



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON
LA COLECTIVIDAD**

**MAESTRIA EN REDES DE LA INFORMACIÓN Y CONECTIVIDAD
I PROMOCIÓN**

**TESIS DE GRADO MAESTRÍA EN REDES DE INFORMACIÓN Y
CONECTIVIDAD - MRIC**

**TEMA: “DISEÑO DE UNA RED DE RESPALDO DE MICROONDA PARA
LA CNT EP EN LA BANDA DE FRECUENCIA SHF.”**

AUTOR: NARANJO, GODOY FERNANDO

DIRECTOR: PATRICIO VIZCAINO

SANGOLQUÍ, JULIO DEL 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y VINCULACIÓN CON LA
COLECTIVIDAD****CERTIFICADO**

ING. PATRICIO VIZCAINO
Director

ING. DARIO DUQUE
Oponente

CERTIFICAN

Que el trabajo titulado “**DISEÑO DE UNA RED DE RESPALDO DE MICROONDA PARA LA CNT EP EN LA BANDA DE FRECUENCIA SHF**”, realizado por: Fernando Naranjo Godoy, ha sido guiado y revisado periódicamente, cumple normas estatutarias establecidas en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.

Debido a que el presente trabajo es una aplicación práctica que permite a la CNT EP implementar una red de respaldo de microonda para garantizar el tráfico de su red, alineada a su planificación estratégica y garantizando los servicios de telecomunicaciones que brinda esta operadora estatal, se recomienda su publicación.

El mencionado trabajo consta de un documento empastado y un disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de acrobat (PDF).

Autorizan a Fernando Naranjo Godoy, entregar el mismo a la Unidad de Gestión de Postgrados.

Sangolquí, Julio de 2014

Ing. Patricio Vizcaíno
DIRECTOR

Ing. Darío Duque
OPONENTE

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Fernando Naranjo Godoy

DECLARO QUE:

El proyecto de grado denominado “DISEÑO DE UNA RED DE RESPALDO DE MICROONDA PARA LA CNT EP EN LA BANDA DE FRECUENCIA SHF”, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando los derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan en el pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Sangolquí, Julio de 2014

Ing. Fernando Naranjo Godoy

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS ECONÓMICAS
ADMINISTRATIVAS Y DE COMERCIO**

AUTORIZACIÓN

Yo, Fernando Naranjo Godoy

Autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo denominado: “DISEÑO DE UNA RED DE RESPALDO DE MICROONDA PARA LA CNT

Ing. Fernando Naranjo Godoy

DEDICATORIA

Este trabajo esta dedicado a mi esposa y mis hijos fortaleza y motivo de continuar....

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mi tutor y mi oponente por la colaboración en este trabajo
Agradezco a mi esposa e hijos que me apoyaron en la ejecución de este proyecto.

ÍNDICE

<i>DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD</i>	<i>ii</i>
<i>DEDICATORIA</i>	<i>iv</i>
<i>AGRADECIMIENTOS</i>	<i>v</i>
<i>ÍNDICE</i>	<i>vi</i>
<i>ÍNDICE DE FIGURAS</i>	<i>x</i>
<i>ÍNDICE DE TABLAS</i>	<i>xii</i>
<i>ÍNDICE DE CUADROS</i>	<i>xiii</i>
<i>ÍNDICE DE ECUACIONES</i>	<i>xiv</i>
<i>RESUMEN EJECUTIVO</i>	<i>xv</i>
<i>ABSTRACT</i>	<i>xvi</i>
1. CAPITULO I	1
1.1. <i>Descripción del Problema</i>	1
1.1.1. <i>Obsolescencia de Equipos de Microonda de backbone y limitaciones de capacidad de enlaces microonda actuales.</i>	2
1.1.2. <i>Cortes fortuitos y provocados en los enlaces de fibra óptica</i>	4
1.1.3. <i>Falta de red de respaldo alternativa en caso de desastres naturales</i>	6
1.1.4. <i>Tiempo para reparaciones de Cortes de Fibra Óptica</i>	11
1.1.5. <i>Marco regulatorio para calidad de servicio</i>	12
1.2. <i>Justificación e Importancia</i>	13
1.3. <i>Objetivos</i>	18
1.3.1. <i>Objetivo General</i>	18
1.3.2. <i>Objetivos Específicos</i>	18
1.4. <i>Alcance</i>	19
2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	21
2.1. <i>Plan Nacional de Frecuencias y Uso del Espectro Radioeléctrico</i>	21
2.1.1. <i>Reseña Histórica</i>	21
2.1.1.1 <i>Telecomunicaciones en el Ecuador y la CNT EP</i>	21
2.1.1.2 <i>Marco Regulatorio</i>	23

2.1.2. Términos y Definiciones para el manejo del Plan Nacional	25
2.1.2.1 Servicios Radioeléctricos	25
2.1.2.2 Estaciones y sistemas radioeléctricos	26
2.1.2.3 Características de las emisiones y de los equipos.....	26
2.1.3. Atribución Bandas de Frecuencias	27
2.1.3.1 Nomenclatura de las bandas de frecuencia y longitudes de onda.....	27
2.1.3.2 Características técnicas de las estaciones	28
2.1.3.3 Asignación y empleo de la frecuencia	29
2.1.3.4 Regiones y zonas para distribución de frecuencias	31
2.1.3.5 Categoría de los servicios y de las atribuciones	33
2.1.3.6 Cuadros Nacionales de Atribuciones de Bandas SHF	34
2.1.3.7 Notas de la Región 2	40
2.1.3.8 Notas Nacionales relacionadas al Cuadro Nacional	44
2.2. Propagación electromagnética.....	47
2.2.1. Modelos de propagación	47
2.2.1.1 Propagación de ondas en la atmósfera y definición de parámetros.	50
2.2.1.2 Perfil de Terreno	56
2.2.1.3 Zona de Fresnel	59
2.2.2. Balance de enlace.	60
2.2.3. Atenuación por lluvia, obstáculos y vegetación.....	62
2.2.3.1 Atenuación por obstáculos y vegetación.....	62
2.2.4. Disponibilidad e indisponibilidad del radioenlace.	68
2.2.5. Capacidad de transporte de datos.	68
2.3. Herramienta de simulación Pathloss.	69
2.4. Requerimientos de CNT EP para red de microonda.	74
3. CAPITULO III: ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA Y BANDA SHF	75
3.1. Situación actual de la infraestructura de microonda de CNT EP.	75
3.1.1. Infraestructura de red de microonda de CNT EP	79
3.2. Bandas SHF en el Plan Nacional de Frecuencias y Uso de Espectro.....	81
3.2.1. Bandas de frecuencia a Analizar de acuerdo a distancia	81

3.2.2. Resumen análisis.....	85
3.2.3. Determinación de rangos de análisis.....	90
3.3. Barridos espectrales en las bandas de: 3.8 - 4.2 GHz, 5.9 – 6.4 GHz, 7.4 - 7.9 GHz, 7.9 - Conformación de base de datos para cada zona de interés.	91
3.3.1. Método de Barridos espectrales.....	92
3.3.1.1 Barrido espectral estación repetidora Cerro Blanco.....	93
3.3.2 Tipo de Barridos Obtenidos	119
3.4. Análisis de resultados: verificación de bandas SHF libres en cada zona de interés.	122
3.5. Tráfico actual generado en cada estación repetidora.	126
3.6. Proyección de tráfico de datos a 5 años por cada estación repetidora.	127
3.7. Conformación de base de datos con el nuevo tráfico por cada estación repetidora.	130
4. CAPITULO IV: DISEÑO DE RED DE RESPALDO DE MICROONDA	149
4.1 Requerimientos de diseño de la nueva red de respaldo de microonda.	149
4.1.1 Nuevo caudal de datos por estación repetidora y emplazamiento.	156
4.1.2 Índices de disponibilidad del radioenlace y de equipos por emplazamiento.	159
4.1.3 Diversidad de espacio y de frecuencia.	159
4.1.4 Sistemas de respaldo de energía eléctrica y sistemas de puesta a tierra.	160
4.2 Estudio de propagación para las nuevas frecuencias SHF.	161
4.2.1 Análisis de resultados.....	179
4.2.2 Análisis de disponibilidad anual de enlaces en banda de 4 GHz.	181
4.2.3 Análisis comparativo de bandas SHF	182
4.3 Comparación de indicadores de calidad del radioenlace por cada banda SHF libre.	183
4.4 Análisis comparativo y determinación de la mejor propuesta.	185
4.4.1 Análisis comparativo de topología en red de CNT EP.....	186
5. CAPITULO V: ANÁLISIS TECNICO ECONOMICO DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS.....	189
5.2 Análisis técnico de la propuesta No. 2 fabricante CERAGON	195
5.3 Análisis técnico de la propuesta No. 3 fabricante NEC	197
5.6 Análisis Económico propuesta utilizando bandas 8, 6, 4 GHz según disponibilidad.	199
5.4 Análisis Económico propuesta de red microonda banda 4 GHz.....	202

<i>5.5 Análisis Económico propuesta de red microonda banda 6 GHz</i>	203
<i>5.7 Análisis Técnico – Económico de propuestas.</i>	204
<i>6. CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</i>	206
<i>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</i>	208

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura No.1.1 Esquema de Red DWDM Nacional.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura No.1.2 Carretera destruida la lota Concepción (Chile).....</i>	<i>10</i>
<i>Figura No.1.3 Puente sobre el río Claro ciudad Camarico sur de Santiago de Chile</i>	<i>11</i>
<i>Figura No.1.4 Capacidad Actual y Mediano Plazo principales estaciones CNT EP.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura No.1.5 Zonas de deslizamientos y derrumbes potenciales en el Ecuador</i>	<i>17</i>
<i>Figura No.2.1 Distribución de Regiones para atribución de bandas de frecuencias</i>	<i>32</i>
<i>Figura No.2.2 Propagación de onda radioeléctrica sin atmósfera y con atmósfera</i>	<i>51</i>
<i>Figura No.2.3 Longitud de onda y dimensiones geométricas</i>	<i>51</i>
<i>Figura No.2.4 Geometría de la ley de Snell.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura No.2.5 Sombra de radio con $dMdh < 0$.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura No.2.6 Variaciones de valor de K.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura No.2.7 Probabilidad de conducción en Mayo (ITU-R rep. 563-4).....</i>	<i>56</i>
<i>Figura No.2.8 Perfil de terreno Típico de Enlace</i>	<i>57</i>
<i>Figura No.2.9 Perdida Adicional debido a la difracción.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura No.2.10 Valor de k_e excedido para aproximadamente el 99.9% del peor mes.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura No.2.11 Coeficientes de reflexión típicos para diferentes tipos de terreno reflexiones por tierra.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura No. 2.12 Separación óptima de antenas para diversidad.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura No. 2.13 Lluvia en Zona de Fresnel.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura No. 2.14 Atenuación por Lluvia en función de la Frecuencia y el índice de lluvia.....</i>	<i>67</i>
<i>Figura No. 3.1 Grafico de Implementación y Elevación de Estación Repetidora</i>	<i>80</i>
<i>Figura No. 3.2 Ubicación Estación Repetidora Cerro Blanco en Google Earth.....</i>	<i>94</i>
<i>Figura No. 3.3 Croquis Local estación repetidora Cerro Blanco CNT EP</i>	<i>94</i>
<i>Figura No. 3.4 Analizador de espectros HP 8592A Agilent.....</i>	<i>95</i>
<i>Figura No. 3.5 Antena Horn SAS-571 700 MHz - 18 GHz</i>	<i>96</i>
<i>Figura No. 3.6 Amplificador de Bajo ruido (LNA)</i>	<i>96</i>
<i>Figura No. 3.7 Cable flexible de baja perdida (Return Loss).....</i>	<i>96</i>
<i>Figura No. 3.8 Equipamiento para barrido de espectro.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura No. 3.9 Infraestructura externa existente Estación Repetidora Cerro Blanco.....</i>	<i>99</i>
<i>Figura No. 3.10 Infraestructura interna existente Estación Repetidora Cerro Blanco</i>	<i>99</i>
<i>Figura No. 3.11 Mediciones de espectro en banda de 3800 a 4200 MHz.....</i>	<i>103</i>
<i>Figura No. 3.12 Mediciones de espectro en banda de 5900 a 6450 MHz.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura No. 3.13 Mediciones de espectro en banda de 7400 a 7900 MHz.....</i>	<i>107</i>
<i>Figura No. 3.14 Mediciones de espectro en banda de 7900 a 8500 MHz.....</i>	<i>109</i>
<i>Figura No. 3.15 Levantamiento de portadora en rango de análisis</i>	<i>110</i>
<i>Figura No. 3.16 Ejemplo de Barrido sin portadoras en banda 3800 a 4200 MHz.....</i>	<i>120</i>
<i>Figura No. 3.17 Ejemplo de Barrido parcialmente interferido en banda 7900 a 8500 MHz.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura No. 3.18 Ejemplo Barrido interferido con portadoras en banda de 5900 -6450 MHz.....</i>	<i>121</i>
<i>Figura No. 4.1 Distribución ACCP.....</i>	<i>152</i>
<i>Figura No. 4.2 Distribución ACAP.....</i>	<i>152</i>
<i>Figura No. 4.3 Distribución CCDP</i>	<i>153</i>
<i>Figura No. 4.4 Distribución Mixta.....</i>	<i>153</i>
<i>Figura No. 4.5 Distribución para Requerimiento</i>	<i>153</i>
<i>Figura No.4.6 Agregación de Trafico CCDP con XPIC en una interfaz ethernet</i>	<i>155</i>
<i>Figura No. 4.7 Topología de Red Nacional de Microonda en Herramienta Pathloss.....</i>	<i>162</i>
<i>Figura No. 4.8 Perfil de terreno enlace Guamote – Carshao.....</i>	<i>163</i>
<i>Figura No. 4.9 Cálculo de altura de antena</i>	<i>164</i>

<i>Figura No. 4.10 Análisis de transmisión de enlace Factor Climático (Lluvia)</i>	165
<i>Figura No. 4.11 Análisis de transmisión de enlace Equipo Microonda</i>	166
<i>Figura No. 4.12 Análisis de transmisión de enlace Acoplador de Antena</i>	167
<i>Figura No. 4.13 Análisis de transmisión de enlace Línea de Transmisión</i>	168
<i>Figura No. 4.14 Análisis de transmisión de enlace Antena</i>	169
<i>Figura No. 4.15 de Análisis de transmisión Datos de Perfil de Enlace</i>	170
<i>Figura No. 4.16 Análisis de transmisión Datos de Perfil de Enlace</i>	170
<i>Figura No. 4.17 Análisis de transmisión enlace Guamote - Carshao antena de 3.7 m</i>	171
<i>Figura No. 4.18 Análisis de transmisión enlace Guamote - Carshao configuración diversidad</i>	172
<i>Figura No. 4.19 Análisis de transmisión enlace Guamote - Carshao con diversidad de espacio</i>	173
<i>Figura No. 4.20 Punto para cálculo de multitrayectos y reflejos</i>	174
<i>Figura No. 4.21 Análisis de Plano Reflejado</i>	174
<i>Figura No. 4.22 Cálculo de Difracción</i>	175
<i>Figura No. 4.23 Análisis de Transmisión obtención de reporte</i>	176
<i>Figura No. 4.24 Topología propuesta sobre red óptica de CNT EP</i>	188
<i>Figura No. 5.1 Parámetros del equipo del fabricante SIAE</i>	192
<i>Figura No. 5.2 Configuración de los 6 canales XPIC</i>	193
<i>Figura No. 5.3 Equipo del fabricante CERAGON</i>	195

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla No. 2.1 Nomenclatura de bandas de frecuencia.....</i>	28
<i>Tabla No. 2.2 Modalidades de Propagación para las diferentes bandas de Frecuencias.....</i>	49
<i>Tabla No. 3.1 Infraestructura Pre-Establecida para Red Nacional de Microonda</i>	77
<i>Tabla No. 3.2 Frecuencias canalizadas para banda de 6 GHz.....</i>	87
<i>Tabla No. 3.3 Frecuencias canalizadas para banda de 7 GHz.....</i>	88
<i>Tabla No. 3.4 Frecuencias canalizadas para banda de 8 GHz con shifter de 311.32.....</i>	88
<i>Tabla No. 3.5 Frecuencias canalizadas para banda de 8 GHz con shifter de 266.....</i>	89
<i>Tabla No. 3.6 Frecuencias canalizadas para banda de 4 GHz</i>	90
<i>Tabla No. 3.7 Canales similares en rango de frecuencias canalizadas en banda de 7 y 8 GHz.....</i>	91
<i>Tabla No. 3.8 Lectura de Picos de potencia en banda de 5900 – 6450 MHz.....</i>	111
<i>Tabla No. 3.9 Lectura de Picos de potencia en banda de 7400 – 7900 MHz.....</i>	112
<i>Tabla No. 3.10 Lectura de Picos de potencia en la banda de 7900 – 8500 MHz.....</i>	113
<i>Tabla No.3.11 Disponibilidad de canales en la Banda de 5900 a 6450 MHz.....</i>	114
<i>Tabla No.3.12 Disponibilidad de canales en la Banda de 7400 a 7900 MHz.....</i>	116
<i>Tabla No. 3.13 Disponibilidad de canales en la Banda de 7900 a 8500 MHz.....</i>	117
<i>Tabla No. 3.14 Cuadro resumen de disponibilidad de 6 canales de frecuencias</i>	124
<i>Tabla No. 3.15 Tráfico Actual por estación repetidora.....</i>	127
<i>Tabla No. 3.16 Población del Ecuador por provincia al 2013.....</i>	128
<i>Tabla No. 3.17 Requerimientos de Transmisión de Repetidoras para atender demanda Rural.....</i>	130
<i>Tabla No. 4.1 Requerimientos de transmisión de Respaldo de CNT EP</i>	156
<i>Tabla No. 4.2 Tabla Resumen de Caudal de datos por estación repetidora</i>	158
<i>Tabla No. 4.3 Principales resultados de parámetros de enlaces simulados en Pathloss 5.0.....</i>	184
<i>Tabla No. 5.1 Red propuesta utilizando bandas de 8, 6 y 4 GHz según canales libres</i>	199
<i>Tabla No. 5.2 Costo referencial Red Propuesta canales libres en bandas de 8, 7, 6, 4 GHz</i>	200
<i>Tabla No. 5.3 Costo referencial Red Propuesta banda de 4 GHz.....</i>	202
<i>Tabla No. 5.4 Costo referencial Red Propuesta banda de 6 GHz.....</i>	203

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro No. 1.1 Volúmenes de Tráfico DWDM Operativo Nacional Red Anillo</i>	
<i>DWDM ZTE</i>	9
<i>Cuadro No. 2.1 2700 - 4800 MHz</i>	35
<i>Cuadro No. 2.2 4800 - 5570 MHz</i>	36
<i>Cuadro No. 2.3 5570 - 7250 MHz</i>	37
<i>Cuadro No. 2.4 7250 - 8500 MHz</i>	38
<i>Cuadro No. 2.5 8500 - 10000 MHz</i>	39
<i>Cuadro No. 2.6 Coeficientes de regresión para estimar la atenuación específica ..</i>	67
<i>Cuadro No. 3.1 Equipamiento utilizado</i>	95
<i>Cuadro No. 5.1 Especificaciones Long Haul IP-SDH (Full Indoor)</i>	193

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1) Ley de Snell.....	51
Ecuación 2) Índice de Refracción.....	51
Ecuación 3) Valor de N en el índice de refracción	51
Ecuación 4) Valor de N en el índice de refracción radioeléctrica.....	53
Ecuación 5) Variación de N en función de la altura	53
Ecuación 6) Variación de N en función de la altura	53
Ecuación 7) Radio de curvatura de un rayo	52
Ecuación 8) Radio Efectivo.....	53
Ecuación 9) Ecuación para indicar la curvatura	54
Ecuación 10) Valor de K	54
Ecuación 11) Ecuación de una elipse.....	54
Ecuación 12) Ecuación del radio F1	60
Ecuación 13) Modificación de la altura de la Tierra	60
Ecuación 14) Potencia en el receptor	60
Ecuación 15) Fórmula de Friis.....	61
Ecuación 16) Fórmula de la atenuación por lluvia.....	64
Ecuación 17) Fórmula de la taza de lluvia	64
Ecuación 18) Fórmula de la atenuación específica por lluvia.....	64
Ecuación 19) Fórmula de la atenuación debida a la lluvia en el 0.01%	66
Ecuación 20) Capacidad de un canal.....	67

RESUMEN

TEMA: DISEÑO DE UNA RED DE RESPALDO MICROONDA PARA LA CNT EP EN LA BANDA DE FRECUENCIA SHF

La operadora estatal del Ecuador la Corporación Nacional de Telecomunicaciones, CNT EP, requiere una red de respaldo microonda para proteger el tráfico de alta disponibilidad y proporcionar servicios a las zonas rurales, por cuanto las redes ópticas de backbone presentan varios cortes de fibra óptica (en 2013 aproximadamente 68 cortes) debido a su implementación sobre carreteras, vías férreas, líneas de alta tensión, tanto canalizadas como aéreas, que son afectados por causas naturales como derrumbes, deslizamientos y causas provocadas como trabajos en las vías, cuyo tiempos de reparación pueden tomar desde 8 horas hasta meses de acuerdo al daño. El diseño de esta red parte del análisis de las bandas SHF (Super High Frequency) de frecuencias para los enlaces microonda y mediante barridos espectrales en cada estación repetidora y determinar la disponibilidad de 6 canales en una misma banda en las dos polaridades para proveer una capacidad de 2.4 Gbps, utilizando la infraestructura de estaciones repetidoras existente, la banda de 3.8 a 4.2 GHz cumple con estos requerimientos y mediante simulaciones de cada enlace de microonda proporciona una disponibilidad total anual de 99.999%. Este proyecto permitió liberar la banda de 3.8 a 4.2 GHz del servicio fijo para todas las operadoras en el Ecuador y la CNT EP obtuvo la concesión de toda esta banda en todos los enlaces requeridos para la red de respaldo.

PALABRAS CLAVE: BARRIDO ESPECTRAL, DISPONIBILIDAD, FRECUENCIA, RADIO, TELECOMUNICACIONES.

ABSTRACT

SUBJECT: DESIGN OF A MICROWAVE BACKUP NETWORK USING SHF FRECUENCY BAND FOR CNT EP.

The Ecuadorian state operator, Corporación Nacional de Telecomunicaciones, CNT EP, needs a microwave backup network to preserve high availability traffic and provide services to rural areas, because there are many cuts in backbone optical networks (approximately 68 cuts during 2013) due to the optical fiber is implemented on the roads, railways and power lines (ducted so as aerial), these are affected by two causes, the first one are natural causes such as landslides and the second one are induced causes such as work on public roadways. The time to repair these damages could be on the order of hours or months, depending on the damage. The design of this network comes from the SHF (Super High Frequency) frequency band analysis to microwave links, spectral scans over each repeater station and the availability of 6 channels (in horizontal and vertical polarization) in the same frequency band to provide a 2.4 Gbps capacity using existing repeater stations infrastructure. The 3.8 to 4.2 GHz frequency bands satisfy these requirements and through simulations of every microwave link they get an annual total availability of 99.999%. This project allowed setting free the 3.8 to 4.2 GHz frequency band and CNT EP got the concession of this frequency band to develop the microwave backup network.

KEYWORDS: AVAILABILITY, FRECUENCY, RADIO, SPECTRAL SCAN, TELECOMMUNICATIONS.

1. CAPITULO I

Introducción

Dentro de este capítulo se describirá el problema, justificación e importancia, los objetivos y el alcance que motivaron este trabajo de investigación y tesis de postgrado, para lo cual se utiliza una metodología analítica/ sintética que divide el problema en partes y las soluciona por separado.

Se presentará una descripción de las principales causas que generan la necesidad de una red troncal de microonda para la CNT EP, con lo cual se identificarán los efectos a solucionar.

1.1. Descripción del Problema

La CNT EP(Corporación Nacional de Telecomunicaciones) utiliza para la transmisión nacional de voz y datos , el backbone (troncal) que conecta las principales estaciones de mayor tráfico, a través de conexiones por medio de fibra óptica, cuya implementación es muy costosa y requiere de carreteras o vías de acceso para su instalación como su mantenimiento.

Dado que existen poblaciones de menor demanda de servicios de transmisión de voz y datos, que se encuentran alejadas de las redes ópticas desplegadas por la CNT EP, y económicamente no es sustentable la instalación de enlaces de fibra, se utilizan entonces otros medios de transmisión como los enlaces de radio o enlaces satelitales, hacia estaciones que concentran el tráfico total para conectarse a una estación que utiliza medios de transmisión por fibra óptica. Esta alternativa de conexión mixta entre fibra óptica y microonda, permite dar cobertura y servicios de telecomunicaciones a las poblaciones alejadas de la zona rural mediante costos más bajos respecto de una infraestructura de red completamente con fibra.

El Ecuador por su ubicación geográfica presenta diferentes condiciones o escenarios naturales los cuales afectan considerablemente los enlaces ópticos, como

son inundaciones, derrumbes, deslizamientos, temblores, que afectan y causan cortes en los cables de fibra óptica.

Por otro lado los enlaces de fibra óptica que se encuentran canalizados en tierra o aéreos utilizando postes, a través de vías o accesos de comunicaciones vehiculares o vías férreas, se hallan expuestos a trabajos de mantenimiento, accidentes vehiculares, sabotajes intencionados, afectan gravemente los servicios de telecomunicaciones, causando cortes a los enlaces de fibra óptica repercutiendo en costos tanto para el usuario como para CNT EP y en la disminución de calidad del servicio.

Todas estas causas han permitido reconocer las siguientes variables más relevantes, las cuales son consideradas en este trabajo de investigación para su análisis, descritas a continuación:

1.1.1. Obsolescencia de Equipos de Microonda de backbone y limitaciones de capacidad de enlaces microonda actuales.

En el Ecuador en el año 1983 operaba una red troncal de microonda que conectaba las principales ciudades del Ecuador con una capacidad de 140 Mbps en aire con tecnología TDM –PDH (63 E1's), utilizando estaciones repetidoras con una distancia promedio hasta 50 Km de distancia, en la banda de 3.7 a 4.2 GHz con un ancho de banda de 28 a 32 MHz, capacidad para la época, suficiente para servicios de voz y datos.

El crecimiento de población e incremento de demanda de servicios de voz y datos para los siguientes años, así como las mejoras en la tecnología de los equipos microonda para el año 1990, permitió ampliar la capacidad de transmisión por microonda, principalmente en la ruta para conectar las principales ciudades del Ecuador, Quito y Guayaquil, con la siguiente ruta: Quito Centro (Nodo), Cerro Atacazo, Cerro Bomboli, El Carmen (Manabí), Cerro Bijagual, Quevedo, Cerro Pailón, Babahoyo, Cerro del Carmen y Guayaquil Centro. Esta red operaba en la banda de 7 GHz con una capacidad en aire de 3 STM-1 en configuración 3+1 con tecnología SDH, del tipo full indoor (equipamiento de radio dentro de estación).

Otras redes fueron desplegadas para atender la demanda a otras ciudades como por ejemplo para la ciudad de Ambato, con la ruta de transmisión: Cerro Bijagual, Cerro Mulidihuan, Cerro Capadia, Cerro Pilisurco, Ambato.

Dada que las capacidades de transmisión para proporcionar servicios de voz y datos fueron incrementándose año tras año, estas redes microonda no podían soportar las capacidades requeridas y proyectadas, por lo que fue necesario disponer de un nuevo tipo de conectividad, lo cual dio lugar a la utilización de la tecnología óptica y redes de fibra para los enlaces troncales con tecnología SDH (STM-64), entraron en operación entre el año 2001 al 2002 aproximadamente y permitieron disponer de mayores capacidades por lo cual se empezó a migrar el tráfico de las redes microonda a las redes ópticas, utilizando las redes microonda como backup.

Para el año 2003 con el incremento de requerimientos de capacidad de transmisión se instaló sobre los enlaces de fibra óptica desplegados, una red DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing) anillada por la cual se transmite las capacidades actuales (100 Gbps distribuidos en todo el anillo mostrado en la Figura No. 1.1).

Por lo indicado anteriormente, las redes troncales de microonda con el paso de los años, incrementaban su indisponibilidad, debido a la culminación de tiempo de vida útil (15 años) y la falta de repuestos, han dejado de utilizarse por su capacidad limitada, por lo que algunos enlaces fueron desmontados y se han utilizado las estaciones repetidoras para nuevos enlaces a fin de proporcionar conectividad a poblaciones que no podían ser atendidas con enlaces de fibra óptica y conectarse por lo tanto a las estaciones repetidoras con fibra óptica.

Estos enlaces microonda tienen capacidades de un máximo de 4 STM-1 por cada antena de instalación y por cada STM-1 una frecuencia, son del tipo Split. Para ampliar la capacidad de un enlace microonda con estos equipos, se requiere la adición de una antena en ambos extremos del enlace sin disponer de espacio y soporte en las torres de estas estaciones repetidoras. Muchos de estos enlaces no

pueden ser reutilizados por que se encuentran fuera de las canalizaciones vigentes de acuerdo a la Resolución No. SNT-2010-000408 del 10 de noviembre del 2010.

Las capacidades de transmisión en las principales estaciones repetidoras (estaciones descritas en detalle en Capítulo III) no abastecen las necesidades actuales de los servicios de voz y datos (Ver Tabla No. 1.2) para las poblaciones o clientes corporativos que se deben conectar a la red de CNT EP a través de estas estaciones repetidoras. Adicionalmente los equipos terminales (MSAN, DSLAM, SWITCH, ROUTER, RBS, BTS, NODO B) utilizados en las poblaciones rurales y clientes corporativos utilizan y operan con tecnología IP, lo que ha provocado la colocación de conversores de TDM a IP que significan un punto más de falla y limitan las capacidades en Mbps a utilizarse.

Cabe destacar que en las estaciones repetidoras de CNT EP, donde se encuentran los enlaces de microonda, también se encuentran infraestructuras de otras operadoras, instituciones, televisoras, etc., que utilizan enlaces microonda de larga distancia, lo cual ha saturado el espectro radioeléctrico disponible en las bandas licenciadas, además que en los registros de la SENATEL como en el Plan Nacional de Frecuencias se encuentran concesionadas en un 90% las bandas de frecuencias asignadas para enlaces punto a punto fijo que se utilizan para largas distancias, estas bandas son las bandas de 6, 7, 8 GHz.

1.1.2. Cortes fortuitos y provocados en los enlaces de fibra óptica

El despliegue e implementación de los enlaces de fibra óptica para enlaces troncales o de backbone realizado a nivel nacional por la operador nacional, es realizada por vías de acceso entre ciudades (carreteras, línea de ferrocarril, caminos peatonales), con dos procedimientos de implementación de la fibra óptica, el canalizado bajo tierra a un lado o debajo de las carreteras y aéreo montado sobre postes a un lado de las carreteras, diseños, y procedimientos de construcción que son implementados a nivel nacional. (Naranjo Godoy). Este tipo de instalación de la fibra

óptica, vuelve vulnerable a las redes de ópticas troncales, por cuanto son susceptibles a cortes por la intervención humana.

Las principales afectaciones que presenta la fibra óptica canalizada bajo tierra son las reparaciones en las vías, como el cambio de carpeta asfáltica, destapado de alcantarillas, deslizamientos de tierra por ampliaciones de vía, etc. Para la fibra óptica aérea presenta cortes por choques de vehículos contra los postes en los que se montan la fibra óptica, maleza o ramas de árboles que afectan a los cables, animales que se posan en los cables, sabotaje por personas desconocidas al tener el cable al aire libre, etc.

Por lo indicado, en ocasiones la red actual de transmisión óptica DWDM que se observa su esquema en la Figura No.1.1 de “Esquema de Red DWDM Nacional”, que opera en configuración de anillo, presenta cortes simultáneos en ambas direcciones, lo que produce que queden incomunicadas algunas ciudades, afectando los servicios de voz y datos que se proporciona, siendo necesario crear alternativas o nuevas rutas de redundancia óptica para soportar estos cortes, que dependen de la existencia de vías de acceso, altísimas inversiones en obras civiles, y un largo tiempo de implementación.

