.5	0.0
182.927	3815.4	0.0
183.017	3830.1	0.0
183.107	3839.0	0.0
183.197	3870.2	0.0
183.287	3908.6	0.0
183.377	3959.9	0.0
183.467	4004.1	0.0
183.557	4035.4	0.0
183.647	4052.6	0.0
183.737	4080.7	0.0
183.827	4112.9	0.0
183.917	4149.0	0.0
184.007	4200.2	0.0
184.097	4260.8	0.0
184.187	4306.1	0.0
184.277	4307.0	0.0
184.367	4277.1	0.0
184.457	4237.6	0.0

Figura 3.27.- Tabla de valores del perfil de enlace. Referencia: (Software PTP LINK Planner).

Según el programa LINK PLANNER la obstrucción se encuentra a 184,277km, se puede verificar en la gráfica de la figura 3,28 que éste, es el punto más alto, y no permite el paso de la primera zona de fresnel.

Se puede concluir según el programa Link Planner que el enlace no es posible, ya que no existe línea de vista directa entre Gatazo y Atacazo.

Se recomienda mover la antena de Atacazo Cuchillas al punto de coordenadas (Latitud; 00:20:43,4S y Longitud; 78:37:37,1W). Se realiza el mismo procedimiento de cálculo de radio enlace del primer ejemplo y se obtienen los siguientes resultados:

$$Rf1 = 25,37m \text{ y } D = 186,27m$$

Se puede concluir que al mover la antena a las coordenadas antes mencionadas, este funcionará bien, debido a que existe línea de vista entre Gatazo y Atacazo,

cumple con la condición $D > Rf_1$, para este caso $D=186,27 > Rf_1=25,37$. Se garantiza que el obstáculo más evidente no obstruye el paso de la primera zona de fresnel del lóbulo de radiación del enlace.

En la figura 3.28 se visualizará que el enlace es factible entre estos dos sitios al mover las coordenadas de la antena en Atacazo según el programa Link Planner.

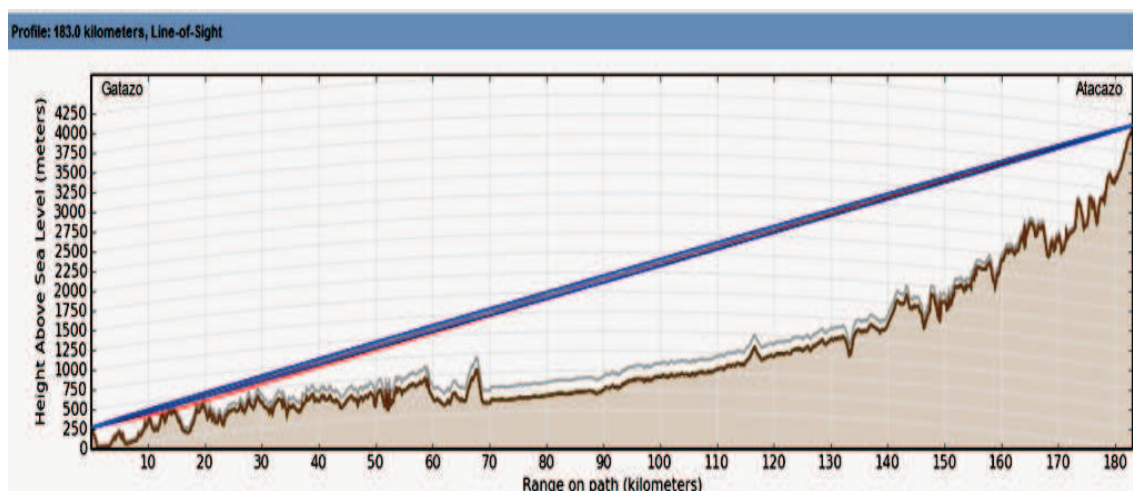


Figura 3.28.- Perfil topográfico del enlace entre Gatazo y Atacazo con coordenadas recomendadas. Referencia: (Software PTP LINK Planner).

A continuación en la tabla 3.34 se presenta los datos más importantes obtenidos del software Link Planner:

Parámetro	Sitio	
	Gatazo	Atacazo
Azimut	141,16°	321,17°
Ángulo de elevación de antena	0,6°	-1,8°
Ancho de banda del canal	15Mhz	15Mhz
Tipo de cable	Coaxial LMR600	Coaxial LMR600
Potencia de transmisión máxima	27dB	27dB
Potencia esperada de llegada	De -97dBm +/- 5dB mientras se alinea	De -97dBm +/- 5dB mientras se alinea
Perdidas esperadas por enlace	154,10 +/- 5,00dB	154,10 +/- 5,00dB

Tabla 3.34.- Resumen de datos para instalación de equipos de enlace.

El presupuesto del enlace entre Gatazo y Atacazo se lo realizó con el fin de resolver a futuro el problema del enlace y se resume en la siguiente tabla 3.35.

Datos	Elementos	Valores
Distancia = 184,82 Km Frecuencia = 5,8 GHz	Salida del transmisor	23 dBm
	Cables y conectores	-7 dB
	Antena transmisora	33 dBi
	L	-153 dB
	Antena receptora	33 dBi
	Cables y conectores	-7 dB
	Sensibilidad del receptor	-82 dBm
	Total:(MARGEN)	4 dB

Tabla 3.35.- Resumen de los valores calculados en el enlace Capadia y Pilisurco.

Este valor puede variar y mejorar, usando potencia máxima de transmisión y ganancia máxima de antena, para obtener un mayor margen.

En conclusión, el enlace es regular y antes de la instalación de los equipos de la red de voz, se debe realizar primero una visita técnica entre estos puntos y comprobar la factibilidad del enlace.

Con este enlace se ha concluido con los enlaces de la red de voz del Instituto Geofísico, como se pudo apreciar la red de voz se divide en tres zonas que son Sierra, Costa y Oriente y tienen enlaces extras los cuales unen a las regiones, estos enlaces son Capadia - Pilisurco, Gatazo – Atacazo, Lumbaqui – Cayambe.

A continuación en la tabla 3.36 se presenta un resumen con todos los enlaces de la red de voz.

Enlaces	Rf1(m)	D(m)	Margen(dB)	Condición del Enlace
Atacazo-Clirsen	13,8	223,89	20	muy bueno
Clirsen-Putzalahua	4,78	196,91	18	bueno
Putzalahua-Pilisurco	Red instalada por el instituto Geofísico			
Pilisurco-Loma Grande	Red instalada por el instituto Geofísico			
Cotacachi-Cayambe	11,34	84,2	16	bueno
Cayambe-Lumbaqui	8,58	9,48	12	bueno
Chispas-Manta	9,96	23,34	48	excelente
Cerro 507-Hierba Buena	2,165	27	10	bueno
Cerro 507-Capadia	2,16	9,881	7	bueno
Capadia-Pilisurco	11,63	15,88	17	bueno

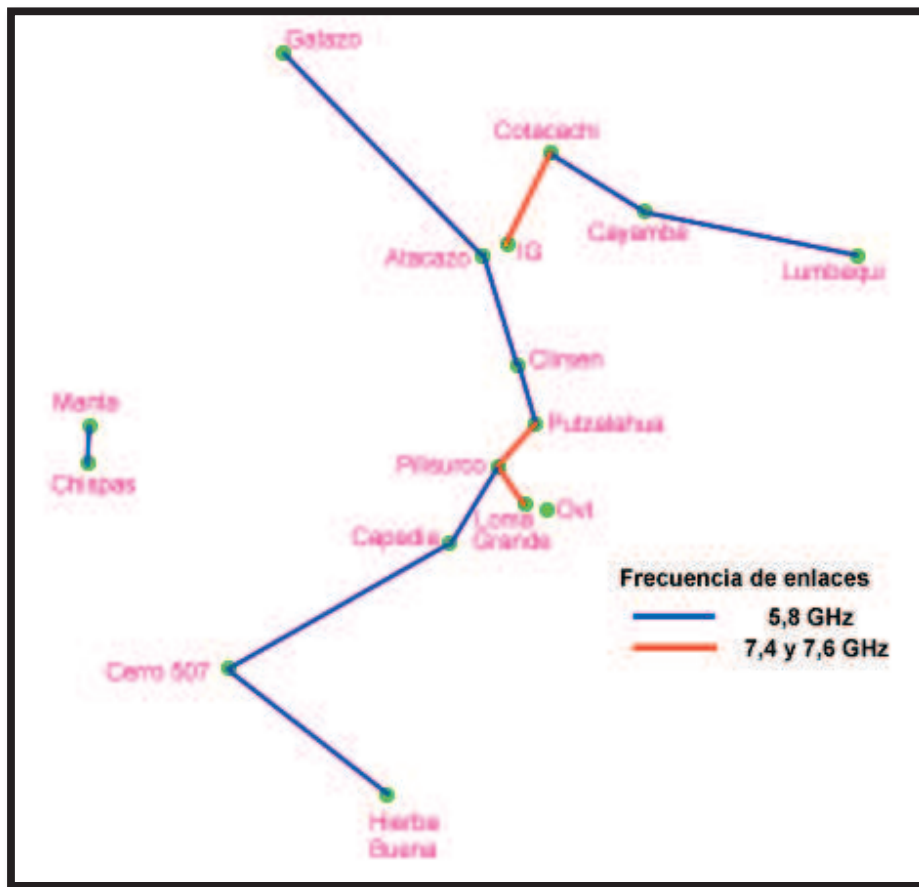


Figura 3.30.- Mapa de los enlaces incluyendo las frecuencias de las mismas.

A continuación se presentarán los equipos que se instalarán, incluye repetidoras y enlaces.

3.3.-ESTRUCTURA DE LA RED DE VOZ DEL INSTITUTO GEOFÍSICO

La red de voz del Instituto Geofísico está compuesta por varias repetidoras y puntos de enlace, anteriormente se identificaron cuales son las repetidoras, a continuación se identificarán los equipos que constituyen cada estación.

En la figura 3.31 se muestran los equipos que intervienen en un enlace con repetidor.

En este gráfico se puede apreciar claramente como se encuentra constituido un enlace y una repetidora, es un esquema completo de los elementos que intervienen en cada estación, ya que pueden existir varias combinaciones pero en esencia

El repetidor es el encargado de recibir la señal débil ó de bajo nivel y la retransmite en una potencia o nivel más alto.

El repetidor se conecta al duplexor mediante cable coaxial, este tiene la función de utilizar la misma antena para transmitir y recibir señales de manera simultánea, luego, la información es enviada o recibida por la antena de multidipolos doblados.

3.3.1.-CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE LA RED DE VOZ

A continuación se presentan las especificaciones técnicas de cada equipo a utilizarse.

Primero empezaremos por los elementos que conforman la repetidora:

3.3.1.1.-Antena Multidipolos

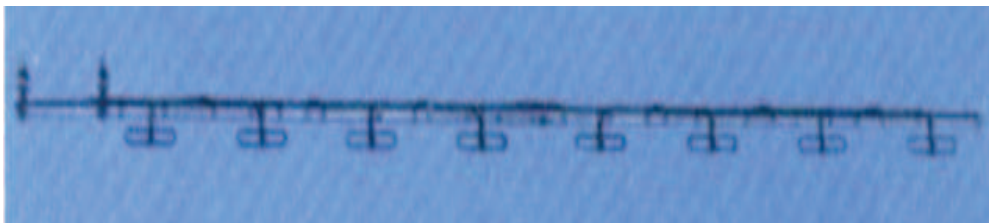


Figura 3.32.- Antena Multidipolos

La antena DB413 utiliza una matriz colineal de 8 dipolos plegados para proporcionar 12 dB de ganancia y un rendimiento constante en un amplio patrón de desplazamiento horizontal. Se monta en la parte superior o lateral de una torre o estructura.

Especificaciones Técnicas	
Rango de Frecuencia (Ancho de banda)	450-470 MHz
VSWR	≤ 1.5 hasta 1
Impedancia nominal	50Ω
Ganancia (más del dipolo de media onda)	12 dB
Maxima Potencia	250 W
Protección contra rayos	tierra directa

Tabla 3.37.- Especificaciones técnicas de la antena de multidipolos doblados de 8 pares.

3.3.1.2.-Duplexor



Figura 3.33.- Duplexor

Diseñado para operar en la banda de 406-512 MHz, es compacto de 4 cavidades, proporciona un rendimiento excelente, mientras que ahorra espacio valioso del rack. En 5 MHz de separación, esta unidad proporciona aislamiento de más de 75 dB con menos de 0,8 dB pérdida por inserción.

Especificaciones Técnicas	
Gama de frecuencias	406 a 512MHz
Entrada VSWR (máx)	Entre 1.5 y 1
Impedancia Ω	50
Entrada de energía media (máx)	350 W
Conectores	N-Hembra
Pérdida de inserción (máx)	Tx Ant dB a 0,8
Aislamiento (min)	75 dB

Tabla 3.38.- Especificaciones del duplexor.

3.3.1.3.-Repetidora



Figura 3.34.- Repetidor

Las características de la repetidora son las siguientes:

- Permite dos vías simultáneas de voz o datos en modo digital de Acceso múltiple por división de Tiempo (TDMA).
- Duplica el número de usuarios que pueden recibir servicio con un solo canal de 12.5 kHz con licencia.
- Integra voz y datos para aumentar la eficiencia operativa.
- Ciclo de servicio total continuo de 100% hasta 45W en VHF y 40W en UHF
- Fuente de alimentación integrada.
- Los LEDs indican claramente los modos de transmisión y recepción en ambos segmentos de canal, así como la operación en modo analógico y digital.
- Instalación estándar en bastidor. Kit para montaje en pared también disponible.
- Las manijas robustas hacen más fácil la instalación y el manejo del repetidor.
- Respaldo automatizado de batería disponible (la batería se vende por separado)
- Permite aplicaciones incluyendo Servicios de mensajes de texto MOTOTRBO y Servicios de localización MOTOTRBO (Localización y rastreo mediante GPS).

La solución MOTOTRBO es un sistema completo de radio de dos vías que incluye radios portátiles y móviles, repetidores, accesorios y aplicaciones.

MOTOTRBO es un protocolo de radio digital de Motorola, enfocado principalmente para empresas o industrias. Es un protocolo TDMA digital que soporta 2 conversaciones dentro de un canal de 12,5 kHz, MOTOTRBO es un protocolo propiedad de Motorola, lo que significa que otras marcas de radios no son compatibles con radios con funciones MOTOTRBO.

A continuación en la tabla 3.39 se muestra en las características de la repetidora:

Especificaciones	VHF	UHF	
		BAN 1	BAND 2
Número de canales	1		
Salida RF típica	1 - 25 W	1 - 25 W	1 - 40 W
	25 - 45 W	25 - 40 W	(1 - 25 W para 512 MHz)
Frecuencia	136 - 174 MHz	403 - 470 MHz	450 - 527 MHz
Dimensiones(AlxAnxProf)	132,6x482,6x296,5 mm		
Peso	14 Kg		
Consumo de Corriente: En Espera En transmisión	1 A 1 A DC (típica)		
	3,8 A 11 A DC típica		
Rango Operativo de temperatura	-30°C a +60°C		
Ciclo Máximo de trabajo	100%		

Tabla 3.39.- Características técnicas de la repetidora.

3.3.1.4.-Switch Ethernet de 5 puertos



Figura 3.35.- Switch Eternet.

El switch es un conmutador, diseñado específicamente para mejorar el rendimiento de la red mediante la eliminación de congestiones y los tráficos innecesarios en la red. Cada puerto del conmutador ofrece un ancho de banda dedicado y puede negociar velocidades de red entre 10/100Mbps así como modos half/full dúplex. La característica Plug-N-Play ofrece soluciones eficaces y de alto rendimiento. El principal uso es la interconexión de dos o más segmentos de red, pasando datos de un segmento a otro de acuerdo con la dirección MAC de destino de las tramas en la

red, esto se da debido a que el switch no examina la información simplemente la direcciona a un destino.

Características:

- 5 puertos RJ-45 Fast Ethernet de Auto-Negociación a 10/100Mbps.
- Compatible con los estándares IEEE 802.3 y IEEE 802.3u.
- Compatible con control de flujo IEEE 802.3x.
- Ofrece entradas de dirección MAC de 1K.
- Compatible con Windows, Linux, y los sistemas operativos de Mac.
- Método de conmutación de almacenamiento y reenvío.
- Arquitectura sin bloqueos.
- LEDs de diagnóstico.
- Plug & Play.

3.3.1.5.-ODU (Outdoor Unit) Unidad externa – Radio Transmisor



Figura 3.36.- ODU.

La ODU (Unidad externa) es un pequeño y ligero, transmisor-receptor que contiene los diferentes elementos de red (incluyendo las múltiples antenas y otros elementos necesarios para entrada y salida múltiple de información).

Goza de una carcasa especial que facilita la instalación y proporciona protección adicional contra una caída e inclemencias del tiempo. La carcasa es diseñada específicamente para mejorar la refrigeración y aumentar la rigidez sin aumentar peso extra al equipo, además viene con un auto-agarre el cual facilita la instalación.

El tamaño pequeño ODU y el peso ligero hacen que sea ideal para ambientes con restricciones de espacio.

Conectividad de la ODU:

El PTP 600 ODU (modelo de la serie PTP 600) permite una amplia gama de opciones de configuración así como en el manejo de interfaces.

- Doble Interfaz T1/E1 (modelo full-speed) y Single T1/E1 (modelo Lite).
- Alimentación a través de Ethernet Gigabit.

El sistema de un solo cable de configuración mejora la simplicidad de uso y reduce el costo del cable.

3.3.1.6.-PIDU (power indoor unit) Unidad de Poder Interna



Figura 3.37.- PIDU.

El Plus PIDU (Unidad de Poder Interna) genera la tensión de alimentación para la ODU de la red eléctrica (o de una fuente externa DC) e inyecta esta tensión de alimentación en la ODU.

El Plus PIDU está conectado a la ODU y el equipo de red mediante cable CAT5e con conectores RJ45.

Características:

Interfaz	Función
100-240V , 47-63Hz y 1,8 A	Entrada de red eléctrica de alimentación
DC	Alternativa de alimentación de CC de entrada
Salida de CC	Potencia DC de salida a una segunda PIDU. Se utiliza para proporcionar redundancia de suministro de energía.
ODU	Conector RJ45 para conectar el cable Cat 5e para ODU
LAN	Conector RJ45 para conectar el cable Cat 5e a la red
Recuperación	Se utiliza para recuperar la unidad de errores de configuración.

Tabla 3.40.- Características del PIDU.

3.3.1.7.-Antena Parabólica



Figura 3.38.- Antena parabólica.

Para los diferentes enlaces se utiliza antenas de polarización doble, que están diseñados para trabajar y cumplir con los requisitos de la banda de 5 GHz que son las bandas no licenciadas.

CARACTERÍSTICAS

- Diseño liviano y resistente
- Fácilmente instalable
- Clase de conexión: conector tipo "N" hembra
- El color Standard es blanco: otros colores están disponibles
- El radom (recubrimiento de la antena) viene incluido en este modelos
- Consta de doble polaridad

Características Técnicas	
Antena Tipo	Parabólica PX3F-52
Banda de frecuencia	5,25 a 5,85 GHz
Ganancia	Baja 32,3 dBi
	Medio 33 dBi
	Alta 33,3 dBi
3dB para ancho de haz en grados es:	3.8
Cruce Disco Polar.	30 dB

Tabla 3.41.- Características de antena parabólica.

3.3.1.8.-APS (Advanced Power System) Sistema de alimentación Avanzado



Figura 3.39.- APS a utilizarse en las distintas estaciones.

El inversor de CC a CA, modelo APS750 de la empresa Tripp Lite con transferencia automática de línea a batería y sistema de carga integrado sirve como UPS de funcionamiento ampliado, fuente de alimentación independiente o inversor automotriz.