En el Cuadro No. 1.1, se muestran como ejemplo los volúmenes de tráfico del DWDM Operativo Nacional del Anillo DWDM ZTE, donde se observa las altas capacidades de transmisión que se manejan, como el origen y destino de tráfico de cada lambda o longitud de onda, cada una de estas puede proporcionar hasta 10 GE (Giga Ethernet). Para el resto de ciudades que no están consideradas en la Figura No. 1.1, dada su demanda de tráfico (capacidad máxima de STM-64), se utilizan enlaces ópticos anillados con tecnología NG-SDH (Next Generation - Synchronous Digital Hierarchy), los cuales se conectan a la red DWDM, que presentan los mismos inconvenientes ya descritos.

Dentro de estas altas capacidades, como tipos de conexiones ópticas, existe tráfico prioritario determinado por los niveles de servicio o por la importancia de los

datos o comunicaciones que transmiten, y que su tráfico no son de alta capacidad, para lo cual se hace indispensable disponer de una alternativa de transmisión para este tráfico para que sea redundante y que no depende de las redes ópticas para garantizar su operación continua, siendo una troncal de red microonda una alternativa para llevar el tráfico y no depender de las redes ópticas.

1.1.3. Falta de red de respaldo alternativa en caso de desastres naturales

Es conocido que el Ecuador se encuentra en una zona de alto riesgo sísmico y alto nivel de inundaciones, como de derrumbes o deslizamientos de tierra. El Ecuador es susceptible a un desastre natural que afecte sus carreteras o puentes o vías de acceso, las cuales estarían afectando las comunicaciones, y los servicios de voz y datos que se proporciona.

Dentro de estos eventos de desastres naturales que afectan al cable de fibra óptica canalizado y aéreo, especialmente en épocas de invierno, con una mayor frecuencia en nuestro país, son los deslizamientos de tierra o derrumbes, ya que el Ecuador es atravesado por una cordillera montañosa en la región sierra siendo propensa a presentar estos problemas en sus carreteras.

Este tipo de eventos que involucran deslizamientos de tierra son de conocimiento público y pueden encontrarse en noticias de periódicos del país como el del Sábado 05 de febrero del 2011 de “Ruta estratégica está en riesgo por deslaves” (Diario El Universo, 2011) en el que se indica sobre los inconvenientes que se producen por los constantes deslizamientos en la vía Santo Domingo – Aloag que afectan a la fibra óptica, como del diario de Loja Crónica, del 18 de abril de 2012 que afectaron los servicios de dicha población por un corte en la ruta Quito- Latacunga y Quito – San Miguel de los Bancos por alrededor de 3 horas con 10 minutos, estas noticias constan en el Anexo No. 1 de “ Noticias de Diarios y Periódicos sobre de cortes de fibra óptica” (Diario de Loja Crónica, 2012).

Existen otros eventos que han sido perjudiciales para el campo de las telecomunicaciones, que sería muy extenso registrarla en este documento ya que muchos de ellos son periódicamente informados en los medios de comunicación públicos.

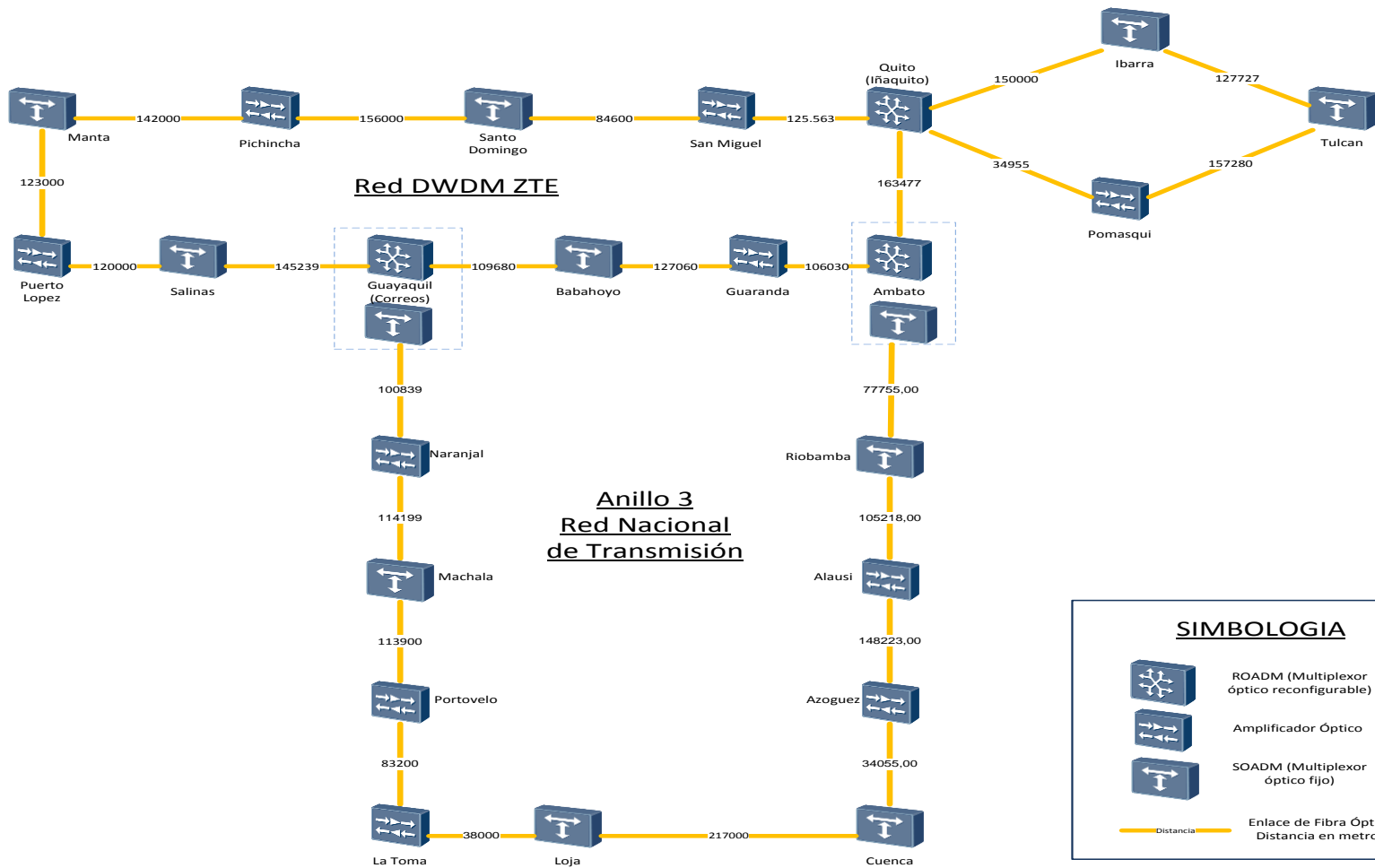


Figura No.1.1 Esquema de Red DWDM Nacional

Fuente: CNT E.P.

Cuadro No. 1.1

Volúmenes de Tráfico DWDM Operativo Nacional Red Anillo DWDM ZTE

#	LAMBDA	MARISCAL	INAQUITO	AMBATO CNT	GUARANDA	BABAHOYO	CORREOS	SALINAS	MANTA	SANTO DOMINGO	INAQUITO	IBARRA	TULCAN	INAQUITO
1	192.10	10GE	10GE	10GE/10GE			10GE							10GE
2	192.20	GE8	GE8	10GE/10GE										
3	192.30										S64	S64		
4	192.60										GE8	GE8		
5	192.70										S64		S64	
6	193.10		10GE				10GE/10GE		REC/10GE		10GE			
7	193.20	10GE							REC/10GE					
8	193.30	10GE							REC/10GE					
9	193.40						10GE/10GE		REC/10GE		REC/10GE			
10	193.50			10GE/10GE					REC/10GE		REC/10GE			
11	193.60				REC/SRM41		SRM41/SRM41	SRM41/SRM41	REC/SRM41		REC/SRM41			
12	193.70	10GE		10GE					REC/10GE					
13	193.80		10GE						REC/10GE		10GE			
14	193.90		SRM41						REC/10GE		SRM41			
15	194.00		SRM41		REC/SRM41			SRM41/SRM41	REC/SRM41		SRM41			
16	194.10		S64						10GE		S64	S64		
17	194.20		S64				SRM41		SRM41		GE8	GE8		
18	194.30					GE8/GE8		GE8	10GE		10GE			
19	194.40		S64		GE8/GE8			REC/GE8		GE8				
20	194.50				SGW/GE4	SGW/GE4	S64					GE8		
21	194.80					SRM41	SRM41	GE8	REC/GE8		GE8			
22	194.90												GE8	

Fuente: CNT E.P.

Como referencia se puede tomar el caso imprevisto del terremoto de 8.8 en la escala de Richter del 27 de febrero de 2010 en la zona centro de Chile, desastre natural que afecto a este país, que como se observa en la Figura No. 1.2 de “Carretera destruida la lota Concepción (Chile) fuente Agencia de Noticias “EFE”, evidenció que las redes ópticas anilladas de gran capacidad ubicadas a un lado de las carreteras o vías de acceso, eran susceptibles a cortes continuos en una misma ruta, que afectaron seriamente las comunicaciones en ese país, siendo el único respaldo, las redes de comunicaciones microonda y satelitales en las zonas del desastre.

Cabe destacar que el cable de fibra óptica al ir por carreteras también utilizan los puentes para vehículos, por lo que en caso de que un puente se caiga afecta la red óptica, como sucedió de igual manera en el terremoto de Chile. Figura No. 1.3 del “Puente sobre el río Claro ciudad Camarico sur de Santiago de Chile, fuente Agencia de noticias EFE”.



Vista de la carretera que une a la localidad de Lota, con Concepción (Chile) destruida tras el terremoto de 8,8 grados en la escala de Richter que sacudió el pasado sábado el centro y sur del país. EFE

Figura No.1.2 Carretera destruida la lota Concepción (Chile)

Fuente: Agencia de noticias EFE



Figura No. 1.3 Puente sobre el río Claro ciudad Camarico sur de Santiago de Chile

Fuente: Agencia de noticias EFE

1.1.4. Tiempo para reparaciones de Cortes de Fibra Óptica

El tiempo para dar solución a reparaciones de cortes de fibra óptica, dependen del tipo de implementación del cable de fibra óptica. Para enlaces de fibra canalizados bajo tierra, el tiempo de reparación promedio en el mejor caso es de 4 horas, pudiendo extenderse dependiendo de la naturaleza del daño hasta semanas y meses.

Para enlaces aéreos con fibra utilizando postes, el tiempo de reparación promedio en el mejor de los casos es 2 horas, pudiendo ser más dependiendo del problema.

Otra variable que afecta al tiempo promedio de reparación es la distancia o ubicación entre del sitio del problema y las cuadrillas de reparación; así como el tipo de obra civil a realizarse así por ejemplo: el desenterrar la fibra y volver a enterrarla o colocar un poste en reemplazo de otro caído o roto, tiempos que afectan la disponibilidad del servicio de telecomunicaciones (valores de 99,95% para

clientes corporativos y 99,5 % para clientes masivos), principalmente cuando se presentan dos o más cortes de fibra óptica simultáneos en el mismo tramo del anillo, aumentando el tiempo de reparación de daños y por ende causando molestias a los usuarios.

1.1.5. Marco regulatorio para calidad de servicio

La CNT EP desde el 29 de diciembre de 1997 proporciona el servicio Portador (SENATEL, 2010) de telecomunicaciones registrado en la SENATEL. El servicio portador está definido como: “Los servicios portadores son los servicios de telecomunicaciones que proporcionan la capacidad necesaria para la transmisión de señales entre puntos de terminación definidos de red. Los servicios portadores brindan capacidad para transportar todo tipo de información (voz, datos, video, etc.), entre dos sitios claramente definidos. Los servicios portadores se pueden prestar bajo dos modalidades: redes conmutadas y redes no conmutadas. El área de cobertura puede ser a nivel nacional o a nivel regional (Rivera).”

Este servicio debe cumplir con las siguientes índices de calidad, su cumplimiento determina las sanciones por mal servicio y renovación de la concesión:

- **Porcentaje de averías (PDA).**- Averías reportadas por los usuarios del servicio contratado dentro del período de medición aplicable. $\leq 20\%$
- **Tiempo medio de reparación de averías (TRA).**- Tiempo medio de reparación de averías de circuitos locales y circuitos de larga distancia. ≤ 8 horas.
- **Porcentaje de averías con tiempo de reparación mayor a 8 horas. (PR8).**- Porcentaje de averías en cuya solución se excedió las 8 horas desde que fue reportada. $\leq 5\%$.
- **Porcentaje de disponibilidad del servicio (PDS).**-Porcentaje de disponibilidad del servicio para circuitos locales y de larga distancia PTD.- Al menos 98% en promedio de toda la red del operador

Mediante resolución TEL-406-10-CONATEL-2011 (CONATEL) del 19 de Mayo de 2011 la SENATEL, otorga la CNT EP como empresa pública las condiciones mínimas para la prestación de servicios, mediante el cual como empresa pública le corresponde prestar todos los servicios de telecomunicaciones: finales y portadores; servicio de valor agregado; servicio móvil avanzado; servicios de audio y video por suscripción, radiodifusión y los demás servicios que se incluyan a futuro dentro del sector estratégico.

CNT EP tiene la obligación debe cumplir con los índices de calidad, los cuales son medidos, evaluados y controlados por la Superintendencia de Telecomunicaciones, de acuerdo a cada servicio de conformidad al Ordenamiento Jurídico Vigente, como por ejemplo la Resolución- SNT-2011-0617 (SENATEL, 2011) del 28 de Octubre de 2011, en el que se constan los índices de calidad para la operación de redes de acceso universal de internet y las obligaciones que los proveedores de las redes de acceso universal deberán cumplir.

Dado que todos los servicios indicados que proporciona CNT EP y el marco regulatorio que lo rige, y que todos estos servicios utilizan para su transmisión las redes ópticas de backbone o troncales y dada la cantidad de usuarios y enlaces declarados como se muestra para los servicios portadores (CONATEL, 2010).

Todos los servicios que proporciona la CNT EP, deben garantizar su continuo funcionamiento de acuerdo al marco legal vigente, para lo cual se debe mantener una disponibilidad de los servicios con la calidad acordada con el ente regulador para evitar sanciones y mantener la concesión otorgada de los servicios que puede proporcionar.

1.2. Justificación e Importancia

La justificación de este proyecto está dada por el incremento de demanda de servicios de voz y datos a nivel nacional en especial de poblaciones rurales que han saturado la capacidad de transmisión de los enlaces troncales de microonda de la

CNT EP, como se puede observar en la siguiente Figura No. 1.4 de “Capacidad Actual y a Mediano Plazo de principales estaciones repetidoras de CNT EP”, con datos aproximados, donde se indica, la capacidad de transmisión en Mbps de algunas estaciones repetidoras de la CNT y su proyección de incremento de capacidad a 3 años dada la demanda a satisfacer.

En las estaciones repetidoras de la CNT EP, en las cuales se conectan las poblaciones o servicios que no pueden ser atendidos por otros medios con enlaces de fibra óptica, se concentran enlaces microonda de 42 a 84 Mbps de capacidad hacia poblaciones rurales o de difícil acceso los cuales incrementan el requerimiento de capacidad para la estación repetidora, lo que no permite integrar nuevas poblaciones por falta de capacidad en dicha troncal.

Cabe destacar que los equipos actuales de Microonda de la CNT EP, técnicamente ya no permiten ninguna ampliación. Adicionalmente el espacio en torres que ocupan los equipos actuales necesita ser optimizado con equipos más eficientes en espacio y rendimiento.

Estos requerimientos de nuevos servicios y accesos al internet van de la mano de los alcances del gobierno de turno, el cual tiene la finalidad el cumplir con la “Estrategia Ecuador Digital 2.0 herramienta de articulación al Plan Nacional del Buen Vivir 2009-2013 (SEMPLADES, 2009)” y así eliminar la brecha digital en las poblaciones rurales del país.

Actualmente la CNT EP dispone de una red de fibra óptica a nivel nacional, que es susceptible a presentar eventos simultáneos de cortes de esta fibra en ambas direcciones del anillo, lo que puede afectar la disponibilidad de los servicios de clientes corporativos que provee la CNT EP a través de esta red.

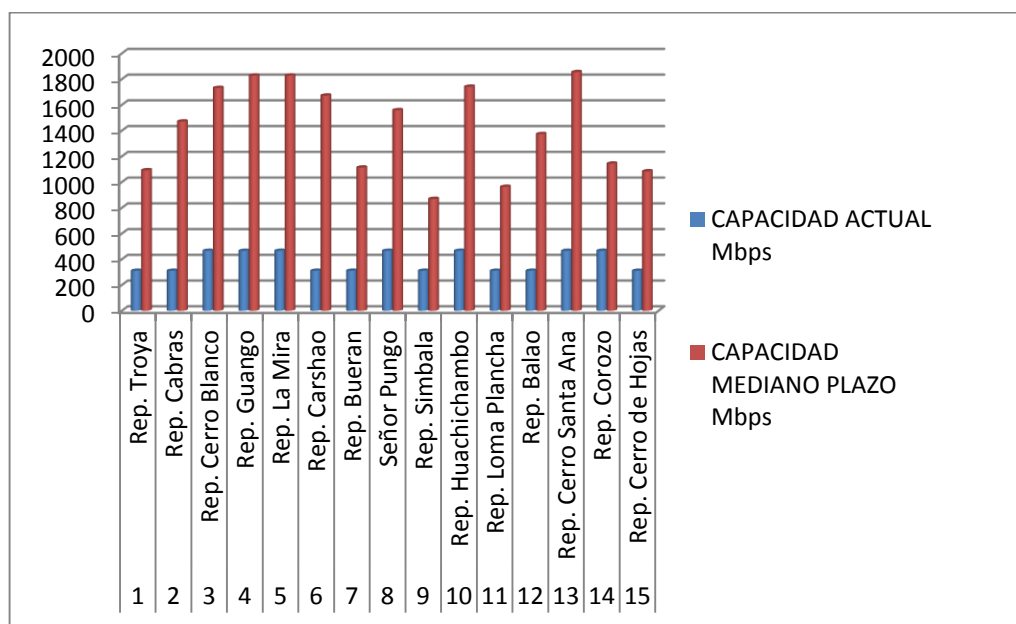


Figura No. 1.4 Capacidad Actual y Mediano Plazo principales estaciones repetidoras CNT EP

Dado que “el Ecuador, país andino, tiene un conjunto de características físicas que condicionan el advenimiento de las amenazas naturales, entre ellas: precipitaciones pluviométricas abundantes y/o con intensidad elevada, sucesión de estaciones secas y lluviosas, desnivel topográfico, vertientes empinadas y extensas, formaciones geológicas sensibles a la erosión, ubicación ecuatorial a la orilla del océano Pacífico, con influencia del fenómeno del Niño, planicies fluviales con bajas pendientes, zona de subducción de la placa de Nazca con la placa Sudamericana, una de las más activas del mundo, etc.” (Diario El Mercurio, 2012)

Los derrumbes y deslizamientos son los principales eventos que afectan a los enlaces de fibra óptica por cuanto producen cortes que su reparación pueden tomar algunas horas y afectan considerablemente las comunicaciones dadas las altas capacidades que transmiten a través de este medio de transmisión.

El Ecuador por sus características topográficas e hidro-meteorológicas, varias zonas del Ecuador son susceptibles de sufrir eventos de movimientos en masa conocidos como deslizamientos o derrumbes (Institu de Recherche pour le Developpment (IRD), Oxfam). En el Ecuador son varios factores que inciden en el

advenimiento de movimientos de masa como las pendientes, la extensión de las vertientes, las formaciones geológicas subyacentes, las precipitaciones (cantidad y repartición anual), la existencia de fallas geológicas, la ocurrencia de sismos y también el uso inadecuado de los suelos.

Al igual que en el caso de las inundaciones, en toda la Costa se registran un sin número de deslizamientos aislados durante los fenómenos El Niño, debido a excesivas precipitaciones durante meses. La incidencia en los sectores de deslizamientos no siempre son los mismos pueden variar a nivel nacional y de cada fenómeno ya que tiene características peculiares. Los sismos también contribuyen en la desestabilización de números taludes que se desprenden afectando las carreteras y las instalaciones de fibra óptica.

Con base a lo indicado se han creado mapas de las zonas potencialmente sensibles a los deslizamientos y derrumbes, donde se consideran a las pendientes superiores a 12 grados. La zona andina es la más afectada, de acuerdo a los estudios realizados el 30% del territorio nacional es propenso a derrumbes, como se observa en el siguiente mapa de la Figura No. 1.4 de “Zonas de deslizamientos y derrumbes potenciales en el Ecuador (Institu de Recherche pour le Developpment (IRD), Oxfam)”, lo cual representa que es este evento debe ser considerado para el análisis de disponibilidad de enlaces de fibra óptica.

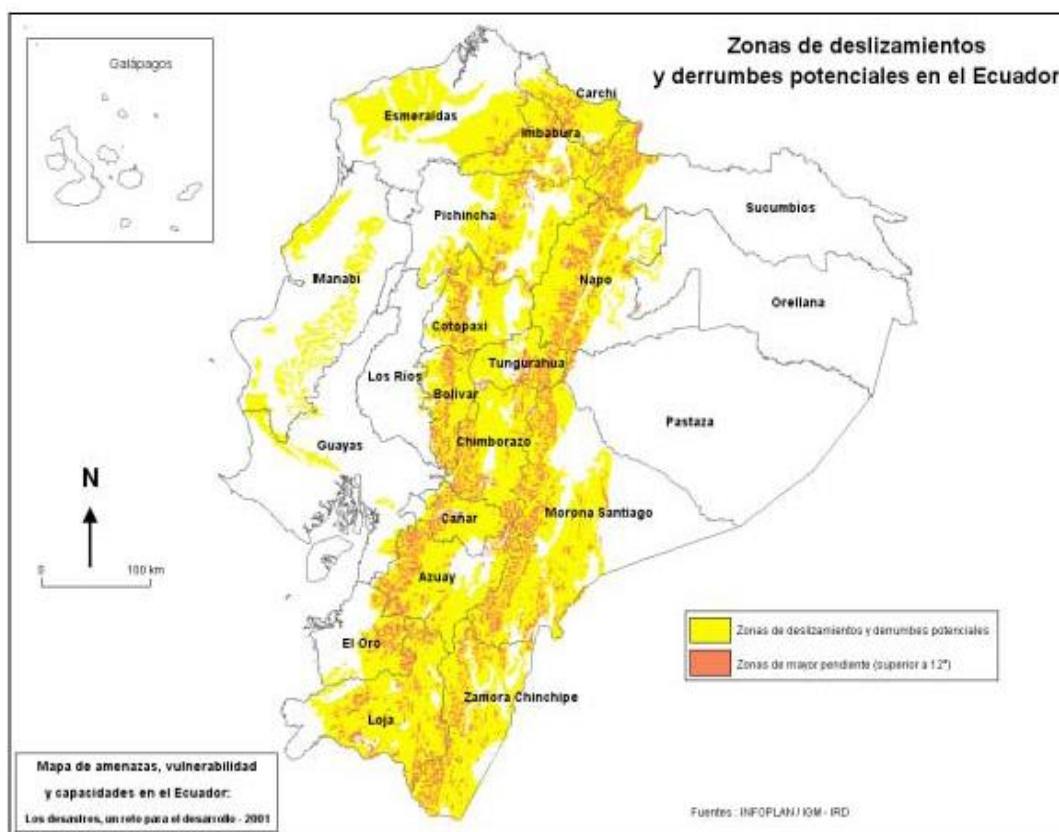


Figura No. 1.5 Zonas de deslizamientos y derrumbes potenciales en el Ecuador

Fuente: Amenazas, Vulnerabilidad, Capacidades y Riesgo en el Ecuador. Los desastres, un reto para el desarrollo. Cooperazione Internazionale, Instituto de Recherche pour le Developpement (IRD) y Oxfam.

La CNT EP no posee una red de respaldo o backup en caso de eventos fortuitos que afecten la red de fibra óptica a nivel nacional como los indicados de movimientos en masa o derrumbes y deslizamientos antes mencionados o por eventos fortuitos producidos por el hombre como por ejemplo los cortes por adecuaciones en carreteras o vía férrea, desastres naturales, deslaves, vandalismo o sabotaje en los cables de fibra óptica que transportan todos los servicios de CNT EP.”

De lo indicado es importante disponer de una red de microonda troncal, ya que esta proporcionará la capacidad de los requerimientos de transmisión para poblaciones rurales, soportará el tráfico en caso de roturas de los enlaces de fibra óptica de dos partes del anillo, que pueden tomar algunas horas su reparación, y

aumentar los índices de disponibilidad y calidad comprometidos con los entes reguladores.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Analizar y diseñar una nueva red de microonda para la CNT EP, mediante barridos espectrales de bandas de frecuencias SHF dentro del Plan Nacional de Frecuencias, utilizando la infraestructura ya existente, que cumpla con las características de propagación, capacidad de transporte y disponibilidad, con el fin de mejorar la calidad del servicio y disponer de una red de respaldo alternativa a las redes ópticas en caso de eventos fortuitos.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar las bandas de frecuencias SHF disponibles de acuerdo al Plan Nacional de Frecuencias y Uso del Espectro Radioeléctrico de la CONATEL para la Red Nacional de Microonda (RNMW) de CNT EP.
- Analizar la propagación electromagnética para determinar el desempeño de las bandas de frecuencias SHF mediante la herramienta de simulación Pathloss, para verificar la capacidad de transporte de datos con la infraestructura existente de la CNT EP.
- Realizar mediciones radioeléctricas con barridos de frecuencias y verificación de posibles interferencias para el análisis de saturación del espectro radioeléctrico en las bandas SHF, en las estaciones repetidoras de CNT EP consideradas para el proyecto.
- Proponer un diseño de red de microonda utilizando bandas de frecuencia SHF disponibles de acuerdo al Plan Nacional de Frecuencias, que permitan transportar eficientemente el exceso de tráfico de datos generado en las estaciones repetidoras de la Red Nacional de Microonda de la CNT EP, a fin de mejorar la disponibilidad total de equipos y servicios del tráfico actual como su proyección a mediano plazo, además asegurar el transporte de los

principales servicios de voz y datos en casos de eventos fortuitos de las redes ópticas.

- Estimar costos de la implementación de tres alternativas de red de microonda propuestas, que permitan solucionar los problemas actuales como son: obsolescencia de equipos que superan los 15 años de operación, falta de capacidad de transporte de datos, falta de una red de respaldo alternativa para el caso de eventos fortuitos, márgenes de indisponibilidad que superen valores máximos permitidos.

1.4. Alcance

En el presente proyecto se han considerado como alcance los siguientes puntos:

1.4.1. El analizar las bandas de frecuencia SHF de acuerdo a la asignación del Plan Nacional de Frecuencias y uso del espectro radioeléctrico que se utilizan para enlaces microonda de servicio fijo.

1.4.2. Determinar la banda de frecuencias SHF que proporcionen la disponibilidad, capacidad que la CNT EP requiere para la implementación de la Red Nacional de Microonda Verificación de potencias de recepción, potencias de transmisión, alturas de antenas, línea de vista, disponibilidad anual, bandas de frecuencias SHF, etc., para determinar la viabilidad en el diseño de la nueva red de respaldo.

1.4.3. Analizar la saturación de espectro radioeléctrico en bandas SHF en las estaciones repetidoras de CNT EP consideradas, mediante barridos de frecuencias.

1.4.4. Realizar mediciones del espectro radioeléctrico en las estaciones repetidoras de la CNT EP consideradas para este proyecto, la banda de 3.7 a 4.2 GHz, 6 GHz, 7 GHz, 8 GHz.

1.4.5. Analizar tiempos de vida útil de equipos existentes de los equipos descritos en años y meses de cada estación repetidora.

1.4.6. Analizar el caudal actual de datos por cada estación repetidora, así como su proyección a mediano y largo plazo.

1.4.7. Conformar una base de datos, con registros de cada estación repetidora en función de los servicios prestados, registrando de tiempos de disponibilidad de cada radioenlace que sean superiores a 99.99%, considerando equipos carrier class cuya disponibilidad típica es 99.999%.

1.4.8. Diseñar un red alternativa de respaldo a las redes ópticas en caso de eventos de daños fortuitos y desastres naturales.

1.4.9. Proponer tres alternativas de redes de respaldo y presentar el análisis técnico – económico.

2. CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

Introducción

2.1. Plan Nacional de Frecuencias y Uso del Espectro Radioeléctrico

El Plan Nacional de frecuencias del Ecuador es el documento que expresa la soberanía del Estado Ecuatoriano en materia de administración del espectro radioeléctrico utilizado en los diferentes servicios de radiocomunicaciones dentro del país y hacia el entorno internacional, siendo un documento que recoge las atribuciones de bandas de frecuencias adoptadas en las Conferencias Mundiales de radiocomunicaciones de la UIT.

El Plan Nacional de Frecuencias es el documento referencial para el desarrollo de las telecomunicaciones del País (CONATEL & SENATEL, 2011).

2.1.1. Reseña Histórica

2.1.1.1. Telecomunicaciones en el Ecuador y la CNT EP

Los orígenes de la empresa de telecomunicaciones nacional se pueden considerar desde:

“Los años 1900, que se instaló la primera central telefónica en Quito usando un sistema semiautomático, para los años 1920 se conectaron Quito y Guayaquil mediante telégrafo y para 1937 ya se disponían 7.000 Kilómetros de líneas de telégrafo y teléfono, 167 oficinas de telégrafo y 19 estaciones inalámbricas que colectivamente proveían comunicación conectando a los principales pueblos y ciudades de la costa y de la sierra.

En 1943, se funda la Radio Internacional del Ecuador como una organización estatal independiente para los servicios de telegrafía y telefonía internacional, que hasta ese entonces era monopolizada por All America Cable y Radio.

En 1949, se inauguró la Empresa de Teléfonos de Quito y en 1953 la Compañía de Teléfonos de Guayaquil fue creada con una capacidad técnica y administrativa similar a la Empresa de Teléfonos de Quito (ETQ).

En 1958, La Empresa de Radio Telégrafos y Teléfonos Ecuador (ERTTE) fue creada por la Unión de la Dirección de Telégrafos y Radio Internacional del Ecuador para mejorar y controlar el sistema de comunicaciones internacionales.

En 1963, la Empresa de Radio Telégrafos y Teléfonos Ecuador (ERTTE) se reestructuró y cambio su nombre a Empresa Nacional de Telecomunicaciones (ENTEL) y en 1970, fue nacionalizada All America Cable and Radio.

En 1971, el gobierno fusionó ENTEL, ETQ, Empresa de Teléfonos de Guayaquil (ETG) y Cables y Radio del Estado en dos compañías regionales bajo el Ministerio de Obras Públicas y Comunicaciones, para que en 1972, el gobierno nacional crea el Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones (IETEL) el cual impulsó el marco regulatorio de las telecomunicaciones como resultado de la necesidad de desconcentrar las funciones del Estado.

Para 1992 se reestructura el sector de las telecomunicaciones cuando el Congreso aprobó una Ley Especial de Telecomunicaciones. Con lo cual el estado mantuvo los servicios básicos de telecomunicaciones como un monopolio transformando IETEL en EMETEL (Empresa Estatal de Telecomunicaciones).

En 1996, la Empresa Estatal de Telecomunicaciones EMETEL se transformó en la sociedad anónima EMETEL S.A. para agilizar su desarrollo con capital privado y en 1997: Se separan en dos compañías operadoras ANDINATEL S.A. y PACIFICTEL S.A (Trujillo Sánchez, 2005).”

“Con la finalidad de brindar un mejor servicio a todos los ecuatorianos, y conectar a todo el país con redes de telecomunicaciones, nace, el 30 de octubre del 2008, la CORPORACIÓN NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES, CNT S.A, resultado de la fusión de las extintas ANDINATEL S.A. Y PACIFICTEL S.A.; sin embargo, luego de un poco más de un año, el 14 de enero del 2010, la CNT S.A., se convierte en empresa pública, y pasa a ser, desde ese momento, la CORPORACIÓN

NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES CNT EP, empresa líder en el mercado de las telecomunicaciones del Ecuador.