Características:

- Compatibilidad de frecuencia 60 Hz
- 750 Watts de salida
- 750 vatios de salida continua
- Capacidad de salida máxima (watts) 1500
- Salida de tensión nominal de 120
- Tensión de salida:
 - TENSIÓN DE LÍNEA (CA): Mantiene una salida nominal de 120V de onda sinusoidal de la fuente de alimentación de línea.
 - TENSIÓN DEL INVERSOR (CA): Mantiene una onda sinusoidal PWM de voltaje de salida de 120 V CA (+ / -5%).
- Tensión de entrada:
 - Servicio eléctrico ENTRADA DE CC: Requiere una entrada de 12V CC capaz de suministrar 7,2A para la duración requerida (cuando se usa su capacidad completa continua - los requisitos de CC aumentan durante la operación Over-Power y Double-Boost.
 - ENTRADA DE CA: 15A 120V AC (recomendado).

3.3.1.9.-Cargador de batería SAMLEX

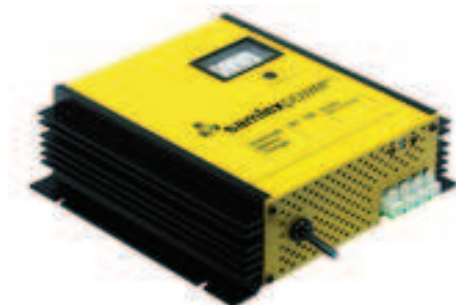


Figura 3.40.- Cargador automático de batería SAMLEX.

Samlex es un cargador de baterías, controlado por un microprocesador, que funciona como un conmutador que cambia el voltaje de entrada de CA a tensión de salida DC.

El modelo SEC-1215A funcionará también como una fuente de alimentación con batería. El tipo de batería que utiliza puede ser de gel o de agua.

Especificaciones:

- Dimensiones: 8,5 x 8,4 x 3,3 cm.
- Peso: 4.8 g.
- Voltaje de CA: 120/230 VCA 50/60 Hz.
- Corriente de salida: 15,0 A.
- Float: 13,5 VDC.
- Temperatura: 0 a 40 ° C.

Características:

- Voltaje de entrada seleccionable.
- Seleccionable para GEL.
- Seleccionable - Batería con Carga.
- Protección contra cortocircuito.
- Protección contra polaridad invertida.
- Protección Térmica.
- Modo Float Verdadero.
- Amperímetro.

Los equipos detallados anteriormente, son los que se han seleccionado para la instalación en las diferentes repetidoras o enlaces, por sus diferentes características y su fácil adquisición en el mercado, además de que estos equipos son los más comunes en este tipo de diseño de red con microondas.

3.3.2.2.-Estaciones con dos puntos de enlace

En el siguiente listado, aparecerán las estaciones que contienen los equipos de la figura 3.42:

- Cayambe
- Clirsen
- Capadia

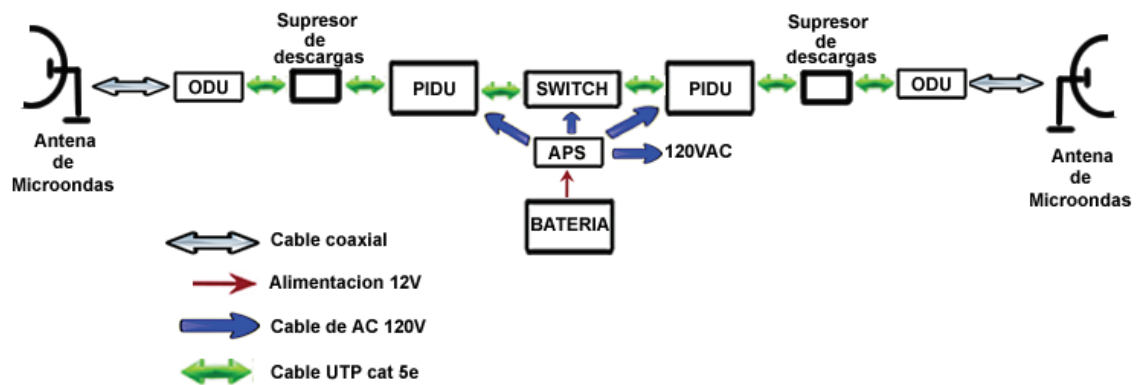


Figura 3.42.- Figura de un punto de enlace sin repetidora.

Estas estaciones se encuentran constituidos por dos enlaces, no se tiene repetidora por ende solo permite el flujo de información proveniente de los distintos sitios con los que se encuentren enlazados.

3.3.2.3.-Estaciones con dos puntos de enlace y un repetidor

En el siguiente listado, aparecerán las estaciones que contienen los equipos mostrados en la figura 3.43.

- Atacazo
- Cerro 507

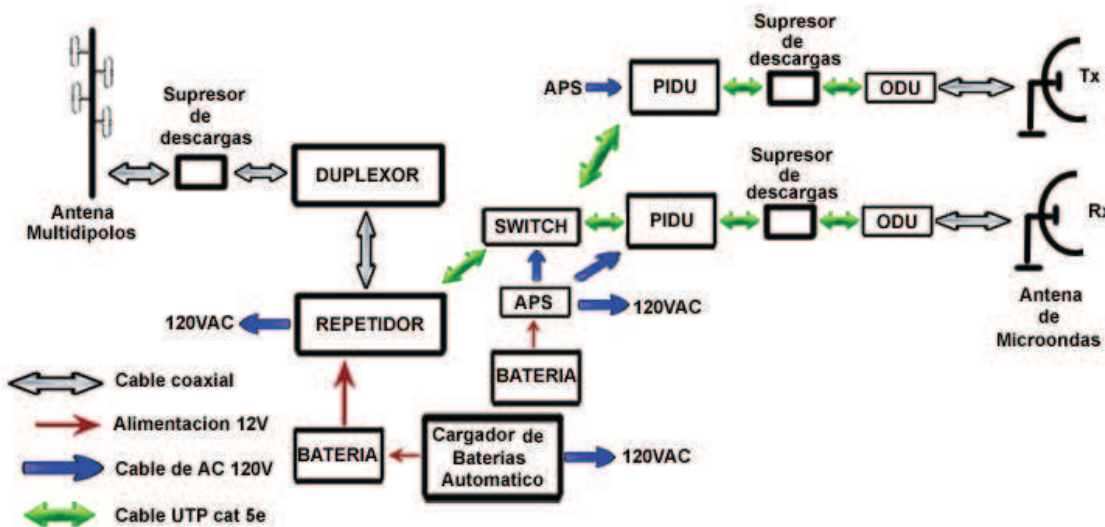


Figura 3.43.- Figura repetidor con dos antenas de enlace.

Estas dos estaciones se encuentran constituidas por dos enlaces y también tienen repetidora, por ende permitirá el flujo de información proveniente de los distintos sitios con los que se encuentren enlazados y brindará cobertura de red de voz.

3.3.2.4.-Estación con un Repetidor con enlace existente

En la estación Loma Grande se tienen los equipos que se muestran en la figura 3.44.

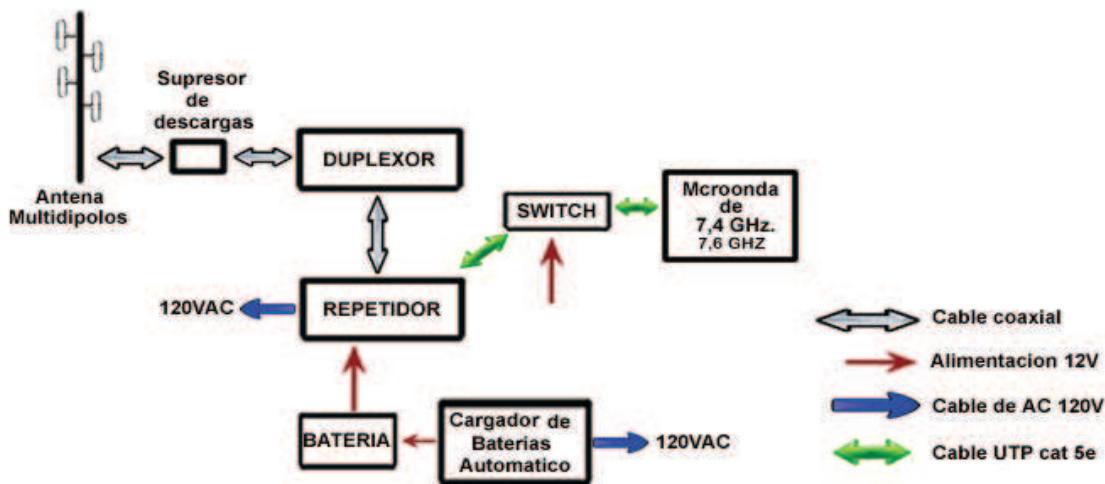


Figura 3.44.- Diagrama de una repetidora de la red de voz.

Esta estación presenta una repetidora y no requiere enlace, debido a que en este sitio existe la red de microondas de 7,4 - 7,6 GHz que se encuentra enlazada con la estación Putzalahua.

3.3.2.5.-Estación con punto de enlace y enlace existente

En la figura 3.45 nos muestran los equipos instalados en la estación Putzalahua.

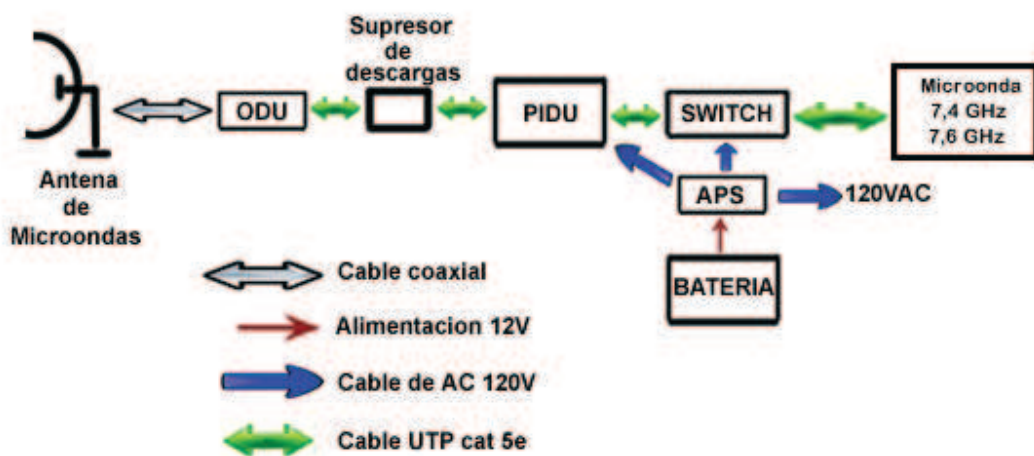


Figura 3.45.- Punto final de enlace de 5,8MHz unido a la red de microonda existente.

En la estación Putzalahua se encuentra constituido por; un enlace de 5,8 MHz y el enlace existente de 7,4 – 7,6 GHz de la red de microondas del Instituto Geofísico, al no existir repetidora esta estación solo permitirá el flujo de información proveniente de los otros enlaces.

3.3.2.6.-Estación con repetidor y fibra óptica

En la figura 3.46 se muestran los equipos a instalarse en la estación Manta (transelectric).

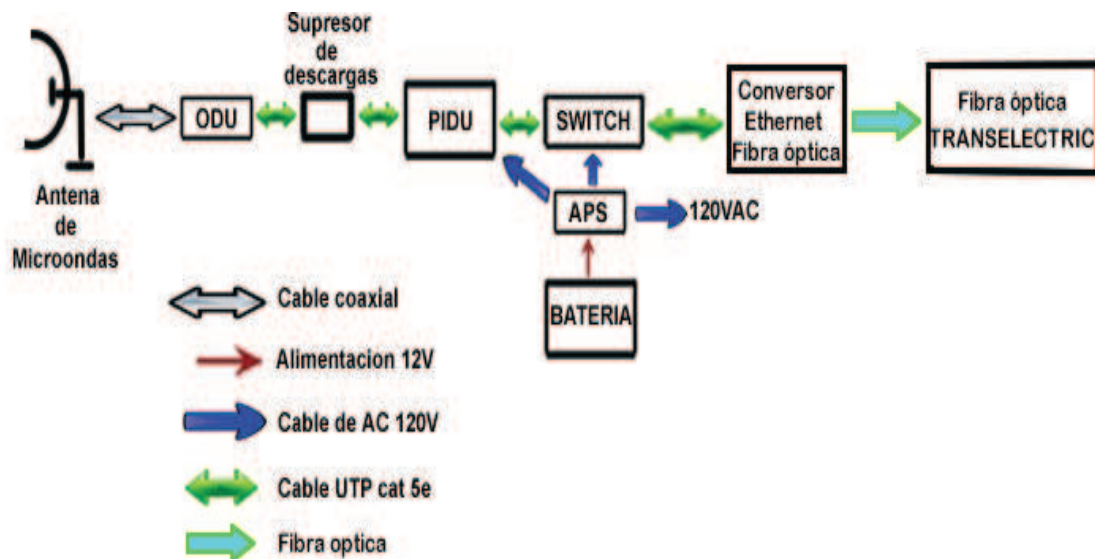


Figura 3.46.- Se muestran los equipos que se encuentran en la estación Chispas.

En la estación Manta (transelectric) se encuentra la recepción de la repetidora Chispas, está conformada por un enlace de 5,8 GHz y luego los datos pasan a un conversor de Ethernet a fibra óptica, para que la información pueda ser enviada hacia el Instituto Geofísico por este medio.

En la tabla que se muestra a continuación se da un resumen de cómo va a quedar constituidas las estaciones:

Estacion	Tipo de instalacion
Atacazo	Enlace-Enlace-Repetidora
Clirsén	Enlace-Enlace
Putzalahua	Enlace-Enlace existente
Pilisurco	Repetidor-Enlace
Loma Grande	Reptidor-Enlace existente
Capadia	Enlace-Enlace
Cerro 507	Enlace-Enlace-Repetidora
Hierba Buena	Repetidor-Enlace
Lumbaqui	Repetidor-Enlace
Cayambe	Enlace-Enlace
Cotacachi	Repetidor-Enlace
Gatazo	Repetidor-Enlace

Estacion	Tipo de instalacion
Manta	Enlace-Fibra óptica
Chispas	Repetidor-Enlace

Tabla 3.42.- Características de antena parabólica.

En el capítulo tres se ha concluido con el estudio para la implementación de la red de voz para el Instituto Geofísico, en el siguiente capítulo se verá como se realizan las diferentes pruebas y la instalación de equipo de la red de voz, además se presentará el costo de los equipos y el costo adicional de instalación para la implementación del presente proyecto.

CAPÍTULO 4

En este capítulo se mostrará, la instalación del equipamiento utilizado en la red digital de voz, así como las pruebas realizadas de cobertura en diferentes zonas del país donde según el análisis técnico realizado, existe cobertura de la red de voz.

4.1.-ESTACIONES INSTALADAS

La red digital de voz abarca tres zonas, como se mencionó en el capítulo anterior, por la importancia del Volcán Tungurahua y otros volcanes es necesario realizar la instalación en primer lugar en la zona sierra.

4.1.1.- ZONA SIERRA

4.1.1.1.-Atacazo Cuchillas

La estación Atacazo consta de un repetidor y un enlace hacia Clirsen. Ver figura 4.1 y 4.2.



Figura 4.1.- Repetidor y enlace instalado en Atacazo Cuchillas.



Figura 4.2.- Antena de 8 dipolos y antena microondas de enlace. Estación Atacazo Cuchillas.

Instalación del enlace de datos Atacazo-Clirsen. Los equipos instalados en la caseta de la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos son los siguientes (Ver tabla 4.1):

CANT.	DESCRIPCION	SERIE:
1	PTP500 LITE MASTER con fuente de poder (PIDU)MOTOROLA	224JLW1132(ODU)
1	Antena ANDDDREW 2 pies dual polarizada	08DESA0227552
1	LPU MOTOROLA (protección)	20080011024630
1	Soporte en U	
1	Kit dew cable completo de 45 metros de cable de red UTP CAT 5 para exteriores	
1	Rack de pared de 1,20 metros	
1	Bandeja de 19"	
1	Regulador de voltaje TORK	
1	APS TRIPLITE	
1	Cargador de baterías	
1	Switch DLINK ETHERNET con cable	
1	Barra de tierra	

1	Varilla de tierra; cable de tierra
1	Un metro de cadena y un candado
1	Patch Cord
3	Baterías

Tabla 4.1.- Los equipos descritos se encuentran instalados y operativos como RADIO ENLACE ATACAZO hacia CLIRSEN

El repetidor instalado en Atacazo se encuentra compuesto de (Ver tabla 4.2):

CANT.	DESCRIPCION.	SERIE:
1	Repetidor DGR6175 UHF 40W 450-527MHz MOTOROLA	484TLUG854
1	Duplexor Q3220E 4 cavidades UHF SINCLAIR	CC00042424-2-3
1	Antena de 8 dipolos UHF a frecuencia de trabajo con 2 brazos de sujeción.	
1	Kit de cables compuesto de cable 9913 y juego de conectores	
1	Protectores sobre tensiones, con barra de tierra y varilla	

Tabla 4.2.- Equipos instalados en el repetidor de Atacazo.

La repetidora se encuentra en funcionamiento al igual que el enlace hacia El Clirsen en las cuchillas del cerro Atacazo.

4.1.1.2.-Clirsen

Consta de dos enlaces uno dirigido hacia Atacazo y el otro hacia Putzalahua ver figura 4.3 (equipo interno) y figura 4.4 (equipo externo).



Figura 4.3.- Enlace instalado en la estación Clirsen.



Figura 4.4- Antenas de los enlaces, una hacia el Atacazo y la otra dirigida a Putzalahua.

Equipos instalados en Clirsen, el enlace se encuentra compuesto de: Ver tabla 4.3.

CANT.	DESCRIPCION.	SERIE:
1	Antena de 2' Parabólica Dual Polarizada	08DESA0220207
1	Antena de 2' Parabólica Dual Polarizada	08DESA0220206
1	PTP500 SLAVE	224JLW1123
1	PTP500 SLAVE	224JLW1134
1	LPU y KIT PTP 300/500 protector de línea	S20101157744
1	LPU y KIT PTP 300/500 protector de línea	S20101157243
1	APS 750 TRIPP LITE	9925FY0AP689900208
4	Baterías libre de mantenimiento	
1	Rack de pared	
1	Regulador de voltaje	
1	Kit de cable para exteriores categoría E5	
1	Barra de tierra	
1	Varrilla de tierra	
1	Switch de red D-LINK	
1	Cortapicos	

Tabla 4.3.- Los equipos descritos quedan instalados y operativos en CLIRSEN.

4.1.1.3.-Putzalahua

Costa de un enlace dirigido hacia El Clirsen.



Figura 4.5.- Equipos instalados en la estación Putzalahua.



Figura 4.6.- Antena dirigida hacia Clirsen.

Instalación de enlace Putzalahua-Clirsen, los equipos que se encuentran en Putzalahua son los siguientes: Ver tabla 4.4.

CANT.	DESCRIPCION	SERIE:
1	Radio PTP500 LITE MASTER	224JLW1126(ODU)
1	Antena ANDDREW 2 pies dual polarizada	08DESA02270204
1	LPU MOTOROLA (protección)6/12	200903028850
1	APS TRIPLITE	508500232
1	Rack de pared de 1,20 metros	
1	Bandeja de 19"x20cm	
1	Regulador de voltaje TORK	
1	Cargador de baterías	
1	Switch DLINK ETHERNET con cable	

1	Barra de tierra
1	Varilla de tierra; cable de tierra
1	Kit de cable UTP cat 5 para exteriores
1	Patch Cord
2	Baterías

Tabla 4.4.- Los equipos descritos quedan instalados y operativos como RADIO ENLACE PUTZALAHUA hacia Clirsen

4.1.1.4.-Pilisurco

La estación Pilisurco consta de un enlace dirigido hacia Capadia y un repetidor (ver figura 4.7 y 4.8).



Figura 4.7.- Equipos instalados en la estación Pilisurco.



Figura 4.8.- Antena de 8 dipolos y del enlace hacia Capadia.