Posteriormente, el 30 de julio del 2010 se oficializó la fusión de la Corporación con la empresa de telefonía móvil ALEGRO, lo que permite potenciar la cartera de productos, enfocando los esfuerzos empresariales en el empaquetamiento de servicios y en convergencia de tecnologías, en beneficio de la comunidad y de sus clientes (CNT EP).”

2.1.1.2. Marco Regulatorio

A continuación una reseña histórica tomado de la página web de la SENATEL del marco regulatorio del Ecuador, desde sus inicios y actualidad:

“Desde la creación en el mes de octubre de 1972 del Instituto Ecuatoriano de Telecomunicaciones (IETEL) por el Gobierno Nacional, se impulsó el marco regulatorio de las telecomunicaciones como resultado de la necesidad de desconcentrar las funciones del Estado, esto es la regulación, planificación y operación.

Este sistema monopólico estatal poco a poco requirió de un giro hacia un nuevo esquema acorde a los cambios acelerados que el mercado exigía. Es indudable que para 1990 las telecomunicaciones se caracterizaban por un crecimiento vertiginoso, reflejado en la instalación de 537,895 líneas telefónicas que eran aproximadamente 18 por cada 100 habitantes y para 1991 el servicio ya era automático en un 75 por ciento a nivel nacional.

A partir del 10 de agosto de 1992, se reestructura el sector de telecomunicaciones ecuatoriano con la aprobación de la Ley Especial de Telecomunicaciones, en la que se mantuvieron los servicios básicos de telecomunicaciones como un monopolio exclusivo del Estado, mediante la transformación del IETEL en Empresa Estatal de Telecomunicaciones (EMETEL).

Un aspecto importante de esta Ley radica en la creación de la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTTEL) como ente de regulación y control, sujeto a la vigilancia del Congreso Nacional. Posteriormente, surgen nuevas expectativas sobre la necesidad de modificar la mencionada Ley, pues se argumentaba la concentración de funciones en un solo organismo público (la Superintendencia de Telecomunicaciones), el mismo que ejercía simultáneamente atribuciones de regulación y de control en el sector de telecomunicaciones. Esta razón, sumada a la queja de los usuarios por la falta de apoyo e interés gubernamental para el crecimiento y desarrollo del sector, constituyeron el factor principal que impulsó la reforma a la Ley Especial de Telecomunicaciones promulgada el 30 de agosto de 1995 (R.O. 770), así como la aprobación de la Ley de Radiodifusión y Televisión.

Se destaca como fundamental reforma de esa Ley, la independencia de funciones que fueron otorgadas a los organismos creados, esto es: el Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), como ente de administración y regulación de las telecomunicaciones en el Ecuador, incluyendo el espectro radioeléctrico; como el Administrador de las Telecomunicaciones en el Ecuador ante la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT); y, con facultades para ejercer la representación a nombre del Estado; la Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SNT), como ente encargado de la ejecución e implementación de las políticas y regulación de telecomunicaciones emanadas del CONATEL, incluyendo el Plan Nacional de Frecuencias aprobado por el CONATEL (excepto las bandas de radio y televisión de competencia del CONARTEL y las de servicio móvil marítimo administrados por la Armada Nacional); y, la Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTTEL) como el organismo de control y monitoreo del espectro radioeléctrico, así como de supervisión y control de operadores y concesionarios.

Con la promulgación, en el mes de marzo de 2000, de la Ley para la Transformación Económica, se reorienta la política para el sector de telecomunicaciones hacia el régimen de libre competencia de los servicios, plasmada en la reforma del artículo 38 de la Ley Especial de Telecomunicaciones, delegando así al CONATEL la elaboración y promulgación de un apropiado marco regulatorio para propiciar el mercado en condiciones de libre competencia (CONATEL).”

2.1.2. Términos y Definiciones para el manejo del Plan Nacional de Frecuencias

Espectro Radioeléctrico.- Se trata del medio por el cual se transmiten las frecuencias de ondas de radio electromagnéticas que permiten las telecomunicaciones (radio, televisión, Internet, telefónica móvil, televisión digital terrestre, etc.), y son administradas y reguladas por los gobiernos de cada país. La definición precisa del espectro radioeléctrico, tal y como lo ha definido la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), organismo especializado de las Naciones Unidas con sede en Ginebra (Suiza) es: las frecuencias del espectro electromagnético usadas para los servicios de difusión y servicios móviles, de policía, bomberos, radioastronomía, meteorología y fijos. Este no es un concepto estático, pues a medida que avanza la tecnología se aumentan (o disminuyen) rangos de frecuencia utilizados en comunicaciones, y corresponde al estado de avance tecnológico.

Ondas Radioelectrónicas u ondas hertzianas.- Ondas electromagnéticas, cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin guía artificial.

Adjudicación (de una frecuencia o de un canal radioeléctrico).- Inscripción de un canal determinado en un plan, adoptado por una conferencia competente, para ser utilizado por una o varias administraciones para un servicio de radiocomunicaciones terrenal o especial en uno o varios países o zonas geográficas determinados y según condiciones específicas.

Asignación (de una frecuencia o de un canal radioeléctrico).- Autorización que da una administración para que una estación radioelectrónica utilice una frecuencia o un canal radioeléctrico determinado en condiciones específicas.

2.1.2.1. Servicios Radioeléctricos

Servicios de radiocomunicación.- Servicio definido en esta sección que implica la transmisión, la emisión o la recepción de ondas radioeléctricas para fines

específicos de telecomunicaciones. Todo servicio de radiocomunicación que se mencione en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, salvo indicación expresa en contrario, corresponde a una radiocomunicación terrenal.

Servicio Fijo.- Servicio de radiocomunicación entre puntos fijos determinados.

2.1.2.2. Estaciones y sistemas radioeléctricos

Estación.- Uno o más transmisores o receptores, o una combinación de transmisores y receptores, incluye las instalaciones accesorias, necesarias para asegurar un servicio de radiocomunicación, o el servicio de radiocomunicación, o el servicio de radioastronomía en un lugar determinado.

Estación terrenal.- Estación que efectúa radiocomunicaciones terrenales. Reglamento, salvo indicación expresa en contrario, corresponde a una estación terrenal.

Estación Fija.- Estación del servicio fijo.

2.1.2.3. Características de las emisiones y de los equipos

Radiación (radioeléctrica).- Flujo saliente de energía de una fuente cualquiera en forma de ondas radioeléctricas, o esta misma energía.

Emisión.- Radiación productiva, o producción de radiación, por una estación transmisora radioeléctrica. Por ejemplo, la energía radiada por el oscilador local de un receptor radioeléctrico no es una emisión, sino una radiación.

Clase de emisión.- Conjunto de características de una emisión, a saber: tipo de moduladora de la portadora principal, naturaleza de la señal moduladora, tipo de información que se va a transmitir, así como también en su caso, cualesquiera otras características; cada clase se designa mediante un conjunto de símbolos normalizados.

Banda de frecuencia asignada.- Banda de frecuencia en el interior de la cual se autoriza la emisión de una estación determinada; la anchura de esta banda es igual a la anchura de la banda necesaria más el doble del valor absoluto de la tolerancia de frecuencia. Cuando se trate de estaciones espaciales, la banda de frecuencia asignada, incluye el doble del desplazamiento máximo del efecto Doppler que puede ocurrir con relación a un punto cualquiera de la superficie de la tierra.

Frecuencia asignada.- Centro de la banda de frecuencias asignada a una estación.

Anchura de banda necesaria.- Para una clase de emisión, la anchura de la banda de frecuencia estrictamente suficiente para asegurar la transmisión de la información a la velocidad y con la calidad requerida en condiciones específicas.

2.1.3. Atribución Bandas de Frecuencias

2.1.3.1. Nomenclatura de las bandas de frecuencia y longitudes de onda

El espectro radioeléctrico se subdivide en nueve bandas de frecuencias, que se designan por números enteros, en orden creciente, de acuerdo con el siguiente cuadro. Dado que la unidad de frecuencia es el hertzio (Hz), las frecuencias se expresan:

- En kilohertzios (kHz) hasta 3000 kHz. Inclusive;
- En megahertzios (MHz) por encima de 3 MHz hasta 3000 MHz inclusive;
- En gigahertzios (GHz) por encima de 3 GHz hasta 3000 GHz inclusive;

Tabla No. 2.1**Nomenclatura de bandas de frecuencia**

Número de la banda	Símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente	Abreviaturas métricas para las bandas
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miriamétricas	B.Mam
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas kilométricas	B.km
6	MF	300 a 3000 kHz	Ondas hectométricas	B.hm
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas	B.dam
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas	B.m
9	UHF	300 a 3000 MHz	Ondas decimétricas	B.dm
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas	B.cm
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas	B.mm
12		300 a 3000 GHz	Ondas decimilimétricas	

Fuente: Plan Nacional de Frecuencias, CONATEL – SENATEL, Octubre 2011

2.1.3.2. Características técnicas de las estaciones

Las principales características técnicas de las estaciones para el presente proyecto se muestran a continuación y son tomadas del Plan Nacional de Frecuencias de Octubre 2011:

- a) La elección y el funcionamiento de los aparatos y dispositivos que hayan de utilizarse en una estación, para cualquier de sus emisiones, se harán de acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.
- b) Así mismo siempre que sea compatible con las consideraciones de orden práctico, la elección de los aparatos y dispositivos de emisión, recepción y

medida, se hará teniendo en cuenta los últimos, progresos de la técnica, propugnados, entre otros documentos, ni las Recomendaciones UIT-R.

- c) El diseño de los equipos transmisores y receptores destinados a ser utilizados en una parte dada del espectro de frecuencia debería tener en cuenta las características técnicas de los equipos transmisores y receptores que puedan utilizarse en partes próximas del espectro, y en otras partes del mismos, siempre que se hayan tomado las medidas técnica y económicamente justificables para reducir el nivel de las emisiones no deseadas de estos últimos equipos transmisores y para reducir la susceptibilidad a la interferencia de estos últimos equipos receptores.
- d) Conviene que los equipos que deban utilizarse en una estación apliquen, en la medida de lo posible, los métodos de proceso de señales que conduzcan a la máxima eficacia en la utilización del espectro de frecuencias, de conformidad con las Recaudaciones UIT-R pertinentes. Tales métodos incluyen, entre otros, ciertas técnicas de expansión de la anchura de banda y, en particular en los sistemas de modulación de amplitud, el empleo de la técnica de banda lateral única.

2.1.3.3. Asignación y empleo de la frecuencia

Los principales puntos a considerarse para este proyecto respecto a la asignación y empleo de frecuencias se muestran a continuación y son tomados del Plan Nacional de Frecuencias de Octubre 2011:

- a) La Administración Ecuatoriana procura limitar las frecuencias y el espectro utilizado al mínimo indispensable para obtener el funcionamiento satisfactorio de los servicios necesarios.
- b) La Administración Ecuatoriana se compromete a atenerse a las prescripciones del Cuadro Nacional de atribuciones de bandas de frecuencia, así como a las demás disposiciones del Plan, al asignar frecuencias a las estaciones que puedan causar interferencias perjudiciales a los servicios efectuados por las estaciones de los demás países.

- c) Toda nueva asignación o toda modificación de la frecuencia o de otra característica fundamental de una asignación existente, deberá realizarse de tal modo que no pueda producir interferencia perjudicial a los servicios efectuados por estaciones que utilicen frecuencias asignadas de conformidad con el Cuadro Nacional de atribución de bandas de frecuencia del Plan Nacional de Frecuencias.
- d) La Administración Ecuatoriana no asignará a una estación frecuencia alguna que no se ajuste al Cuadro Nacional de atribución de bandas de frecuencias incluido en las disposiciones del presente Plan, excepto en el caso de que tal estación, al utilizar dicha asignación de frecuencia, no produzca interferencia perjudicial a una estación que funcione de acuerdo con las disposiciones de la Constitución, del Convenio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT y el presente Plan, ni reclame protección contra la interferencia perjudicial causada por dicha estación.
- e) La frecuencia asignada a una estación de un servicio dado deberá hallarse suficientemente separada de los límites de la banda atribuida a dicho servicio para que, teniendo en cuenta la banda de frecuencia asignada a dicha estación, no cause interferencia perjudicial a aquellos servicios a los que se hayan atribuido las bandas adyacentes.
- f) Para la solución de casos de interferencia perjudicial, el servicio de radioastronomía se tratará como un servicio de radiocomunicación. No obstante, se le concederá protección contra servicios que funcionen en otras bandas, en la misma medida en que estos gocen de protección entre sí.
- g) Para la solución de casos de interferencia perjudicial, al servicio de investigación espacial (pasivo) se les concederá protección contra servicios de exploración de la Tierra por satélite (pasivo) se les concederá protección contra servicios que funcionen en otras bandas en la misma medida en que estos gocen de protección entre sí.
- h) Cuando en Regiones o subregiones adyacentes una banda de frecuencia esté atribuida a servicios diferente de la misma categoría, el funcionamiento de esos servicios se basará en la igualdad de derechos. Por consiguiente, las

estaciones de cada servicio, en unas de estas regiones o subregiones, funcionarán de tal manera que no causen interferencias perjudiciales a ningún servicio de la misma categoría o de una categoría superior de las demás Regiones o subregiones.

- i) Ninguna disposición de este Plan podrá impedir a una estación que se encuentre en peligro o a una estación que la asista, la utilización de todos los medios de radiocomunicación de que disponga para llamar la atención, señalar el estado y la posición de la estación en peligro y obtener auxilio o prestar asistencia.
- j) La Administración Ecuatoriana reconoce que los aspectos de seguridad del servicio de radionavegación y otros servicios de seguridad requieren medidas especiales para garantizar que estén libres de interferencia perjudicial; es necesario, por consiguiente, tener en cuenta este factor en la asignación y el empleo de la frecuencia.
- k) La Administración Ecuatoriana podrá asignar una frecuencia elegida en una banda atribuida al servicio fijo o al servicio fijo por satélite a una estación autorizada para transmitir unilateralmente desde un punto fijo determinado hacia uno o varios puntos fijos determinados, siempre que dichas emisiones no estén destinadas a ser recibidas directamente por el público en general.
- l) Toda estación móvil cuya emisión satisfaga a la tolerancia de frecuencia exigidas a la estación costera con la cual comunica, podrá transmitir en la misma frecuencia que la estación costera, a condición de que esta última estación le pida que transmita en dicha frecuencia y de que no se produzca interferencia perjudicial a otras estaciones.

2.1.3.4. Regiones y zonas para distribución de frecuencias

Desde el punto de vista de la atribución de las bandas de frecuencias, se ha dividido el mundo en tres Regiones indicadas en el siguiente mapa de la Figura No. 2.1.

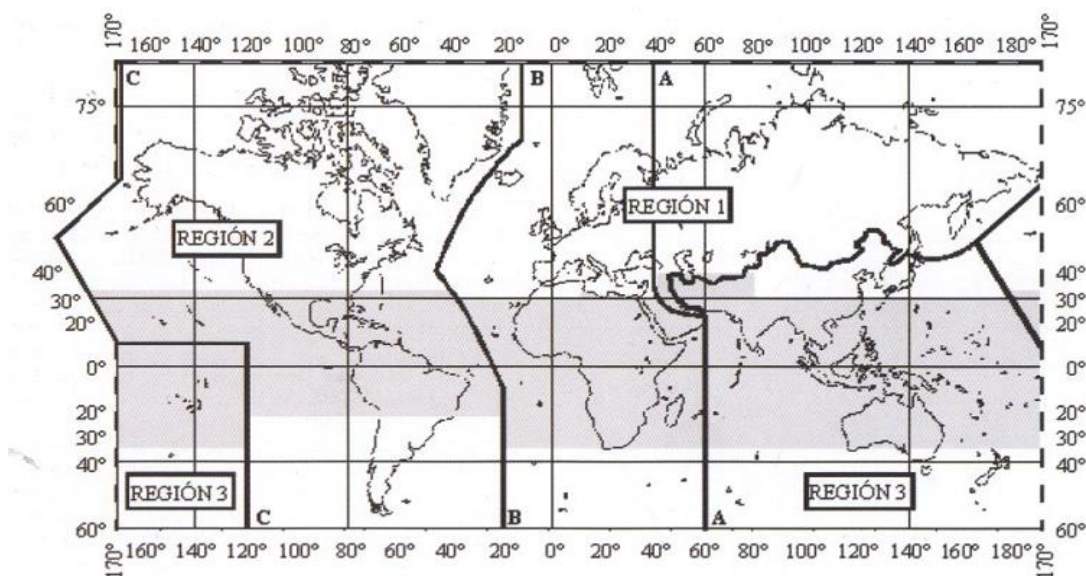


Figura No. 2.1 Distribución de Regiones para atribución de bandas de frecuencias

Fuente: Plan Nacional de Frecuencias, CONATEL – SENATEL, Octubre 2011

Región 1:

La Región 1 comprende la zona limitada al este por línea A (más adelante se definen las líneas (A, B y C), y al oeste por la línea B, excepto el territorio de la República Islámica de Irán situado dentro de estos límites. Comprende también la totalidad de los territorios de Armenia, Azerbaiyán, Federación de Rusia, Georgia, Kazakstán, Mongolia, Uzbekistán, Kirguistán, Tayikistán, Turkmenistán, Turquía y Ucrania y la zona al norte de la Federación de Rusia que se encuentran entre las líneas A y C.

Región 2:

La Región 2 comprende la zona limitada al este por la línea B y al oeste por la línea C.

Región 3:

La Región 3 comprende la zona limitada al este por la línea C y al oeste por la línea A, excepto el territorio de Armenia, Azerbaiyán, Federación de Rusia, Georgia, Kazakstán, Mongolia, Uzbekistán, Tayikistán, Turkmenistán, Turquía, Ucrania y la zona al norte de la Federación de Rusia. Comprende, asimismo, la parte del territorio de la República Islámica de Irán situada fuera de estos límites.

Las líneas A, B y C se definen en la forma siguiente:

Línea A: La línea A parte del polo Norte; sigue el meridiano de 40° Este de Greenwich hasta el paralelo de 40° Norte; continúa después del arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 60° Este con el Trópico de Cáncer, y finalmente, por el meridiano de 60° Este hasta el Polo Sur.

Línea B: La línea B parte del Polo Norte; sigue el meridiano 10° Oeste de Greenwich hasta su intersección con el paralelo 72° Norte; continua después por un arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 50° Oeste con el paralelo 40° Norte; sigue de nuevo un arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 20° Oeste con el paralelo 10° Sur y, finalmente, con el meridiano 20° Oeste hasta el Polo Sur.

Línea C: La línea C parte del Polo Norte; sigue el arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del paralelo $65^{\circ}30'$ Norte con el límite internacional en el estrecho de Bering; continúa por un arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 165° Este de Greenwich con el paralelo 50° Norte; sigue de nuevo un arco de círculo máximo hasta el punto de intersección del meridiano 170° Oeste con el paralelo 10° Norte; continuará por el paralelo 10° Norte hasta su intersección con el meridiano 120° Oeste, y , finalmente, por el meridiano 120° Oeste hasta el Polo Sur.

2.1.3.5. Categoría de los servicios y de las atribuciones

Dentro del Cuadro Nacional de Atribuciones de Bandas de Frecuencias se debe considerar los servicios primarios y secundarios de la siguiente manera:

- 1) Cuando, en una casilla del cuadro que figura en este Plan, una banda de frecuencia se atribuye a varios servicios, ya sea en todo el mundo, ya en una Región, estos servicios se enumeran en el siguiente orden:

- a) Servicios cuyo nombre está impreso en el Cuadro en “mayúsculas” (ejemplo: FIJO); estos se denominan servicios “primarios”.
- b) Servicios cuyo nombre está impreso en el Cuadro en “caracteres normales” (ejemplo: Móvil); estos se denominan servicios “secundarios”.
 - 2) Las observaciones complementarias deben indicarse en caracteres normales (ejemplo: MÓVIL salvo móvil aeronáutico).
 - 3) Las estaciones de un servicio secundario:
 - a) No deben causar interferencia perjudicial a las estaciones de un servicio primario a las que se les hayan asignado frecuencias con anterioridad o se les puedan asignar en el futuro;
 - b) No pueden reclamar protección contra interferencias perjudiciales causadas por estaciones de un servicio primario a las que se les hayan asignado frecuencias con anterioridad o se les pueda asignar en el futuro;
 - c) Pero tienen derecho a la protección contra interferencias perjudiciales causadas por estaciones del mismo servicios secundarios a las que se les asignen frecuencias ulteriormente.
 - 4) Cuando en una nota del Cuadro Nacional se indica que una banda esta atribuida a un servicio a “título secundario” en una zona menos extensa que una Región o en un país determinado, se trata de un servicio secundario en el sentido definido en el número 3.
 - 5) Cuando en una nota del Cuadro Nacional se indica que una banda está atribuida a un servicio “a título primario” en dicha zona o en dicho país únicamente.

2.1.3.6. Cuadros Nacionales de Atribuciones de Bandas SHF

(Banda de interés de 3 GHz a 10 GHz)

Cuadro 2.1

2700 - 4800 MHz

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
2700 – 2900 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.337 Radiolocalización 5.423 5.424	2700 – 2900 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.337 Radiolocalización 5.423	
2900 – 3100 RADIOLOCALIZACIÓN 5.424 ^a RADIONAVEGACIÓN 5.426 5.424 5.427	2900 – 3100 RADIOLOCALIZACIÓN 5.424A RADIONAVEGACIÓN 5.426 5.424 5.427	
3100 -3300 RADIOLOCALIZACIÓN Exploración de la Tierra por satélite (activo) Investigación espacial (activo) 5.149	3100 -3300 RADIOLOCALIZACIÓN Exploración de la Tierra por satélite (activo) Investigación espacial (activo) 5.149	
3300 – 3400 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados Fijo Móvil 5.149	3300 – 3400 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados Fijo Móvil 5.149	EQA.120
3400 – 3500 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) Aficionados Móvil ADD 5.ZZZ Radiolocalización 5.433 5.282	3400 – 3500 FIJO	EQA.60
3500 – 3700 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico Radiolocalización 5.433	3500 – 3700 FIJO	EQA.60
3700 – 4200 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico	3700 – 4200 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra)	EQA.50
4200 – 4400 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.438 5.440	4200 – 4400 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.438 5.440	
4400 – 4500 FIJO MÓVIL ADD 5.4B01	4400 – 4500 FIJO MÓVIL ADD 5.4B01	EQA.140
4500 – 4800 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.441 MÓVIL ADD 5.4B01	4500 – 4800 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) 5.441 MÓVIL ADD 5.4B01	EQA.140

Fuente: Plan Nacional de Frecuencias, CONATEL – SENATEL, Octubre 2011

Cuadro 2.3

4800 - 5570 MHz

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
4800 -4990 FIJO MÓVIL MOD 5.442 ADD 5.4B01 Radioastronomía 5.149 5.339 5.443	4800 -4990 FIJO MÓVIL MOD 5.442 ADD 5.4B01 Radioastronomía 5.149 5.339 5.443	EQA.140
4990 – 5000 FIJO MÓVIL, salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMÍA Investigación espacial (pasivo) 5.149	4990 – 5000 FIJO MÓVIL, salvo móvil aeronáutico RADIOASTRONOMÍA Investigación espacial (pasivo) 5.149	EQA.140
5000 – 5010 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (Tierra espacio) 5.367	5000 – 5010 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (Tierra espacio) 5.367	
5010 - 5030 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (espacio – Tierra) (espacio - espacio) 5.328B 5.443B 5.367	5010 - 5030 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA RADIONAVEGACIÓN POR SATÉLITE (espacio - Tierra) (espacio - espacio) 5.328B 5.443B 5.367	EQA.120
5030 – 5091 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.367 MDO 5.444	5030 – 5091 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.367 MDO 5.444	EQA.60
5091 – 5150 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA MÓVIL AERONÁUTICO ADD 5.4B03 5.367 MOD 5.444 5.444*	5091 – 5150 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA MÓVIL AERONÁUTICO ADD 5.4B03 5.367 MOD 5.444 5.444A	EQA.90
5150 – 5250 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA FIJO POR SATÉLITE (Tierra - espacio) 5.447* MÓVIL salvo móvil aeronáutico MOD 5.446* 5.446B 5.446 5.447B 5.447C	5150 – 5250 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA FIJO POR SATÉLITE (Tierra - espacio) 5.447A MÓVIL salvo móvil aeronáutico MOD 5.446A 5.446B 5.446 5.447B 5.447C	EQA.90
5250 – 5255 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIONAVEGACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL 5.447D MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.447F 5.448*	5250 – 5255 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIONAVEGACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL 5.447D MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.447F 5.448*	EQA.90
5255 – 5350 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIONAVEGACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.447F 5.448*	5255 – 5350 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIONAVEGACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.447F 5.448*	EQA.90
5350 – 5460 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) 5.448b INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) 5.448C RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.449 Radiolocalización 5.448D	5350 – 5460 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) 5.448b INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) 5.448C RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.449 Radiolocalización 5.448D	
5460 – 5470 RADIONAVEGACIÓN 5.449 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) RADIONAVEGACIÓN 5.448D 5.448B	5460 – 5470 RADIONAVEGACIÓN 5.449 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) RADIONAVEGACIÓN 5.448D 5.448B	
5470 – 5570 RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.450* EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) RADIOLOCALIZACIÓN 5.450B 5.448B	5470 – 5570 RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.450A EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) RADIOLOCALIZACIÓN 5.450B 5.448B	EQA.90

Fuente: Plan Nacional de Frecuencias, CONATEL – SENATEL, Octubre 2011

Cuadro 2.3**5570 - 7250 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
5570 – 5650 RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.450 ^a RADIOLOCALIZACIÓN 5.450B 5.452	5570 – 5650 RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.450A RADIOLOCALIZACIÓN 5.450B 5.452	EQA.90
5650 – 5725 RADIOLOCALIZACIÓN MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.450 ^a Aficionados Investigación espacial (espacio lejano) 5.282 5.455	5650 – 5725 RADIOLOCALIZACIÓN MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.446A 5.450A Aficionados Investigación espacial (espacio lejano) 5.282 5.455	EQA.90
5725 – 5830 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.150 5.455	5725 – 5830 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.150 5.455	EQA.90
5830 – 5850 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados Aficionados por satélite (espacio - Tierra) 5.150 5.455	5830 – 5850 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados Aficionados por satélite (espacio - Tierra) 5.150 5.455	EQA.90
5850 – 5925 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra - espacio) MÓVIL Aficionados Radiolocalización 5.150	5850 – 5925 FIJO POR SATÉLITE (Tierra - espacio) 5.150	EQA.105
5925 – 6700 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra - espacio) 5.457 A MÓVIL ADD 5.4B02 5.149 5.440 5.458	5925 – 6700 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra - espacio) 5.457 A MÓVIL ADD 5.4B02 5.149 5.440 5.458	EQA.50 EQA. 110
6700 – 7075 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra - espacio)(espacio - Tierra) 5.441 MÓVIL 5.458 5.458A 5.458B 5.458C	6700 – 7075 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra - espacio)(espacio - Tierra) 5.441 MÓVIL 5.458 5.458A 5.458B 5.458C	EQA.110
7075 – 7145 FIJO MÓVIL 5.458	7075 – 7145 FIJO MÓVIL 5.458	EQA.50 EQA. 110
7145 – 7235 FIJO MÓVIL INVESTIGACIÓN ESPACIAL (Tierra - espacio) 5.460 5.458	7145 – 7235 FIJO 5.458	EQA.50
7235 – 7250 FIJO MÓVIL 5.458	7235 – 7250 FIJO 5.458	EQA.50

Fuente: Plan Nacional de Frecuencias, CONATEL – SENATEL, Octubre 2011

Cuadro 2.4**7250 - 8500 MHz**

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
7250 – 7300 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio - Tierra) MÓVIL 5.461	7250 - 7300 FIJO	EQA.50
7300 – 7540 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio - Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.461	7300 - 7540 FIJO	EQA.50
7450 – 7550 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio - Tierra) METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio - Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico 5.461 A	7450 - 7550 FIJO	EQA.50
7550 – 7750 FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio - Tierra) MÓVIL salvo móvil aeronáutico	7550 - 7750 FIJO	EQA.50
7750 – 7850 FIJO METEOROLOGÍA POR SATÉLITE (espacio - Tierra) 5.461B MÓVIL salvo móvil aeronáutico	7750 - 7850 FIJO	EQA.50
7850 – 7900 FIJO MÓVIL salvo móvil aeronáutico	7850 - 7900 FIJO	EQA.50
7900 – 8025 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra - espacio) MÓVIL 5.461	7900 - 8025 FIJO	EQA.50
8025 – 8175 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio - Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra - espacio) MÓVIL 5.463	8025 - 8175 FIJO	EQA.50
8175 – 8215 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio - Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra - espacio) MÓVIL 5.463	8175 - 8215 FIJO	EQA.50
8215 - 8400 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (espacio - Tierra) FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra - espacio) MÓVIL 5.463	8215 - 8400 FIJO	EQA.50
8400 – 8500 FIJO MÓVIL MÓVIL salvo móvil aeronáutico INVESTIGACIÓN ESPACIAL (espacio - Tierra) 5.465	8400 - 8500 FIJO	EQA.50

Fuente: Plan Nacional de Frecuencias, CONATEL – SENATEL, Octubre 2011

Cuadro 2.5

8500 - 10000 MHz

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	NOTAS
8500 – 8550 RADIOLOCALIZACIÓN 5.468	8500 – 8550 RADIOLOCALIZACIÓN	
8550 – 8650 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) 5.468 5.469 ^a	8550 – 8650 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) 5.468 5.469 ^a	
8650 – 8750 RADIOLOCALIZACIÓN 5.468	8650 – 8750 RADIOLOCALIZACIÓN	
8750 – 8850 RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.470	8750 – 8850 RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.470	
8850 – 9000 RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA 5.472 MOD 5.473	8850 – 9000 RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA 5.472	
9000 – 9200 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.337 RADIOLOCALIZACIÓN MOD 5.471 ADD 5.475A	9000 – 9200 RADIONAVEGACIÓN AERONÁUTICA 5.337 RADIOLOCALIZACIÓN ADD 5.475	
9200 – 9300 RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA 5.472 5.473 5.474	9200 – 9300 RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA 5.472 5.473 5.474	
9300 – 9500 RADIONAVEGACIÓN Radiolocalización. 5.427 5.474 MOD 5.475	9300 – 9500 RADIONAVEGACIÓN Radiolocalización. 5.427 5.474 MOD 5.475	
9500 – 9800 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) MOD 5.476 ^a	9500 – 9800 EXPLORACIÓN DE LA TIERRA POR SATÉLITE (activo) RADIOLOCALIZACIÓN RADIONAVEGACIÓN INVESTIGACIÓN ESPACIAL (activo) MOD 5.476 ^a	
9800 – 9900 RADIOLOCALIZACIÓN Exploración de la tierra por satélite (activo) Investigación espacial (activo) Fijo 5.477 ADD 5.xyz ADD 5.xyy	9800 – 9900 RADIOLOCALIZACIÓN Exploración de la tierra por satélite (activo) Investigación espacial (activo) Fijo 5.477 ADD 5.xyz ADD 5.xyy	EQA.120
9900 – 10000 RADIOLOCALIZACIÓN Fijo 5.477 5.749	9900 – 10000 RADIOLOCALIZACIÓN Fijo 5.477 5.749	EQA.120

Fuente: Plan Nacional de Frecuencias, CONATEL – SENATEL, Octubre 2011

2.1.3.7. Notas de la Región 2

(Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencia del Ecuador)

5.423.- Los radares instalados en tierra, que funcionen en la banda 2 700-2 900 MHz para las necesidades de la meteorología, están autorizados a funcionar sobre una base de igualdad con las estaciones del servicio de radionavegación aeronáutica.

5.424.- Atribución adicional: en Canadá, la banda 2 850-2 900MHz está también atribuida, a título primario, al servicio de radionavegación marítima, para que la utilicen los radares instalados en la costa.