En la tabla 4.5 se listan los equipos instalados para el enlace Pilisurco-Capadia en el Cerro Pilisurco, compuesto de:

CANT.	DESCRIPCION.	SERIE:
1	PTP 500 Master MOTOROLA	224JLW1114
1	Antena PX2F-52-N7A ANDREW	08DESA0220208
1	LPU MOTOROLA (protección)6/12	20101157070
1	APS	9949AYOAP810600134
40	Metros de cable UTP CAT 5 para exteriores	
1	Fuente de poder PIDU Motorola para PTP 500	
1	Bandeja pequeña para Rack	

Tabla 4.5.- Equipos instalados en el Cerro Pilisurco.

El repetidor instalado en Pilisurco se encuentra compuesto de: ver tabla 4.6.

CANT.	DESCRIPCION.	SERIE:
1	Repetidor DGR6175 UHF 40W 450-527MHz MOTOROLA	484TLN0250
1	Duplexor Q3220E 4 cavidades UHF SINCLAIR	CC00051688-1-8
1	Antena de 8 dipolos UHF a frecuencia de trabajo con 2 brazos de sujeción.	
1	Kit de cables compuesto de cable 9913 30 metros y juego de conectores	
1	Protectores sobre tensiones, con barra de tierra y varilla	
3	Baterías libre de mantenimiento 12/100	

1	Bandeja 19"
1	Cargador SAMLEX
1	Rack de piso
1	Regulador de voltaje
1	Kit de cable para exteriores categoría E5
1	Barra de tierra
1	Switch de red D-LINK ETHERNET con cable
1	Cortapicos

Tabla 4.6.- Equipos instalados en el repetidor de Pilisurco.

Los equipos están instalados y operativos en el cerro Pilisurco

4.1.1.5.-Loma Grande

La estación Loma Grande tiene una repetidora ver figura 4.9 y 4.10.



Figura 4.9.- Equipos instalados en Loma Grande.



Figura 4.10.- Antena de 8 dipolos de la repetidora. Estación Loma Grande.

El repetidor instalado en Loma Grande se encuentra compuesto de: ver tabla 4.7.

CANT.	DESCRIPCION.	SERIE:
1	Repetidor DGR6175 UHF 40W 450-527MHz MOTOROLA	484TLU6846
1	Duplexor Q3220E 4 cavidades UHF SINCLAIR	CC00045219-2-1
1	Antena de 8 dipolos UHF a frecuencia de trabajo con 2 brazos de sujeción.	
1	Kit de cables compuesto de cable 9913 30 metros y juego de conectores	
1	Protectores sobre tensiones, con barra de tierra y varilla	
2	Baterías libre de mantenimiento 12/100	
1	Controlador de carga SUMPOWER	
1	Cargador SAMLEX	R08031-1032-0041
1	Rack de piso de 1m 20cm	
1	APS 750 TRIPP LITE	950IDY0AP508500231

Tabla 4.7.- Equipos instalados en Loma Grande.

Una de las necesidades primordiales del Instituto Geofísico es mantener la comunicación con el observatorio del volcán Tungurahua (OVT) en la provincia del Tungurahua; por esta razón se coloca una estación base en este sitio.

4.1.1.6.-OVT

En el OVT se encuentra instalado un radio base y consta de: Ver tabla 4.8.

CANT.	DESCRIPCION.	SERIE:
1	Radio DGM6100 UHF 25W sin GPS 160CH 450-527 MOTOROLA	038TJN1114
	Incluye: Micrófono, cable DC, Bracket y manual de usuario	
1	Antena de 4 dipolos UHF a frecuencias de trabajo, 1 tubo mástil de 6Mx1 1/2	
1	Kit de cables compuesto de cable 9913 30 metros y juego de conectores	
1	Fuente de poder de 13,8V	
1	Radio DGM6150 4W con GPS 160CH 450-527 MOTOROLA	037TLWJ332
	Cada equipo incluye: Cargador , batería, Clip, antena y manual de usuario	

Tabla 4.8.- Equipos instalados en OVT.

Estos equipos quedan instalados y operativos en la estación Guadalupe

4.1.2.-ZONA ORIENTE

La zona oriental de la red de voz consta de tres estaciones, por dos repetidoras y un enlace que se describe a continuación.

4.1.2.1.-Lumbaqui

La estación Lumbaqui consta de una repetidora y un enlace dirigido hacia Cayambe, ver figuras 4.11 y 4.12.



Figura 4.11.- Equipos instalados en la estación Lumbaqui.

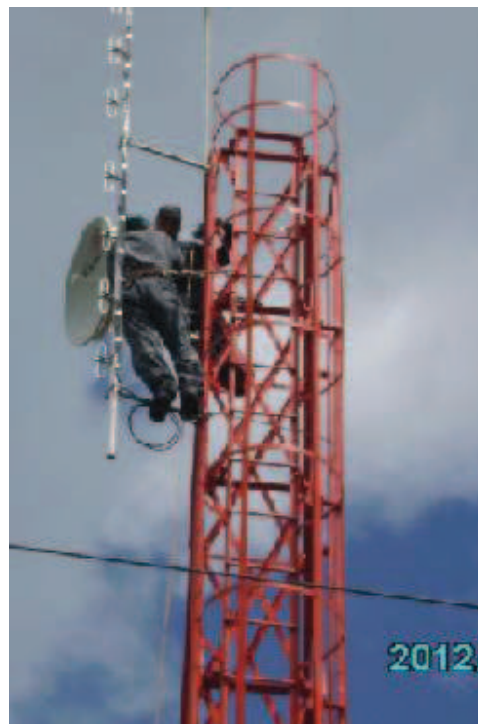


Figura 4.12.- Antena de 8 dipolos y antena de microondas dirigido hacia la estación Cayambe.

El repetidor instalado en Lumbaqui se encuentra compuesto de: ver tabla 4.9.

CANT.	DESCRIPCION.	SERIE:
1	Repetidor DGR6175 UHF 40W 450-527MHz MOTOROLA	484TLU6849
1	Duplexor Q3220E 4 cavidades UHF SINCLAIR	CC00045219-2-5
1	Antena de 8 dipolos UHF a frecuencia de trabajo con 2 brazos de sujeción.	
1	Kit de cables compuesto de cable 9913 25 metros y juego de conectores	
1	Protectores de línea PolyPhaser, con barra de tierra y varilla	
4	Baterías libre de mantenimiento 12/100 MOTOREX	
1	Brazo Fijo para antena parabólica de 2 pies	
1	Cargador de batería SEC 1215A SAMLEX	R08031-1108-0084
1	Rack de piso de 1,20 metros.	
1	Regulador de voltaje marca TORK 750 VA	
1	Cortapicos	

Tabla 4.9.- Equipos instalados en Lumbaqui.

Los equipos descritos quedan instalados y operativos en Cerro Lumbaqui.

La instalación del enlace Lumbaqui-Cayambe está compuesto de: ver tabla 4.10.

CANT.	DESCRIPCION.	SERIE:
1	PTP 500 Slave MOTOROLA	224JML093
1	Antena parabólica dual polarizada de 3 pies RADIO WAVES	160157
1	LPU MOTOROLA (protección)6/12	S20111184479
1	APS	9949AYOAP810600186
25	Metros de cable UTP CAT 5 para exteriores	
1	Switch TP link de 5 puertos 10/100MBPS	
1	Bandeja pequeña para Rack	

Tabla 4.10.- Equipos instalados en Lumbaqui.

Los equipos descritos quedan instalados y operativos en la estación Lumbaqui.

4.1.2.2.-Cayambe

La estación Cayambe está compuesta de dos enlaces de datos el uno dirigido hacia Lumbaqui y el otro hacia Cotacachi.

El enlace en la estación Cayambe se encuentra compuesto por:

CANT.	DESCRIPCION.	SERIE:
1	Antena 38942 HPD2-5.2NS 2 Pies RADIO WAVES	
1	PTP500 SLAVE	224JML0195
1	PTP500 SLAVE	224JLW1136
1	LPU y KIT PTP 300/500 protector de línea	20111185269
1	LPU y KIT PTP 300/500 protector de línea	20111081886
1	APS 750 TRIPP LITE	9949AYOAP810600124
4	Baterias libre de mantenimiento 100A/H	
1	Regulador de voltaje THORK	
1	Switch 8 Puertos 10/100	
1	Antena de 3 pies 159894 HPD3-5.2NS	

Tabla 4.11.- Equipos instalados en Cayambe.

Los equipos descritos quedan instalados y operativos en Cerro Cayambe.

4.1.2.3.-Cotacachi

En la figura 4.13 y 4.14 se puede observar los equipos instalados en la estación Cotacachi consta de un enlace y una repetidora.



Figura 4.13.- Equipos instalados en la estación Cotacachi.



Figura 4.14.- Antena de 8 dipolos y antena de microondas dirigida hacia Cayambe.

El enlace Cotacachi-Cayambe instalado en el Cotacachi está compuesto de:

CANT.	DESCRIPCION.	SERIE:
1	PTP 500 Slave MOTOROLA	224JLW1137
1	Antena de 2 pies polarizada dual RADIO WAVES	101876-2
1	LPU MOTOROLA (protección)	S20111185298
1	Brazo para instalación de antena en torre	
36	Metros de cable UTP CAT 5 para exteriores	
1	Fuente de poder PIDU Motorola para PTP 500	
2	Baterías 100A/H	
1	Rack de pared	
1	APS	9501DYOAP508500240
1	Switch de red D'LINK de 8 puertos 100Mbps	

Tabla 4.12.- Equipos instalados en Cotacachi.

En la tabla 4.13 se describen los equipos instalados en el repetidor Cotacachi:

CANT.	DESCRIPCION.	SERIE:
1	Repetidor DGR6175 UHF 40W 450-527MHz MOTOROLA	484TLU6843
1	Duplexor Q3220E 4 cavidades UHF SINCLAIR	CC42424-2-5
1	Antena de 8 dipolos UHF a frecuencia de trabajo con 2 brazos de sujeción.	
1	Kit de cables compuesto de cable 9913 25 metros y juego de conectores	
1	Protectores sobre tensiones, con barra de tierra y varilla	
1	Baterías libre de mantenimiento 12/100 MOTOREX	
1	Cargador de batería SEC 1215A SAMLEX	R08031-1013-0090
1	Rack de piso de 1,20 metros.	
1	Regulador de voltaje marca TORK 750 VA	
1	Cortapicos	

Tabla 4.13.- Equipos en el repetidor en Cotacachi.

Los equipos descritos quedan instalados y operativos en Cotacachi.

Con la instalación de las tres estaciones antes mencionadas se ha finalizado la zona oriental.

4.1.3.-ZONA COSTA

En la zona costa están instaladas dos repetidoras, tres enlaces y son :

4.1.3.1.-Chispas

La estación es una repetidora con enlace hacia Manta Transelectric, ver figura 4.15.

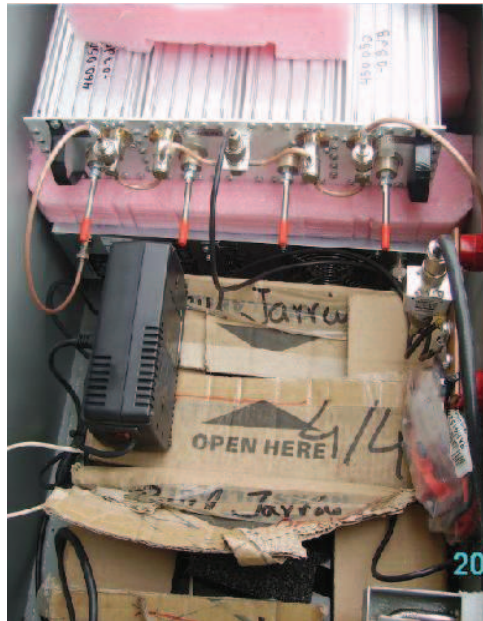


Figura 4.15.- Equipos instalados en la estación Chispas.

El repetidor instalado en Cerro Chispas está compuesto de los equipos descritos en la tabla 4.14:

CANT.	DESCRIPCION.	SERIE:
1	Repetidor DGR6175 UHF 40W 450-527MHz MOTOROLA	484TMC3062
1	Duplexor Q3220E 4 cavidades UHF SINCLAIR	CC00055436
1	Antena de 8 dipolos UHF a frecuencia de trabajo con 2 brazos de sujeción.	
1	Kit de cables compuesto de cable 9913 30 metros y juego de conectores	
1	Protectores sobre tensiones, con barra de tierra y varilla	
1	Regulador de voltaje TORK 750VA	
1	Extension de 3 metros	

Tabla 4.14.- Equipos instalados en el repetidor del Cerro Chispas.

Los equipos descritos quedan instalados y únicamente la repetidora en funcionamiento en la caseta PETROECUADOR del cerro Chispas. Esta estación queda incompleta por no poder instalar la antena de microondas de 5,8GHz debido a que los permisos aún se están tramitando con la SENATEL.

4.1.3.2.-Cerro B – 507

En la figura 4.16 se puede observar los equipos instalados en la estación Cerro B – 507.



Figura 4.16.- Equipos instalados en la estación Cerro B – 507.

La estación Cerro 507 está compuesta por un repetidor y un enlace dirigido hacia Pilisurco.

El repetidor y enlace instalados en el Cerro B 507 se encuentran compuestos de los equipos descritos en la tabla 4.15.

CANT.	DESCRIPCION.	SERIE:
1	Repetidor DGR6175 UHF 40W 450-527MHz MOTOROLA	484TLU6842
1	Duplexor Q3220E 4 cavidades UHF SINCLAIR	CC00051688-1-5
1	Antena de 8 dipolos UHF a frecuencia de trabajo con 2 brazos de sujeción.	
1	Kit de cables compuesto de cable BELDEN 9913 30 metros y juego de conectores	
1	Protectores sobre tensiones, con barra de tierra y varilla	
2	Baterias MOTOREX 12/100	
1	Bandeja grande	
1	Cortapicos	
1	Regulador de voltaje	

1	Brazo para antena de datos	
1	Cargador SAMLEX	R08031-1013-0209
1	Antena de plato de 2 pies ANDREW	08DESA0220205
1	Rack de piso de 1m 20cm	
1	APS 750 TRIPP LITE	9549AYOAP81600406

Tabla 4.15.- Equipos instalados en el Cerro B - 507

En la instalación de esta estación no se colocó la antena de microondas ya que no se cuenta con los permisos correspondientes para la colocación de este enlace y únicamente está en funcionamiento el repetidor al igual que en Chispas. La antena se dejó en la estación, para que superado el inconveniente, en una próxima visita se levante el enlace Cerro 507-Capadia.

4.1.3.3.-Capadia

En la estación Capadia se tiene el enlace con el Cerro 507 y Pilisurco, ver figura 4.17 y 4.18.



Figura 4.17.- Equipos instalados en la estación Capadia.



Figura 4.18.- Antena de microondas dirigida hacia Pilisurco y brazo de antena.

La instalación del enlace Pilisurco-Capadia, se encuentra compuesto de los equipos descritos en la tabla 4.16:

CANT.	DESCRIPCION.	SERIE:
1	PTP 500 Slave MOTOROLA	224JLW1115
1	Antena de 2 pies polarizada dual RADIO WAVES	101876-2
1	LPU MOTOROLA (protección)6/12	200811025003
1	Brazo para instalación de antena en torre	
50	Metros de cable UTP CAT 5 para exteriores	
1	Fuente de poder PIDU Motorola para PTP 500	
1	Bandeja para Rack	
1	Regulador de voltaje TORK 750 VA	
1	Switch de red D'LINK de 8 puertos	

Tabla 4.16.- Equipos instalados del enlace Pilisurco-Capadia.

Los equipos descritos quedan instalados y operativos en Cerro Capadia en torre de PETROECUADOR.

Cabe recalcar que no se colocó la antena de microonda del enlace Capadia-Cerro 507 debido a que el Cerro 507 no se encuentra instalado el enlace pero a futuro se realizará la instalación.

4.1.3.4.-Base Geofísico

Para la recepción de todas las repetidoras en el Instituto Geofísico se colocó dos radios bases, la una se encuentra instalada en la sala de registradores del Instituto mientras que la segunda en la sala de servidores, además se instaló un parlante en el área técnica, ver figura 4.19, 4.20 y 4.21.



Figura 4.19.- Radio base sala de registradores Instituto Geofísico.

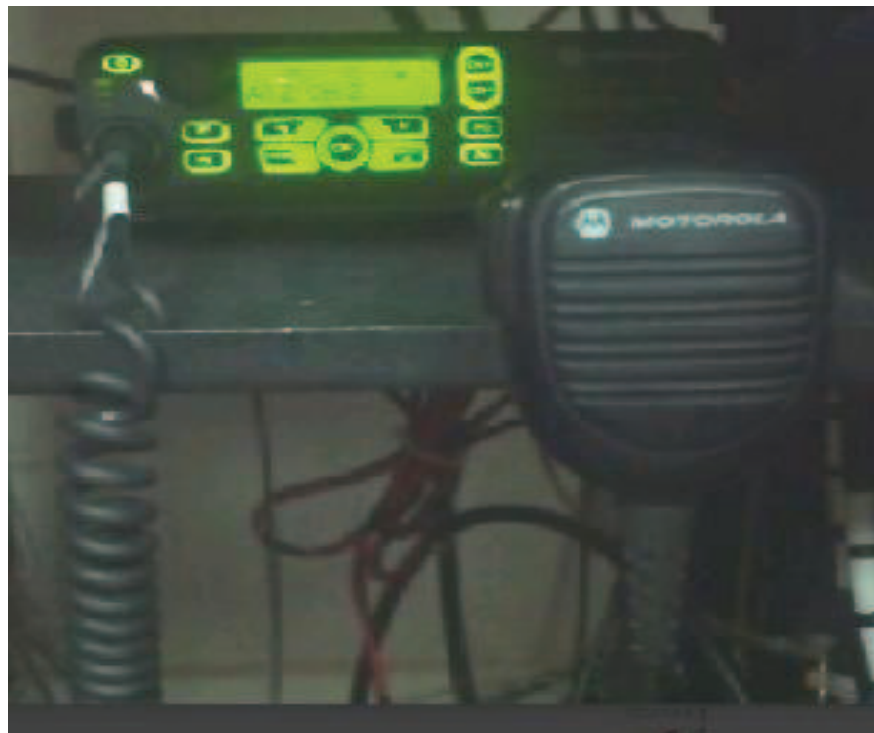


Figura 4.20.- Radio base sala de servidores. Instituto Geofísico.



Figura 4.21.- Antena multidipolos, Base Geofísico.

Los equipos instalados en Base están compuestos por: ver tabla 4.17.

CANT.	DESCRIPCION.	SERIE:
1	Radio DGM6100 UHF 25W sin GPS 160CH 450-527 MOTOROLA	038TJS2631
	Incluye: Micrófono, cable DC, Bracket y manual de usuario	
1	Antena de 4 dipolos UHF a frecuencias de trabajo con brazo fijo	
1	Kit de cables compuesto de cable 9913 55 metros y juego de conectores	
1	Fuente de poder de 13,8V	

Tabla 4.17.- Equipos instalados en la Base del Geofísico.

Los equipos quedan instalados y operativos en las oficinas en Quito del Instituto Geofísico.

Se ha finalizado con el proceso de las instalaciones, la red se encuentra incompleta en la zona costa, esto se debe principalmente a la falta de permisos en los distintos sitios para la colocación de los equipos.

Las estaciones que faltan instalar son las siguientes:

- Gatazo: Repetidora y enlace de datos hacia Atacado Cuchillas.
- Manta Transelectric: Enlace de datos de 5,8GHz.
- Cerro 507: Enlace hacia Capadia.
- Hierba buena: Repetidor y enlace hacia Cerro 507.

La parte central y oriental de la red de voz se encuentra totalmente concluida y en perfecto funcionamiento.

4.2.-PRUEBAS DE COBERTURA

Para realizar las pruebas de cobertura fue necesaria la instalación del Software MOTOTRBO SiteSurvey, este programa realiza la medición del RSSI¹² en distintos puntos GPS por medio de los radios Motorola 6150.