5.427.- En las bandas banda 2 900-3 100 MHz y 9 300-9 500 MHz, la respuesta procede de transportadores de radas no podrá confundirse con la de balizas-radar (racons) y no causará interferencia a radares de barco o aeronáuticos del servicio de radionavegación, teniendo en cuenta sin embargo, la disposición del número 4.9

5.149.- Se insta a las administraciones a que, al hacer asignaciones a estaciones de otros servicios a los que están atribuidas las bandas:

13 360-13 410 kHz, 25 550-25 670 kHz, 37,5-38,25 MHz, 73-74,6 MHz en las Regiones 1 y 3, 150,05-153 MHz en las Regiones 1, 322-328,6 MHz, 406,1-410 MHz, 608-614 MHz en las Regiones 1 y 3, 1 330-1 400 MHz, 1 610,6-1 613,8MHz, 1 660-1 670 MHz, 1 718,8-1 722,2 MHz, 2 655-2 690 MHz, 3 260-3 267 MHz, 3 332-3 339 MHz, 3 345,8-3 352,5 MHz, 4 825-4 835 MHz, 4 950-4 990 MHz, 4 990-5 000 MHz, 6 650-6 675,2 MHz, 10,6-10,68 GHz, 14,47-14,5 GHz, 20,01-22,21 GHz, 22,21-22,5 GHz, 22,81-22,86 GHz, 23,07-23,12 GHz, 31,2-31,3 GHz, 31,5-31,8 GHz en las Regiones 1 y 3, 36,43-36,5 GHz, 42,5-43,5 GHz, 42,77-42,87 GHz, 43,07-43,17 GHz, 43,37-43,47 GHz, 48,94-49,04 GHz, 76-86 GHz, 92-94 GHz, 94,1-100 GHz, 102-109,5 GHz, 111,8-114,25 GHz, 128,33-128,59 GHz, 129,23-129,49 GHz, 130-134 GHz, 136-148,5 GHz, 151,5-158,5 GHz, 168,59-168,93 GHz, 171,11-171,45 GHz, 172,31-172,65 GHz, 173,52-173,85 GHz, 195,75-196,15 GHz, 209-226 GHz, 241-250 GHz, 252-275 GHz, tomen todas las medidas prácticamente posibles para proteger el servicio de radioastronomía contra las interferencias

perjudiciales. Las emisiones desde estaciones a bordo de vehículos espaciales o aeronaves pueden constituir fuentes de interferencia particularmente graves para el servicio de radioastronomía.

5.282.- El servicio de aficionados por satélite podrá explotarse en las bandas 435-438 MHz, 1 260-1 270 MHz, 2 400-2 450 MHz, 3 400-3 410 MHz (en las Regiones 2 y3 solamente), y 5 650-5 670 MHz, siempre que no cuse interferencia perjudicial a otros servicios explotados de conformidad con el Cuadro. Las admisiones que autoricen tal utilización se aseguran de que toda interferencia perjudicial causada por emisiones de una estación del servicio de aficionados por satélite sea inmediatamente eliminada, en cumplimiento de lo dispuesto en el número 25.11. La utilización de las bandas 1 260-1 270 MHz y 5 650-5 670MHz por el servicio de aficionados por satélite se limitará al sentido Tierra-espacio.

5.433.- En las Regiones 2 y3, la banda 3 400-3 600 MHz se atribuye al servicio de radiolocalización a título primario. Sin embargo, se insta a todas las administraciones que explotan sistemas de radiolocalización en esta banda a que cesen de hacerlo antes de 1985; a partir de este momento, las administraciones deberán tomar todas las medidas prácticamente posibles para proteger el servicio fijo por satélite, sin imponerse a este último servicio condiciones en materia de coordinación.

4.473.- Atribución adicional: en Armenia, Austria, Azerbaiyán, Belarús, Cuba, Federación de Rusia, Georgia, Hungría, Mongolia, Uzbekistán, Polonia, Kirguistán, Rumania, Tayikistán, Turkmenistán y 9 300 MHz están también atribuidas, a título primario, al servicio de radionavegación.

5.440.- El servicio de frecuencia patrón y señales horarias por satélite puede ser autorizado a utilizar la frecuencia de 4 202 MHz para las emisiones de espacio-Tierra y la frecuencia de 6 427 MHz para emisiones Tierra-espacio. Tales emisiones deberán estar contenidas dentro de los límites de ± 2 MHz de dichas frecuencia, a reserva de obtener el acuerdo indicado en el número 9.21

5.150.- Las bandas: 13 553-13 567 kHz (frecuencia central 13 560 kHz), 26 957-27 283 kHz (frecuencia central 27 120 kHz), 40,66-40,70 MHz (frecuencia central 40,68 MHz), 902-928 MHz en la Región 2 (frecuencia central 915 MHz), 2 400-2 500 MHz (frecuencia central 2 450 MHz), 5 725-5 875 MHz (frecuencia central 5 800 MHz) y 24-24,25 GHz (frecuencia central 24,125 GHz), Están designadas para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM). Los servicios de radiocomunicación que funcionan en estas bandas deben aceptar la interferencia perjudicial resultante de las aplicaciones. Los equipos ICM que funcionen en estas bandas estarán sujetos a las disposiciones del número 15.13

5.455.- Atribución adicional: en Armenia, Azerbaiyán, Belarús, Cuba, Federación de Rusia, Georgia, Hungría, Kazajstán, Letonia, Moldova, Mongolia, Uzbekistán, Kirguistán, Tayikistán, Turkmenistán y Ucrania, la banda 5 670-5 850 MHz está también atribuida, a título primario, al servicio fijo (CMR-03).

4.458.- En las bandas 6 425-7 075 MHz, se llevan a cabo mediciones con sensores pasivos de microondas por encima de los océanos. En la banda 7 075-7 250 MHz, se realizan mediciones con sensores pasivos de microondas. Conviene que las administraciones tengan en cuenta las necesidades de los servicios de explotación de la Tierra por satélite (pasivo) y de la investigación espacial (pasivo) en la planificación de la utilización futura de las bandas 6 425-7 025 MHz y 7 075-7 250MHz.

4.458 A.- Al hacer asignaciones en la banda 6 700-7 075 MHz a estaciones espaciales del servicio fijo por satélite, se instala a las medidas posibles para proteger las observaciones de las rayas espectrales del servicio de radioastronomía en la banda 6 650-6 675,2 MHz contra la interferencia perjudicial procedente de emisiones no deseadas.

4.458 B.- La atribución espacio-Tierra al servicio fijo por satélite en la banda 6 700-7 075 MHz está limitada a enlaces de conexión para sistemas de satélites no geoestacionarios del servicio móvil por satélite y está sujeta a la coordinación a tenor

del número 9.11 A. La utilización de la banda 6 700-7 075 MHz (espacio-Tierra) para enlaces de conexión de sistemas de satélites no geoestacionarios del servicio móvil por satélite no está sujeta al número 22.2.

4.458 C.- Las administraciones que sometan asignaciones en la banda 7 025-7 075 MHz (Tierra-espacio) para sistemas de satélite del sistema fijo por satélite (SFS) con satélites geoestacionarios (OSG) después del 17 de noviembre de 1995 consultarán, sobre la base de las Recomendaciones UIT-R pertinentes, a las administraciones que han notificado y puesto en servicios de sistemas de satélite no geoestacionarios en esta banda de frecuencias antes del 18 de noviembre de 1995 a petición de estas últimas administraciones. Esta consulta se hará con miras a facilitar las operaciones compartidas de los sistemas del SFS/OSG y no OSG en esta banda.

5.461.- Atribución adicional: Las bandas 7 250-7 375 MHz (espacio-Tierra) y 7 900-8 025 MHz (Tierra-espacio) están también atribuidas, a título primario, al servicio móvil por satélite a reserva de obtener el acuerdo indicado en el número 9.21.

5.461 A.- La utilización de las bandas de frecuencia 7450-7550 MHz por el servicio de satélite (espacio-Tierra) queda circunscrita a los sistemas de satélites geoestacionarios. Los sistemas de meteorología por satélites no geoestacionarios notificados antes del 30 de noviembre de 1997 en dicha banda pueden continuar funcionando a título primario hasta el final de su vida útil. (CMR-97)

5.461 B.- La utilización de la banca 7 7750-7 850 MHz por el servicio de meteorología por satélite (espacio-Tierra) está limitada a los sistemas de satélite no geoestacionarios. (CMR-97)

5.463.- No se permite a las estaciones de aeronave transmitir en la banda 8 025-8 400 MHz. (CMR-97)

5.465.- En el servicio de investigación espacial, la utilización de la banda 8 400-8 450 MHz está limitada al espacio lejano.

5.468.- Atribución adicional: en Arabia Saudita, Bahrén, Bangladesh, Brunei Darussalam, Burundi, Camerún, China, Congo (Rep. del), Costa Rica, Egipto, emiratos Árabes Unidos, Gabón, Guayana, Indonesia, Irán (República Islámica del), Iraq, Jamahiriya Árabe Libia, Jamaica, Jordania, Kenya, Kuwait, Líbano, Malasia, Malí, Marruecos, Mauritania, Nepal, Nigeria, Omán Pakistán, Qatar, República Árabe Siria, Rep. Pop. Dem. de Corea, Senegal, Singapur, Somalia, Swazilandia, Tanzania, Chad, Togo, Túnez y Yemen, la banda 8 500-8 750 MHz está también atribuida, a título primario, a los servicios fijo y móvil. (CMR-03)

5.469 A.- En la banda 8 500-8 650 MHz, las estaciones del servicio de exploración de la Tierra por satélite (activo) y del servicio de investigación espacial (activo) no causarán interferencia perjudicial a las estaciones de servicio de radiolocalización ni limitarán su utilización o desarrollo. (CMR-97)

5.470.- La utilización de la banda 8 750-8 850 MHz por el servicio de radionavegación aeronáutica se limita a las ayudas a la navegación a bordo de aeronaves que utilizan el efecto Doppler con una frecuencia central de 8 800 MHz.

2.1.3.8. Notas Nacionales relacionadas al Cuadro Nacional

Atribución de Bandas de Frecuencia del Ecuador:

1. La atribución de bandas de frecuencia para servicios de radiocomunicaciones específicos será únicamente dentro de la banda establecida en la correspondiente nota nacional EQA.
2. Todas las notas nacionales EQA, podrán ser modificadas previa aprobación del CONATEL (CONATEL & SENATEL, 2011).

EQA.50

Las bandas 235 -245 MHz, 360 -370 MHz, 430 -440 MHz, 902 -929 MHz, 934 - 935 MHz, 951 -956 MHz, 1 427 -1 525 MHz, 2 700 -4 200 MHz, 5 925 – 6 425 MHz, 7 100 – 8 500 MHz, 14,4 – 15,35 GHz, 17,7 -18,9 GHz y 21,2 – 23,6 GHz se utilizan para el servicio FIJO.

La banda 1 518 – 1 525 MHz, también se utiliza para el servicio MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra).

Las bandas 3 700 - 4 200 MHz y 18,4 18,9 GHz, también se utilizan para el servicio FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra).

Las bandas 5 925 – 6 425 MHz, 14,4 – 14,5 GHz, también se utilizan para el servicio FIJO POR SATÉLITE (Tierra- espacio).

La banda 17,7 – 18,4 GHz, también se utiliza para el servicio FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) y (Tierra- espacio).

EQA.60

En las bandas 452,500 – 457,475 MHz y 462,500 – 467,475 MHz, también operan sistemas FWA (Fixed Wireless Access) en zonas con baja densidad de servicios de telecomunicaciones para el servicio FIJO.

En las bandas 479 – 483,480 MHz y 489 – 492,975 MHz, también operan sistemas FWA (Fixed Wireless Access) para el servicio FIJO en el Cantón Cuenca.

La banda 3 400 – 3 700 MHz está utilizada por el servicio FIJO para la operación de sistemas FWA (Fixed Wireless Access).

EQA.90

En las bandas 902 – 928 MHz, 2 400 – 2 483,5 MHz, 5 150 – 5 350 MHz, 5 470 – 5 725 MHz, también operan sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha y enlaces auxiliares de radiodifusión sonora que utilizan técnicas de modulación digital de banda ancha sin protección contra interferencias perjudiciales.

EQA.105

Las bandas 137 – 137,025 MHz, 137,175 – 137,825MHz y 1525 1 559 MHz, se utilizan para el servicio MÓVIL POR SATÉLITE (espacio-Tierra).

Las bandas 149,9 – 150,05 MHz y 1 160 – 1 660,5 MHz, se utilizan para el servicio MÓVIL POR SATÉLITE (Tierra-espacio).

Las bandas 137,025 – 137,175 MHz y 137,825 – 138 MHz, se utilizan para el servicio Móvil por Satélite (espacio-Tierra).

La banda 1 613,8 – 1 626,5 MHz, también se utilizan para el servicio Móvil por Satélite (espacio-Tierra).

Las bandas 5 850 – 5 925 MHz, 12,849 – 13,25 GHz, 13,75-14,4 GHz y 17,3 – 17,7 GHz, 28,35 – 29,1 GHz y 29,25 – 31 GHz, se utilizan para el servicio FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio).

Las bandas 10,7 – 12,2 GHz y 18,9-21,2 GHz, se utilizan para el servicio FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra).

En la banda 10,7 – 12,2 GHz también operan sistemas de televisión codificada por satélite, para el servicio FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra.)

EQA.110

Las bandas 2 200 – 2 300 MHz y 6 425 – 7 100 MHz, están utilizadas por el servicio FIJO para la operación de enlaces radioelectrónicos auxiliares para el servicio de Radio distribución con emisiones de televisión.

La banda 6 425 – 6 700 MHz, también se utilizan para el servicio FIJO POR SATÉLITE (Tierra- espacio).

EQA.120

Las bandas 3 300 – 3 400 MHz y 9 800 – 10 000 MHz, están utilizadas por el servicio Fijo para la operación de enlaces radioeléctricos auxiliares para el servicio de Radiodifusión con emisiones de televisión sin protección contra interferencias perjudiciales.

EQA.140

En las bandas 26,175 – 27,5 MHz, 29,7 37,5 MHz, 40,02 – 40,98 MHz, 41, 015 – 50 MHz 72 -73 MHz, 74,6 – 74,8 MHz, 75,2 -76 MHz, 138 – 144 MHz, 150,05 174 MHz, 248 -272 MHz, 300 – 328,6 MHz, 387 – 399,9 MHz, 410 – 417,5 MHz, 430 - 440 MHz, 460 – 512 MHz, 806 – 824 MHz, 851 – 869 MHz, 2 300 . 2 500 MHz, 4,4 – 5 GHz, 12,75 – 13,25 GHz existen segmentos de banda para la operación de sistemas de uso reservado conforme al Plan Militar de Frecuencias.

2.2. Propagación electromagnética

2.2.1. Modelos de propagación

Las modalidades de propagación de una onda radioeléctrica dependen de su frecuencia y del tipo y características eléctricas del terreno subyacente.

Según la frecuencia, pueden distinguirse los modos de propagación por;

- Onda de superficie (OS), para frecuencias inferiores a 30MHz, con largos alcances y gran estabilidad de las señales. El suelo influye de forma notable en la propagación.
- Onda ionosférica (OI), para frecuencias comprendidas entre 3 y 30 MHz La propagación tiene lugar por reflexión de las ondas en las capas ionizadas que circundan la Tierra a gran altura (ionosférica). Se consiguen grandes alcances, pero hay cierto grado de inestabilidad en las señales.
- Onda espacial (OE), para frecuencias superiores a 30 MHz La propagación se realiza a través de las capas bajas de la atmósfera terrestre (troposfera).

Eventualmente, puede tomar parte el suelo. Se distingue entre tres submodos:

- Onda Directa (OD), que enlaza transmisor con receptor.
- Onda Reflejada (OR), que conecta el transmisor con el receptor a través de una reflexión en el terreno subyacente.
- Ondas de Multitrayecto (ORM), que son ondas que alcanzan el receptor tras sufrir reflexiones en capas fronteras de estratos troposféricos.

La onda espacial es, en general, estable, aunque está limitada, aproximadamente, al alcance de la visión óptica entre el transmisor y el receptor. Puede, no obstante, ser perturbada por las componentes de reflexión especular en el suelo (OR) y reflexión difusa Multitrayecto (ORM), produciéndose, en tales casos una disminución de la potencia recibida, como consecuencia de la interferencia destructiva entre todas estas componentes de ondas, fenómeno que se denomina desvanecimiento.

- Onda de dispersión troposférica (ODT). La propagación por ODT se basa en reflexiones ocasionadas por discontinuidades debidas a variaciones turbulentas de las constantes físicas de la troposfera. Se producen variaciones en el índice de refracción que provocan una reflexión dispersiva, llegando las ondas a tierra a una distancia más allá del horizonte. Este mecanismo de propagación tiene asociadas unas pérdidas muy elevadas y además está sujeto a desvanecimientos profundos.

El medio de transmisión influye en la propagación de las ondas radioeléctricas a través de fenómenos físicos de:

- Reflexión.
- Refracción,
- Difracción,
- Dispersión y
- Absorción

Dependiendo su efecto de la naturaleza del medio (tipo de terreno, atmósfera), así como de la frecuencia y polarización de la onda.

Se puede dar una visión general de la propagación para las diferentes bandas de frecuencias, como se indica en la Tabla No. 2.2 de “Modalidades de Propagación para las diferentes bandas de Frecuencias”, donde se recogen también los servicios típicos a los que está atribuida cada banda.

Tabla No. 2.2

Modalidades de Propagación para las diferentes bandas de Frecuencias

Banda	Modo de propagación	Alcance típico	Tiempo de disponibilidad	Utilización típica
VLF	Guía ondas tierra ionosférica		Todas horas	Radionavegación. Servicio móvil marítimo.
LF	Onda de superficie	> 1.000 km (sobre agua)	Todas horas	Frecuencias patrón.
MF	Onda de superficie Onda ionosférica	Distancias cortas (100 km) Distancias largas (>500 km, sujeta a desvanecimiento)	Todas hora Noche	Radiodifusión
HF	Onda ionosférica (3-8 MHz) (3-12 MHz)(6-25MHz) Onda superficie (3-30 MHz)	< 300 km > 500 km> 500 km Distancias cortas (< 100 km)	Día Noche Día Todas horas	Servicio fijo. Servicios móviles Radiodifusión.
VHF	Onda espacial (troposférica) Dispersión ionosférica ($f < 50$ MHz)	Visión directa (50 km) 2.000 km	Todas horas	Servicios móviles. Radiodifusión sonora y TV. Radionavegación. Servicio fijo.
UHF	Onda espacial (troposférica) Dispersión troposférica ($f < 50$ MHz)	Visión directa (40 km) 600 km		Servicio fijo (radioenlaces). Servicios móviles. Radiodifusión TV. Radiodifusión. Servicio fijo
SHF	Onda espacial (troposférica)	Visión directa (40 km)		Servicio fijo. (Radioenlaces terrenales). Telecomunicación y radiodifusión por satélite. Radionavegación.

Fuente: Hernando Rábanos, J. (2008). Transmisión por Radio. Editorial Universitaria Ramón Areces S.A. Numeral 1.6.3 de “Características de propagación”

La banda SHF (Super High Frequency) de estudio es la designada por la ITU-T (International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector) en el rango de 3 a 30 GHz, (banda centimétrica con un rango de frecuencias de entre 10 a 1 centímetro).

Los sistemas que funcionan en SHF fundamentalmente son: enlaces para televisión, enlaces satelitales, radioenlaces y radar.

Las Microondas son parte de estas frecuencias, especialmente para enlaces de gran distancia, ya que las bandas de frecuencias ultra altas (UHF) y las frecuencias extremadamente altas (EHF) también son parte de las microondas pero de muy corto alcance.

En la banda SHF, las frecuencias de esta banda son relativamente muy cortas para las ondas de radio y para las redes móviles.

2.2.1.1. Propagación de ondas en la atmósfera y definición de parámetros.

La propagación de una onda radioeléctrica en el espacio libre (sin atmósfera) se observa en la Figura No. 2.2 “Propagación de onda radioeléctrica sin atmósfera y con atmósfera”, donde la onda radioeléctrica sin atmósfera sigue una línea recta desde el punto de radiación. Cuando la onda radioeléctrica entra en interacción con las moléculas de la atmósfera, afecta y curva a la onda radioeléctrica tal como se observa en la Figura No. 2.2, donde las ondas con atmósfera se curvan hacia zonas con índice de refracción más alto (el medio es más denso). En condiciones atmosféricas normales, la densidad de la atmósfera decrece proporcionalmente con la altura con respecto a la tierra, de tal forma que el índice de refracción disminuye con la altura. Esto implica un índice de refracción más alto cerca a la superficie de tierra, y por consiguiente las ondas se doblan hacia la tierra, como se ve en la Figura No. 2.2.con atmósfera

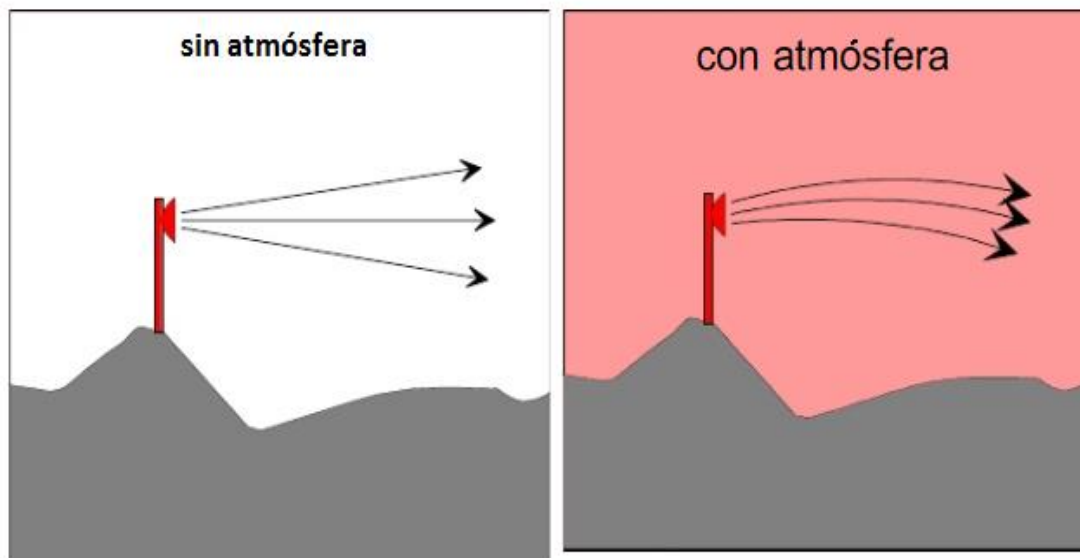


Figura No. 2.2 Propagación de onda radioeléctrica sin atmósfera y con atmósfera

Fuente: Henne, I., Thorvaldsen, P. (2002). Planificación de radioenlaces de visibilidad directa. Segunda edición Nera.

La onda de radio se puede tratar como un rayo óptico. Esta aproximación es posible cuando la longitud de onda $\lambda \ll d$ (d es la dimensión característica de un objeto). En este caso se pueden aplicar las leyes fundamentales del rayo óptico.

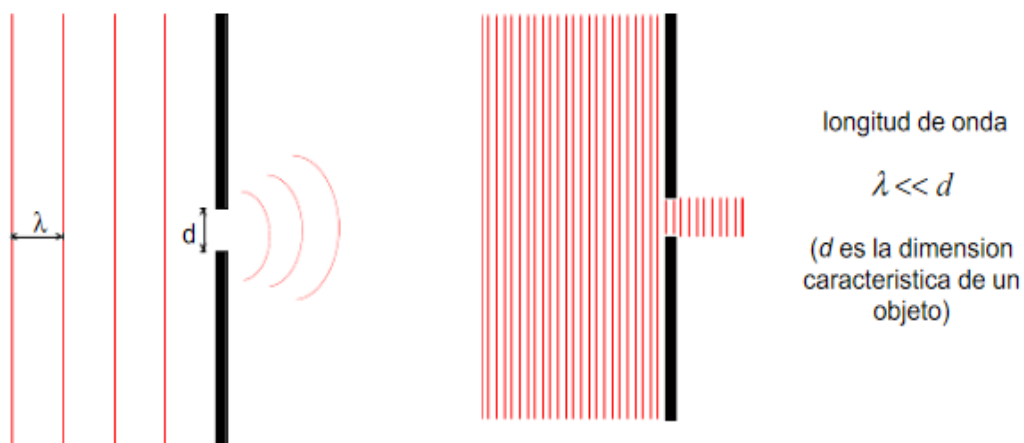


Figura No. 2.3 Longitud de onda y dimensiones geométricas

Fuente: Hernando Rábanos, J. (2008). Transmisión por Radio. Editorial Universitaria Ramón Areces S.A. Numeral 1.6.3 de “Características de propagación”

La ley de Snell (1), el cual se observa en la Figura No. 2.3 de “Geometría de la ley de Snell”, se puede determinar que si el punto de observación está lejos de la fuente de radiación, las ondas de radio tienen una forma parecida a una onda plana

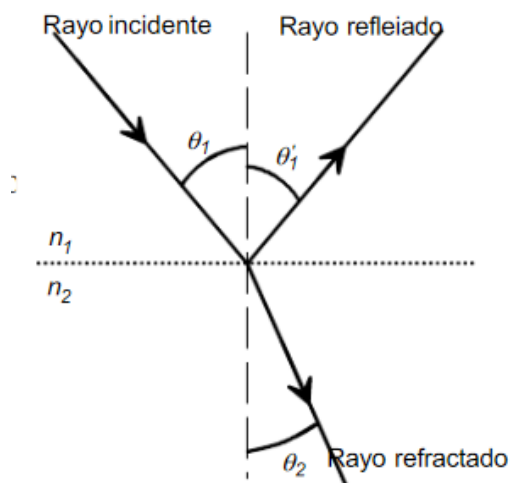


Figura No. 2.4 Geometría de la ley de Snell

Fuente: Hernando Rábanos, J. (2008). Transmisión por Radio. Editorial Universitaria Ramón Areces S.A. Numeral 1.6.3 de “Características de propagación”

1) $n_1 \cdot \sin\theta_1 = n_2 \cdot \sin\theta_2$, donde el índice de refracción n_i está dado por:

2) $n_i = \frac{c}{v_i}$, donde c es la velocidad de la luz en el vacío, y v_i es la velocidad de la onda radio en el medio dado

La ley de Snell (1) indica que los rayos, en dos medios distintos, se curvan hacia el más denso. En la atmósfera el índice de refracción varía continuamente. Por consiguiente no existirá ningún límite distintivo entre medios. La curvatura de los rayos en la atmósfera puede ser considerada, debido al paso por un gran número de medios, con una variación pequeña Δn .

El índice de refracción en el aire, para las frecuencias que nos interesan, está muy cercano al de vacío, por lo que se la utiliza en la fórmula para el índice de refractividad de radio N en lugar del n .

$$3) N = (n-1) \cdot 10^6$$

Las fórmulas empíricas se encuentran en la recomendación ITU-R P.453-10 de “El índice de refracción radioeléctrica: su fórmula y datos refractividad”, donde N es:

$$4) N = \frac{77.6}{T} \left[p + 4810 \cdot \frac{e}{T} \right]$$

Donde T es la temperatura en Kelvin, p es la presión atmosférica total en hPa (= mbar) y e es la presión del vapor del agua en [hPa]

Dado que p , e y T son todas función de la altura, consiguientemente también N es una función de altura. Por una atmósfera normal (heterogénea) la variación de N con la altura es:

$$5) \frac{dN}{dh} = -40 \frac{N\text{-units}}{km}$$

$$6) N(h) = 315 \cdot e^{(-0.136 \cdot h)}$$

Donde h es la altura sobre la tierra en kilómetros.

Éste indica que una atmósfera normal es más densa cerca de tierra, por lo cual, los rayos se curvan hacia ella. El radio de curvatura viene dado por:

$$7) \frac{1}{r} = -\frac{1}{n} \cdot \frac{dn}{dh} \cos \alpha$$

Donde α es el ángulo de los rayos con respecto al horizonte o línea horizontal

La curvatura del rayo, dada por la ecuación 7) puede ser referida al radio físico de la tierra por un radio efectivo de la curvatura del rayo r_e :

$$8) \frac{1}{r_e} = \frac{1}{a} - \frac{1}{r} = \frac{1}{a} + \frac{dn}{dh} = \left[157 + \frac{dN}{dh} \right] \cdot 10^{-6}$$

Donde el radio de la tierra es = 6370 km.

En la ecuación 8) se asume que n es casi uno y α es casi cero, con lo cual se define el radio de refractividad modificado M como $\frac{dM}{dh} = 157 + \frac{dN}{dh}$

Si $\frac{dM}{dh} = 0$, los rayos seguirán la misma curvatura que la tierra

Si $\frac{dM}{dh} < 0$, los rayos se curvarán más que la tierra y se creará un trayecto de radio, como se observa en la Figura 2.4 de Sombra de radio con $\frac{dM}{dh} < 0$

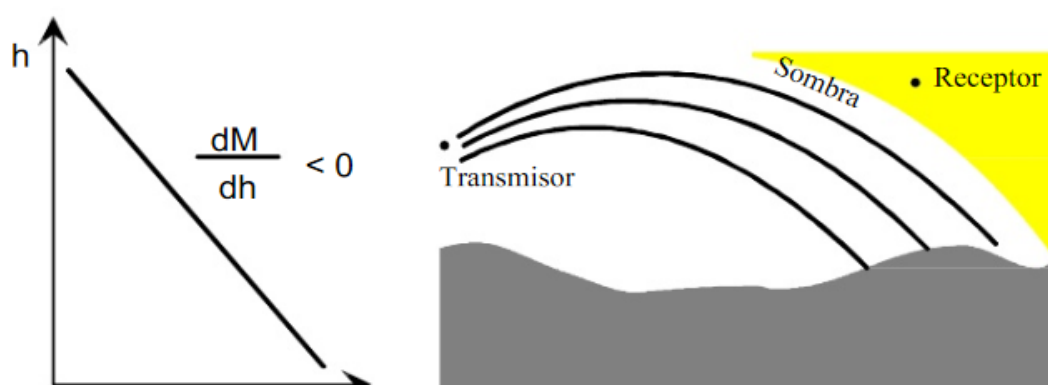


Figura No. 2.5 Sombra de radio con $\frac{dM}{dh} < 0$

Fuente: Hernando Rábanos, J. (2008). Transmisión por Radio. Editorial Universitaria Ramón Areces S.A. Numeral 1.6.3 de “Características de propagación”

K es un valor para indicar la curvatura del rayo. La definición de K es:

$$9) K = \frac{r_e}{a} = \frac{1}{\left(\frac{1}{a} + \frac{dn}{dh}\right) \cdot a} = \frac{1}{\left(1 + a \frac{dN}{dh} \cdot 10^{-6}\right)}$$

Para una atmósfera normal $\frac{dN}{dh} = -40$

El valor K correspondiente es:

$$10) K = \frac{1}{\left(1 + 630 \cdot (-40) \cdot 10^{-6}\right)} = \frac{4}{3}$$

Cuyas variaciones se observan en la Figura No. 2.6 de “Variaciones de valor de K ”

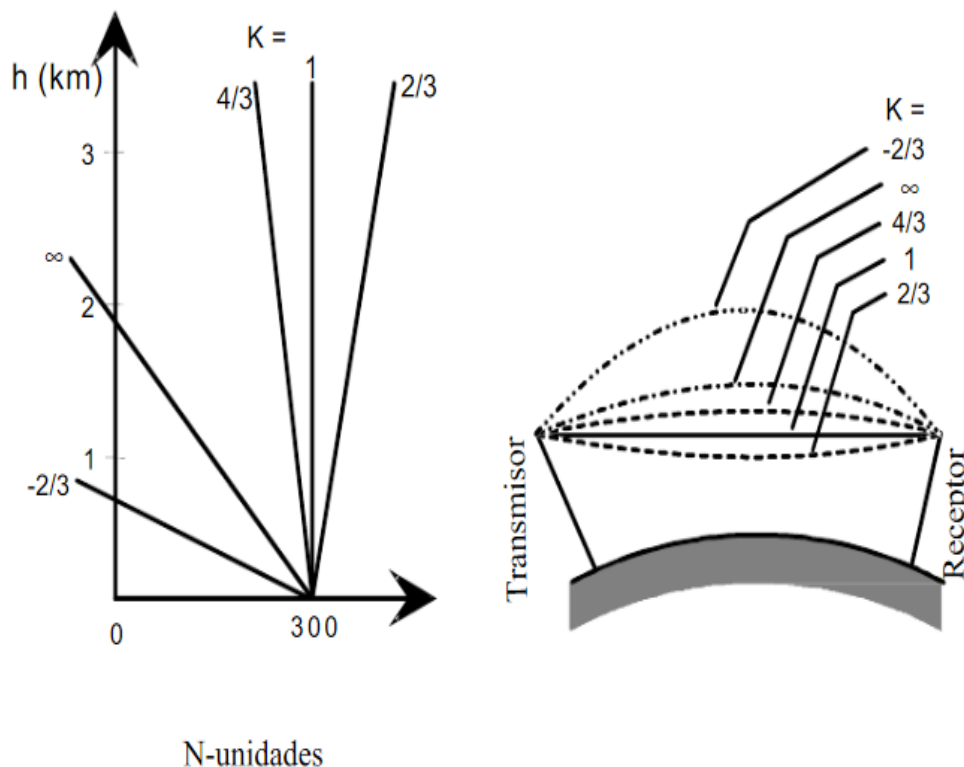


Figura No. 2.6 Variaciones de valor de K

Fuente: Hernando Rábanos, J. (2008). Transmisión por Radio. Editorial Universitaria Ramón Areces S.A. Numeral 1.6.3 de “Características de propagación”

La propagación multirrayo ocurre cuando llega al receptor más de un rayo. La transmisión multirrayo es la causa principal del desvanecimiento. El multirrayo sólo ocurre cuando $\frac{dN}{dh}$ varía con la altura

La atmósfera tiene una capa espesa elevada sobre tierra. Si ambos, el transmisor y el receptor están dentro de esta capa, alcanzarán al receptor múltiples rayos. Si uno está dentro y el otro fuera de la capa, al receptor no le llegará casi nada de energía.