El programa MOTOTRBO SiteSurvey, es fácil de utilizar y los resultados de las pruebas se presentan en forma gráfica, por medio de colores se puede ver claramente el nivel de potencia de la señal en los puntos graficados.

Los pasos para visualizar los resultados son los siguientes:

1. Conectar el cable USB de Motorola entre el radio y un computador, en el computador se debe encontrar instalado el MOTOTRBO CPS y el MOTOTRBO SiteSurvey.

¹² RSSI: (Received Signal Strength Indicator) mide el nivel de potencia de las señales recibidas en las redes inalámbricas.

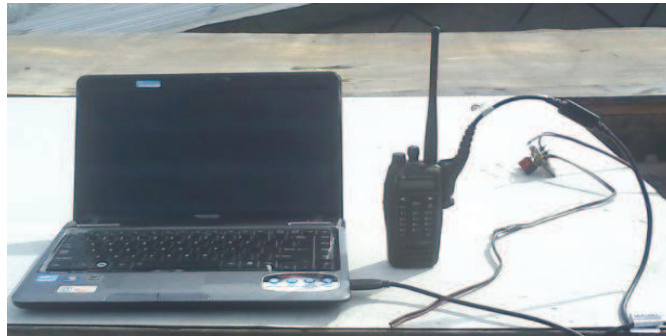


Figura 4.22.- Conexión entre radio y computador.

2. Ingresar al programa MOTOTRBO SiteSurvey, y completar las opciones que se muestran en la figura 4.23, estas son; el nombre del archivo, la carpeta donde se quiere guardar los datos y el formato que se desea, se puede escoger tres tipos de formatos KML¹³, GPX¹⁴, CSV¹⁵, de estas tres opciones se elige, KML que es el formato utilizado por Google Earth, para facilitar el gráfico de los datos recolectados por medio del radio Motorola 6150.

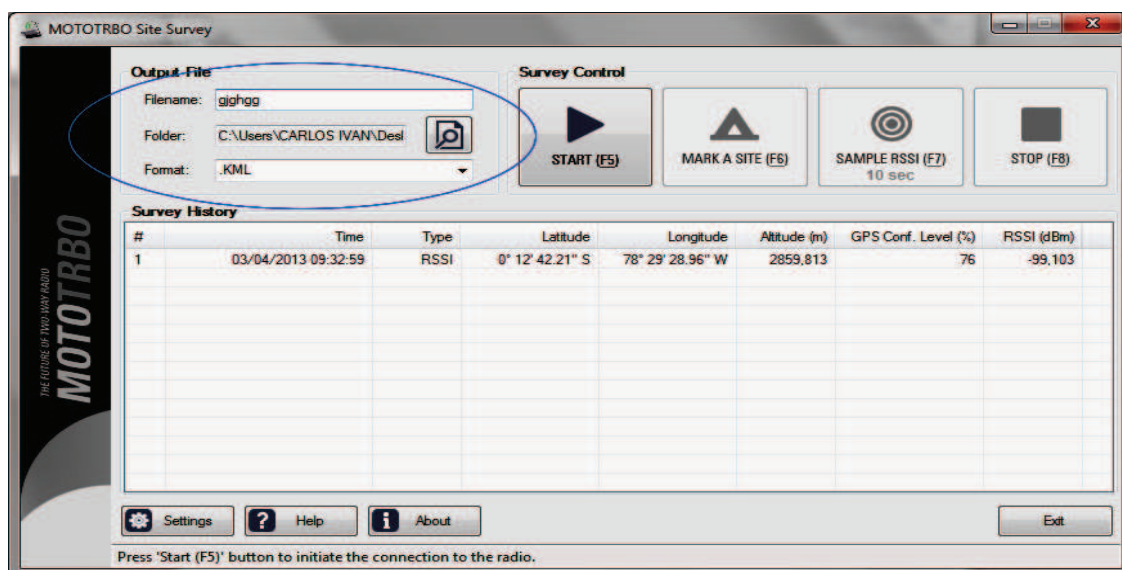


Figura 4.23.- Programa MOTOTRBO SiteSurvey.

¹³ KML: formato para representar datos geográficos en tres dimensiones.

¹⁴ GPX: formato pensado para transferir datos GPS entre aplicaciones. Se puede usar para describir puntos, recorridos, y rutas.

¹⁵ CSV: Es un tipo de documento en formato abierto sencillo para representar datos en forma de tabla.

- Como siguiente punto, se da clic en Settings y se elige los parámetros con los que se va a realizar los gráficos, en esta opción se debe colocar la dirección IP del radio con el que se va a realizar la prueba, el sistema de medida, el tipo de coordenadas, el tiempo de las muestras, y el color para el indicador de fuerza de señal de recepción o RSSI. Ver figura 4.24.

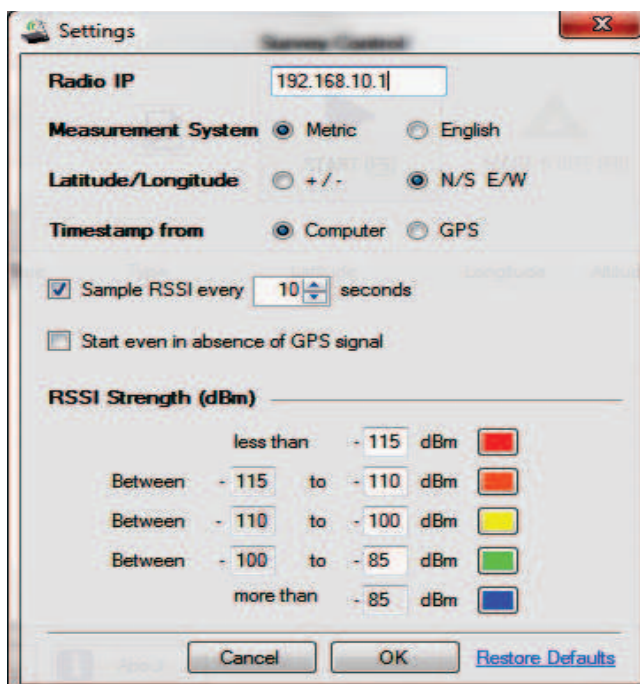


Figura 4.24.- Ventana de Settings del programa MOTOTRBO SiteSurvey.

- Para empezar la toma de datos, el radio Motorola 6150 debe estar en una zona abierta para que el GPS del equipo funcione ya que mide el RSSI en el punto GPS en el que se encuentre ese instante, luego se da clic en START y automáticamente empieza a trabajar el programa, comenzando a crear una tabla con valores tomados cada cierto intervalo de tiempo, cuando se quiere terminar con la adquisición de los valores de RSSI, se da clic en stop y los datos se guarda en la carpeta seleccionada.
- Para visualizar los datos de forma gráfica se ingresa a la siguiente página; <http://www.gpsvisualizer.com>, se escoge el archivo que se guardo anteriormente y se observan los resultados. Ver figura 4.25.



Figura 4.25.- Ventana, GPS Visualizer para obtención de gráficos.

6. Visualizar los resultados, se debe tener en cuenta que los resultados gráficos son tomados en distintos puntos GPS y depende del nivel de RSSI que presenta el radio en el momento que se toma la muestra, para el color de la señal como esta especificado en la figura 4.24.

4.2.1.-PRUEBAS REALIZADAS DE CAMPO

A continuación se muestran las figuras de las pruebas realizadas, con la ayuda del software MOTOTRBO SiteSurvey, los puntos marcados muestran la cobertura de la señal de microonda.



Figura 4.26.- Ventana con colores de nivel de señal.

Los valores de RSSI están representados por los colores descritos en la gráfica 4.26, y detallados de la siguiente forma:

- Azul para valores superiores a -85 dBm.
- Verde para valores entre -85 y -100 dBm.
- Amarillo para valores entre -100 y -110 dBm.
- Tomate para valores entre -110 y 115 dBm.
- Rojo para valores entre -115 dBm.

4.2.1.1.-Prueba Quito-Mitad del Mundo

Se realizó una prueba del software, entre Quito y la Mitad del Mundo, el software toma diferentes datos de GPS (tracks y waypoints, incluidos los archivos GPX) y crea mapas y perfiles de las rutas en coche, direcciones o coordenadas simples. Con esto podremos verificar la cobertura en los sitios por donde se realizará la prueba. Ver figura 4.27.

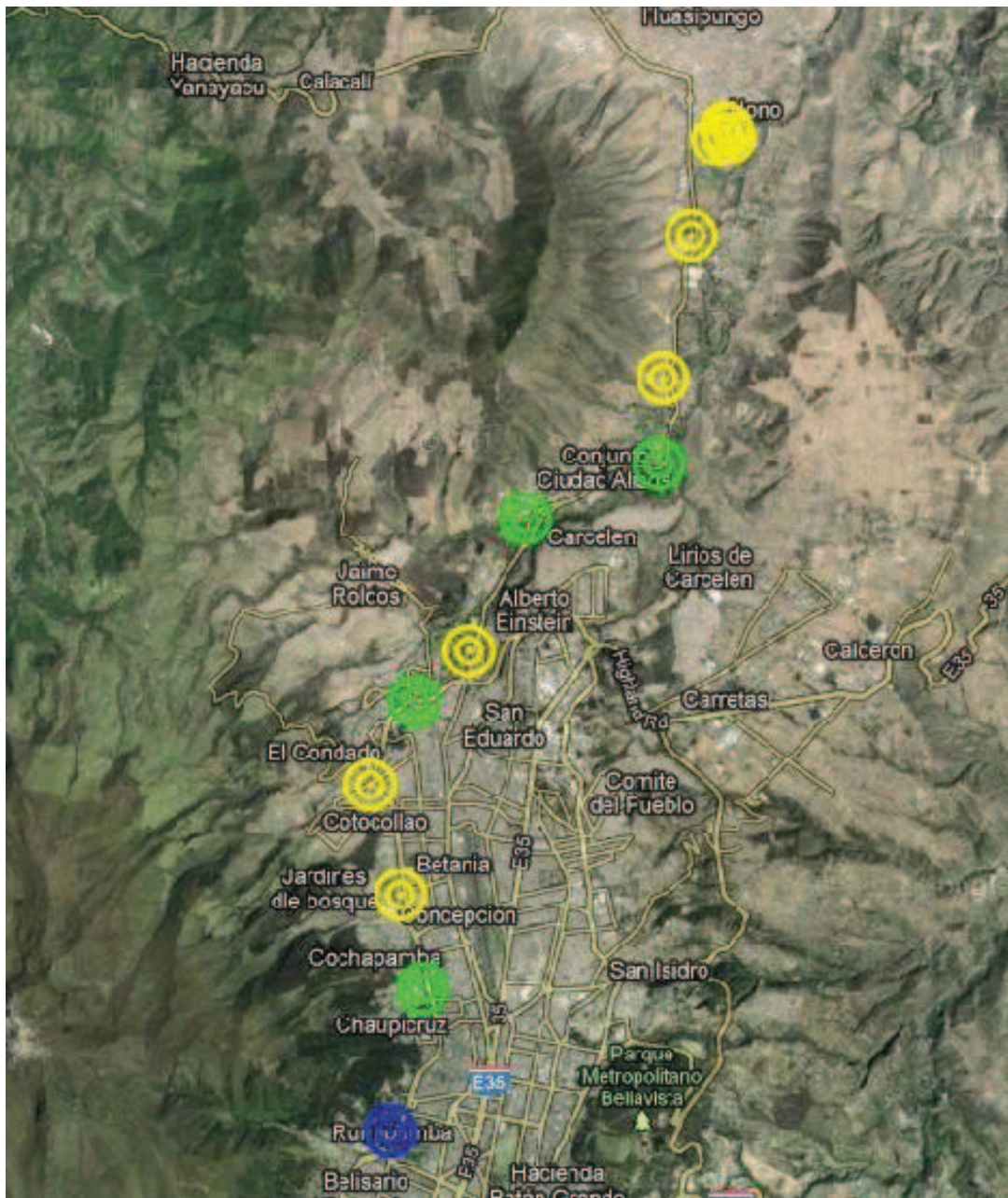


Figura 4.27.- Prueba Quito-Mitad del Mundo (www.gpsvisualizer.com).

4.2.1.2.-Pruebas Repetidora Atacazo

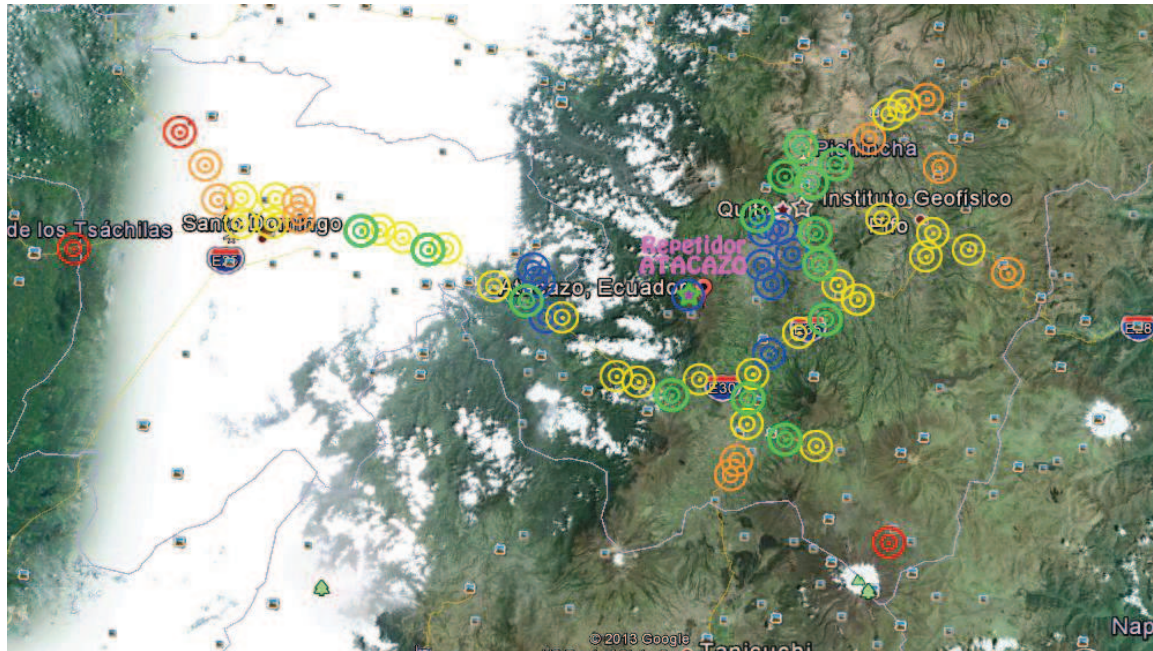


Figura 4.28.-Prueba Repetidora Atacazo (www.gpsvisualizer.com).

4.2.1.3.-Prueba Repetidor Pilisurco

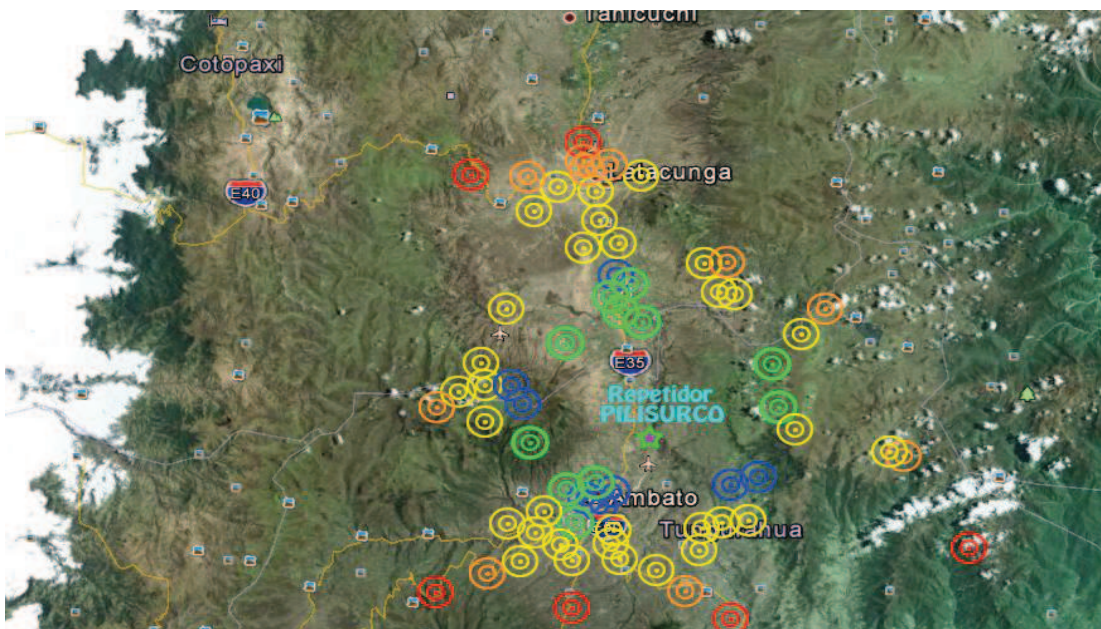


Figura 4.29.- Prueba Repetidora Pilisurco (www.gpsvisualizer.com).

4.2.1.4.-Prueba Repetidor Loma Grande

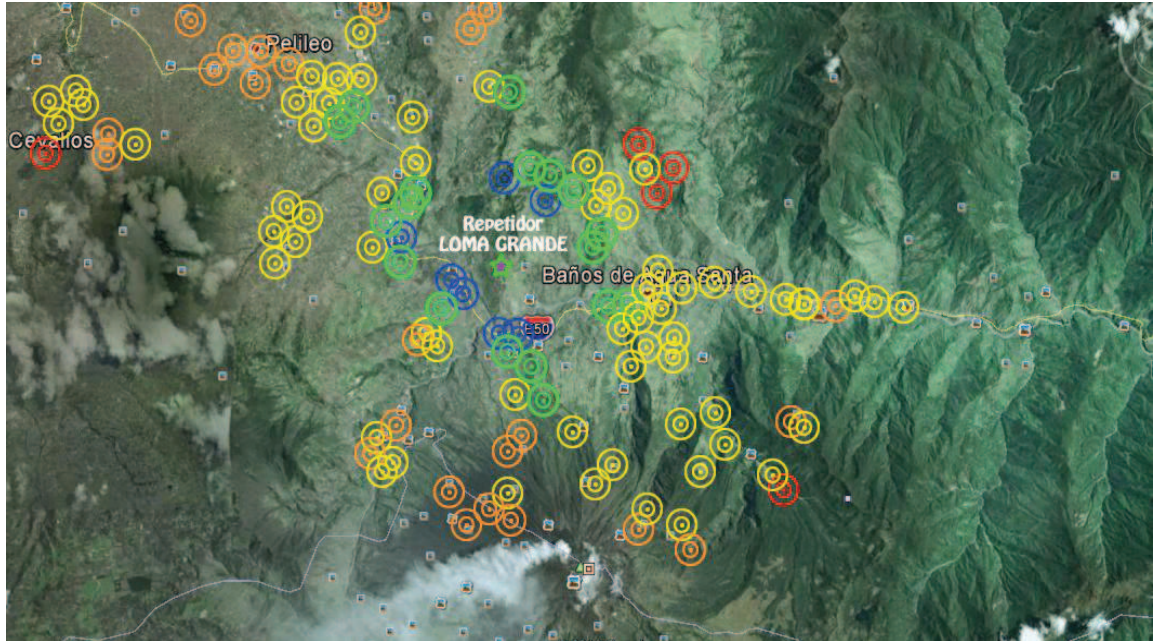


Figura 4.30.- Prueba Repetidora Loma Grande (www.gpsvisualizer.com).

4.2.1.5.-Prueba Repetidora Cotacachi

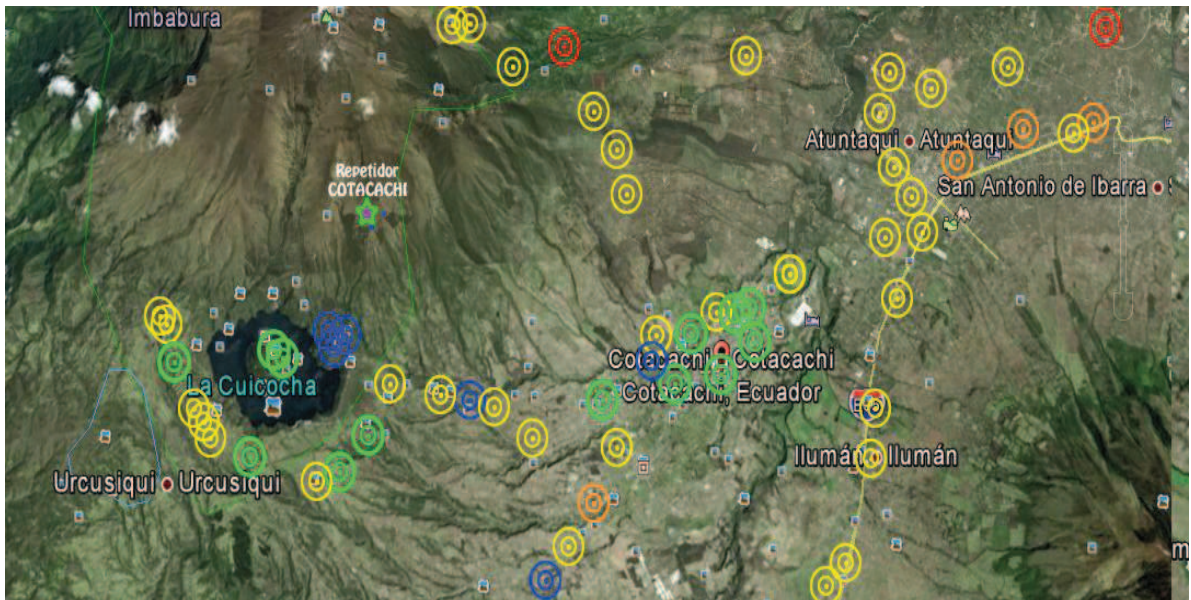


Figura 4.31.- Prueba Repetidora Cotacachi (www.gpsvisualizer.com).

4.2.1.6.-Pruebas Lumbaqui

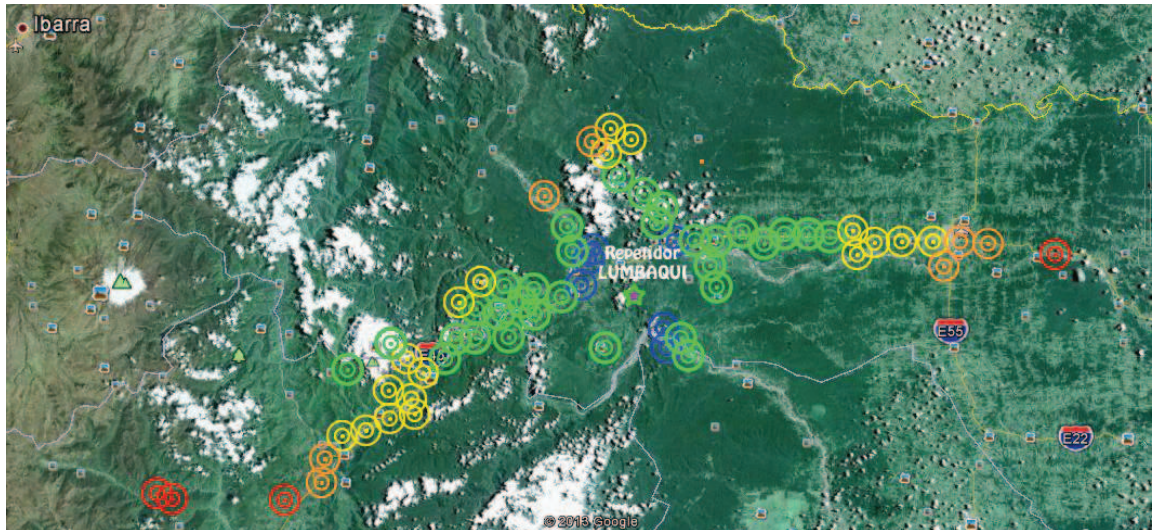


Figura 4.32.- Prueba Repetidora Lumbaqui (www.gpsvisualizer.com).

4.2.1.7.- Pruebas Repetidora Chispas

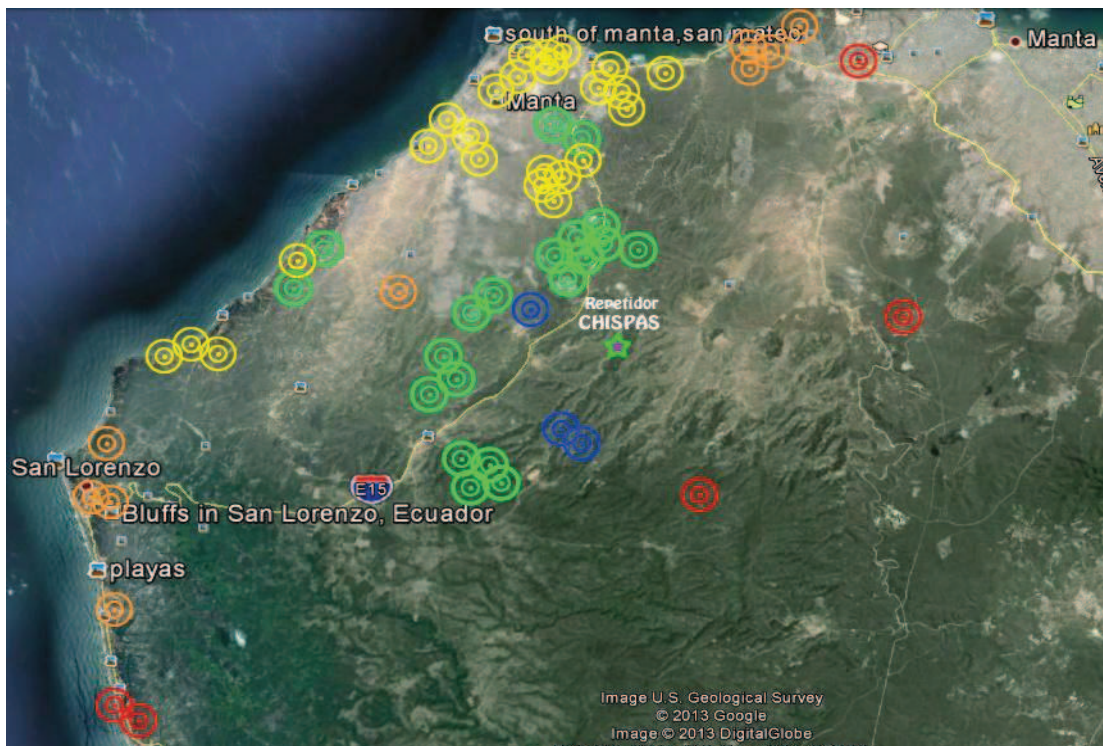


Figura 4.33.- Prueba Repetidora Chispas (www.gpsvisualizer.com).

4.2.1.7.-Pruebas sector norte

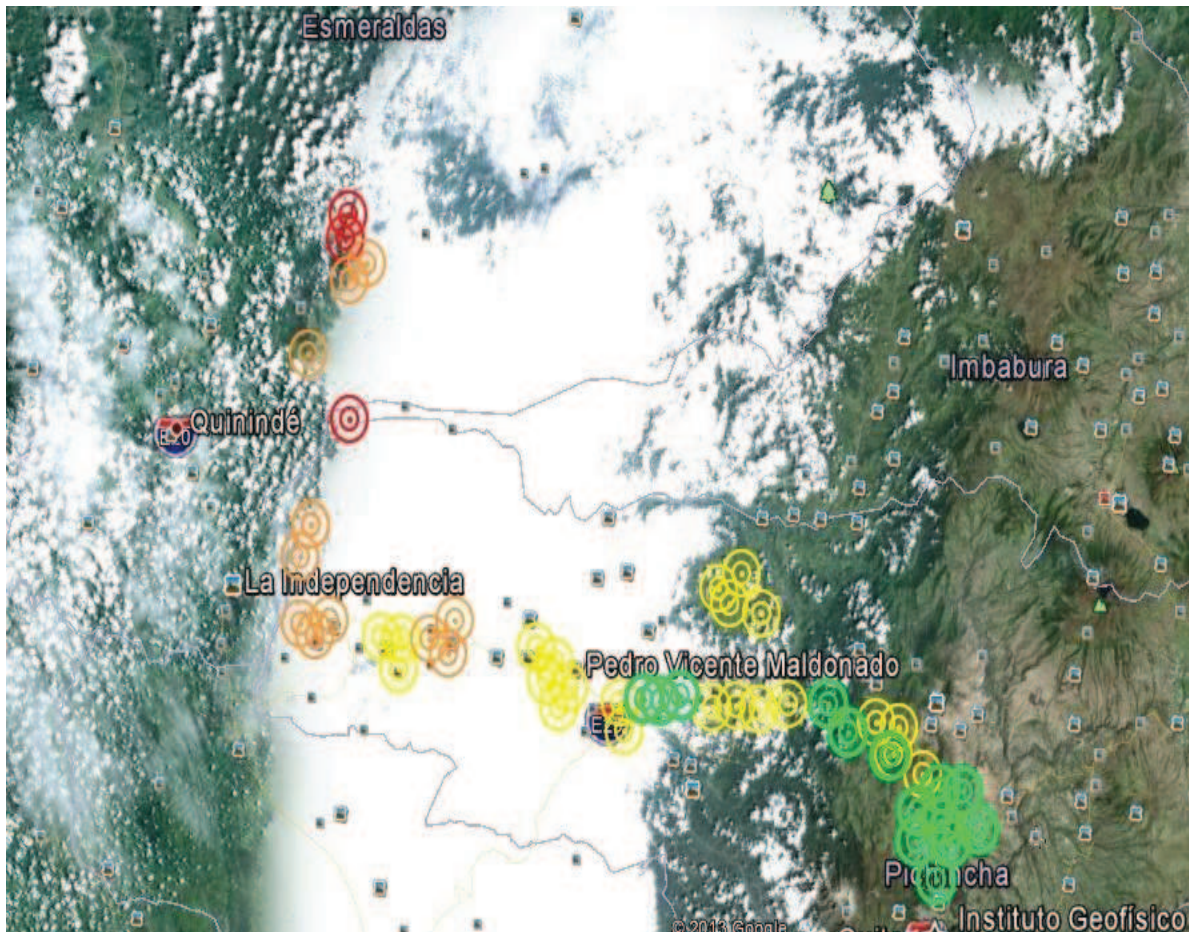


Figura 4.34.- Prueba sector norte (www.gpsvisualizer.com).

Una vez realizadas las pruebas podemos afirmar que la red del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional está en óptimo funcionamiento.

4.3.-COSTOS

Una de las partes primordiales para la implementación de la red de voz digital es el costo, puesto que el aspecto económico es el recurso vital con que cuenta toda institución para el desarrollo de un proyecto.

En la tabla 4.18 se presenta el costo de los equipos necesarios para la implementación de la red de voz.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
9	REPETIDOR DGR 6175 UHF 40 W 450-527 MHz Incluye: antena de 8 dipolos UHF, Brazo de sujeción de antena, 30m de cable coaxial RG8U, kit de conectores, Duplexor 4 cavidades UHF, Protección sobre tensiones para línea de transmisión y de Ethernet, Batería de libre mantenimiento 100A, Cargador de batería, Alineación, Programación.	\$ 5122,8	\$ 46105,2
3	RADIO BASE DGM6100 UHF 25W sin GPS 160 CANALES 450-527 MHz Incluye: antena de 4 dipolos UHF, Brazo fijo, 30m de cable coaxial de antena RG8U, Kit de conectores, Fuente de poder 13,8V, micrófono, herraje, manual y programación.	\$ 1432,3	\$ 4296,9
18	RADIO PORTÁTIL DGP6150 4W CON GPS 160 CANALES 450-527MHz Incluye: cargador, chip, batería, antena UHF, manual de operación y programación.	\$ 789	\$ 14202
ENLACES			
6	PTP500 DE 5,8 GHz lite-52 Mbps Backhaul Integrated-Link	\$ 9136	\$ 54816
12	LPU y KIT PTP 300/500 PROTECTOR DE LÍNEA	\$ 165	\$ 1980
4	ROLLOS DE CABLE RED CAT 5e	\$ 145	\$ 580
12	ANTENAS 2'DUAL POLARIZADA Parabolic Dish, 5,7 Ghz a 6,4 Ghz, NF CONECTORES	\$ 1508	\$ 18096
7	APS 200w INVERSOR - CARGADOR	\$ 500	\$ 3500
7	BATERÍAS 100 Ah LIBRE MANTENIMIENTO	\$ 250	\$ 1750
		TOTAL:	\$ 145326,1

Tabla 4.18.- Costos de Equipos.

A continuación en la tabla 4.19 se presenta el costo adicional que involucra la instalación.

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	LOCAL RASTER GIS BÁSICO Y LICENCIAS PARA EL SISTEMA COMPLETO	\$ 6400	\$ 6400
1	ENTRENAMIENTO DE MANEJO DE LOS EQUIPOS	\$ 8000	\$ 8000
1	APLICACIÓN MENSAJERÍA DE TEXTO PARA DOS SERVIDORES, 100 LICENCIAS PARA RADIO LOCALIZACIÓN	\$ 5200	\$ 5200
9	MAPA BÁSICO PARA CADA ÁREA(CIUDAD)	\$ 880	\$ 7920
1	ESTUDIO DE INGENIERÍA PARA AUTORIZACIÓN DE USO DE FRECEUNCIAS UHF 450 - 520 MHz	\$ 4500	\$4500
1	ESTUDIO DE INGENIERÍA PARA AUTORIZACIÓN TEMPORAL DE FRECUENCIAS UHF	\$ 1800	\$ 1800
1	INFRAESTRUCTURA NECESARIA Incluye: Construcción de casetas, Cerramiento de terreno, mástiles para antenas	\$ 80000	\$ 80000
1	TORRES Incluye: Construcción y alquiler de torres	\$ 130000	\$ 130000
1	TERRENOS	\$ 50000	\$ 50000
		TOTAL:	\$ 293820

Tabla 4.19.- Costos adicionales de instalación.

El costo total aproximado para la implementación de la red de voz digital es de \$ 440.000,00.

En el siguiente capítulo se apreciará las conclusiones y recomendaciones que se visualizó tanto en el diseño como en la implementación de la red de voz digital del Instituto Geofísico.

CAPÍTULO 5

Una vez implementada la red de voz digital del Instituto Geofísico mediante enlaces de microondas y según los resultados obtenidos de las pruebas realizadas a la red, se obtuvieron las siguientes conclusiones y recomendaciones.

5.1.-CONCLUSIONES

- Para realizar un estudio de una red de microondas es necesario tener conocimiento del medio de transmisión y características del medio de propagación de ondas en la zona. Estos factores son los que determinan si un enlace de microondas se puede llevar a cabo o no.
- En el modelo planteado los parámetros tomados en cuenta para verificar si los enlaces eran posibles de realizar fueron los siguientes:
 - Puntos en los que se requiere tener cobertura de red de voz
 - Perfiles topográficos de los terrenos en los cuales se requiere cobertura
 - Estructuras instaladas de otro tipo de red que pueden ser utilizadas para la red de voz propuesta.
 - Disponibilidad de energía eléctrica para la instalación de equipos de microondas.
- Para asegurarse que en una red de microondas o un radioenlace, la señal transmitida llegue a su destino, es necesario realizar cálculos que permitan garantizar, que en un enlace planteado, al menos pase la primera zona de fresnel del lóbulo de radiación del enlace.
- Entender los elementos de un enlace y su aporte a todo el presupuesto, en términos de ganancias o pérdidas, es crucial para implementar una red inalámbrica que funcione en forma confiable.

- En la actualidad existen muchos programas (software) que ayudan a verificar si un enlace es posible. Estos tipos de software contienen perfiles de terreno detallados. Además con la ayuda de estos programas se pueden realizar áreas de cobertura y determinar obstáculos en un enlace dado. En la red de voz propuesta se usaron los programas Radio Mobile y Link Planner.
- En la transmisión digital cuando se encuentra bien dimensionada, la pérdida de información es casi nula, debido a que los impulsos digitales son menos susceptibles a variaciones causadas por ruido, que las señales analógicas. En la transmisión digital no es necesario evaluar las características de amplitud, frecuencia y fase con tanta precisión como en la transmisión analógica. Los sistemas digitales usan regeneración de señal, y no usan amplificación de señal (excepto en fibra óptica que pueden usar LNA que es un amplificador de bajo ruido), por lo que en este caso, la voz se escuchará algo distorsionada pero se tendrá el alcance que se desee, según los enlaces y las repetidoras que se instale.
- La selección de equipos para la instalación de una red de microondas se deben tomar en cuenta parámetros como; ancho de banda, voltaje de alimentación, potencia de entrada, potencia de salida, ganancia de señal y pérdidas de transmisión y también el costo del equipo en el mercado.
- En los equipos de microondas se deben colocar respaldos de fuente de alimentación que funcionen con baterías y garanticen el constante funcionamiento de la red de voz.
- La red digital de voz instalada comparada a la analógica presenta las siguientes ventajas: inmunidad al ruido, abarca mayor distancia según el número de repetidoras instaladas, integra voz y datos, uso de mensajes de texto, monitoreo remoto y GPS incorporado.

- El presente proyecto está orientado a tener comunicación con los sitios que representan mayor peligro sísmico y donde se encuentran ubicados el mayor número de estaciones sísmicas.
- La red digital de voz consta de tres zonas las cuales están separadas para no interferirse entre las mismas, el radio base ubicado en el Instituto Geofísico se encuentra programado para rastrear las señales provenientes de las diferentes zonas para asegurar la comunicación con estos sitios.

5.2.-RECOMENDACIONES

- Si existen puntos en los que se requiera hacer un enlace y existe una red de datos ya instalada, se recomienda utilizar dicha infraestructura y cambiar la configuración de la red para poder enviar nueva información
- Es recomendable implementar algún sistema de monitoreo como el Winradio MS-8118/G3 que es una solución totalmente integrada y ha sido específicamente diseñado para el monitoreo automático de frecuencias desde VLF hasta microondas en forma remota y tiempo real, esto ayudará a observar el comportamiento de la red de voz planteada, para asegurar una intervención en cuanto al proceso de fallas, mantenimiento, ajuste y programación de los equipos de transmisión.
- Se recomienda usar la cantidad necesaria de cable y conectores probados para evitar pérdidas que se producen por los mismos.
- Todos los equipos que son susceptibles a descargas, se recomienda conectarlos a la tierra de las diferentes estaciones, debido a que los equipos electrónicos pueden sufrir daños por variaciones de voltaje.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Libros:

- TOMASI, Wayne; Sistemas de Comunicaciones Electrónicas; Segunda Edición, Editorial Prentice Hall Hispanoamérica S.A., 1996.
- CARDAMA AZNAR, ROCA y otros. Antenas, Editorial Edicions UPC S.L.; 2000.
- HAYKIN, Simon; Sistemas de Comunicación Analógicos y digitales; Cuarta edición, Editorial Bookman, 2004.
- LATHI, B.P.; Introducción a la Teoría y Sistemas de Comunicación; Editorial Limusa S.A., 1997

Tesis:

- DE LA CRUZ CANDO MARISOL JAQUELINE Y MELO COLOMA DARIO JAVIER, "Diseño de una red de radiocomunicaciones en UHF para el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional", Quito, Octubre 2004.
- JIMÉNEZ JIMÉNEZ MARLON VINICIO Y PAUCAR ROJAS FRANKLIN DELFÍN, "Diseño de una red digital para el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional", Quito, Marzo 2008.
- CUEVA SOTO DARWIN STALIN, "Ampliación del sistema de radio troncalizado de comunicaciones de la Comisión de Tránsito del Guayas con aplicación de tecnología (PDH)", Quito, Noviembre 2009.