La Figura No. 2.7 de “Probabilidad de conducción en Mayo” se muestra el porcentaje de tiempo cuando $\frac{dN}{dh}$ es menor que -100 N unidades/Km en Mayo. Esta Figura No. 2.7, proporciona una buena indicación de dónde es más probable

experimentar la conducción. En la figura, se puede observar que las regiones ecuatoriales son más vulnerables a los conductos. En climas templados, la probabilidad de formación de conductos es menor. Esta diferencia en la probabilidad de conducción puede ser explicada por la diferencia de temperatura, pero sobre todo por la diferencia de humedad. La probabilidad de conducción sigue variaciones estacionales.

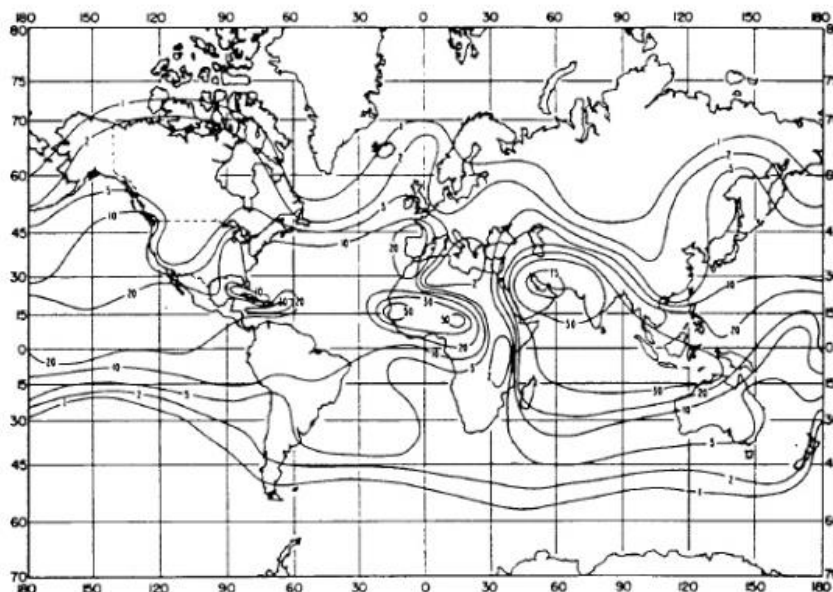


Figura No. 2.7 Probabilidad de conducción en Mayo (ITU-R rep. 563-4)

Fuente: Hernando Rábanos, J. (2008). Transmisión por Radio. Editorial Universitaria Ramón Areces S.A. Numeral 1.6.3 de “Características de propagación”

2.2.1.2. Perfil de Terreno

Es necesario disponer del perfil del terreno para determinar ubicación de los sitios (emplazamientos) y alturas de antenas. Se debe tener cuidado para asegurar visión directa entre los sitios y evitar reflexiones.

El perfil de un enlace se considera partiendo de un corte vertical de un boceto tridimensional simplificado del terreno, el cual consta en la Figura No. 2.8 de “Perfil de terreno Típico de Enlace”

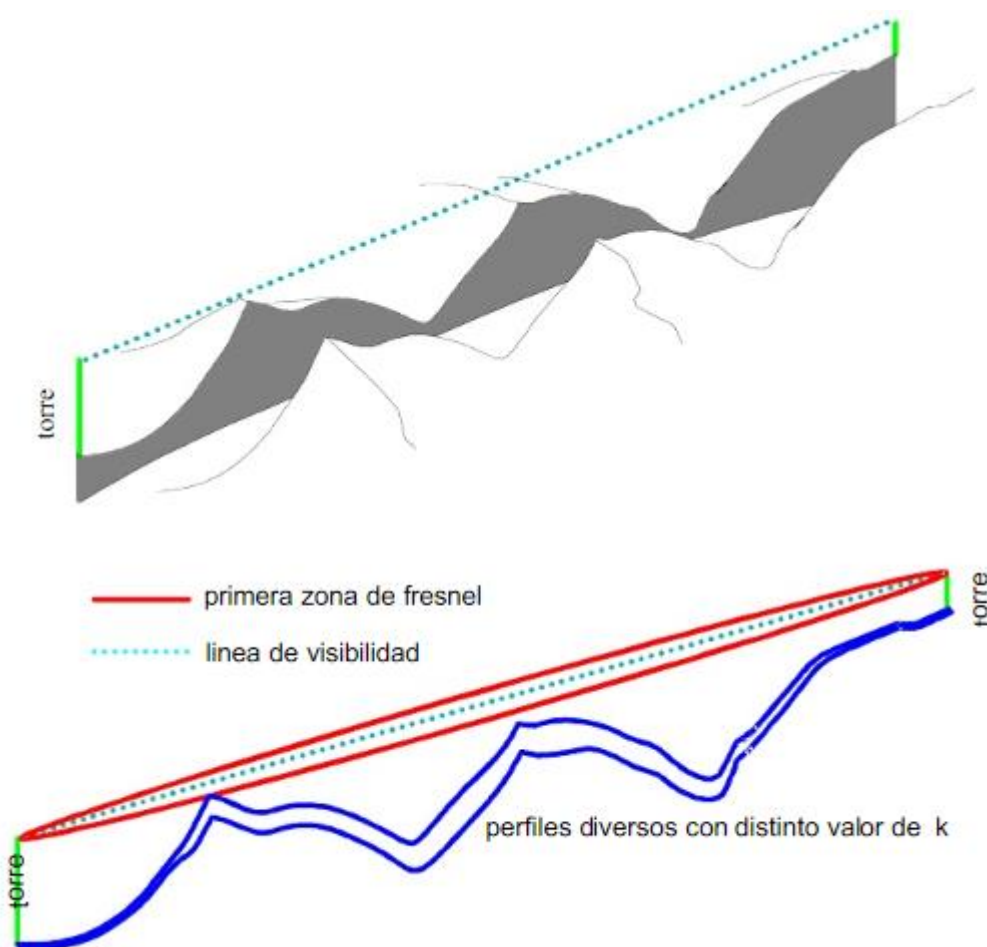


Figura No. 2.8 Perfil de terreno Típico de Enlace

Fuente: Hernando Rábanos, J. (2008). Transmisión por Radio. Editorial Universitaria Ramón Areces S.A. Numeral 1.6.3 de “Características de propagación”

En el perfil del enlace de la Figura No.2.6, con el terreno que varía con el factor- k . Y con la primera zona de Fresnel. La línea de vista está dibujada como una línea recta, y la curvatura del rayo debida a las variaciones en el factor- k se añade a la altura del terreno. A fin de evitar que las pérdidas por difracción se sumen a las inevitables pérdidas de espacio libre, el camino debe estar despejado para la primera zona de Fresnel. La pérdida por difracción esperada puede obtenerse utilizando la Figura No. 2.9 de “Pérdida Adicional debido a la difracción”

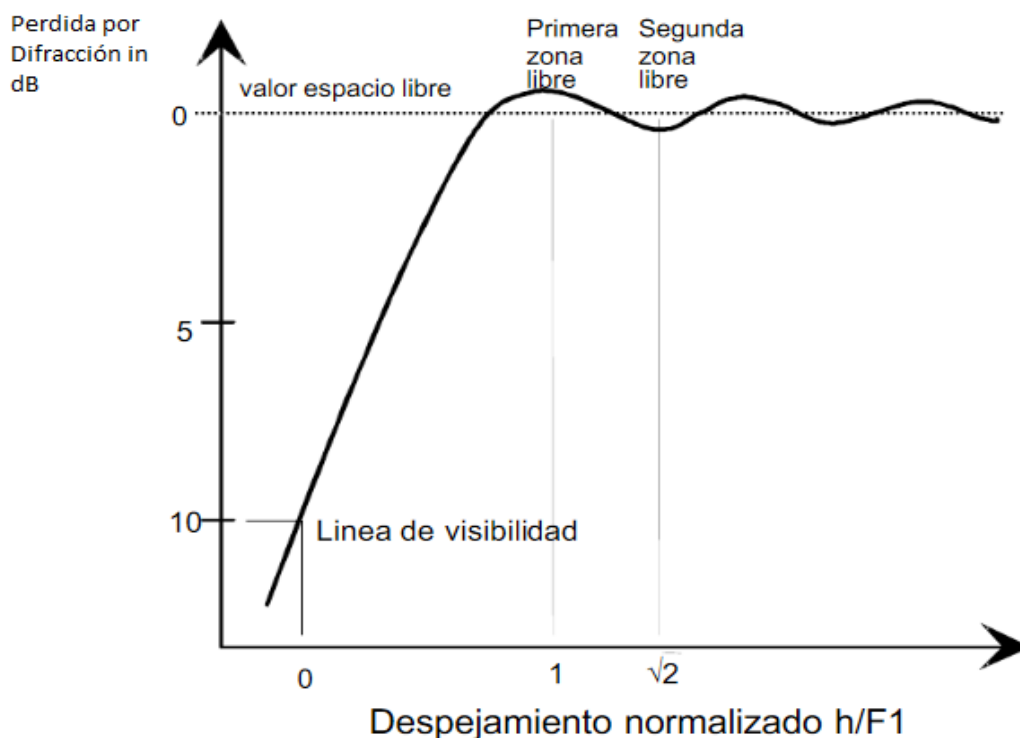


Figura No. 2.9 Pérdida Adicional debido a la difracción

Fuente: Hernando Rábanos, J. (2008). Transmisión por Radio. Editorial Universitaria Ramón Areces S.A. Numeral 1.6.3 de “Características de propagación”

En ausencia de un procedimiento general, que proporcionaría una previsible pérdida por difracción para pequeños porcentajes de tiempo (un criterio estadístico de un enlace despejado), la ITU-R aconseja el siguiente procedimiento:

- a) Determinar la altura requerida de las antenas para el valor medio del factor- k apropiado (en ausencia de otra dato, utilizar $k = 4/3$) para un enlace despejado (primera zona de Fresnel) por encima del obstáculo más alto.
- b) Obtener el valor dek_e (99.9%) de la Figura No. 2.10 de “Valor de k_e excedido para aproximadamente el 99.9% del peor mes”, para la longitud del enlace a realizar
- c) Calcular la altura requerida de las antenas para el valor dek_e obtenido en el paso b) y para los siguientes zonas de Fresnel de acuerdo a lo siguiente:

- Clima templado:

0.0F1 si hay una obstrucción devano aislada y única.

0.3F1 si la obstrucción se extiende a lo largo de una parte del enlace

- Clima tropical:

0.6F1 para longitudes de vanos más grandes que 30 Km

d) Utilizar las alturas más grandes de antena obtenidas en los pasos a) y c)

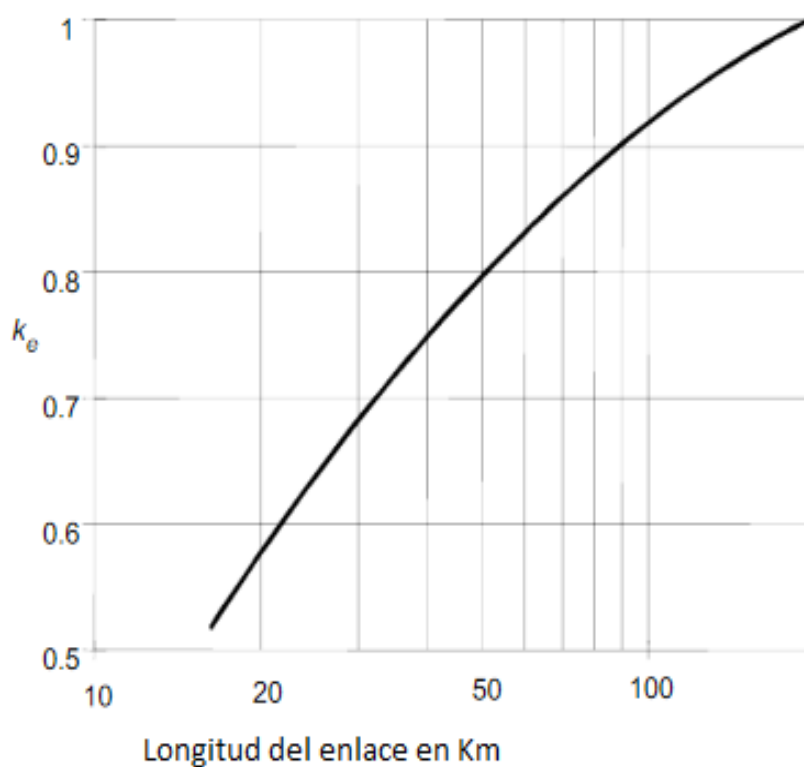
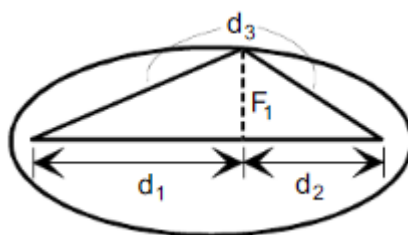


Figura No. 2.10 Valor de k_e excedido para aproximadamente el 99.9% del peor mes

Fuente: Hernando Rábanos, J. (2008). Transmisión por Radio. Editorial Universitaria Ramón Areces S.A. Numeral 1.6.3 de “Características de propagación”

2.2.1.3. Zona de Fresnel

La primera zona de Fresnel se define como el lugar geométrico de los puntos donde:



$$11) d_3 - (d_1 + d_2) = \frac{\lambda}{2}$$

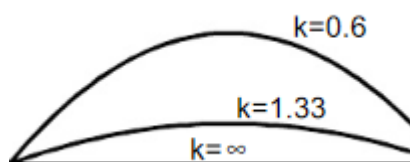
Esta ecuación describe una elipse, pero para aplicaciones prácticas el radio F_1 podría ser aproximado por la fórmula:

$$12) F_1 = 17.3 \sqrt{\frac{d_1 \cdot d_2}{f \cdot d}}$$

Donde f es la frecuencia en GHz, y el total de la distancia del enlace es:

$$d = d_1 + d_2 \text{ en km}$$

Para poder dibujar en un perfil de un enlace con su línea de vista de forma rectilínea, hay que añadir a la altura de la tierra, la curvatura debido a las variaciones en el factor- k . La modificación de la altura de la tierra viene dada por:



$$13) \frac{d_1 \cdot d_2}{12.74 k}$$

2.2.2. Balance de enlace.

El balance de enlace es la relación que expresa la potencia disponible en el receptor en función de la potencia entregada por el transmisor y las diferentes pérdidas y ganancias que aparecen en el trayecto del transmisor al receptor. Esto se representa por la siguiente ecuación:

$$14) P_r = PIRE - L_b + G_r - L_{b_r}$$

Donde L_b son las pérdidas en el espacio libre, G_r es la ganancia del Receptor y L_{br} son las pérdidas en el receptor.

El cálculo del balance de potencias se utiliza normalmente para dar una estimación breve de si un radioenlace funcionará correctamente. Este cálculo es teórico, y que por lo tanto está sujeto a variaciones debidas a múltiples factores como son apuntamiento de las antenas, reflexiones, interferencias no deseadas, etc.; por lo que se lo puede utilizar durante la fase inicial de diseño del radioenlace, pero su validación de operación se realizará durante la fase de instalación para asegurar el buen funcionamiento del sistema.

En un radio enlace el principal cálculo que determina la operación del sistema es el cálculo del margen resultante, cuyo valor nos proporciona información acerca del correcto funcionamiento del sistema desde un punto de vista teórico. Ya en la práctica, los radioenlaces se suelen diseñar para obtener un margen de pérdidas de unos 6 dB en condiciones atmosféricas ideales, aunque este valor es muy dependiente de la distancia, frecuencia, tipo de sistema y condiciones atmosféricas.

Margen en dB = Potencia del transmisor en dBm - Pérdidas adicionales en transmisión (cables) en dB + Ganancia de la antena transmisora en dBi - Pérdidas básicas de propagación en espacio libre en dB (fórmula de Friis) - Pérdidas adicionales de propagación en dB (pérdidas por fenómenos meteorológicos) + Ganancia de la antena receptora en dBi - Pérdidas adicionales en recepción (cables) en dB - Sensibilidad del receptor en dBm.

La fórmula de Friis permite calcular las pérdidas de propagación que sufre la señal radioeléctrica en condiciones de espacio libre, es decir sin ningún obstáculo en el camino, es decir, visión directa entre las antenas.

$$15) L_{bas}(dB) = 32,44 + 20 \log_{10} (f \text{ MHz}) + 20 \log d \text{ (km)}$$

La sensibilidad es el mínimo nivel de señal para conseguir un funcionamiento aceptable del receptor (nivel de calidad)

2.2.3. Atenuación por lluvia, obstáculos y vegetación.

2.2.3.1. Atenuación por obstáculos y vegetación

La Figura No. 2.9 de “Coeficientes de reflexión típicos para diferentes tipos de terreno y reflexiones por tierra” se muestra una típica señal de reflexión desde la superficie del mar. Cuanto mejor conductor sea el suelo, más potente será la reflexión. De este modo, las reflexiones del mar, de los pantanos, etc. son más críticas que las reflexiones de tierras con vegetación. El coeficiente de reflexión de un tipo dado de tierra depende también de la frecuencia. Generalmente, el coeficiente de reflexión decrece con la frecuencia. Por otro lado, se requerirán áreas más grandes cuanto más bajas sean las frecuencias de las señales a reflejar. El coeficiente de reflexión efectivo es también función del ángulo de incidencia y la curvatura de la tierra (el factor-k). Generalmente la polarización vertical ofrece una reflexión reducida, especialmente a bajas frecuencias

Como se indica en la Figura No. 2.11, la señal recibida es la suma de la señal directa y de la señal reflejada. Si se suman estas dos señales, darán una potencia de señal que es función de la altura del emplazamiento del receptor como se indica en la Figura No. 2.12 de “Separación óptima de antenas para diversidad. Para neutralizar el efecto de las reflexiones de la tierra, se utilizan frecuentemente configuraciones de diversidad de espacio, con dos antenas receptoras separadas verticalmente. Una separación óptima entre antenas debería proporcionar un máximo en el nivel de señal recibida en la segunda antena cuando la antena principal se encuentra en un mínimo, y viceversa. Cabe destacar que las reflexiones pueden ser evitadas en algunos enlaces reduciendo las alturas de las antenas.

Esta separación óptima entre antenas se puede calcular utilizando uno de los dos métodos siguientes:

Método geométrico utilizando zonas de Fresnel y Método analítico utilizando expansiones de series.

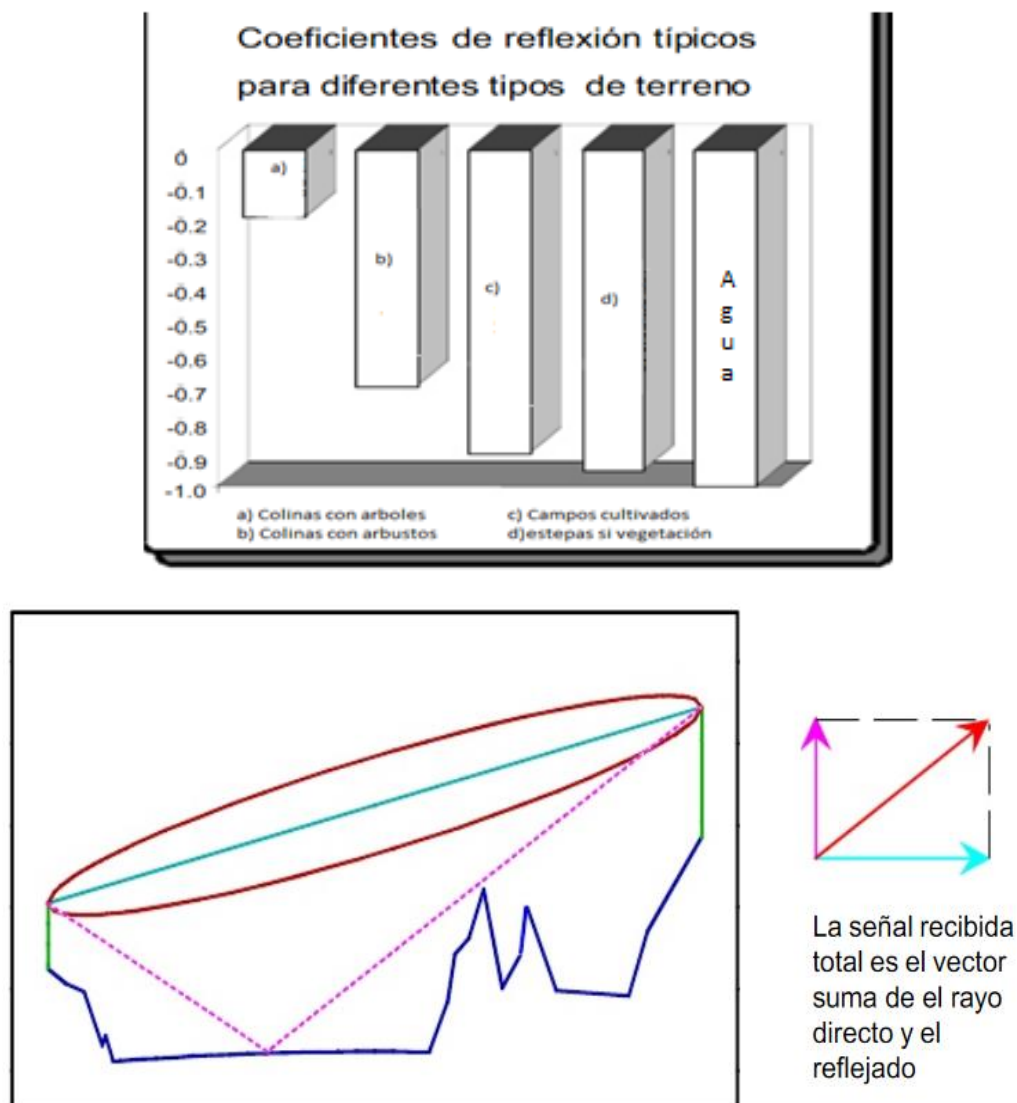


Figura No. 2.11 Coeficientes de reflexión típicos para diferentes tipos de terreno y reflexiones por tierra

Fuente: Hernando Rábanos, J. (2008). Transmisión por Radio. Editorial Universitaria Ramón Areces S.A. Numeral 1.6.3 de “Características de propagación”

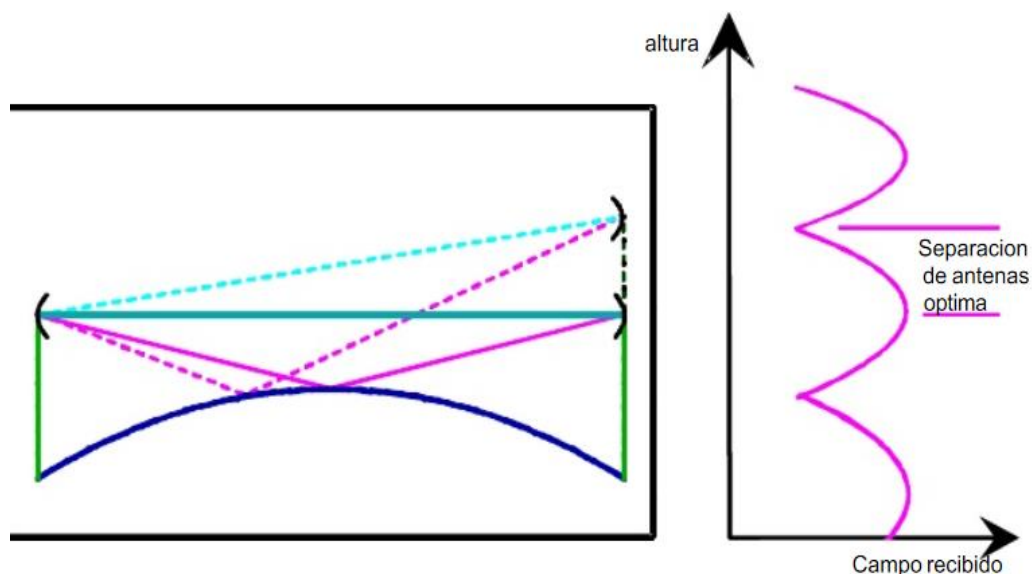


Figura No. 2.12 Separación óptima de antenas para diversidad

Fuente: Hernando Rábanos, J. (2008). Transmisión por Radio. Editorial Universitaria Ramón Areces S.A. Numeral 1.6.3 de “Características de propagación”

2.2.3.2. Atenuación por lluvia

La transmisión de señales de microondas a más de 10 GHz es vulnerable a la precipitación o lluvia. La lluvia, nieve, aguanieve, partículas de hielo y el granizo pueden atenuar y dispersar señales de microondas y de este modo reducir calidad del sistema. La energía se atenúa debido a la radiación (dispersión) y absorción (calentamiento). Para longitudes de onda que sean pequeñas en comparación con el tamaño de una gota, la atenuación debida a la absorción es más grande que la atenuación debida a la dispersión. Para longitudes de ondas grandes en comparación con el tamaño de una gota de agua, la atenuación debida a la dispersión es más grande que la atenuación debida a la absorción.

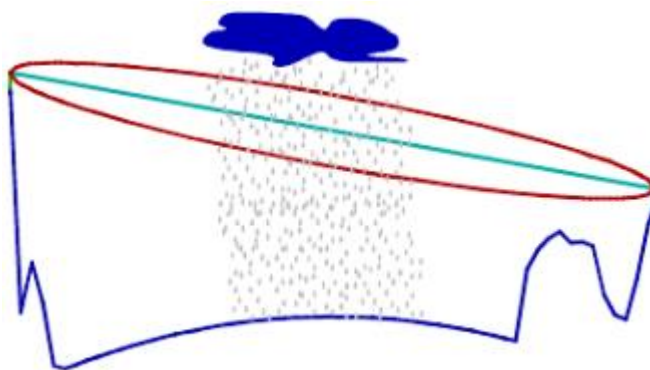


Figura No. 2.13 Lluvia en Zona de Fresnel

Fuente: Hernando Rábanos, J. (2008). Transmisión por Radio. Editorial Universitaria Ramón Areces S.A. Numeral 1.6.3 de “Características de propagación”

La Figura No. 2.13 de “Lluvia en zona de Fresnel” se muestra enlace de radio donde la zona de Fresnel se llena parcialmente con gotas de lluvia procedentes de una nube. Cada gota particular de agua contribuirá a la atenuación de la señal buscada. La cantidad de desvanecimiento depende de la frecuencia de la señal y del tamaño de la gota de lluvia. Las dos principales causas para la atenuación son la dispersión y la absorción. Cuando la longitud de onda es lo bastante grande en relación con el tamaño de la gota de lluvia, la dispersión es predominante. De forma inversa, cuando la longitud de onda es pequeña en comparación del tamaño de la gota de lluvia, domina la atenuación debida a la absorción.

La Dispersión, está dado por las ondas de radio, que son campos electromagnéticos que varían en el tiempo, el campo incidente inducirá un momento dipolar en la gota de lluvia. El dipolo de la gota de lluvia tendrá la misma variación temporal que las ondas de radio, y actuará además como una antena y re-radiará la energía. Una gota de lluvia es una antena con una baja directividad y por lo tanto re-radiará energía en direcciones arbitrarias provocando una pérdidas de energía en la dirección hacia el receptor.

La Absorción, esta consecuencia ya que a medida que la longitud de onda es pequeña en relación con el tamaño de una gota de lluvia, se absorbe más y más energía produciendo calor en la gota de lluvia. Las ondas de radio variarán demasiado en intensidad de campo sobre la gota como para inducir el efecto dipolar

Para calcular el tiempo de corte provocado por la lluvia debemos conocer la cantidad total de gotas de lluvia dentro de la zona de Fresnel así como sus tamaños individuales. La atenuación se puede calcular utilizando la siguiente fórmula:

$$16) A \approx \int_0^{\infty} N(D)Q(D, f)dD$$

Donde N es la distribución del tamaño de la gota de lluvia y Q es la atenuación de una partícula a la frecuencia dada f. Esta fórmula requiere un análisis exhaustivo ya requiere realizar un recuento del número de gotas de lluvia existentes y medir sus tamaños individuales, para lo cual se utiliza el método de medir la cantidad de lluvia que golpea el suelo en un cierto intervalo. A esto se le denomina taza de lluvia. La conexión entre la taza de lluvia R y N(a) viene dada por:

$$17) R \approx 0.6 \cdot 10^{-3} \cdot \pi \int_0^{\infty} D^3 V(D)N(D)dD$$

Donde V (D) es la velocidad terminal de la gota de lluvia. Tanto la velocidad terminal como las distribuciones de gotas de lluvias típicas han sido estudiadas atentamente y son bien conocidas. Por lo tanto, es posible estimar la atenuación sin más que considerar el radio de lluvia únicamente

Las precipitaciones son medidas en milímetros [mm], y la intensidad de lluvia en milímetros por hora [mm/h].

El ratio (índice) de lluvia R está relacionado con la distribución de tamaño de gota y con la velocidad terminal de las gotas de lluvia. Conociendo R, es posible calcular la cantidad de gotas de lluvia y sus tamaños dentro de la zona de Fresnel. La atenuación específica (dB/km) viene dada por:

$$18) \gamma_r = k \cdot R^\alpha$$

Donde k and α vienen dadas en el Cuadro No. 2.6 de “Coeficientes de regresión para estimar la atenuación específica” y varían con la frecuencia de radio y la polarización. La atenuación debida a la lluvia en el 0.01% del tiempo para el enlace de radio puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$19) A_{0.01} = \psi \cdot k \cdot R^\alpha [dB]$$

Cuadro No. 2.6

Coefficientes de regresión para estimar la atenuación específica

Frecuencia [GHz]	k_h	k_v	α_h	α_v
1	0.0000387	0.0000352	0.912	0.880
2	0.0001540	0.0001380	0.963	0.923
4	0.0006500	0.0005910	1.121	1.075
6	0.0017500	0.0015500	1.308	1.265
7	0.0030100	0.0026500	1.332	1.312
8	0.0045400	0.0039500	1.327	1.310
10	0.0101000	0.0088700	1.276	1.264
12	0.0188000	0.0168000	1.217	1.200
15	0.0367000	0.0335000	1.154	1.128
20	0.0751	0.0691	1.099	1.065
25	0.124	0.113	1.061	1.030
30	0.187	0.167	1.021	1.000
35	0.263	0.233	0.979	0.963
40	0.350	0.310	0.939	0.929

Fuente: Henne, I., Thorvaldsen, P. (2002). Planificación de radioenlaces de visibilidad directa. Segunda edición Nera.

En la Figura No. 2.14 de “Atenuación por Lluvia en función de la Frecuencia y el índice de lluvia”, se observa cómo actúan los coeficientes de regresión para estimar la atenuación y su afectación a las frecuencias de interés para este proyecto. En Ecuador y según las recomendaciones de la ITU-R, se utilizan las recomendaciones **N** (95 mm/hr) para la sierra y **P** (145 mm/hr) para la región costa y oriente

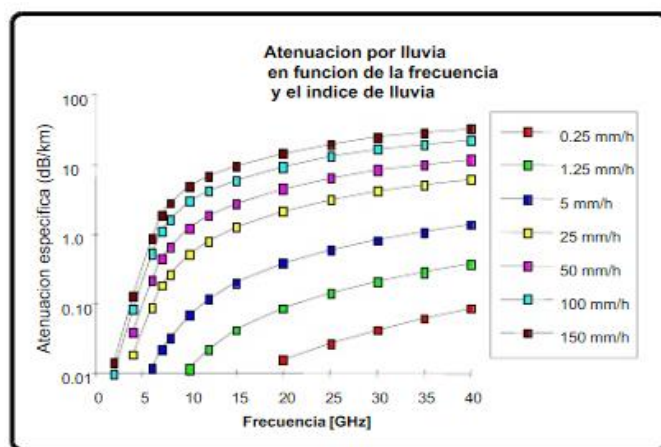


Figura No. 2.14 Atenuación por Lluvia en función de la Frecuencia y el índice de lluvia

Fuente: Hernando Rábanos, J. (2008). Transmisión por Radio. Editorial Universitaria Ramón Areces S.A. Numeral 1.6.3 de “Características de propagación”

2.2.4. Disponibilidad e indisponibilidad del radioenlace.

La CNT EP requiere que los índices de calidad y disponibilidad para esta red cumplan con las recomendaciones y objetivos de la UIT-T y el UIT-R, que se encuentran descritos en los estándares o normas de la UIT-T. G.801 (Modelos de Transmisión Digital), G.821 (Desempeño de error de una conexión digital internacional de operación a una tasa binaria inferior a la tasa primaria y que forma parte de una red digital de servicios integrados) y G.826 (Parámetros y objetivos de las características de error de extremo a extremo para conexiones y trayectos digitales internacionales de velocidad binaria constante).

Dado que para el cálculo de la calidad y disponibilidad de los enlaces se utilizará la recomendación UIT-R P.530-7 (Datos de propagación y métodos de predicción necesarios para el diseño de sistemas terrenales con visibilidad directa). Esta recomendación considera los métodos de predicción de la interrupción para los sistemas radioeléctricos digitales cumpliendo con las recomendaciones antes indicadas y de acuerdo a las características de error y disponibilidad de las Recomendaciones UIT-R F.594, UIT-R F.634, UIT-R F.695, UIT-R F.696, UIT-R F.697, UIT-R F.1092, UIT-R F.1189 y UIT-R F.557).

En esta predicción, la interrupción de la transmisión ocasionada por una situación de cielo despejado se atribuye en su mayor parte a la calidad de funcionamiento (característica de error), mientras que la interrupción debida a la lluvia se atribuye sobre todo a la disponibilidad. No obstante, es probable que los efectos con cielo despejado también contribuyan a la disponibilidad y las precipitaciones contribuyan a la característica de error.

2.2.5. Capacidad de transporte de datos.

Se pueden utilizar muchos criterios para evaluar la eficacia de un sistema de comunicación para ver si es ideal o perfecto. Algunos de estos criterios son el costo,

el ancho de banda del canal utilizado, la potencia del transmisor requerida y la demora a través del sistema.

En sistemas digitales, el sistema óptimo se podría definir como aquel que reduce al mínimo la probabilidad de error del bit en la salida del sistema, sujeta a limitaciones sobre la energía transmitida y el ancho de banda del canal. Por eso, los errores de los bits y el ancho de banda de la señal son de primordial importancia y se analizan en capítulos subsecuentes. Esto hace que surja la pregunta: ¿es posible inventar un sistema sin errores en los bits a la salida aun cuando se introduzca ruido en el canal? Claude Shannon contestó esta pregunta en 1948-1949 [Shannon, 1948-1949]. La respuesta es sí, conforme a ciertas suposiciones. Shannon demostró que (en el caso de señal más ruido blanco gaussiano) la capacidad de un canal C (bits/s) se podría calcular de tal modo que si la velocidad de transferencia de la información R (bits/s) fuera menor que C , la probabilidad de errores en los bits tendría a cero. La ecuación para C es:

$$20) C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

Donde B es el ancho de banda del canal Hertz (Hz) y S/N es la relación de la potencia de la señal a ruido (watts/watts, no dB) en la entrada del receptor digital. Shannon no explicó cómo se construye este sistema, pero demostró que es teóricamente posible construir un sistema como ese. De este modo, Shannon señaló una meta de rendimiento teórico que hay que tratar de lograr con sistemas de comunicación prácticos. Los sistemas que se aproximan a esta meta por lo general incorporan codificación de corrección de errores. El ruido presente en el canal continúa presentando errores a la entrada del decodificador receptor; no obstante, se ha agregado suficiente redundancia a la señal transmitida de manera que el decodificador pueda detectar y corregir errores con sus circuitos procesadores.

2.3. Herramienta de simulación Pathloss.

El programa Pathloss es una herramienta de diseño integral para los enlaces de radio que operan en el rango de frecuencia de 30 MHz a 100 GHz. El programa está

organizado en ocho módulos de diseño de ruta (path), un módulo de la señal del área de cobertura y un módulo de red que integra los path de radio y análisis de área de cobertura.

Para el cálculo de interferencias utiliza el margen de desvanecimiento y el umbral de la degradación con los dos componentes separados por la lluvia y el multitrayecto.

El programa permite un diseño de transmisión de radio enlaces, con un análisis dinámico de la red, análisis con diferentes niveles de potencia y análisis de interferencias bajo condiciones de lluvia simulada. Utiliza una versión actualizada de la imagen de la altura del terreno.

Métodos de Confiabilidad de Pathloss

Probabilidad desde confiabilidad se puede expresar como la disponibilidad (99,9999%) o la indisponibilidad (0,0001%). Este último se utiliza en la ITU, con segundos severamente errados- Formato de indisponibilidad.

La confiabilidad de propagación multitrayectoria se puede calcular utilizando cualquiera de los siguientes métodos:

Vigants - Barnett (factor C, factor climático y la rugosidad del terreno). Rugosidad del terreno se calcula por encima de cualquier segmento del perfil de referencia al nivel del mar o de un ajuste de mínimos cuadrados del terreno.

UIT-R P.530-6 (inclinación de la trayectoria, ángulo de incidencia y el factor de geoclimático). El ángulo de incidencia se calcula mediante la definición del plano reflectante dominante en el perfil)

UIT-R P.530-7 (camino de la inclinación y el factor de geoclimático)

Factor de KQ (exponente de la distancia, exponente de la frecuencia)

Factor de KQ (exponente de la distancia, exponente de la frecuencia, factor de rugosidad del terreno)

La frecuencia y la distancia se pueden ajustar para las normas específicas de la región.

La confiabilidad de propagación se puede expresar como la disponibilidad o al indisponibilidad utilizando los siguientes criterios:

- El tiempo total por debajo del nivel para el peor mes y basado en el periodo anual.
- La indisponibilidad por peor mes y los segundos con muchos errores (SES), utilizando el criterio que los desvanecimientos que duran más de 10 segundos consecutivos y se consideran como falta de disponibilidad del sistema. El tiempo que queda por debajo del nivel es considerado como SES.

Cada uno de los métodos anteriores de confiabilidad o fiabilidad calcula la probabilidad de recibir el desvanecimiento de una señal desvanecimiento por debajo del nivel de umbral en el peor mes debido a un solo desvanecimiento por multitrayectoria. La duración del desvanecimiento debajo del nivel de umbral no es considerada y la interrupción resultante es el tiempo total por debajo del nivel.

El tiempo total por debajo del nivel se puede desglosar en dos partes:

- Desvanecimientos por debajo del umbral que duran 10 segundos consecutivos o más
- Desvanecimientos por debajo del umbral que duran menos de 10 segundos consecutivos (todos los otros desvanecimientos)

La terminología de la ITU para este desglose es indisponibilidad para desvanecimientos por debajo del umbral de 10 segundos consecutivos o más y los segundos severamente errados de todos los demás se desvanecimientos.

Tiempo total anual por debajo del nivel.

Los resultados se presentan para el peor mes y año, sin considerar la duración del desvanecimiento. La relación entre el peor mes y el año depende de la temperatura

media anual para el área. Si un cálculo de la lluvia está activo, la interrupción de la lluvia anual se agrega simplemente a la interrupción múltitrayectoria anual para el total anual de interrupción. Esto supone que las condiciones para la lluvia de alta intensidad y desvanecimiento multitrayectoria severo son diferentes y los dos mecanismos de desvanecimiento no ocurren al mismo tiempo.

UIT-T G.821 (PDH) SES, Indisponibilidad.

Los resultados se presentan para el peor mes solamente. Si un cálculo de lluvia está activo, se supone que el desvanecimiento por lluvia siempre tendrá una duración de más de 10 segundos consecutivos, y por lo tanto, la interrupción por lluvia se añade a las indisponibilidad del enlace. El umbral de recepción debe corresponder a la $BER10^{-3}$ para el cumplimiento de la norma G.821y es válido para sistemas de radio PDH solamente.

ITU-T G.826 (SDH) SESR, BBER, ESR, Indisponibilidad.

Este método es una extensión de la norma G.821, para sistemas de radio SDH. Una tasa de error de bit modificado se utiliza en el cálculo. El cálculo de la indisponibilidad SES es el mismo que en G821, utilizando la tasa de bit modificado. Los parámetros de radio que se enumeran a continuación son necesarios para este cálculo:

- Taza Residual de error de bit (RBER)
- Umbral RX en la tasa residual de error de bit
- Umbral RX en la tasa de error de bits 10^{-3}
- SES tasa de error de bit
- Umbral de RX en la tasa de error de bit de SES
- a1-número de errores por ráfaga para el BER en el intervalo de 10^{-3} a BER, SES.
- a2-número de errores por ráfaga para el BER en el intervalo de BER, SES a RBER
- a3 -número de errores por ráfaga para el BER inferior a RBER
- número de bits por bloque

- número de bloques por segundo

El desempeño del enlace se expresa en términos de los siguientes parámetros:

- Segundos de Radio severamente errados (SESR)
- Bloque de fondo de tasa de error (BBER)
- Segundos con error Ratio (ESR)

Los porcentajes de tiempo, se pueden expresar como: la disponibilidad (99,9999%) o falta de disponibilidad (0,0001%). Si está utilizando la falta de disponibilidad en el peor mes- SES el formato es de 0,0001%.

Sistemas de mejoramiento de Diversidad.

Los cálculos de la diversidad proporcionan las siguientes mejoras para la conmutación de banda y combinación de sistemas IF (Frecuencia Intermedia):

- Espacio diversidad
- Angulo de diversidad
- Diversidad de Frecuencia de 1 para 1 y 1 para los sistemas de N
- Diversidad híbrida - un sistema de diversidad de frecuencias equipado con diversidad espacial en un extremo.

Atenuación por Lluvia

Interrupción debido a la lluvia de alta intensidad que se puede calcular utilizando el método de Crane o los métodos UIT-R p.530 que utilicen cualquiera de las siguientes estadísticas de lluvia:

- Crane regiones lluviosas o tropicales
- Crane modificados regiones de Crane de lluvia (1966)
- Normas UIT para las regiones lluviosas

2.4. Requerimientos de CNT EP para red de microonda.

CNT EP requiere que se consideren las siguientes características y parámetros para el diseño de la red microonda:

- Utilización de la infraestructura existente de estaciones repetidoras de la CNT EP
- Determinación de tráfico por estación repetidora para transporte por la red microonda a diseñar
- Enlaces microonda con un distancia en el rango de 30 a 70 Km
- Capacidad de transmisión por canal en una polaridad de mínimo de 200 Mbps
- Capacidad total de enlace de transmisión de 2.4 Gbps por enlace microonda para transporte de datos con 6 portadoras (6 Canales x 2 polaridades x 200 Mbps).
- Determinación de banda de frecuencia o frecuencias disponibles para capacidad requerida de las bandas SHF autorizadas por la SENATEL.
- Utilización de polaridades horizontal y vertical para transporte de tráfico.
- Alternativa de transporte de tráfico concentrado en repetidora y backup de alta disponibilidad
- Menor tamaño de antenas a colocarse en los extremos de los enlaces.
- Equipamiento carrierclass de alta disponibilidad.
- Determinación de línea de vista para mínimo dos zonas de Fresnel para enlaces propuestos.

3. CAPITULO III: ANÁLISIS DE INFRAESTRUCTURA Y BANDA SHF

Introducción

En este capítulo se describirá la infraestructura a utilizarse de la CNT EP para este proyecto, con el estudio de las bandas SHF para determinar de acuerdo al Plan Nacional de Frecuencias la banda en que se puede diseñar la red microonda. Se realizará la validación en campo de las frecuencias utilizadas mediante barridos espectrales para determinar disponibilidad de canales para este proyecto. Se analizará el tráfico concentrado a utilizarse por estación repetidora en este proyecto, para crear una base de datos y su proyección a 5 años por estación repetidora considerada en el proyecto.

3.1. Situación actual de la infraestructura de microonda de CNT EP.

Las telecomunicaciones de larga distancia en el Ecuador se inician en el año 1972 con la creación de la empresa IETEL conectando a las principales ciudades del Ecuador, y en 1983 ya se disponía de una red PDH cubriendo zonas importantes como capitales de las principales provincias del Ecuador, proporcionando servicios de voz local e internacional. Las distancias de los enlaces de radio entre estaciones repetidoras para dar conectividad a las ciudades no superaban los 70Km. Debido al crecimiento vertiginoso y la demanda de líneas fijas, en el año 1992 se re-estructura la empresa con el nombre de EMETEL, con lo cual se incrementaron las capacidades de los enlaces de radio como las zonas de cobertura con nuevos enlaces microonda creando troncales de radio para transportar el tráfico y atender más ciudades a nivel nacional. Para el año 1996 EMETEL se dividió en ANDINATEL y PACIFICTEL que operaron en las zonas de la sierra y costa respectivamente, empezaron la instalación de redes ópticas en remplazo de las redes de microonda, debido a su mayor capacidad de transmisión. (ANDINATEL S.A.)

Las empresas anteriores a la CNT EP, realizaron en su momento grandes inversiones en las estaciones repetidoras realizando los caminos de accesos necesarios e instalando la infraestructura necesaria para la colocación de antenas y equipamiento de radio que brindó por años la conectividad a los ecuatorianos, hasta la instalación de las redes ópticas y la presencia de compañías privadas de telecomunicaciones, quienes aprovecharon de los accesos existentes como la infraestructura colocada en las estaciones repetidoras para adquirir terrenos junto a la infraestructura existente y colocar sus equipos de transmisión.

Estas estaciones repetidoras, se convirtieron en las principales infraestructuras de comunicaciones a nivel nacional, para enlaces de microonda, siendo considerados por el ente regulador como los sitios de referencias con sus coordenadas en WGS84 a considerarse para la realización de estudios de ingeniería para la concesión de frecuencias. Parte de estas principales estaciones repetidoras constan en el Anexo 9 con sus respectivas coordenadas de referencia, entre otros sitios donde CNT EP dispone de infraestructura para equipos microonda y serán considerados para el análisis del presente proyecto de tesis, dado que cumplen con las características y requerimientos de infraestructura como de diseño, respecto a distancias para la red de microonda propuesta.

Con estas estaciones repetidoras de referencia, y utilizando la información proporcionada por CNT EP de carácter reservado de las estaciones repetidoras o infraestructura para equipos de microondas que dispone a nivel nacional la CNT EP, en las rutas de Tulcán – Ibarra – Quito, Quito - Ambato – Riobamba, Riobamba – Guayaquil , Riobamba – Cuenca, Cuenca – Loja, Cuenca – Machala, Guayaquil - Salinas y Guayaquil – Manta, requerimientos determinados por CNT EP y utilizando su infraestructura existente, se analizó que las estaciones repetidoras a considerarse tengan una distancia en el rango de 30 a 70 Km entre las estaciones repetidoras, analizando cuales permiten disminuir las distancias de los enlaces de microonda para optimizar los mismos.

Las estaciones repetidoras en este presente trabajo corresponden a sitios pre-establecidos por CNT EP de la infraestructura existente y disponible, los cuales se indican en la siguiente Tabla No. 3.1 de “Infraestructura Pre-Establecida para Red Nacional de Microonda”, considerando que estas estaciones repetidoras principalmente están ubicadas en el callejón interandino donde la probabilidad de deslaves es alta y también son repetidoras de alta concentración de servicios de poblaciones rurales. Adicionalmente en el listado constan las estaciones centrales y nodos de CNT EP donde se encuentran las plataformas de acceso fijo, móvil y que proporcionan los servicios de voz y datos que requieren redundancia.

Tabla No. 3.1

Infraestructura Pre-Establecida para Red Nacional de Microonda

INFRAESTRUCTURA PRE- ESTABLECIDA PARA RED NACIONAL DE MICROONDA CNT EP						
#	NOMBRE DEL SITIO	CIUDAD/ CERRO	PROVINCIA	TIPO DE ESTACION	LATITUD	LONGITUD
1	Tanques de agua	TULCAN	CARCHI	CENTRAL CNT EP	00 48 26.50 N	077 43 21.70 W
2	Rep. Troya	TROYA	CARCHI	REPETIDORA MW	00 44 25.20 N	077 41 48.90 W
3	Rep. Cabras	CABRAS	CARCHI	REPETIDORA MW	00 28 16.10 N	077 57 53.60 W
4	Rep. Cerro Blanco	CERRO BLANCO	IMBABURA	REPETIDORA MW	00 12 34.00 N	078 20 17.00 W
5	Carcelén	QUITO	PICHINCHA	CENTRAL CNT EP	00 06 04.00 S	078 28 43.00 W
6	Guamani	QUITO	PICHINCHA	CENTRAL CNT EP	00 20 38.00 S	078 32 55.86 W
7	Rep. Chasqui	CHASQUI	COTOPAXI	REPETIDORA MW	00 37 03.00 S	078 35 34.00 W
8	Rep. Guango	CHASQUI	COTOPAXI	REPETIDORA MW	00 53 44.00 S	078 30 04.00 W
9	Ambato	AMBATO	TUNGURAHUA	CENTRAL CNT EP	01 15 19.50 S	078 37 44.80 W
10	Ambato Florida	AMBATO	TUNGURAHUA	NODO CNT EP	01 12 54.97 S	078 36 14.62 W
11	Rep. La Mira	LA MIRA	CHIMBORAZO	REPETIDORA MW	01 30 33.00 S	078 34 57.00 W
12	Riobamba	RIOBAMBA	CHIMBORAZO	CENTRAL CNT EP	01 40 24.00 S	078 38 51.00 W
13	Rep. Guamote	GUAMOTE	CHIMBORAZO	REPETIDORA MW	01 57 34.00 S	078 40 51.40 W
14	Rep. Sindiajiri	SINDIAJIRI	CHIMBORAZO	REPETIDORA MW	01 44 43.00 S	078 42 39.00 W
15	Rep. Carshao	CARSHAO	CAÑAR	REPETIDORA MW	02 26 23.32 S	078 57 02.34 W
16	Rep. Bueran	BUERAN	CAÑAR	REPETIDORA MW	02 36 31.39 S	078 55 51.20 W
17	Azogues	AZOGUES	CAÑAR	CENTRAL CNT EP	02 44 21.16 S	078 49 44.29 W
18	Cuenca Parque Industrial	CUENCA	AZUAY	NODO CNT EP	02 53 00.78 S	078 58 09.55 W
19	Rep. Señor Pungo	SEÑOR PUNGO	AZUAY	REPETIDORA MW	02 48 16.00 S	078 49 19.00 W
20	Rep. Simbala	SIMBALA	AZUAY	REPETIDORA MW	03 08 14.30 S	079 05 11.40 W
21	Rep. Jarata	JARATA	AZUAY	REPETIDORA MW	03 18 52.45 S	079 07 52.64 W
22	Rep. Loma Plancha	LOMA PLANCHA	AZUAY	REPETIDORA MW	03 12 26.00 S	079 30 08.00 W
23	Rep. Puglla	PUGLLA	LOJA	REPETIDORA MW	03 38 27.71 S	079 15 33.80 W
24	Rep. Huachichambo	HUACHICHAMBO	LOJA	REPETIDORA MW	04 01 53.80 S	079 14 38.69 W
25	Rep. Colambo	COLAMBO	LOJA	REPETIDORA MW	04 14 15.20 S	079 23 47.30 W
26	Rep. Boliche	MILAGRO	GUAYAS	CENTRAL CNT EP	02 15 08.75 S	079 38 03.80 W
27	Rep. Cerro Santa Ana	SANTA ANA	GUAYAS	REPETIDORA MW	01 55 45.70 S	079 45 50.30 W
28	Rep. Cerro Azul	AZUL	GUAYAS	REPETIDORA MW	02 09 53.71 S	079 57 32.18 W
29	Colimes	COLIMES	GUAYAS	CENTRAL CNT EP	01 32 46.90 S	080 00 39.40 W
30	La Esperanza	LA ESPERANZA	GUAYAS	REPETIDORA MW	02 10 12.90 S	079 08 13.50 W
31	Correos	GUAYAQUIL	GUAYAS	CENTRAL CNT EP	02 11 42.70 S	079 52 55.40 W
32	Rep. Corozo	COROZO	MANABÍ	REPETIDORA MW	01 29 23.17 S	080 31 27.16 W
33	Rep. Cerro de Hojas	DE HOJAS	MANABÍ	REPETIDORA MW	01 02 40.42 S	080 32 38.44 W
34	Manta Sur Este	MANTA	MANABÍ	CENTRAL CNT EP	00 58 31.62 S	080 41 39.57 W
35	Rep. Cerro Gonzales	GONZALES	SANTA ELENA	REPETIDORA MW	02 21 08.00 S	080 32 31.00 W
36	Salinas II	SALINAS	SANTA ELENA	REPETIDORA MW	02 13 26.33 S	080 55 58.15 W
37	Machala Centro	MACHALA	EL ORO	CENTRAL CNT EP	03 15 19.66 S	079 57 42.88 W

Dentro de estas estaciones pre-establecidas, se puede diferenciar un Repetidor de Microonda ubicado en un cerro o montaña; una central de CNT EP que es donde se

encuentran equipos de conmutación plataformas para los servicios de voz y datos, y los nodos de CNT EP, donde se encuentran equipos de acceso fijo y móvil para servicios de voz y datos.

En todos los tipos de estaciones indicados, constan con infraestructura existente para la operación de equipos de telecomunicaciones, y serán utilizadas en este proyecto. Estas estaciones disponen de torre donde se colocaran antenas (torre auto soportada), sala para equipos de telecomunicaciones con sistemas de energía AC-DC con su respectivo respaldo para energizar los equipos que operan en -48 V DC, sistema de tierra y pararrayos, sistemas de climatización (Aire condicionados).

Las estaciones repetidoras disponen de energía eléctrica del servicio público, con acometidas de 220 V AC, y se dispone de tableros de transferencia automático conectados a un generador de energía eléctrica AC, para proveer energía AC en caso de corte o interrupciones de servicio. El cuarto de equipos de energía disponen de sistema de rectificación AC- DC para proveer energía en DC a los equipos de telecomunicaciones, con baterías de respaldo que soportan hasta 8 horas en respaldo DC.

Las antenas se colocan en las torres autosoportadas, las cuales soportan el peso de estas y lo distribuyen en la estructura. Para la instalación de una antena se realizó un estudio estructural, del cual se conoce el peso que soporta cada estructura y se determinó que las torres de las principales estaciones pueden soportar antenas de hasta 3 metros de diámetro con diversidad (2 antenas), un esquema de la torre autosoportada se puede observar en la Figura No. 3.1 de “Grafico de Implementación y Elevación de Estación Repetidora Típica de CNT EP”

Los cuartos de equipos cuentan con climatización por medio de aires acondicionados tipo mochila que permiten el mantener una temperatura adecuada para los equipos de transmisión y de rectificación así como garantizan la vida útil de las baterías de respaldo.

3.1.1. Infraestructura de red de microonda de CNT EP

La CNT EP actualmente en su red microonda a nivel nacional dispone de más de 2000 enlaces microonda en bandas licenciadas que cumplen las normativas del ente regulador, de acuerdo al Plan Nacional de Frecuencias y a las resoluciones de frecuencias y anchos de bandas vigentes de SENATEL.

Los enlaces microonda actualmente se utilizan para dar accesos de transmisión a los sitios o estaciones que no disponen de medios ópticos para su conectividad, o son utilizados como redundancia de estaciones que lo requieren.

Por cuanto la totalidad de la base de datos de enlaces microonda que dispone CNT EP como las frecuencias y anchos de banda utilizados son de carácter restringido, en el Anexo 5 de “Enlaces de radio y topología de CNT EP en estaciones Pre-establecidas de CNT EP”, se muestra un ejemplo de enlaces microonda actuales en las estaciones consideradas en una ruta de transmisión y sus parámetros de operación más importantes de referencia como capacidades de los radios actuales. Cabe destacar que CNT EP actualmente no dispone de una red backbone o principal de microonda ya que conecta las localidades o estaciones repetidoras vía radio hacia la estación o nodo más cercano y con línea de vista que dispone de equipamiento o acceso a las redes ópticas más cercanas.

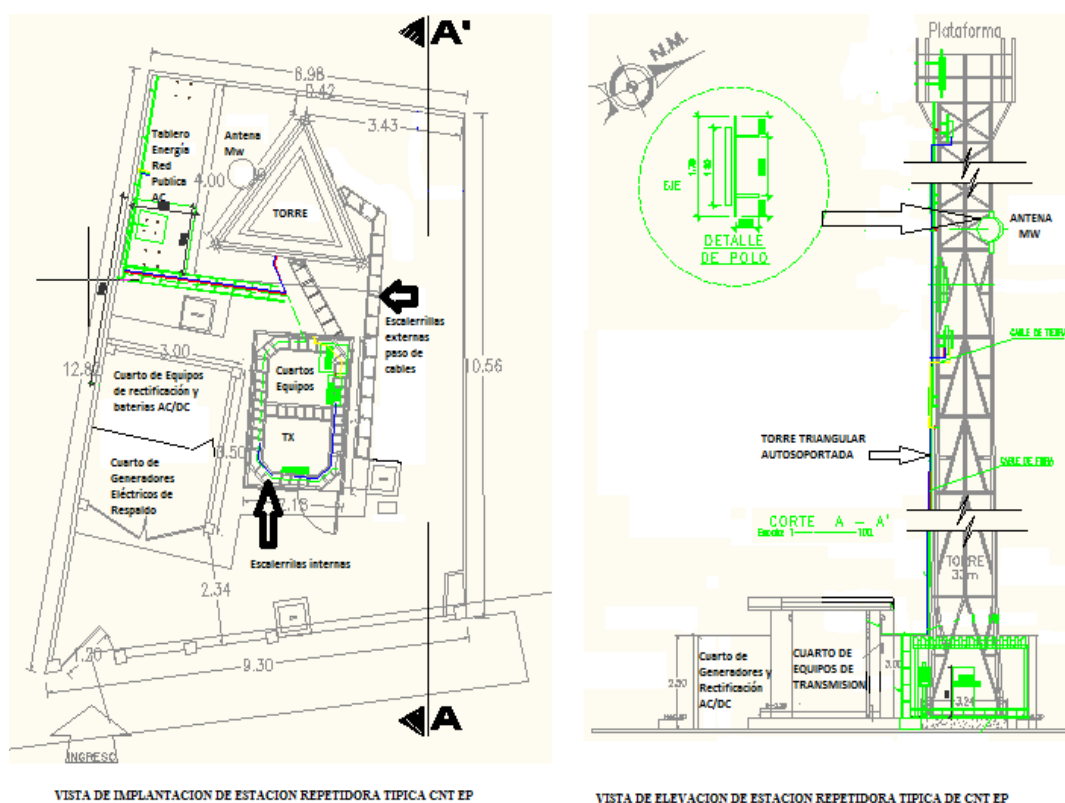


Figura No. 3.1 Grafico de Implementaci3n y Elevaci3n de Estaci3n Repetidora T3pica de CNT EP

Fuente: CNT E.P.

3.2. Bandas SHF en el Plan Nacional de Frecuencias y Uso de Espectro Radioel3ctrico del Ecuador.

En el Ecuador, y de acuerdo al Plan Nacional de Frecuencias, se ha determinado el uso de la banda SHF para enlaces, fijo, m3vil y por sat3lite, de acuerdo al rango de frecuencias asignados que consta en los cuadros nacionales de Atribuci3n de bandas de frecuencias del Plan Nacional de frecuencias.

CNT EP a nivel nacional utiliza la banda SHF (3 a 30 GHz) para frecuencias no esenciales, en enlaces de radio punto a punto y enlaces satelitales, de acuerdo al Plan Nacional de Frecuencias y cumpliendo con las resoluciones de canalizaciones vigentes con m3s de 4000 enlaces entre radio y satelitales a nivel nacional registrados en la SENATEL. En enlaces de radio punto a punto, CNT EP 3nicamente dispone de enlaces de radio en la banda de 6 GHz, 7 GHz, 8 GHz, 14 GHz, 23 GHz

que cumplen con los diferentes shifters autorizados en la Resolución SNT-2010-000408 vigente y para enlaces satelitales utiliza la banda C (3.7 - 4.2, 5.9 – 6.4 GHz) y banda Ku (11.7 - 12.2, 14 – 14.5 GHz)

3.2.1. Bandas de frecuencia a Analizar de acuerdo a distancia

De acuerdo a las modalidades de propagación de las diferentes bandas de frecuencias de la ITU consideradas en la Tablas No. 2.2 de “ Modalidades de Propagación para las diferentes bandas de frecuencias”, se puede determinar que el alcance típico de acuerdo a la distancia a considerarse para este proyecto es la banda SHF que puede proporcionar enlaces de 40 Km o más con visión directa y su utilización para servicios fijos de radioenlaces terrestres, telecomunicaciones, y radiodifusión por satélite y radionavegación. A diferencia de las otras bandas cuyo alcance es superior, no se las utiliza para la transmisión de gran cantidad de información, ya que por tecnología y su uso no son apropiadas para este proyecto, como es la banda UHF, que se la utiliza para radiodifusión, TV, radio canalización, y servicios móviles.

Dentro de la banda SHF de 3 a 30 GHz, se ha determinado que para los enlaces microonda, la propagación de las ondas radioeléctricas son afectadas por la reflexión, refracción, difracción, dispersión, absorción, y dependen del efecto de la naturaleza del medio (tipo de terreno, atmosfera, lluvia, etc.), el rango de frecuencia determina el alcance o la distancia que puede proveer el enlace microonda.

Toda onda electromagnética en un radioenlace sufre de problemas de reflexión, refracción, difracción, dispersión y absorción. Por ejemplo, mientras más alta sea la frecuencia se hace más evidente el problema absorción limitando el alcance de los radioenlaces, el desvanecimiento aumenta y disminuye la disponibilidad. La propagación de señales en la banda SHF de 3 a 30 GHz no es ajena a este problema. Para este proyecto se considerará el rango de frecuencias de 3 a 13 GHz. El Anexo 6 de “Longitudes típicas para enlaces microonda de 3 – 13 GHz”, muestra las longitudes típicas para enlaces de microonda de 3 a 13 GHz, con diversidad de

espacio, las modulaciones típicas (64 – 128 QAM) y el tamaño de la antena para distancias menores a 70 Km.