Páginas web:

- Estudio y Análisis de Redes
<http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1027/2/04%20ISC%20171%20Defensa%20Tesis.pdf>
- Manual de uso de Radio Mobile
<http://www.eslared.net/walcs/walc2011/material/track1/Manual%2520de%2520Radio%2520Mobile.pdf>

- Manual de uso de Link Planner
http://bpg.it/wireless/attachments/044_LinkPlannerUserGuide.2.6.1.pdf
- Radio propagación
<http://www.geocities.ws/abianchi04/textoradioenlaces/cap1.pdf>
- Calculo de Radioenlace
<http://es.scribd.com/doc/12785791/Calculo-y-Dimensionamiento-de-Radioenlaces>
- Características Antena Multidipolos
<http://www.wiscointl.com/decibel/dipoles/db413.htm>
- Características Duplexor
<http://www.sinctech.com/catalog/product.aspx?id=76>
- Características Repetidor
http://www.motorola.com/Business/XL-ES/Product+Lines/MOTOTRBO/Repetidores/DGR+6175_XL-ES
- Características Switch TP Link
<http://www.tp-link.com/mx/products/details/?model=TL-SF1005D>
- Características PTP 600 ODU y PIDU
<http://www.meridianptpwireless.com/Cambium-PTP600-Manual.pdf>
- Características Antena Parabólica
http://www.commscope.com/catalog/andrew/product_details.aspx?id=30645&tab=1
- Características APS
<http://www.tripplite.com/shared/product-pages/en/APS750.pdf>
- Características Cargador de Batería Samlex
<http://webosolar.com/store/es/cargadores-de-bateria/631-cargador-baterias-samlex-sec-1215ul-12-volts-15-amp.html>
- Creador de mapas y perfiles GPS
<http://www.gpsvisualizer.com/>

ANEXOS

ANEXO 1

CONCEPTO DE UN SISTEMA PUESTA A TIERRA PARA REDES DE COMUNICACIONES

En los sistemas digitales de hoy en día hay información en línea o banda ancha que necesitan mayor cuidado porque presentan algunas debilidades entre las cuales podemos contar con la sensibilidad a los cambios bruscos en las condiciones de operación, esto es debido a las perturbaciones en la alimentación eléctrica o a los fenómenos eléctricos transitorios que se presentan o inducen en los sistemas interconectados.

Para evitar y atenuar la peligrosidad de estas perturbaciones en la vida y funcionamiento de los equipos, se ha previsto la estabilidad, continuidad de funcionamiento y la protección de los mismos con dispositivos que eviten el ingreso de estos transitorios a los sistemas en fracciones de segundo y sean dispersados por una ruta previamente asignada como es el sistema de puesta a tierra, que es el primer dispositivo protector no solo de equipo sensible, sino también de la vida humana evitando desgracias o pérdidas que lamentar.

Los objetivos principales de un buen sistema a tierra son:

- Mantener buenos niveles de seguridad del personal, operación de los equipos y desempeño de los mismos.
- Proteger los equipos contra las sobretensiones eléctricas, transitorios en la red o contacto accidental con líneas de alta tensión.
- Ofrecer un camino de baja impedancia para las corrientes eléctricas de falla, facilitando así el funcionamiento de los dispositivos de protección contra sobre corrientes.

El sistema a tierra usado es el de baja impedancia (estabilidad 110 AC). Esta es la técnica más común, particularmente en bajo voltaje. Aquí el neutro se conecta a tierra a través de una conexión adecuada en la cual no se agrega intencionalmente

ninguna impedancia. La desventaja de este arreglo es que las corrientes de falla a tierra son normalmente altas pero los voltajes del sistema permanecen controlados bajo condiciones de falla.

En las distintas estaciones visitadas, para la instalación de los equipos de la red de voz, se encontraba la tierra instalada, por lo que procedió a utilizar esta tierra.

Los materiales utilizados en las instalaciones de la red de voz son los siguientes:

CONDUCTORES

Para las conexiones internas, el conductor utilizado para conectar las tierras es el 7 hilos/8 AWG, mientras que en exteriores el cable que generalmente baja de la torre hacia el suelo es un 7 hilos/00

SUPRESOR DE RAYOS

Utilizado como protección para diferentes equipos que utilizan antenas en la parte exterior de las estaciones.

ELECTRODO A TIERRA

El electrodo de tierra es el componente del sistema de puesta a tierra que está en contacto directo con el terreno y así proporciona un medio para botar o recoger cualquier tipo de corrientes de fuga a tierra.

BARRA DE TIERRA

Las barras de puesta a tierra tipo copperweld son las más utilizadas, están diseñadas de manera que vienen provistas de accesorio que facilitan la instalación, tales como uniones, sistema de anclaje, etc. La barra es de acero y la capa de cobre que poseen, asegura la protección contra corrosión. Por su composición, estas barras aseguran un buen desempeño durante el proceso de instalación, evitando que la barra se doble al ser sometida al esfuerzo mecánico de enterramiento.

VARILLA COPERWELD

La varilla coperweld es un elemento bimetálico compuesto por un núcleo de acero y una película externa de cobre unidos metalúrgicamente. La capa de cobre brinda protección suficiente contra la corrosión del terreno y la varilla en conjunto permite

una adecuada difusión a tierra de las corrientes de falla que se puedan presentar en los sistemas eléctricos.

La varilla Coperweld basa su funcionamiento en la longitud de la misma, por lo que disminuiría en proporción a su largo la resistencia de propagación de corrientes. Para mejores resultados, es importante una adecuada instalación y homogeneidad del terreno, el cual previamente hay que tratar con aditamentos químicos para mejoramiento de la tierra.

En varios de los sitios existen torres y en varios tienen el siguiente pararrayos:

PARARRAYOS DYNASPHERE

El Pararrayos DYNASPHERE ofrece un punto de captura preferencial para las descargas atmosféricas que, de otro modo, caerían sobre una estructura no protegida de la infraestructura de las estaciones, este equipo reacciona dinámicamente al acercarse una descarga descendente, es una punta Franklin mejorada con una cúpula esférica acoplada capacitivamente al campo eléctrico de una descarga eléctrica que se aproxima a tierra. Esta superficie conductora esférica rodea a un pararrayos central puesto a tierra. La esfera está aislada del electrodo, aunque conectada a tierra a través de una conducción de CC de alta impedancia.

El pararrayos es conectado a un conductor llamado conductor de bajada este proporcionar una trayectoria de baja impedancia desde las terminales aéreas hasta el sistema de puesta a tierra para que la corriente de rayo sea conducida a tierra en forma segura.

En las instalaciones realizadas todos los equipos quedan con protección contra las diferentes descargas que se puedan producir.

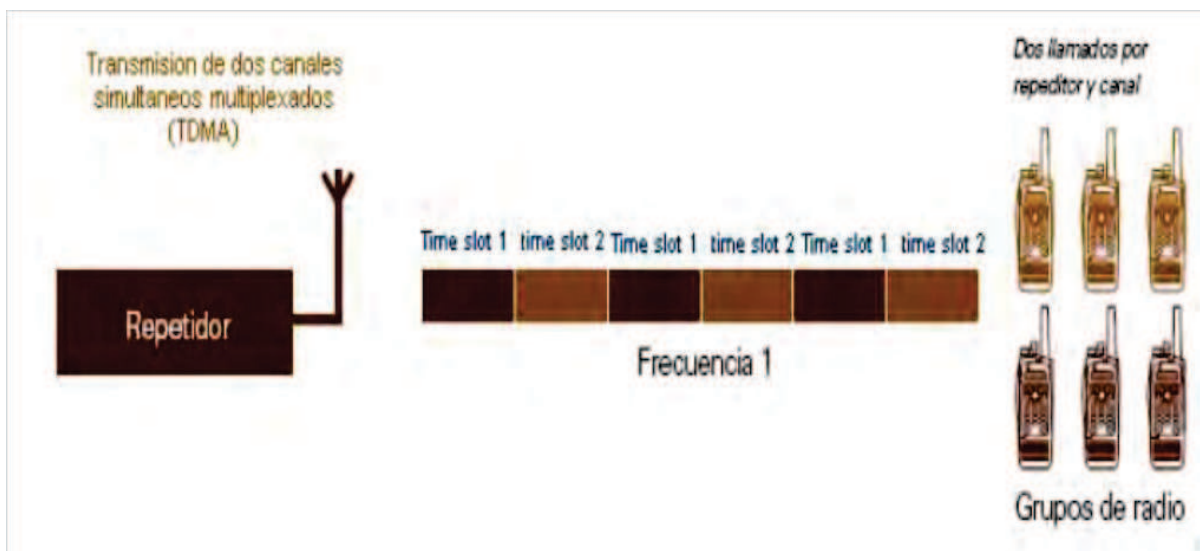
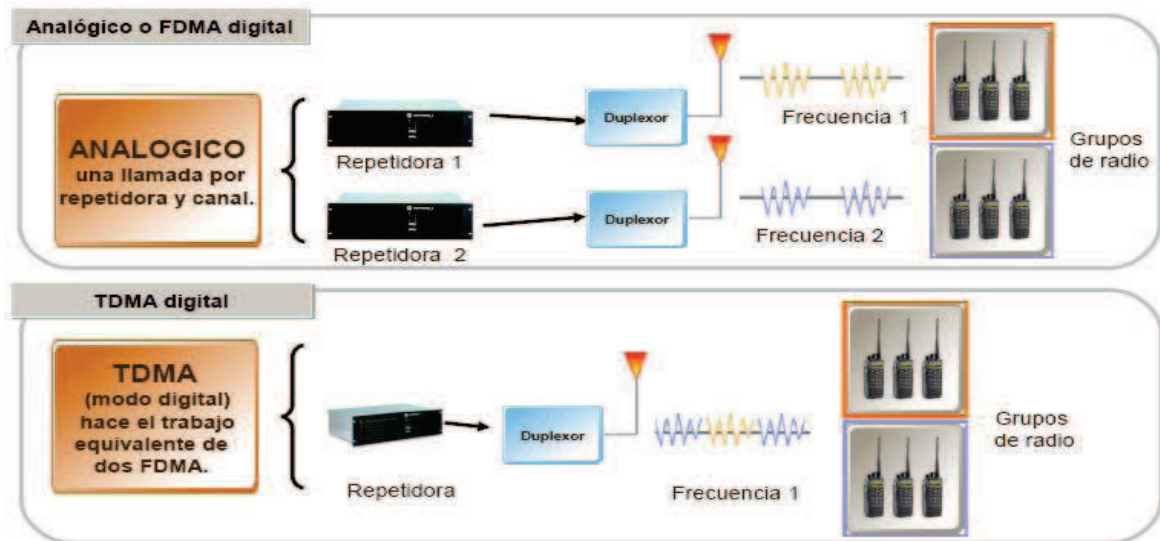
ANEXO 2

RADIOS PORTÁTILES DGP 6150+



El modelo adquirido por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional presenta las siguientes características:

Utiliza tecnología digital de Acceso múltiple por división de tiempo (TDMA) que duplica el número de usuarios que pueden recibir servicio con un solo canal de 12.5 kHz con licencia, en comparación con la tecnología analógica optimiza el tiempo para recibir y enviar la información en la misma frecuencia.



Integra voz y datos para aumentar la eficiencia operativa.

Cuenta con la capacidad de enviar mensajes de texto pequeños.

El modelo adquirido por el Instituto consta de un GPS incorporado que pueden transmitir las coordenadas de su ubicación utilizando la aplicación de servicios de localización.

GPS

Las especificaciones de precisión son para seguimiento de largo plazo (valores en el 95º percentil > 5 satélites visibles en una fuerza de señal nominal de -130 dBm).

TTF (Tiempo para el primer punto fijo)

Partida en frío < 2 minutos

TTF (Tiempo para el primer punto fijo)

Partida en caliente < 10 segundos

Precisión horizontal < 10 metros

Ofrece comunicaciones de voz más nítidas en un rango más amplio de cobertura comparado con radios analógicos similares.

Botón de emergencia para alertar al supervisor o despachador en una situación de emergencia.

Lista de contactos con capacidad de hasta 256 registros.

Cumple con las Normas militares 810 C, D, E y F, la especificación IP57 para sumersión y las pruebas de Motorola para durabilidad y confiabilidad.

NORMAS MILITARES

Norma MIL-STD Aplicable	810C		810D	
	Métodos	Procedimientos	Métodos	Procedimientos
Baja presión	500.1	I	500.2	II
Temperatura alta	501.1	I, II	501.2	I/A1, II/A1
Temperatura baja	502.1	I	502.2	I/C3, II/C1
Cambio de temperatura	503.1	-	503.2	I/A1C3
Radiación solar	505.1	II	505.2	I
Lluvia	506.1	I, II	506.2	I, III
Humedad	507.1	II	507.2	II
Salitre	509.1	-	509.2	-
Polvo Soplando	510.1	I	510.2	I
Arena Soplando	-	-	510.2	II
Inmersión	512.1	I	512.2	I
Vibración	514.2	VIII/F, Curve-W	514.3	I/10, II/3
Choque	516.2	I, II	516.3	I, IV

NORMAS MILITARES

Norma MIL-STD Aplicable	810E		810F	
	Métodos	Procedimientos	Métodos	Procedimientos
Baja presión	500.3	II	500.4	II
Temperatura alta	501.3	I/A, II/A1	501.4	I/Caliente, II/Caliente
Temperatura baja	502.3	I/C3, II/C1	502.4	I/C3, II/C1
Cambio de temperatura	503.3	I/A1C3	503.4	I
Radiación solar	505.3	I	505.4	I
Lluvia	506.3	I, II	506.4	I, III
Humedad	507.3	II	507.4	-
Salitre	509.3	I	509.4	I
Polvo Soplando	510.3	I	510.4	I
Arena Soplando	510.3	II	510.4	II
Inmersión	512.3	I	512.4	I
Vibración	514.4	I/10, II/3	514.5	I/24
Choque	516.4	I, IV	516.5	I, IV

El conector de accesorios cumple con las especificaciones IP57 para sumersión e incorpora capacidad para RF, USB y audio mejorado.

Utiliza los sistemas de audio y energía IMPRES para automatizar el mantenimiento de la batería, optimizar su ciclo de vida, maximizar el tiempo de conversación y mejorar la función de audio.

Funciones mejoradas de administración de llamadas incluyendo alerta de llamada, llamada de emergencia, monitoreo remoto, identificación de llamada (PTT-ID), verificación de radio, llamada privada e inhabilitación de radio.

Las características técnicas del radio vienen dados por las siguientes tablas:

ESPECIFICACIONES DEL RADIO PORTÁTIL MOTOTRBO DGP 6150 / DGP 6150+

GENERAL	VHF	UHF
Número de Canales	1,000	
Frecuencia	136 - 174 MHz	403-470 MHz / 450-512 MHz
Dimensiones (AlxAnxProf) con batería NiMH	131.5 x 63.5 x 35.2 mm	
Peso (con batería Lilon que no es FM)	330 g (11.63 oz)	
(con batería FM de Lilon)	340 g (11.98 oz)	
(con batería de NiMH)	400 g (14.9 oz)	
Fuente de alimentación	7.5V nominal	
Aprobación FCC	AZ489FT3815	AZ489FT4876 / AZ489FT4884
	Vida promedio de la batería en un ciclo de trabajo de 5/5/90 con ahorrador de batería activado en silenciamiento de portadora y transmisor en alta potencia.	
Batería IMPRES de Lilon	Análogo: 8 horas Digital: 13 horas	
Batería FM IMPRES de Lilon	Análogo: 8.5 horas Digital: 12 horas	
Batería de NiMH	Análogo: 8 horas Digital: 11 horas	

TRANSMISOR	VHF	UHF
Frecuencias	136 - 174 MHz	403-470 MHz / 450-512 MHz
Espaciamiento de canal		6.25 kHz / 12.5 kHz
Estabilidad de frecuencia (-30° C, +60° C, +25° C)		+/- 1.5 ppm (sin GPS) +/- 0.5 ppm (con GPS)
Potencia de salida		
Potencia baja	1 W	1 W
Potencia alta	5 W	4 W
Limitación de modulación		+/- 2.5 kHz a 12.5 kHz +/- 5.0 kHz a 25 kHz
Zumbido y ruido FM		40 dB a 12.5 kHz -45 dB a 25 kHz
Emisiones conducidas / irradiadas		-36 dBm < 1 GHz -30 dBm > 1 GHz
Potencia de canal adyacente		60 dB a 12.5 kHz 70 dB a 25 kHz
Respuesta de audio		TIA603C
Distorsión de audio		3%
Modulación FM		12.5 kHz: 11K0F3E 25 kHz: 16K0FE
Modulación digital 4FSK		12.5 kHz Solo datos: 7K60FXD 12.5 kHz Voz y datos: 7K60FXE
Tipo de vocoder digital		AMBE+
Protocolo digital		ETSI-TS102 361-1
RECEPTOR		
Frecuencias	136 - 174 MHz	403-470 MHz / 450-512 MHz
Espaciamiento de canal		6.25 kHz / 12.5 kHz
Estabilidad de frecuencia (-30° C, +60° C, +25° C)		+/- 1.5 ppm (sin GPS) +/- 0.5 ppm (con GPS)
Sensitividad analógica (12dB SINAD)	0.35 uV 0.22 uV (típica)	0.3 uV 0.22 uV (típica)
Sensitividad digital		5% BER: 0.3 uV
Intermodulación (TIA603C)		70 dB
Selectividad de canal adyacente		
TIA603		60 dB a 12.5 kHz, 70 dB a 25 kHz
TIA603C		45 dB a 12.5 kHz, 70 dB a 25 kHz
Rechazo de espurias (TIA603C)		70 dB
Audio nominal		500 mW
Distorsión de audio a audio nominal		3% (típica)
Zumbido y ruido		-40 dB a 12.5 kHz -45 dB a 25 kHz
Respuesta de audio		TIA603C
Emisión de espurias conducidas (TIA603C)		-57 dBm

ANEXO 3

CARACTERISTICAS DE LOS EQUIPOS

Antena Multidipolos

DB413 OFFSET PATTERN ANTENNA 12 dB GAIN, 406-512 MHz

DB413 uses a 8-stack collinear array of folded dipole elements to provide 12 dB gain and constant performance over a broad offset horizontal pattern. Mounts to the top or side of a tower or structure.

Extremely Rugged - Resists winds to 122 mph (196 km/hr)

Broad Response - With 14 to 24 MHz bandwidth, this antenna gives optimum performance in single or multi-frequency systems.

Moisture Resistant - VAPOR-BLOC cable harness provides weather protection and assures inphase signal distribution to all elements.

Key Applications - Ideal for mobile systems requiring additional gain over a sector or along a coast or area with geographical boundaries.

Sturdy Construction - Mast and elements are made of high strength aluminum alloys.

Lightning Resistant - Radiators operate at DC ground and the aluminum mast with its pointed top provides a low resistance discharge path to the tower or ground system.

Two Piece Mast - For ease of shipment and handling, the mast is made in two sections. A unique center splice assures proper alignment.

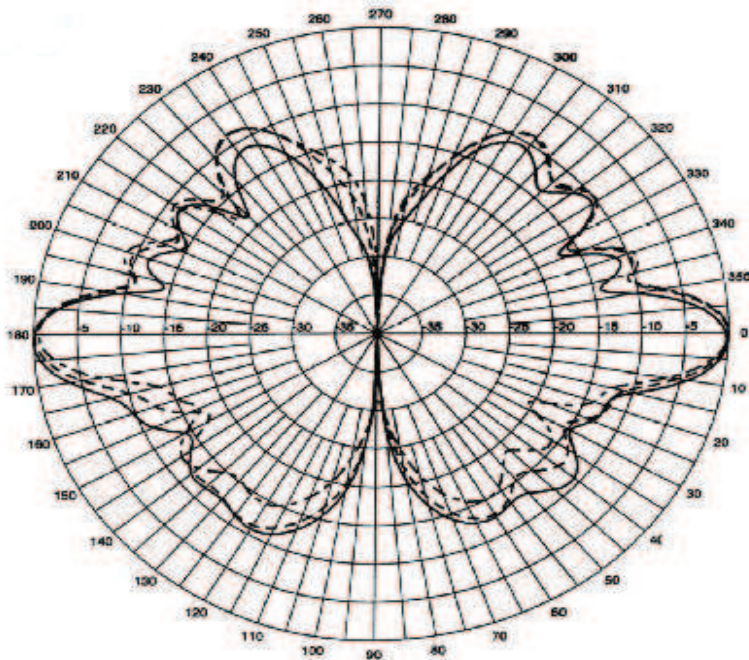
Ordering Information - Use model number for correct frequency and specify termination if non-standard. DB365-OS Clamps are included. Order DB5012 Side Mount Kit if needed. Other size clamps can be special ordered. Order jumper cable separately, if desired.