Dentro del rango indicado de 3 – 13 GHz determinado por el alcance de los enlaces, en este proyecto se analizan en los cuadros nacionales de atribución de bandas de frecuencias del Plan Nacional de Frecuencias vigente (Octubre 2011) que constan en el Capítulo 2, verificando los rangos de frecuencias para el Ecuador que indica el servicio FIJO (servicio de radiocomunicación entre puntos fijos determinados) que en mayúsculas es el servicio primario o principal, servicio que predomina para el rango o banda indicada. Adicionalmente se debe considerar las Notas a los cuadros nacionales de atribución de bandas de frecuencias que determinan su utilización en el Ecuador (EQA. Notas nacionales)

De acuerdo a los cuadros nacionales de atribución de bandas de frecuencias del Plan Nacional de Frecuencias, considerando los rangos de frecuencia que muestran los cuadros, se indican las bandas de frecuencias que corresponde al servicio FIJO y la nota EQA que les aplica:

- a) Rango 2700 – 4800 MHz
 - I. 3400 – 3500 MHz Nota. EQA. 60
 - II. 3500 – 3700 MHz Nota. EQA. 60
 - III. 3700 – 4200 MHz Nota. EQA. 50
 - IV. 4400 – 4500 MHz Nota. EQA. 140
 - V. 4500 – 4800 MHz Nota. EQA. 140

- b) Rango 4800 – 5570 MHz
 - I. 4800 – 4990 MHz Nota. EQA. 140
 - II. 4990 – 5000 MHz Nota. EQA. 140

- c) Rango 5570 – 7250 MHz
 - I. 5925 – 6700 MHz Nota. EQA. 50, EQA 110
 - II. 6700 – 7075 MHz Nota. EQA 110

- | | | | |
|------|------------|-----|------------------------|
| III. | 7075– 7145 | MHz | Nota. EQA. 50, EQA 110 |
| IV. | 7145– 7235 | MHz | Nota. EQA. 50 |
| V. | 7235– 7250 | MHz | Nota. EQA. 50 |
- d) Rango 7250 – 8500 MHz
- | | | | |
|-------|-------------|-----|---------------|
| I. | 7250 – 7300 | MHz | Nota. EQA. 50 |
| II. | 7300 – 7450 | MHz | Nota. EQA. 50 |
| III. | 7450 – 7550 | MHz | Nota. EQA. 50 |
| IV. | 7550 – 7750 | MHz | Nota. EQA. 50 |
| V. | 7750 – 7850 | MHz | Nota. EQA. 50 |
| VI. | 7850 – 7900 | MHz | Nota. EQA. 50 |
| VII. | 7900 – 8025 | MHz | Nota. EQA. 50 |
| VIII. | 8025 – 8175 | MHz | Nota. EQA. 50 |
| IX. | 8175 – 8215 | MHz | Nota. EQA. 50 |
| X. | 8215 – 8400 | MHz | Nota. EQA. 50 |
| XI. | 8400 – 8500 | MHz | Nota. EQA. 50 |
- e) Rango 8500 – 10000 MHz
- I. No está atribuido servicio FIJO (primario) a ningún rango
- f) Rango 10 – 11.7 GHz
- | | | | |
|------|--------------|-----|--|
| I. | 10 – 10.45 | GHz | |
| II. | 10.45 – 10.5 | GHz | |
| III. | 10.5 – 10.55 | GHz | |
| IV. | 10.55 – 10.6 | GHz | |
| V. | 10.6 – 10.68 | GHz | |
- g) Rango 11.7 – 14 GHz
- | | | | |
|------|---------------|-----|------------------------------------|
| I. | 12.2 – 12.7 | GHz | |
| II. | 12.7 – 12.75 | GHz | Nota. EQA. 125 |
| III. | 12.75 – 13.25 | GHz | Nota. EQA. 125, EQA. 105, EQA. 140 |

Por lo anteriormente, se revisara cada rango y su uso real de acuerdo a la Notas nacionales EQA para proporcionar servicio FIJO y poder utilizar la banda de frecuencias para enlaces microonda:

a) Rango 2700 – 4800 MHz

La EQA. 60 indica que el rango de 3400 a 3700 MHz esta utilizada para el servicio FWA (Fixed Wireless Access) por lo que este rango se descarta para su utilización en este proyecto.

La EQA.50 no restringe el uso del rango de **3700 a 4200 MHz** para servicio FIJO, por lo que puede ser considerado en el proyecto.

La EQA.140 indica que el rango de 4400 a 5000 MHz, está reservado para el Plan Militar de Frecuencias, por lo cual no puede ser utilizado en enlaces microonda de operadoras.

b) Rango 4800 – 5570 MHz

La EQA.140 indica que el rango de 4400 a 5000 MHz, está reservado para el Plan Militar de Frecuencias, por lo cual no puede ser utilizado en enlaces microonda de operadoras.

c) Rango 5570 – 7250 MHz

La EQA.110 indica que el rango de 6425 a 7100 MHz está asignado a la operación de enlaces radioeléctricos auxiliares para el servicio de Radiodifusión con emisiones de televisión por lo que el rango disponible es de **5925 a 6425 MHz** puede ser considerado para este proyecto.

Por tanto para el resto de la banda, no se tiene restricciones para el rango de **7100 a 7250 MHz**, por lo que este rango también puede ser considerado.

d) Rango 7250 – 8500 MHz

La EQA.50 no restringe el uso del rango de **7250 a 8500 MHz** para servicio FIJO, por lo que puede ser considerado en el proyecto

e) Rango 8500 – 10000 MHz

Este rango no está asignado para servicio FIJO (primario) por lo que no puede ser considerado para el proyecto.

f) Rango 10 – 11.7 GHz

El rango de análisis en este caso es de **10 a 10.68 GHz** para servicio FIJO, en el cual no existen notas nacionales, por lo que puede ser considerado en el proyecto

g) Rango 11.7 – 14 GHz

La EQA. 125 indica que el rango de 12.7 a 12.849 es utilizada por el servicio FIJO para enlaces radioeléctricos para el servicio de Radiodifusión con emisiones de televisión, por lo que no puede considerarse en el proyecto, adicionalmente que la EQA. 140 se indica que el rango de 12.75 a 13.25 está reservado conforme el Plan Militar de frecuencias por lo cual no puede ser utilizado.

El rango de 12.2 a 12.7 GHz pese a ser considerado como servicio FIJO, debe indicarse que es considerada por los proveedores de telecomunicaciones y enlaces de radio para servicios satelitales en banda Ku, por lo cual no se dispone de equipos microonda en esta banda de frecuencia y no existe estándar de canalización para enlaces punto a punto terrestres, por lo cual no puede ser considerado en este proyecto.

3.2.2. Resumen análisis

De este análisis se determina que dentro del rango de análisis (3 -13 GHz) de la banda SHF se considerarán los siguientes rangos dentro de los cuadros nacionales de atribución de bandas de frecuencias del Plan Nacional de Frecuencias:

a) Rango 2700 – 4800 MHz

I. 3700 – 4200 MHz (Rango disponible)

- b) Rango 5570 – 7250 MHz
 - I. 5925 – 6425 MHz (Rango disponible)
 - II. 7100– 7250 MHz (Rango disponible)

- c) Rango 7250 – 8500 MHz
 - I. 7250 – 8500 MHz (Rango disponible)

- d) Rango 10 – 11.7 GHz
 - I. 10 – 10.68 GHz (Rango disponible)

Para la concesión de enlaces de microonda el ente regulador, la Secretaria Nacional de telecomunicaciones - SENATEL, desde el 10 de Noviembre de 2010 con Resolución No. SNT-2010-00408 que consta en el Anexo 7, determinó que para autorizar frecuencias para un enlace microonda, estas deben estar canalizadas de acuerdo a dicha resolución, donde constan los estándares o frecuencias que pueden ser concesionados.

Con los rangos que se han determinado, se debe analizar que canalizaciones están autorizadas para dichas bandas y que pueden ser utilizadas para este proyecto y con ello determinar la cantidad de canales o par de frecuencias disponibles por banda. Cabe destacar que el ancho de banda para determinar los canales debe ser el máximo disponible por canalización (28, 29, 29.65 MHz) así como la separación entre canales (shifter) debe ser lo más amplio posible (superior a 200 MHz), por cuanto estos dos parámetros de capacidad de uso de espectro permiten disponer de mayor capacidad de espectro como el mejorar la disponibilidad de los enlaces.

Utilizando la canalización y las ecuaciones que constan en dicha resolución, se determina los siguientes pares de frecuencias para los rangos analizados:

- a) 5925 – 6425 MHz
 - Canalización de la Banda de 6 GHz - Shifter: 252.04
 - Ecuaciones para canalizaciones:

$$21) f_{tx} = f_0 - 259.45 + 29.65 * n$$

$$22) f_{rx} = f_0 - 7.41 + 29.65 * n$$

Dónde:

f_{tx} = frecuencia de transmisión en MHz

f_{rx} = frecuencia de recepción en MHz

f_0 = frecuencia central igual a 6175 MHz

n = número de canal de 1 a 8

Tabla No. 3.2

Frecuencias canalizadas para banda de 6 GHz

Canal	Frec Tx	Frec Rx	AB (MHz)
1	5945.2	6197.24	29.65
2	5974.85	6226.89	29.65
3	6004.5	6256.54	29.65
4	6034.15	6286.19	29.65
5	6063.8	6315.84	29.65
6	6093.45	6345.49	29.65
7	6123.1	6375.14	29.65
8	6152.75	6404.79	29.65

Fuente: Resolución No. SNT-2010-00408, SENATEL, Noviembre de 2010

b) Rango 7100 – 8500 MHz

I. Canalización Banda de 7 GHz, Rango 7425 – 7900 MHz, Shifter: 245 MHz

Ecuaciones para canalizaciones con Ancho de banda de 28 MHz:

$$23) f_{tx} = f_0 - 248.5 + 28 * n$$

$$24) f_{rx} = f_0 - 3.5 + 28 * n$$

Dónde:

f_{tx} = frecuencia de transmisión en MHz

f_{rx} = frecuencia de recepción en MHz

f_0 = frecuencia central igual a 7662.5 MHz

n = número de canal de 1 a 8

Tabla No. 3.3**Frecuencias canalizadas para banda de 7 GHz**

Canal	Frec Tx	Frec Rx	AB (MHz)
1	7442	7687	28
2	7470	7715	28
3	7498	7743	28
4	7526	7771	28
5	7554	7799	28
6	7582	7827	28
7	7610	7855	28
8	7638	7883	28

Fuente: Resolución No. SNT-2010-00408, SENATEL, Noviembre de 2010

- II. Canalización Banda de 8 GHz, Rango 7725 – 8275 MHz, Shifter: 311.32 MHz

Ecuaciones para canalizaciones con Ancho de banda de 29.65 MHz:

$$25) f_{tx} = f_0 - 281.95 + 29.65 * n$$

$$26) f_{rx} = f_0 + 29.37 + 29.65 * n$$

Dónde:

f_{tx} = frecuencia de transmisión en MHz

f_{rx} = frecuencia de recepción en MHz

f_0 = frecuencia central igual a 8000 MHz

n = número de canal de 1 a 8

Tabla No. 3.4**Frecuencias canalizadas para banda de 8 GHz con shifter de 311.32**

Canal	Frec Tx	Frec Rx	AB (MHz)
1	7747.7	8059.02	29.65
2	7777.35	8088.67	29.65
3	7807	8118.32	29.65
4	7836.65	8147.97	29.65
5	7866.3	8177.62	29.65
6	7895.95	8207.27	29.65
7	7925.6	8236.92	29.65
8	7955.25	8266.57	29.65

Fuente: Resolución No. SNT-2010-00408, SENATEL, Noviembre de 2010

III. Canalización Banda de 8 GHz, Rango 7900 – 8400 MHz, Shifter: 266 MHz

Ecuaciones para canalizaciones con Ancho de banda de 28 MHz:

$$27) f_{tx} = f_0 - 259 + 28 * n$$

$$28) f_{rx} = f_0 + 7 + 28 * n$$

Dónde:

f_{tx} = frecuencia de transmisión en MHz

f_{rx} = frecuencia de recepción en MHz

f_0 = frecuencia central igual a 8157 MHz

n = número de canal de 1 a 8

Tabla No. 3.5

Frecuencias canalizadas para banda de 8 GHz con shifter de 266

Canal	Frec Tx	Frec Rx	AB (MHz)
1	7926	8192	28
2	7954	8220	28
3	7982	8248	28
4	8010	8276	28
5	8038	8304	28
6	8066	8332	28
7	8094	8360	28
8	8122	8388	28

Fuente: Resolución No. SNT-2010-00408, SENATEL, Noviembre de 2010

c) Rango 3700 – 4200 MHz

Dado que CNT EP requiere disponer de bandas de frecuencias en estaciones donde existe saturación de espectro licenciado y como parte de este proyecto al realizar este análisis, se logró obtener la liberación y canalización de la banda de 4 GHz. SENATEL con resolución No. SNT-2012-0321 del 31 de Agosto de 2012 que consta en el Anexo 8, donde se autoriza la banda 3800 – 4200 MHz para el servicio fijo de enlaces radioeléctricos punto-punto y se determinó su canalización

Canalización de la Banda de 3800 – 4200 MHz, Shifter: 213, Ancho de banda 29 MHz

Ecuaciones para canalizaciones:

$$27) f_{tx} = f_0 - 208 + 29*n$$

$$28) f_{rx} = f_0 - 5 + 29*n$$

Dónde:

f_{tx} = frecuencia de transmisión en MHz

f_{rx} = frecuencia de recepción en MHz

f_0 = frecuencia central igual a 4003.5 MHz

n = número de canal de 1 a 6

Tabla No. 3.6

Frecuencias canalizadas para banda de 4 GHz

Canal	Frec Tx	Frec Rx	AB (MHz)
1	3824.5	4037.5	29
2	3853.5	4066.5	29
3	3882.5	4095.5	29
4	3911.5	4124.5	29
5	3940.5	4153.5	29
6	3969.5	4182.5	29

Fuente: Resolución No. SNT-2012-0321, SENATEL, Agosto del 2012

e) Rango 10 – 11.7 GHz

En el Rango de 10 a 11.7 GHz no se ha determinado canalización por la SENATEL en ninguna Resolución, por lo cual no será considerado para el análisis por cuanto no se podría obtener la concesión en esta frecuencia, por no ser parte de una resolución.

3.2.3. Determinación de rangos de análisis

Del análisis de bandas de frecuencias disponibles y considerando las canalizaciones autorizadas por el ente regulador, se ha determinado los siguientes rangos de análisis que pueden ser utilizados para este proyecto:

- RANGO 1: 3800 – 4200 MHz (400 MHz)
- RANGO 2: 5925 – 6425 MHz (500 MHz)
- RANGO 3: 7425 – 7900 MHz (475 MHz)
- RANGO 4: 7725 – 8275 MHz (550 MHz)
- RANGO 5: 7900 – 8400 MHz (500 MHz)

Cabe destacar que entre los rangos 3, 4 y 5 existen canales que utilizan similares frecuencias como se observa en la Tabla 3.7 de “Canales similares en rango de 7 y 8 GHz”, por lo que se debe considerar que el rango 3 comparte 6 canales con el rango 4 y el rango 4 comparte 2 canales con el rango 5, lo cual debe considerarse para determinar la disponibilidad de canales pro rango de estudio.

Tabla No. 3.7

Canales similares en rango de frecuencias canalizadas en banda de 7 y 8 GHz

RANGO 3			RANGO 4			RANGO 5		
Canal	Frec Tx	Frec Rx	Canal	Frec Tx	Frec Rx	Canal	Frec Tx	Frec Rx
1	7442	7687	1	7747,7	8059,02	1	7926	8192
2	7470	7715	2	7777,35	8088,67	2	7954	8220
3	7498	7743	3	7807	8118,32	3	7982	8248
4	7526	7771	4	7836,65	8147,97	4	8010	8276
5	7554	7799	5	7866,3	8177,62	5	8038	8304
6	7582	7827	6	7895,95	8207,27	6	8066	8332
7	7610	7855	7	7925,6	8236,92	7	8094	8360
8	7638	7883	8	7955,25	8266,57	8	8122	8388

3.3. Barridos espectrales en las bandas de: 3.8 - 4.2 GHz, 5.9 – 6.4 GHz, 7.4 - 7.9 GHz, 7.9 – 8.5 GHz. Conformación de base de datos para cada zona de interés.

De lo analizado en el punto anterior y de acuerdo a las canalizaciones vigentes en el Ecuador, en la banda de 6 GHz se dispone de 8 canales, en la banda de 7 GHz se

dispone de 8 canales, en la banda de 8 GHz se dispone de 8 canales, y en la banda de 4 GHz se dispone de 6 canales, para considerarse en el diseño de la red, por cuanto serán las frecuencias que se concesionaran para los enlaces requeridos y se requiere conocer su disponibilidad de frecuencias en cada repetidor.

El informe más reciente de ocupación de espectro radioeléctrico proporcionado por la SENATEL a las operadoras es de Abril de 2011, donde se indicó la disponibilidad de rangos de frecuencias en la banda de 1427 – 1525 MHz, 5925 – 6425 MHz, 7125 -8500 MHz, 14400 -15350 MHz, rangos de bandas más utilizados y canalizados, los cuales se puede observar en al Anexo 9, donde se evidencia que, la mayoría de repetidores considerados en este proyecto, tienen una ocupación promedio del 75% en las bandas de interés de este proyecto según la tabla del dicho anexo.

Cabe destacar que el uso de espectro puede variar significativamente en un mes, por cuanto las operadoras liberan u ocupan las frecuencias canalizadas, por lo que para ser más precisos, en este punto se realizarán barridos espectrales para conocer la disponibilidad de frecuencias a la fecha y determinar que banda de frecuencias podrían usarse en el presente proyecto.

Los barridos no determinarán que frecuencias no han sido utilizadas, pero no significan que estén libres, por cuanto pueden existir frecuencias que otros operadores hayan solicitado y todavía no las utilicen, para lo cual disponen de un año para utilizarlas.

3.3.1. Método de Barridos espectrales

Para los barridos espectrales, a continuación se muestra un ejemplo de cómo se realizó el barrido espectral en las estaciones repetidoras, considerando como ejemplo la estación repetidora Cerro Blanco, lo cual se aplicó a todos los sitios de análisis que constan en el Anexo 10 de “Información obtenida en barridos espectrales en estaciones repetidoras del proyecto”.

3.3.1.1 Barrido *espectral estación repetidora Cerro Blanco*

a) *Información General*

Se describe los datos básicos de la estación repetidora como nombre de la estación, dirección, provincia, ciudad, coordenadas:

Nombre de estación:	Estación Repetidora Cerro Blanco
Dirección:	Cerro Blanco
Provincia:	Imbabura
Ciudad:	Otavalo
Coordenadas tomadas en sitio:	
Longitud:	78° 20' 17.00'' W
Latitud:	00° 12' 34.00'' N

Para ubicar y acceder a las estaciones repetidoras de CNT EP se requiere instrucciones o información más detallada de cómo llegar a ellas, así como por ejemplo para llegar a la estación repetidora Cerro Blanco, se requiere conocer exactamente la ruta por donde, por cuanto se encuentran cerros o montañas donde únicamente existe la infraestructura de telecomunicaciones.

Como referencia se puede observar en la Figura No. 3.2 de “Ubicación Estación Repetidora Cerro Blanco en Google Earth”, la ubicación de la estación repetidora Cerro Blanco, sin que se pueda determinar cómo acceder a dicha estación, por lo cual CNT EP dispone de instrucciones adicionales para cada estación como se muestra en la Figura No. 3.3 de “Croquis Local estación repetidora Cerro Blanco CNT EP”. Cabe destacar que el croquis local de cada estación repetidora es de carácter restringido y no publicable por seguridad de la infraestructura de telecomunicaciones de la CNT EP que transmite las comunicaciones del Ecuador.



Figura No. 3.2 Ubicación Estación Repetidora Cerro Blanco en Google Earth

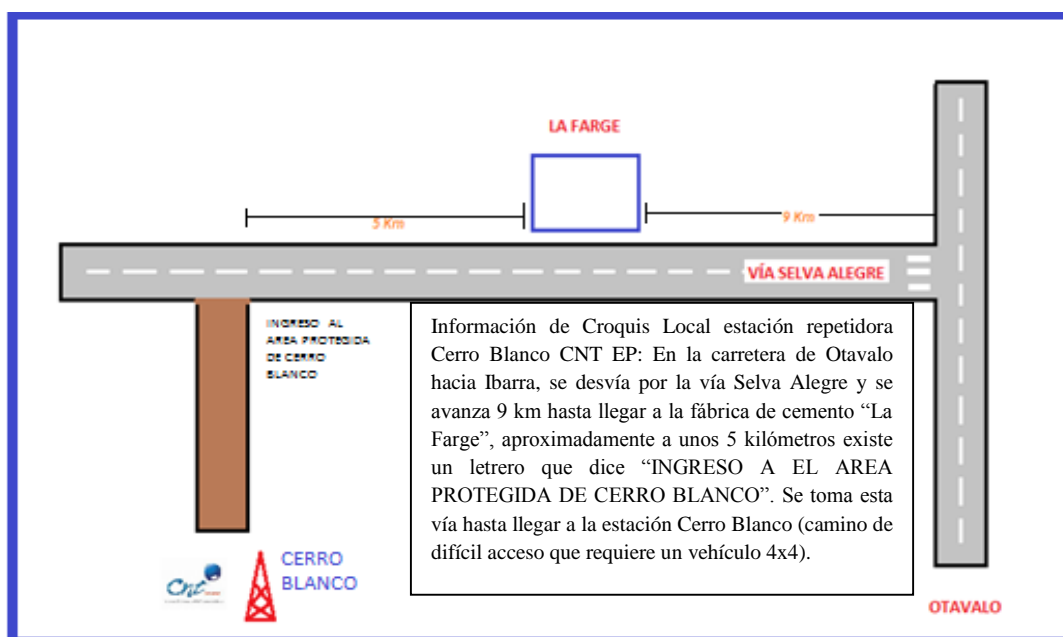


Figura No. 3.3 Croquis Local estación repetidora Cerro Blanco CNT EP

b) Equipamiento Utilizado

Se describe el equipo de medición que se utiliza para realizar el barrido espectral (Cuadro No. 3.1), donde conste el modelo y el fabricante del analizador de espectro, la antena con su ganancia, el amplificador de bajo ruido (LNA Low Noise Amplifier) y cables flexible de baja pérdida.

Cuadro No. 3.1

Equipamiento utilizado

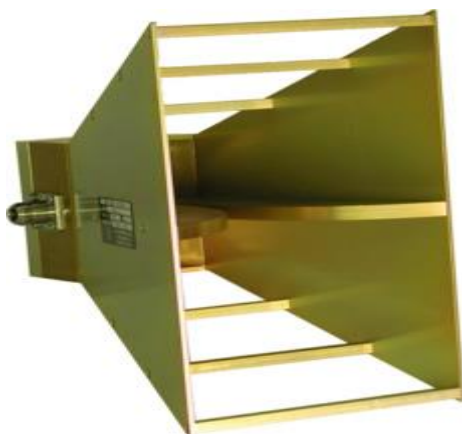
Nombre del equipo	Modelo	Fabricante
Analizador espectral (Figura No. 3.4)	8592A	HP
Antena tipo Horn (Figura No. 3.5)	SAS-571 (Ganancia 15 dBi) Double Ridge Guide Horn Antenna	A.H. System
LNA (Preamplificador de bajo ruido) (Figura No. 3.6)	PAM-0118P	A.H. System
Cable flexible de baja perdida (Returnloss) (Figura No. 3.7)	SAC-18G-X (3 metros)	A.H. System



- Rango de frecuencia: 50 kHz-22 GHz
- Rango de Amplitud: -109 dBm a +30 dBm
- Ancho de banda de resolución (min): 1 kHz

Figura No. 3.4 Analizador de espectros HP 8592A Agilent

Fuente: Recuperado el 28 julio del 2014: <http://www.used-line.com/spectrum-analyzer/agilent/agilent-hp-8592a/item-9660503>



- Rango de frecuencia: 700 MHz - 18 GHz
- Ganancia (dBi): 1.4 a 15 dBi
- 3dB Ancho de haz (E - Campo): 48 °
- 3dB Ancho de haz (H - Campo): 30 °

Figura No. 3.5 Antena Horn SAS-571 700 MHz - 18 GHz

Fuente: Recuperado el 28 julio del 2014: <http://www.ahsystems.com/catalog/SAS-571.php>



Figura No. 3.6 Amplificador de Bajo ruido (LNA)

Fuente: Recuperado el 28 julio del 2014: <http://www.ahsystems.com/catalog/PAM-0118P.php>



Figura No. 3.7 Cable flexible de baja perdida (Return Loss)

Fuente: Recuperado el 28 julio del 2014: http://www.ahsystems.com/catalog/Low-Loss_Cables.php

El equipamiento antes mencionado no es el único utilizado en todos los barridos puesto que se utilizó el equipamiento disponible de CNT EP para cada estación de análisis.

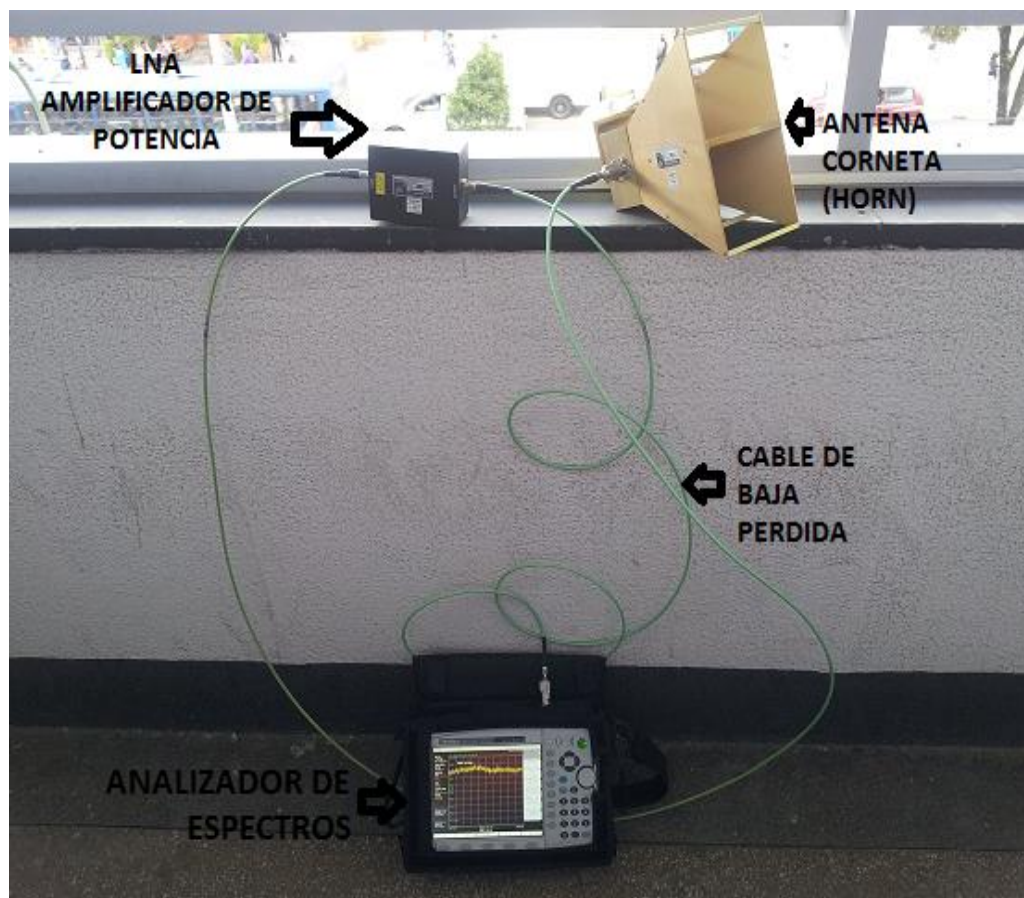


Figura No. 3.8 Equipamiento para barrido de espectro

Para iniciar una medición, al analizador de espectros se lo debe calibrar a cero como se indica en el manual de usuario u operación, posteriormente conectarlo al amplificador de bajo ruido (LNA) de la banda correspondiente y este a la antena del tipo corneta (*horn*) utilizando cables flexibles de baja pérdida, como se observa en la Figura No. 3.8 de “Equipamiento para barrido de espectro”

Se debe considerar que cada marca y modelo de equipo analizador de espectros tiene definida una máxima resolución para detectar señales conocido como el ancho del filtro de resolución (RBW *Resolution Bandwidth*) el cual define la separación mínima que puede haber entre dos señales para que se representen como dos o como una y el video de ancho de banda o (VBW *Video Bandwidth*) el cual permite suavizar la visualización y permitir observar mejor la medición.

Cabe destacar que para las mediciones se recomienda que el valor del RBW sea el mismo del VBW o variarlo para obtener una mejor visualización. Los parámetros de configuración para los analizadores de espectros que se utilizan en el presente proyecto no pueden ser constantes por cuanto la antena, el amplificador de bajo ruido y las condiciones de cada estación (piso de ruido, pico de potencia) son específicos para cada estación repetidora, por lo cual las mediciones realizadas responden a las condiciones presentadas.

c) Procedimiento para barrido

i. Análisis de Infraestructura existente

En la estación repetidora se analiza la infraestructura existente tanto externamente como internamente para determinar espacios físicos donde colocar el equipamiento, tanto en la torre como dentro de la sala de equipos.

En la estación repetidora Cerro Blanco de CNT EP, se observan 4 estructuras donde se pueden colocar antenas, como se muestra en la Figura No. 3.9 de “Infraestructura externa existente Estación Repetidora Cerro Blanco”.

Dentro de la sala de equipos de la estación repetidora se observa la disponibilidad de espacio para colocar el equipamiento interno. En la Figura No. 3.10 de “Infraestructura interna existente Estación Repetidora Cerro Blanco” se muestra la sala de equipos.



Figura No. 3.9 Infraestructura externa existente Estación Repetidora Cerro Blanco



Figura No. 3.10 Infraestructura interna existente Estación Repetidora Cerro Blanco

ii. Realización de Mediciones

Con el equipo de medición calibrado, se coloca en la torre a utilizarse a la altura considerada para la antena de acuerdo al estudio de propagación y diseño del enlace de radio del Anexo 13, considerando el azimut para iniciar la medición.

Para la estación Cerro Blanco se debe considerar que se proyectaron dos enlaces uno con dirección de apuntamiento a la estación Central Carcelén con azimut 204.50° a 18 metros de altura y otro enlace con dirección de apuntamiento a la estación repetidora Cerro Cabras con azimut de 55.14° a 9 metros de altura.

Para realizar la medición se ubica con el equipamiento conectado antes mencionado a la altura en la torre y se apunta la antena tipo corneta en la polaridad vertical directamente hacia el otro extremo en el azimut correspondiente mediante el uso de una brújula, y se realiza la medición de potencia recibida en la banda de análisis guardando la imagen en el equipo analizador de espectros. Se procede a direccionar o mover la antena hacia más 30 grados ($+ 30^\circ$) del azimut original y se procede a tomar una medición, para posteriormente direccionar la antena hacia el azimut original, tomar la medición y posteriormente direccionar la antena hacia menos 30 grados ($- 30^\circ$) del azimut original y se procede a tomar una nueva medición. Se realiza de igual manera para la polaridad horizontal y se obtienen un total de 6 mediciones por rango de frecuencia de medición.

Este procedimiento se realiza por cada rango de frecuencia (4 GHz, 6 GHz, 7GHz y 8GHz), para lo cual se configura en el analizador de espectros el rango de frecuencias (SPAN) a medir.

Para obtener una mejor visualización de la señales en la pantalla del equipo analizador se debe variar la amplitud y el RWB hasta poder determinar la frecuencia central, la cual determinará la frecuencia de operación de la portadora y con ello observar el ancho de banda de esta portadora y medir el nivel de la señal. Se considera que presenta problemas de interferencia cuando el nivel de referencia

de la señal portadora es mayor a -95 dBm lo cual ya puede afectar la operación de la red propuesta dada la gran sensibilidad, modulación y capacidad que transmitirá.