SPECIFICATIONS

Electrical Data	
Frequency Ranges - MHz	A = 406-420 B = 450-470 C = 470-488 D = 488-512
Bandwidth	Same as above
VSWR	1.5 to 1 or less
Nominal Impedance - ohms	50
Gain (over half-wave dipole) - dB	12
Rated power input - watts	250
Vertical beamwidth (half power)	7°
Decoupling between antennas (dual) - dB	35
Lightning protection	Direct ground
Standard Termination: Captive Type N-Male attached to end of flexible lead. Other fittings are available on special order. N-Female is available. If UHF connector is required, an adaptor is provided.	

Mechanical Data	
Mast upper - (aluminum) - in. (mm)	1.75 (44.45) OD with .125 (3.175) wall
Mast lower - (aluminum) - in. (mm)	2 (50.08) OD with .125 (3.175) to .75 (19.05) wall
Radiating elements (aluminum) - in. (mm)	3.75 (9.525) OD with 0.58 (1.473) wall
Maximum exposed area (flat plate equivalent) - ft ² (m ²)	2.55 (.237)
Wind rating:	
Survival without ice - mph(km/hr)	122 (196)
Survival with .5" (12.7 mm) radial ice - mph (km/hr)	90 (145)
Lateral Thrust at 100 mph (161 km/hr) - lbf (N)	102 (453.7)
Bending moment at top clamp at 100 mph (161 km/hr) - ft. lbs. (kg m)	615 (85.116)
Overall Length (450-470 MHz) - ft. (m)	18.33 (5.59)
Net weight (w/clamps) - lbs. (kg)	32 (14.51)
Shipping weight (w/clamps) - lbs. (kg)	60 (27.22)
Mounting clamps (Galvanized Steel)	DB365-OS



Patrón de Elevación multi-dipolo

Duplexor



Duplexers UHF and Tetra Duplexer Q3220E Series

Q3220E Duplexer, Q-Circuit, rack mount, 406-512 MHz

- Compact design provides excellent performance while conserving rack space
- Isolation of greater than 75 dB at 5 MHz separation and less than 0.8 dB insertion loss
- Rugged Res-Lok design reduces inter-cavity cabling

Designed for operation in the 406-512 MHz band, this compact 4-cavity duplexer provides excellent performance while conserving valuable rack space. At 5 MHz separation, this unit provides isolation in excess of 75 dB with less than 0.8 dB insertion loss.



Electrical Specifications

Frequency Range	MHz	406 to 512
Input VSWR (max)		1.5:1
Impedance	Ω	50
Average Power Input (max)	W	350
Connectors		N-Female
Frequency separation (min)	MHz	5
Insertion loss (max) Tx to Ant	dB	0.8
Isolation (min)	dB	75

Notes

*1 - Referenced to 50 ohms

Mechanical Specifications

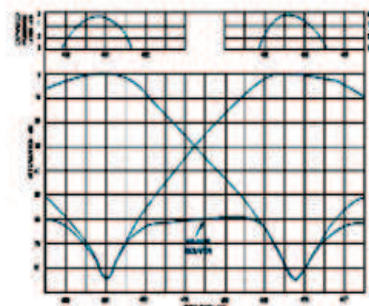
Depth	in (mm)	16.3 (414)
Length/ Height	in (mm)	4.17 (106)
Width	in (mm)	19 (483)
Weight	lbs (kg)	15 (6.81)
Finish		chromate conversion
Actual Shipping weight	lbs (kg)	25 (11.35)
Shipping dimensions	in (mm)	19x6x22 (483x203x559)
Mounting configurations		19 inch rack

Ordering Information

Specify transmit and receive frequencies when ordering.

Environmental Specifications

Temperature range	$^{\circ}\text{F}$ ($^{\circ}\text{C}$)	40 to +140 (-40 to +60)
-------------------	---	-------------------------



Repetidor

MOTOTRBO™

Repetidor DGR™ 6175



Cambie a digital.

Ya está disponible la siguiente generación de soluciones de comunicación de radios profesionales de dos vías que ofrece mejor rendimiento, mayor productividad y valor superior, gracias a la tecnología digital que ofrece mayor capacidad, mejor eficiencia del espectro, comunicaciones integradas de datos y mejores comunicaciones de voz.

El portafolio MOTOTRBO le ofrece una solución privada, rentable y basada en estándares que puede ser adaptada para satisfacer sus necesidades específicas de funcionalidad y cobertura.

Este versátil portafolio proporciona un sistema completo de radios portátiles, radios móviles, repetidores, accesorios y aplicaciones de datos. Es decir, es una solución completa.

Funciones principales

Permite dos vías simultáneas de voz o datos en modo digital de Acceso múltiple por división de Tiempo (TDMA).

Duplica el número de usuarios que pueden recibir servicio con un solo canal de 12.5 kHz con licencia.

Integra voz y datos para aumentar la eficiencia operativa.

Ciclo de servicio total continuo de 100% hasta 45W en VHF y 40W en UHF

Fuente de alimentación integrada.

Los LEDs indican claramente los modos de transmisión y recepción en ambos segmentos de canal, así como la operación en modo analógico y digital.

Instalación estándar en bastidor. Kit para montaje en pared también disponible.

Las manijas robustas hacen más fácil la instalación y el manejo del repetidor.

Respaldo automatizado de batería disponible (la batería se vende por separado)

Permite aplicaciones incluyendo Servicios de mensajes de texto MOTOTRBO y Servicios de localización MOTOTRBO (Localización y rastreo mediante GPS).

La solución MOTOTRBO es un sistema completo de radio de dos vías que incluye radios portátiles y móviles, repetidores, accesorios y aplicaciones.

ESPECIFICACIONES DEL REPETIDOR MOTOTRBO DGR 6175

GENERAL	VHF	UHF	
		BAND I	BAND II
Número de Canales	1,000		
Salida RF típica	1-25 W 25-45 W	1-25 W 25-40 W	1-10 W (1-25 W above 512 MHz)
Frecuencia	136-174 MHz	403-470 MHz	450-527 MHz
Dimensiones (AbxAnxProf)	132.6 x 482.6 x 296.5 mm 5.22 x 19 x 11.67 in		
Peso	14 kg (31 lbs)		
Consumo de Corriente: En espera	1 A (1 A DC típica)		
Transmisión	3.8 A (11 A DC típica)		
Rango Operativo de temperatura	-30 C a +60 C		
Ciclo Máximo de trabajo (%)	100%		
Aprobación FCC	ABZ99FT3025 ABZ99FT3025		ABZ99FT4025 ABZ99FT4025
RECEPTOR	VHF	BAND I	UHF BAND II
Frecuencias	136-174 MHz	403-470 MHz	450-527 MHz
Espaciamento de canal	6.25 kHz / 12.5 kHz		
Estabilidad de frecuencia (-30° C, +60° C, +25° C)	± 0.5 ppm		
Sensibilidad analógica (12dB SINAD)	0.3 μ V 0.22 μ V (típica)		
Sensibilidad digital	5% BER; 0.3 μ V		
Intermodulación (TIA603C)	78 dB		75 dB
Selectividad de canal adyacente			
TIA603	65 dB a 12.5 kHz, 80 dB a 25 kHz		
TIA603C	50 dB a 12.5 kHz, 80 dB a 25 kHz		
Rechazo de espurias (TIA603C)	80 dB		75 dB
Distorsión de audio a audio nominal	3% (típica)		
Zumbido y ruido	-40 dB a 12.5 kHz -45 dB a 25 kHz		
Respuesta de audio	TIA603C		
Emisión de espurias conducidas	-57 dBm		

TRANSMISOR	VHF	UHF	
		BAND I	BAND II
Frecuencias	136-174 MHz	403-470 MHz	450-527 MHz
Espaciamiento de canal	6.25 kHz / 12.5 kHz		
Estabilidad de frecuencia (-30° C, +60° C, +25° C)	± 0.5 ppm		
Potencia de salida	1-25 W 25-45 W	1-25 W 25-40 W	1-40 W (1-25 W above 512 MHz)
Limitación de modulación	± 2.5 kHz a 12.5 kHz ± 5.0 kHz a 25 kHz		
Zumbido y ruido FM	40 dB a 12.5 kHz -45 dB a 25 kHz		
Emissiones conducidas / irradiadas	-36 dBm < 1 GHz -30 dBm > 1 GHz		
Potencia de canal adyacente (TIA603C)	60 dB a 12.5 kHz 70 dB a 25 kHz		
Respuesta de audio	TIA603C		
Distorsión de audio	3%		
Modulación FM	12.5 kHz: 11K0F3E 25 kHz: 16K0FE		
Modulación digital 4FSK	12.5 kHz solo datos: 7K60FXD 12.5 kHz voz y datos: 7K60FXE		
Tipo de vocoder digital	AMBE+		
Protocolo digital	ETSI-TS102 361-1		

Switch TP Link

5-Port 10/100Mbps Desktop Switch TL-SF1005D

⦿ Features:

- Up to 200Mbps full duplex bandwidth for high-speed data processing
- Innovative energy-efficient technology saves up to 60% of power consumption
- Plug and play design simplifies installation
- Auto MDI/MDIX eliminates the need for crossover cables
- IEEE 802.3x flow control provides reliable data transfer
- Auto negotiation ports provide smart integration between 10Mbps and 100Mbps hardware



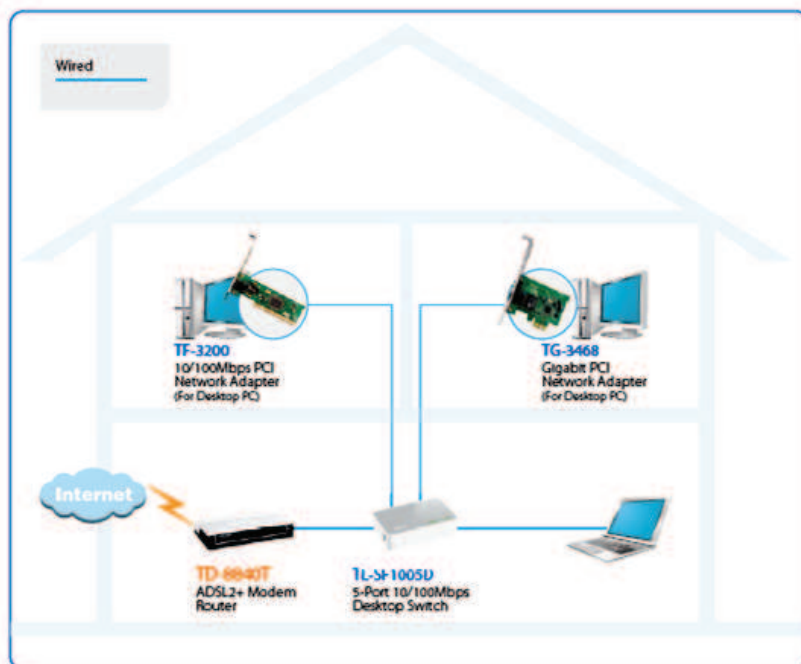
⦿ Description:

The TL-SF1005D 5-Port 10/100Mbps desktop switch provides an easy way to expand your wired network. All 5 ports support Auto MDI/MDIX, eliminating the need to worry about the type of cable to use. Featuring full duplex mode, the TL-SF1005D can process data at a rate of up to 200Mbps making it an ideal choice for expanding your high performance wired network. Moreover, with innovative energy-efficient technology, the TL-SF1005D can save up to 60% of power consumption, making it an eco-friendly solution for your home or office network.

⦿ Specifications:

Standards	IEEE 802.3, IEEE 802.3u, IEEE 802.3x
Protocol	CSMA/CD
Interface	5 10/100Mbps Port, Auto-negotiation, Auto MDI/MDIX Half and Full Duplex
Switching Features	MAC Address Learning 10Gbps Backplane Bandwidth
Forwarding Rates	10BASE-T: 14880pps/port 10BASE-TX: 148800pps/port
Data Rates	10/100Mbps at Half Duplex 20/200Mbps at Full Duplex
LEDs	Power 1, 2, 3, 4, 5
Transfer Method	Store and Forward
Power Supply	External Power Adapter
Certifications	CE, FCC
Environment	Operating Temperature: 0°C~40°C (32°F~104°F) Storage Temperature: -40°C~70°C (-40°F~158°F) Operating Humidity: 10% ~ 90%, non-condensing Storage Humidity: 5%~90% non-condensing
Dimensions	4.1 x 2.8 x 0.9 in. (103.5 x 70 x 22 mm)

⦿ Diagram:



Package:

- 5-Port 10/100Mbps Desktop Switch TL-SF1005D
- Power Adapter
- User Guide

Related Products:

- ADSL2+ Modem Router TD-8840T
- 10/100Mbps PCI Network Adapter TF-3200
- Gigabit PCIe Network Adapter TG-3468

PTP 600 ODU

Outdoor unit (ODU)

This section describes the ODU and its interfaces.

ODU description

The ODU is a self-contained unit that houses both radio and networking electronics. The ODU is supplied in two configurations: integrated (attached to its own flat plate antenna, [Figure 1-2](#)) or connectorized (without an antenna, [Figure 1-3](#)).

Figure 1-2 PTP 600 Series integrated ODU (front and rear views)



Figure 1-3 PTP 600 Series connectorized ODU (front and rear views)



Connectorized variant

The connectorized ODU is designed to work with externally mounted antennas that have higher gains than the integrated antenna. Connectorized units can cope with more difficult radio conditions, as described in [When to install connectorized units](#) on page 2-16.

ODU interfaces

The ODU interfaces are illustrated in [Figure 1-4](#) and described in [Table 1-2](#).

Figure 1-4 ODU interfaces



Table 1-2 ODU interfaces

Interface	Function
Ground studs	For grounding the ODU to the supporting structure. The ground cables (supplied with the ODU) may be connected to either ground stud.
E1/T1	RJ 45 socket for optional E1 or T1 network connection (not via the PIDU).
AUX (SYNC)	Auxiliary RJ45 socket. In OOBM product variants, this may be used for connection to a management network for out-of-band management. In all product variants, it may be used for connection to an UltraSync GPS timing reference source. This is labeled 'SYNC' on older ODUs.
FIBER	Fiber optic socket for optional network connection (not via the PIDU) using a 1000BaseSX Fiber Optic cable.
PIDU+	RJ 45 socket for connecting to power supply and network via the PIDU.

Equipment specifications

This section contains specifications of the ODU, PIDU and other equipment required for FTP 600 installations.

ODU specifications

The FTP 600 ODU conforms to the specifications listed in [Table 4-1](#), [Table 4-2](#) and [Table 4-3](#). These specifications apply to all FTP 600 product variants.

Table 4-1 Integrated ODU physical specifications

Category	Specification
Dimensions	Width 370 mm (14.5 in), Height 370 mm (14.5 in), Depth 95 mm (3.75 in)
Weight	5.5 Kg (12.1 lbs) including bracket

Table 4-2 Connectorized ODU physical specifications

Category	Specification
Dimensions	Width 305 mm (12 in), Height 305 mm (12 in), Depth 105 mm (4.01 in)
Weight	4.3 Kg (9.1 lbs) including bracket

Table 4-3 ODU environmental specifications

Category	Specification
Temperature	-40°C (-40°F) to +60°C (140°F)
Wind loading	150 mph (242 kph) maximum. See Wind loading on page 2-8 for a full description.
Humidity	100% condensing
Waterproofing	IP66
UV exposure	10 year operational life (UL 746C test evidence)

PIDU

Powered indoor unit (PIDU)

This section describes the PIDU Plus PTP 300/500/600 Series and its interfaces.

PIDU description

The PIDU generates the ODU supply voltage from the mains supply (or from an external DC source) and injects this supply voltage into the ODU.

The PIDU is connected to the ODU and network equipment using Cat5e cable with RJ45 connectors. Refer to [Cabling and lightning protection](#) on page 1-17.

The ODU for the PTP 600 Series should only be deployed using the supplied PIDU Plus PTP 300/500/600 Series.

⚠ CAUTION

The PIDU ODU port is designed to connect only to PTP 300, PTP 500 or PTP 600 ODUs, LPU's or PTP-SYNC units. Do not connect any other equipment, as damage may occur. The PIDU Plus PTP 300/500/600 Series is not interchangeable with the PIDU Plus PTP 400 Series.

PIDU interfaces

The PIDU interfaces are illustrated in [Figure 1-7](#) and described in [Table 1-3](#) and [Table 1-4](#).

Figure 1-7 PIDU interfaces



Table 1-3 PIDU interfaces

Interface	Function
100-240V 47-63Hz 1.8A	Mains power input.
DC In	Alternative DC power supply input. Refer to Redundancy and alternative powering configurations on page 1-13.
DC Out	DC power output to a second PIDU. Used to provide power supply redundancy. Refer to Redundancy and alternative powering configurations on page 1-13.
ODU	RJ45 socket for connecting Cat5e cable to ODU.
LAN	RJ45 socket for connecting Cat5e cable to network.
Recovery	Used to recover the unit from configuration errors or software image corruption.

Table 1-4 PIDU indicator LEDs

Indicator	Function	Description
Power	Off	No power.
	On	PIDU is receiving power.
	Blink	Short circuit in the PIDU output.
Ethernet	Off	No Ethernet traffic.
	Blink ten times	Correct start up sequence has occurred.
	Blink randomly	Normal Ethernet traffic.

Redundancy and alternative powering configurations

The PTP 600 Series can be powered from an external DC source and can be provided with power supply redundancy as follows:

- External DC supply only (Figure 1-9): This configuration is for use where there is no mains supply.
- External DC supply and AC supply (Figure 1-10): This configuration provides redundancy through the use of mains and DC supply.
- External DC supply and redundant AC Supply (Figure 1-11): This configuration guards against mains failure and failure of the DC output of one PIDU.

NOTE
The use of DC supplies of less than 55v will reduce the usable distance between the PIDU and ODU (Figure 1-8).

Figure 1-8 Relationship between DC voltage and cable length

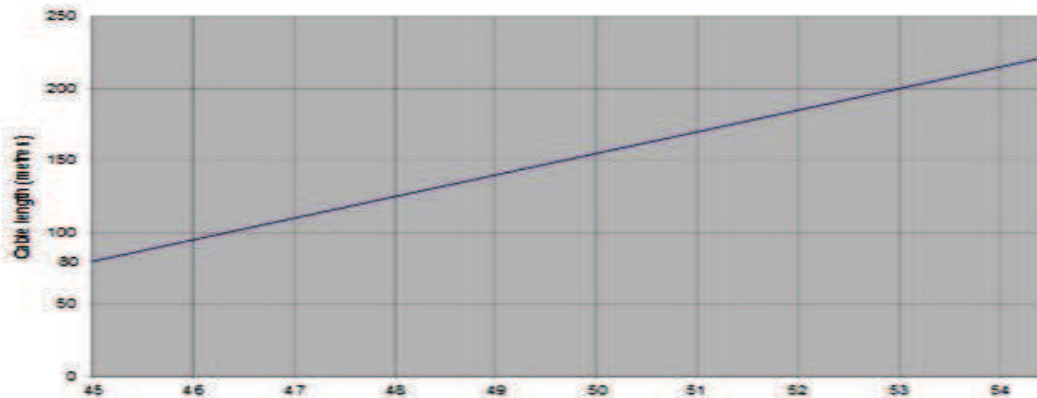


Figure 1-9 External DC supply only

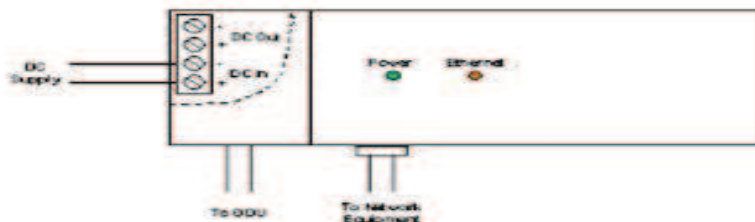


Figure 1-10 External DC supply and AC supply

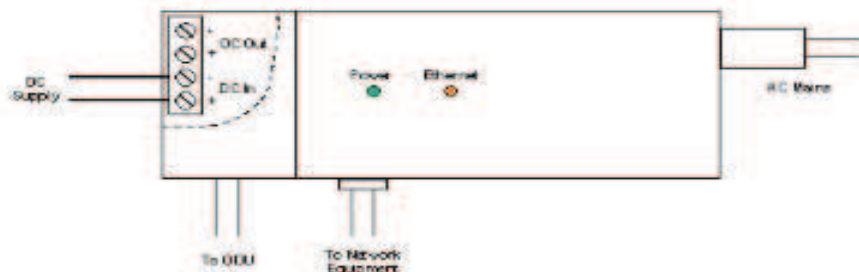
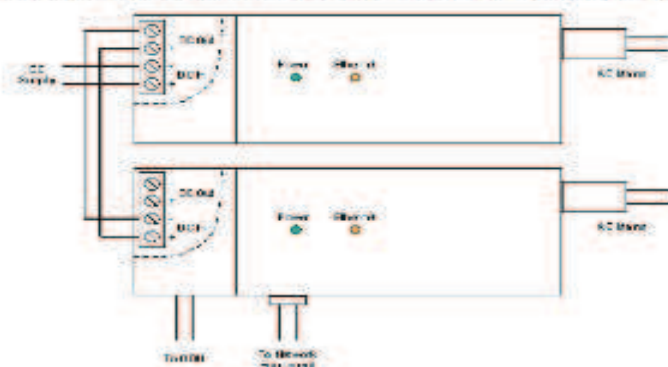


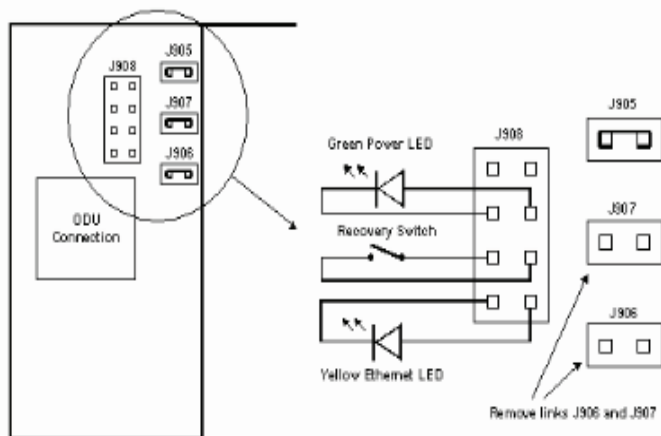
Figure 1-11 External DC supply and redundant AC supply



Remote LEDs and recovery switch

The PIDU provides a facility to connect remote LEDs and Recovery switch allowing the PIDU to be mounted inside an enclosure. At the left hand end of the PIDU under the ODU connection cover can be found a PCB header and three jumpers. Jumpers J906 and J907 should be removed and connection to the remote LEDs and Recovery switch made to J908 as shown in Figure 1-12.

Figure 1-12 Remote LED and recovery switch wiring



PIDU specifications

The PTP 600 PIDU conforms to the specifications listed in [Table 4-4](#), [Table 4-5](#) and [Table 4-6](#). These specifications apply to all PTP 600 product variants.

Table 4-4 PIDU physical specifications

Category	Specification
Dimensions	Width 250 mm (9.75 in), Height 40 mm (1.5 in), Depth 80 mm (3 in)
Weight	0.864 Kg (1.9 lbs)

Table 4-5 PIDU environmental specifications

Category	Specification
Temperature	-40 °C (-40 °F) to +60 °C (140 °F)
Humidity	0 to 95% non-condensing
Waterproofing	Not waterproof

Table 4-6 PIDU electrical specifications

Category	Specification
AC Input	90 - 264 V AC, 47 - 60 Hz
Alternative DC Input	37 - 60 VDC
DC Output Voltage	For mains input: 55V, +2V, -0V For DC input: Output voltage at maximum rated output current, not more than 1.5V below the DC input voltage
AC Input connector	IEC 320-C8, (figure of eight)
DC Output current	1.4A
Efficiency	Better than 84%
Over Current Protection	Hi-current limiting, trip point set between 120% to 150% of full load current
Hold up time	At least 20 milliseconds

Antena Parabólica

PX3F-52-N7A



[Photo Gallery](#)

1.0 m | 3 ft Standard Parabolic Unshielded, Dual-Polarized Antenna, unpressurized, 5.250–5.850 GHz, N Female, gray antenna, with flash, standard pack—one-piece reflector

General Specifications

Packing	Standard pack
Reflector Construction	One-piece reflector
Antenna Input	N Female
Antenna Color	Gray
Antenna Type	PXF - Standard Parabolic Unshielded, Dual-Polarized Antenna, unpressurized
Diameter, nominal	1.0 m 3 ft
Flash Included	Yes
Polarization	Dual

Electrical Specifications

Beamwidth, Horizontal	3.8 °
Beamwidth, Vertical	3.8 °
Cross Polarization Discrimination (XPD)	30 dB
Electrical Compliance	ETSI 302 217 Class 1
Front-to-Back Ratio	42 dB
Gain, Low Band	32.3 dBi
Gain, Mid Band	33.0 dBi
Gain, Top Band	33.3 dBi
Operating Frequency Band	5.250 - 5.850 GHz
Radiation Pattern Envelope Reference (RPE)	4741
Return Loss	14.0 dB
VSWR	1.50

Mechanical Specifications

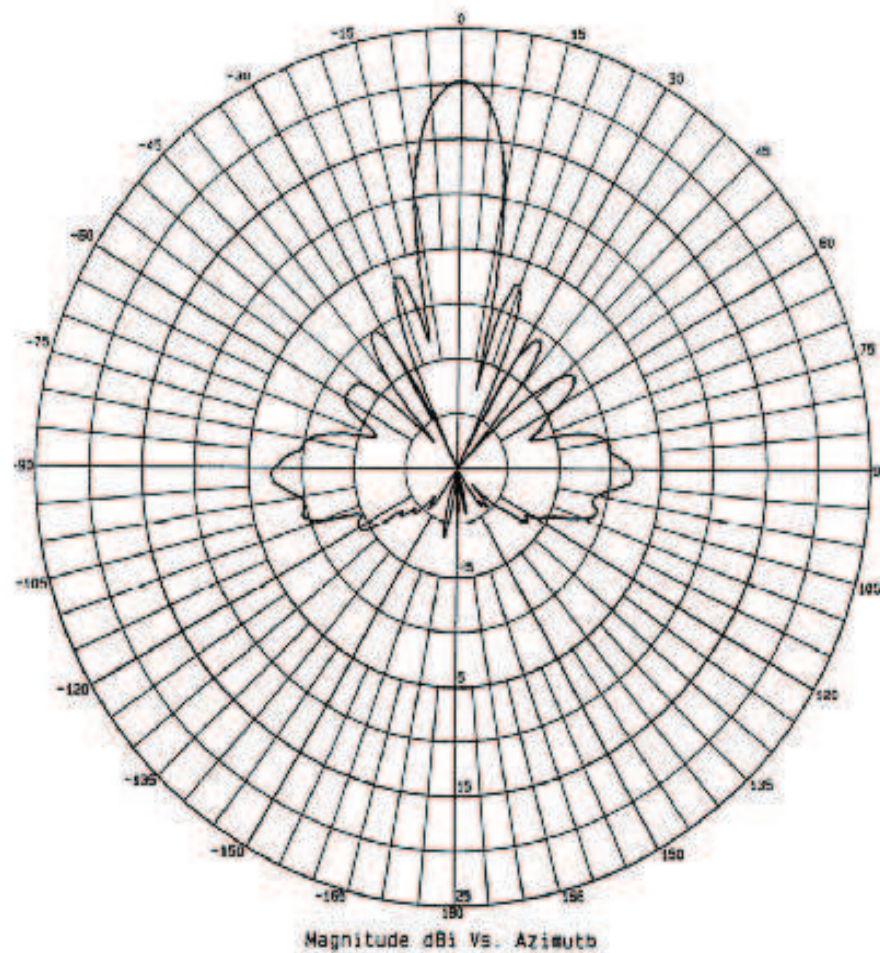
Net Weight	18 kg 40 lb
------------	---------------

Wind Forces At Wind Velocity Survival Rating

Axial Force (FA)	2380 N 535 lbf
------------------	------------------

Side Force (FS)	893 N 201 lbf
-----------------	-----------------

Twisting Moment (MT)	796 N 179 lbf
----------------------	-----------------



Patrón de Elevación Parabólica

APS

Model #: APS750

PowerVerter® APS 750W Inverter/Charger with Auto-Transfer Switching and 2 Outlets



Highlights

- 12V DC or 120V AC input; 120V AC output; 2 outlets
- 750 watts continuous, 1125 watts OverPower™ and 1500 watts DoubleBoost™ inverter output
- 3 stage, 20 amp selectable wet/dry cell battery charger
- Auto Transfer Switching option for battery backup / UPS operation
- Reliability enhanced large-transformer design with protected DC wiring terminals

Description

Tripp Lite's APS750 DC-to-AC inverter with automatic line-to-battery transfer and integrated charging system serves as an extended run UPS, a standalone power source or an automotive inverter. Supplies up to 750 watts of continuous 120V AC power to 2 AC outlets from any 12V battery or automotive DC source. OverPower™ inverter output feature temporarily provides up to 150% of the continuous output for 1-60 minutes and DoubleBoost™ inverter output feature delivers up to 200% of the continuous output for up to 10 seconds, providing the extra power needed to cold start heavy-duty tools and motorized equipment. When AC cable is connected to a live wall socket, commercial power passes through to connected equipment and the battery set is recharged via 3 stage, 20 amp charging system. In UPS mode, the APS system responds to blackouts and voltage fluctuations with a near instantaneous automatic transfer to battery-derived AC output. Includes a set of high current DC input terminals for simple installation (user supplies batteries and cabling - see owner's manual for recommendations). Passes sine wave utility or generator power during battery charging and UPS line power operation, plus efficient PWM sine wave AC output in inverter and UPS backup modes. Reliable large transformer design, with frequency control powers resistive electronic loads or large inductive motors, compressors and other items with high current needs on start-up. Optional APSRM4 wired remote power switch with full status LEDs provides remote power inverter on/off switching and continuous status information (APSRM4 sold separate). Supports an unlimited amount of runtime with any number of user-supplied batteries connected. Highly adaptable to a variety of applications and site conditions with adjustable charger settings for wet/gel battery types and selectable line to battery power transfer voltages.

Applications

Versatile inverter/charger system with auto-transfer switching serves as an automotive inverter for RVs, over-the-road trucking, conversion vans and fleet service vehicles; a standalone alternative power source for off-grid, alternative energy or export applications and as an uninterruptible power supply (UPS) for items compatible with a 16.6 millisecond transfer time. NOTE: For sump pump applications, Tripp Lite recommends its "UT" Utility Truck Inverter/Chargers.

Package Includes

- APS750 Inverter/Charger
- Instruction manual with warranty information

Features

- APS750 serves as an automotive or stationary DC-to-AC inverter with automatic line-to-battery transfer and integrated battery charger
- Supports 120V AC output from a 120V AC line power source or 12V DC battery source
- 16.6 millisecond automatic transfer between line and battery power supports UPS protection during blackouts and voltage fluctuations for equipment compatible with a one cycle transfer time

- 750 watts continuous AC output in inverter mode, 1500 watts continuous AC output in AC mode
- Double Boost™ inverter output supports momentary start-up loads up to 200% of the continuous rating for up to 10 seconds
- OverPower™ inverter output supports longer duration overloads to 150% for 1-60 minutes under ideal battery and temperature conditions. (For best results, utilize OverPower usage for as short of a duration as possible, ensure battery bank and cabling is able to provide full nominal DC voltage under load and allow inverter/charger to fully cool before and after OverPower usage.)
- 3 stage, 20 amp battery charger with adjustable settings for wet/gel battery types offers fast, reliable battery recharging
- Protected hardware bolt-down input lugs safely accept heavy gauge input wiring from attached battery bank
- Two built-in NEMA 5-15R output receptacles pass 120V line power or inverter output through to connected equipment
- Reliability enhanced large-transformer design with secure mounting flanges and protected DC wiring terminals
- Moisture-resistant construction enables vehicular or marine operation in high humidity environments
- 3 position operating mode switch supports "AUTO" mode to enable automatic transfer between DC and AC modes, CHARGE-ONLY to maintain a full battery charge when AC is present without auto transfer and SYSTEM OFF settings.
- Set of six front panel LEDs display AC/DC operational modes, overload status, DC voltage level, shutdown status and system fault status
- Set of 4 configuration dip-switches support wet/gel battery charging profiles, adjustable 135/145V high voltage auto transfer during overvoltages and selectable 75/85/95/105V AC low voltage auto transfer during brownouts
- Resettable 6A charger AC input breaker and resettable 8A AC output breaker and automatic 2 speed cooling fan protect the inverter from load and temperature related failures
- Grounding lug properly connects the inverter/charger system to earth ground or vehicle grounding system
- Automatic overload and thermal shutoff safely turns off inverter as excessive loads or overheating conditions develop
- Front panel remote control connector enables remote off/on switching (requires APSRM4 switch accessory). Optional APSRM4 accessory also includes user configurable jacks to support inverter shutoff or start-up as a vehicle ignition is engaged.

Specifications

OVERVIEW	
Intended Application	Emergency Home Power
OUTPUT	
Frequency compatibility	60 Hz
Output watts	750
Continuous output capacity (watts)	750
Peak output capacity (watts)	1500
Output nominal voltage	120V
Output voltage regulation	LINE POWER (AC): Maintains 120V nominal sine wave output from line power source. INVERTER POWER (AC): Maintains PWM sine wave output voltage of 120 V AC (+/-5%).
Output frequency regulation	60 Hz (+/- 0.3 Hz)
Overload protection	Includes 6A AC input breaker dedicated to the charging system and 8A output breaker for AC output loads
Outlet quantity / type	2 AC outlets
INPUT	
Nominal Input Voltage(s) Supported	120V AC
Recommended Electrical Service	DC INPUT: Requires 12V DC input source capable of delivering 72A for the required duration (when used at full continuous capacity - DC requirements increase during Over-Power and Double-Boost operation). AC INPUT: 15A 120V AC recommended
Maximum input amps / watts	DC INPUT: Full continuous load - 72A at 12V DC. AC INPUT: 8 amps at 120VAC with full inverter and charger load (4.2A max charger-only)
Input connection type	DC INPUT: Set of 2 DC bolt-down terminals. AC INPUT: NEMA 5-15P input plug

Voltage compatibility (VAC)	120
Voltage compatibility (VDC)	12
BATTERY	
Expandable battery runtime	Runtime is expandable with any number of user supplied wet, gel or SLA batteries
DC system voltage (VDC)	12
Battery recharge rate	20A
UPC ASSIGNMENT	
Unit Carton UPC#	037332090119
LED S ALARMS & SWITCHE S	
Switches	3 position on/off/remote switch enables simple on/off power control plus "auto/remote" setting that enables distant on/off control of the inverter system when used in conjunction with optional APSRM4 accessory when used in inverter mode. In AC uninterrupt
Front panel LEDs	Set of 6 LEDs offer continuous status information on load percentage (6 levels reported) and battery charge level (7 levels reported). See manual for sequences.
SURGE /NOISE SUPPRE SSION	
AC suppression joule rating	450
PHY SICAL	
Shipping weight (lbs)	18.6
Shipping weight (kg)	8.4
Cooling method	Multi-speed fan
Unit Dimensions (HWD/in)	7 x 8.75 x 9
Unit Dimensions (HWD/cm)	17.78 x 22.23 x 22.86
Shipping Dimensions (HWD/in)	12.5 x 11 x 10.75
Shipping Dimensions (HWD/cm)	31.75 x 27.94 x 27.31
Unit weight (lbs)	17
Unit weight (kg)	7.7
Material of construction	Polycarbonate
Receptacle Color	BLACK
Style	Heavy-duty with built-in battery charger
Form factors supported	Mounting slots enable permanent placement of inverter on any horizontal surface (see manual for additional mounting information)
ENVIRONMENTAL	
Relative Humidity	0-95% non-condensing

LINE / BATTERY TRANSFER	
Transfer time from line power to battery mode	16.6 milliseconds (typical - compatible with many computers, servers and networking equipment - verify transfer time compatibility of loads for UPS applications)
Low voltage transfer to battery power	In AC "auto" mode, inverter/charger switches to battery mode as line voltage drops to 75V (user adjustable to 85, 95, 105V - see manual)
High voltage transfer to battery power	In AC "auto" mode, inverter/charger switches to battery mode as line voltage increases to 135V (user adjustable to 145 - see manual)
SPECIAL FEATURES	
Remote control capability	Yes
WARRANTY	
Product Warranty Period (U.S. & Canada)	1-year limited warranty
Product Warranty Period (International)	2-year limited warranty
Product Warranty Period (Mexico)	2-year limited warranty
Product Warranty Period (Puerto Rico)	1-year limited warranty

Cargador de Batería Samlex



Automatic Switch Mode Battery Charger

Model
SEC-1215A
15 Amps

Design Features

- Switch mode technology is used for high efficiency, light weight and quiet operation
- User selectable AC input voltage – 120 or 230 VAC
- User selectable (by DIP switch) 2 or 3 stage charging to ensure rapid and safe charging of all types of lead acid batteries – Flooded, AGM, Gel Cell or batteries with an external load
- Fully automatic operation
- Can charge 3 banks of batteries simultaneously, no isolator necessary
- Ammeter and LED power status indicator
- Ideal for charging all types of 12 volt lead-acid batteries
- Protections: short circuit, over current, reverse battery connection

2 YEAR WARRANTY

MODEL NO.	SEC-1215A
PRE-SET INPUT VOLTAGE	120 VAC, 60 Hz
USER SELECTABLE INPUT VOLTAGE	230 VAC, 50 Hz
INPUT FREQUENCY	50 - 60 Hz
OUTPUT VOLTAGE-BOOST	14 VDC, or 14.4 VDC or disabled
DIP SWITCH SELECTABLE	
OUTPUT VOLTAGE-FLOAT	13.5 VDC
OUTPUT AMPS	15 A
OPERATING TEMPERATURE RANGE	0 - 40° C
WEIGHT, LBS	4.8
WEIGHT, KG	2.2
DIMENSIONS, INCHES (L x W x H)	8.5 x 8.4 x 3.3
DIMENSIONS, MM (L x W x H)	215 x 214 x 82
PROTECTIONS	Short circuit, over current, reverse battery connection
OUTPUT BANKS	3

**ESCUELA DE FORMACION DE TECNOLOGOS
CARRERA DE: ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**

ORDEN DE EMPASTADO

De acuerdo con lo estipulado en el artículo 83 del Reglamento del Sistema de Estudios de las Carreras de Formación Profesional y de Postgrados, aprobado por el Consejo Politécnico en sesión del 16 de agosto de 2011 y una vez verificado el cumplimiento del formato de presentación establecido, se autoriza la impresión y encuadernación final del Proyecto de Titulación presentado por los estudiantes:

**CARLOS IVAN TAPA CAIZA
JAIRO JAVIER MALES MALDONADO**

Fecha de autorización: Quito, D.M., 23 de mayo de 2013


Ingeniero Carlos Posso Játiva
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE FORMACIÓN DE TECNÓLOGOS