Cabe destacar que lo que se requiere es comprobar en la banda de frecuencias de análisis la existencia de portadoras o canales utilizados y con ello poder determinar los canales disponibles con un ancho de banda de 28 MHz o superior.

a) Gráficos Espectrales

Se obtendrán las mediciones considerando las siguientes bandas:

- RANGO 1: 3800 – 4200 MHz (400 MHz)
- RANGO 2: 5925 – 6425 MHz (500 MHz)
- RANGO 3: 7425 – 7900 MHz (475 MHz)
- RANGO 4: 7725 – 8275 MHz (550 MHz)
- RANGO 5: 7900 – 8400 MHz (500 MHz)

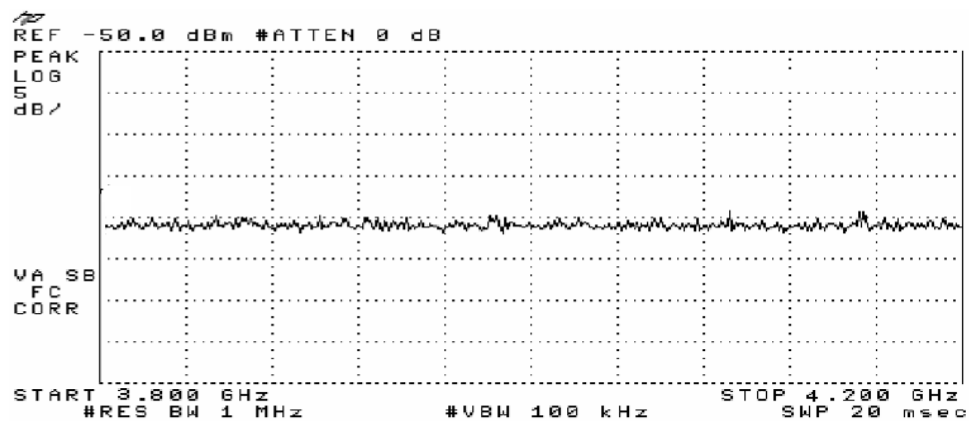
De estos rangos para realizar las mediciones se consideran únicamente los siguientes Bandas de análisis que contienen estas canalizaciones:

- Banda 3800 – 4200 MHz
- Banda 5900 – 6450 MHz
- Banda 7400 – 7900 MHz
- Banda 7900 – 8400 MHz

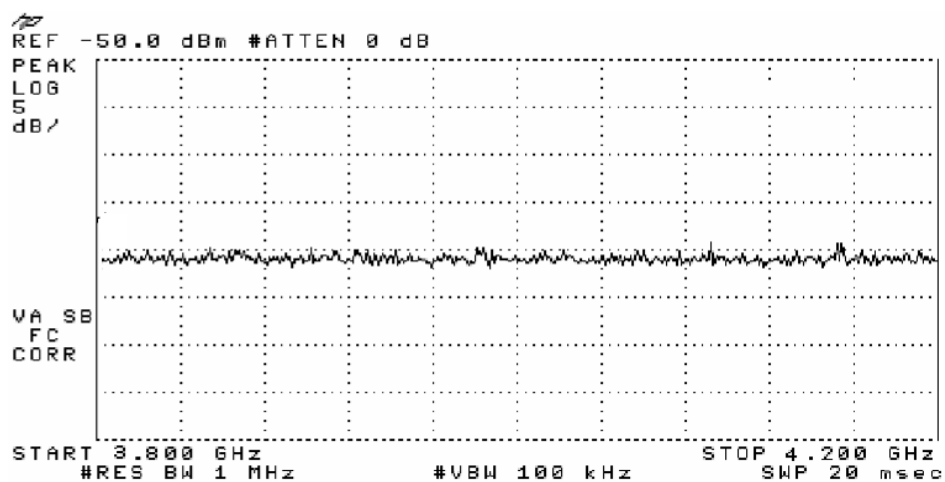
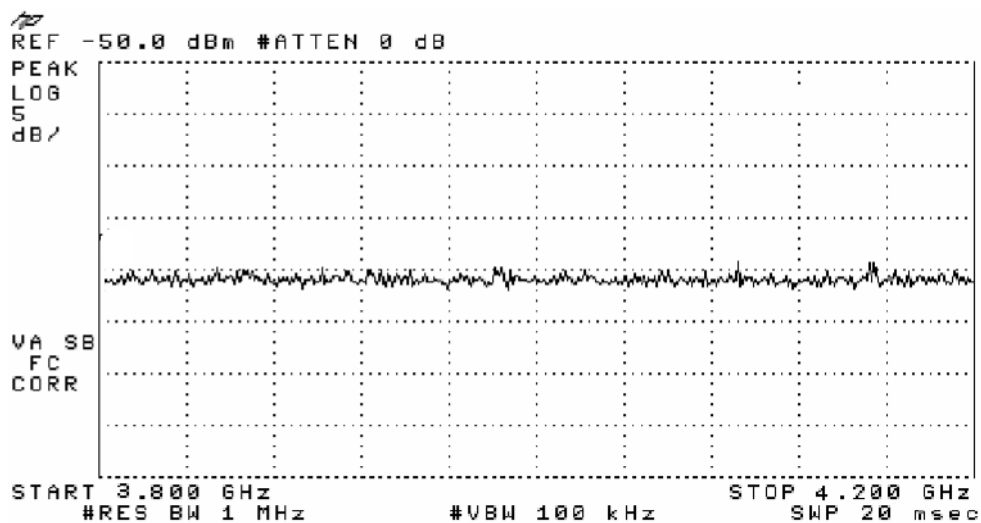
Para las mediciones realizadas a continuación se muestra las pantallas obtenidas en Cerro Blanco Dirección Carcelén a 18 metros de altura (azimut 204.50 °):

- ***Banda 3800 – 4200 MHz***

Polarización Vertical

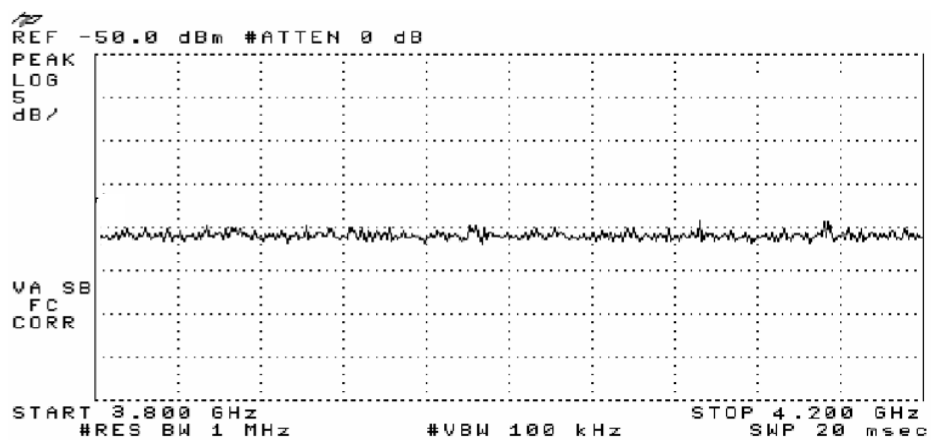
Azimut -30° (174.50°)

Azimut (204.50°)

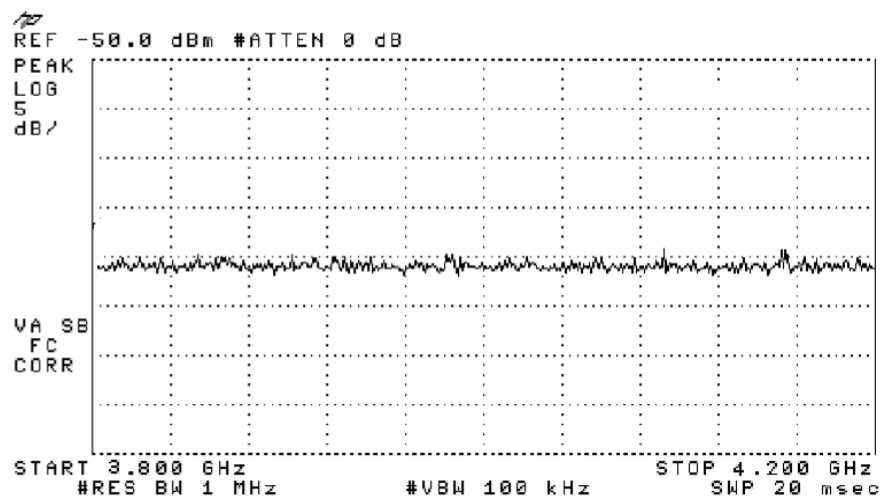
Azimut $+30^\circ$ (234.50°)

Polarización Horizontal

Azimut -30° (174.50°)



Azimut (204.50°)



Azimut $+30^\circ$ (234.50°)

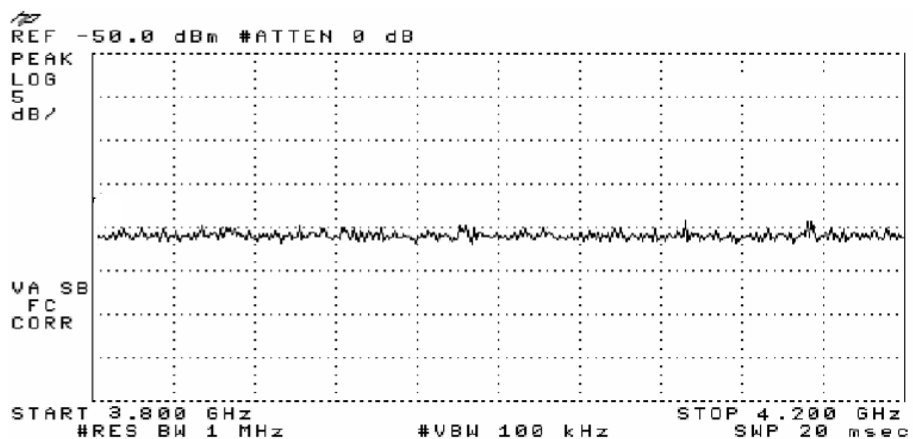
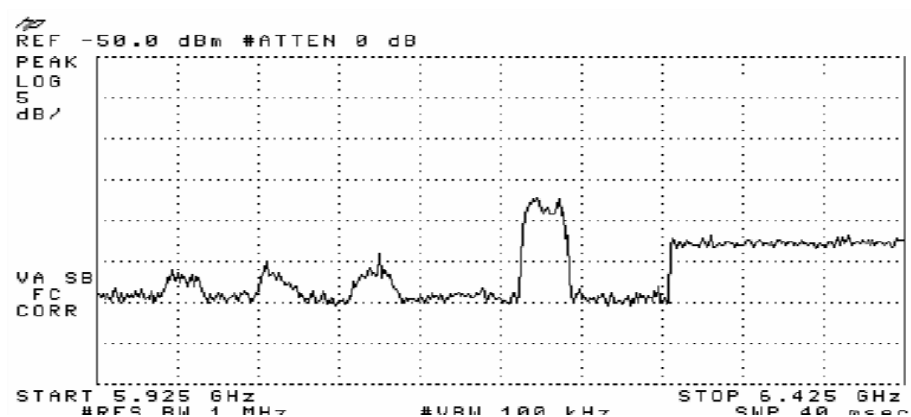


Figura No. 3.11 Mediciones de espectro en banda de 3800 a 4200 MHz

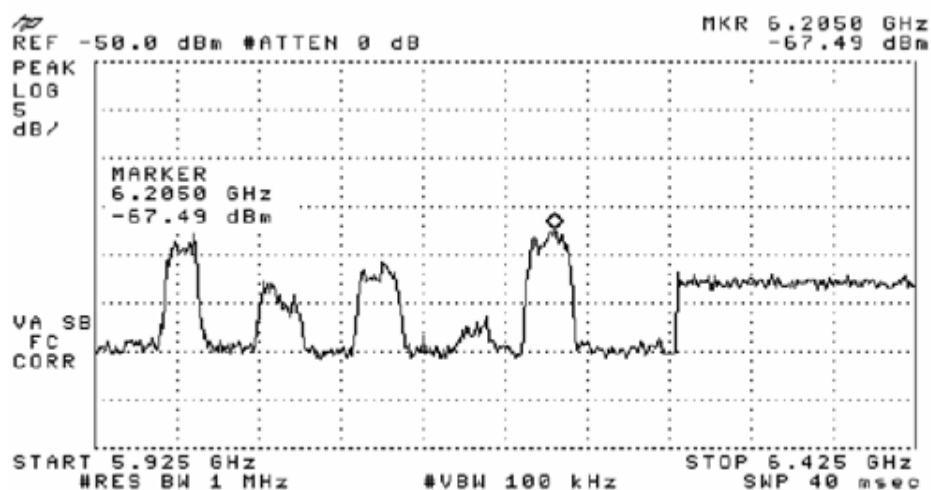
- **Banda 5900 – 6450 MHz**

Polarización Vertical

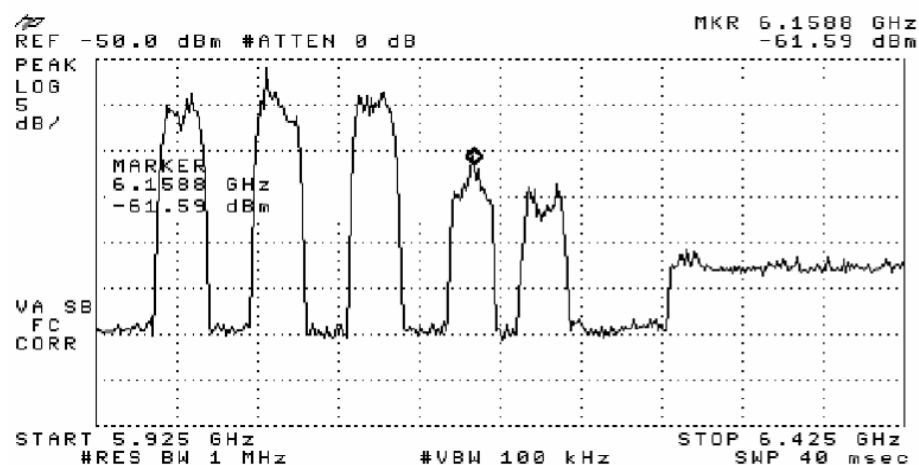
Azimut -30° (174.50°)



Azimut (204.50°)

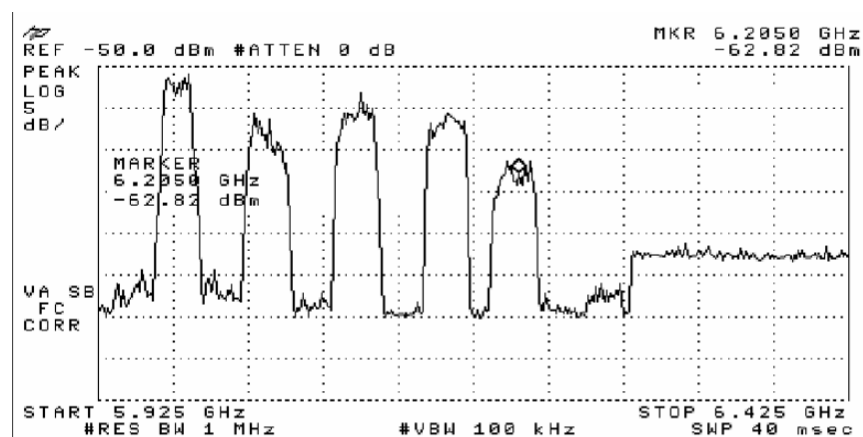


Azimut $+30^\circ$ (234.50°)

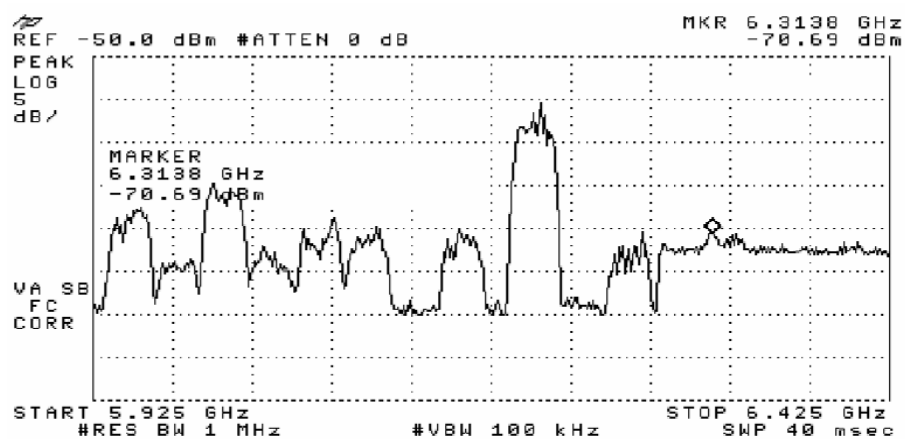


Polarización Horizontal

Azimut -30° (174.50°)



Azimut (204.50°)



Azimut $+30^\circ$ (234.50°)

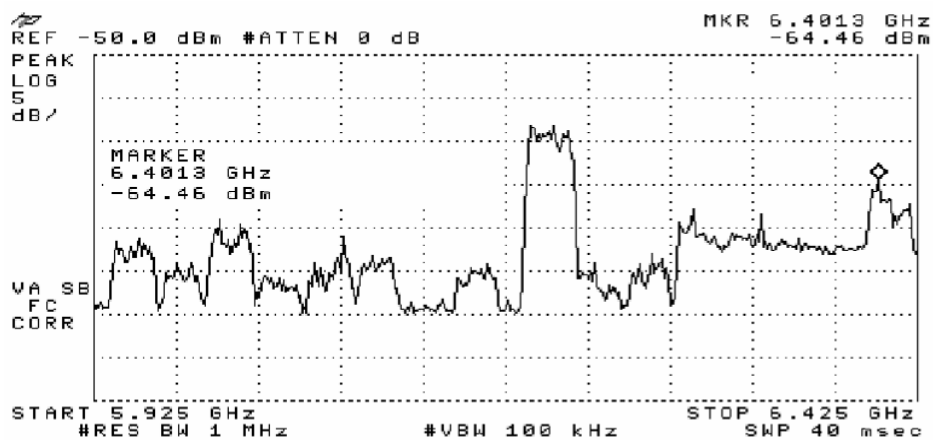
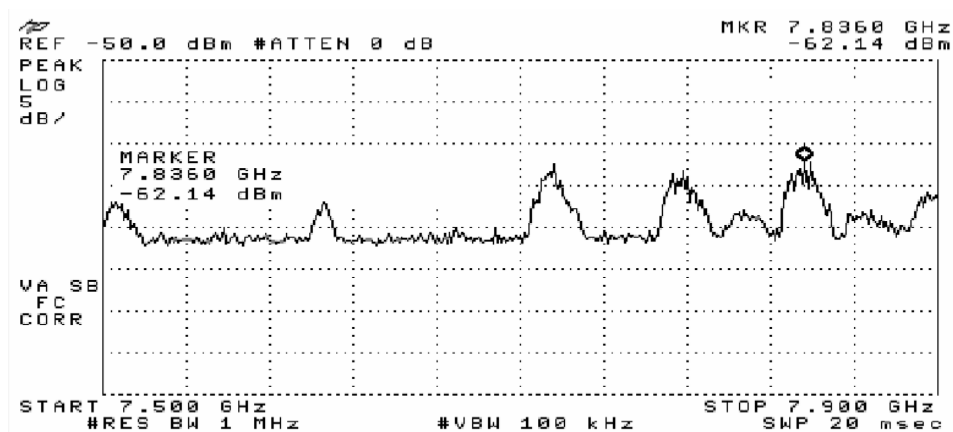


Figura No. 3.12 Mediciones de espectro en banda de 5900 a 6450 MHz

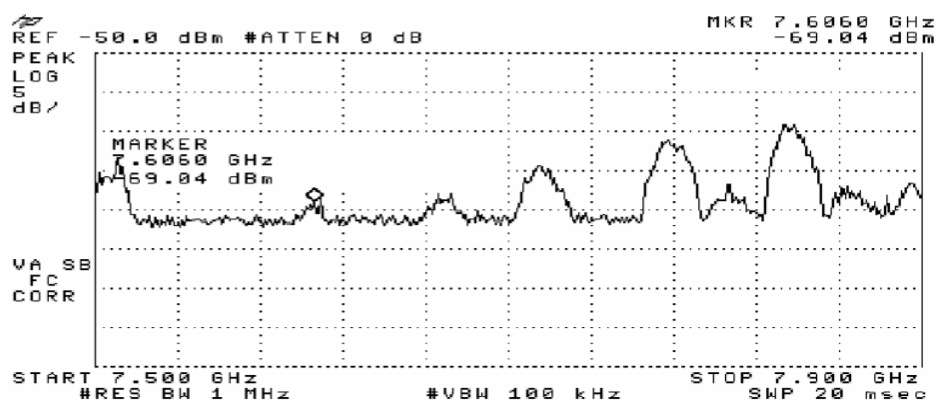
- **Banda 7400 – 7900 MHz**

Polarización Vertical

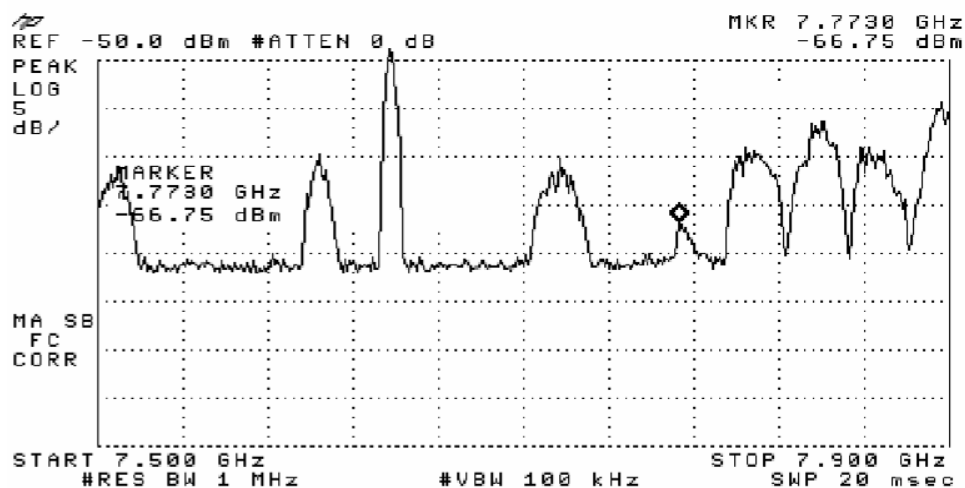
Azimut -30° (174.50°)



Azimut (204.50°)

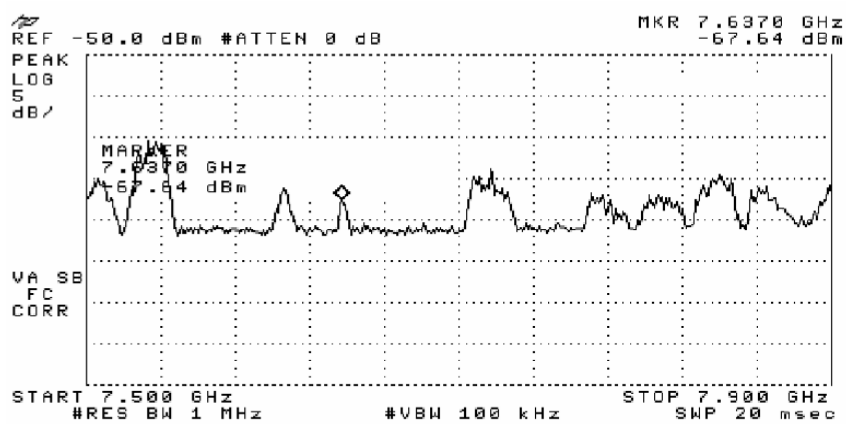


Azimut $+30^\circ$ (234.50°)

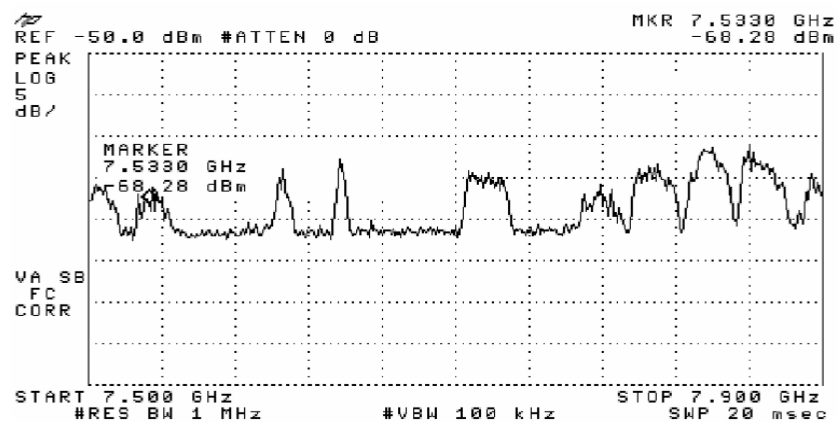


Polarización Horizontal

Azimut -30° (174.50°)



Azimut (204.50°)



Azimut $+30^\circ$ (234.50°)

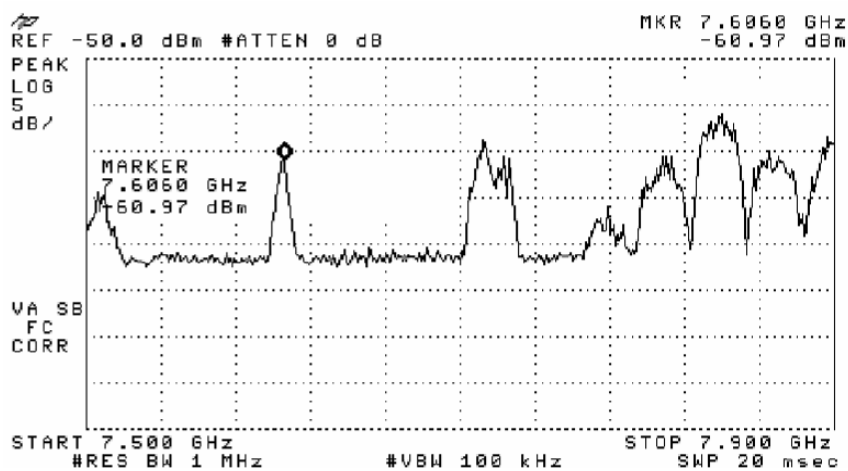
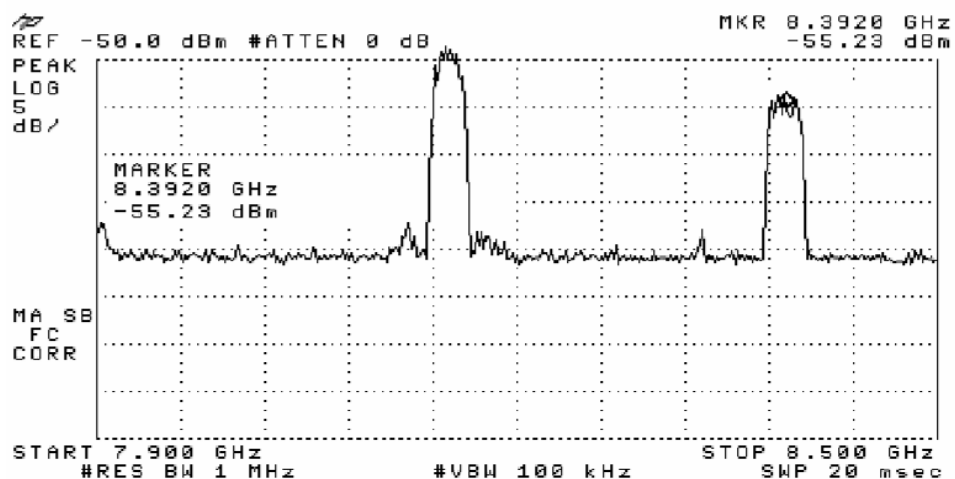


Figura No. 3.13 Mediciones de espectro en banda de 7400 a 7900 MHz

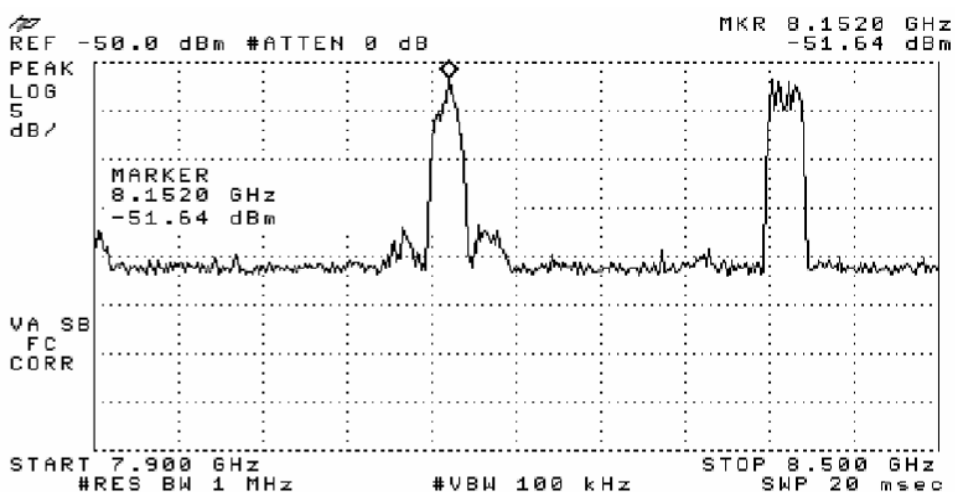
- **Banda 7900 – 8500 MHz**

Polarización Vertical

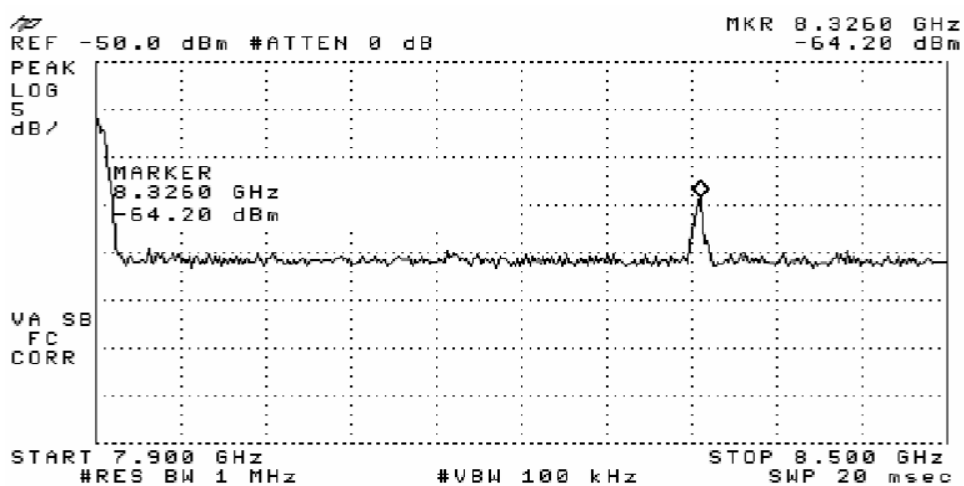
Azimut -30° (174.50°)



Azimut (204.50°)

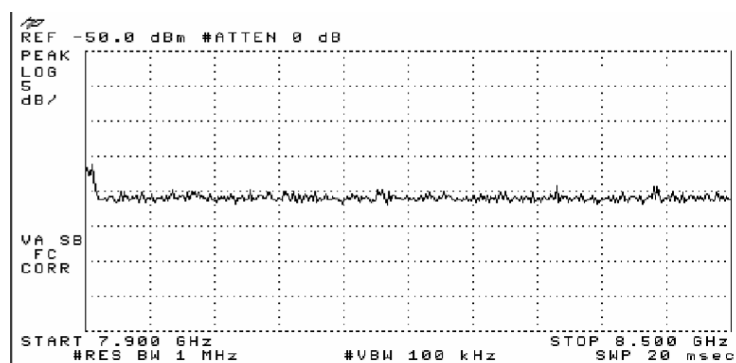


Azimut $+30^\circ$ (234.50°)

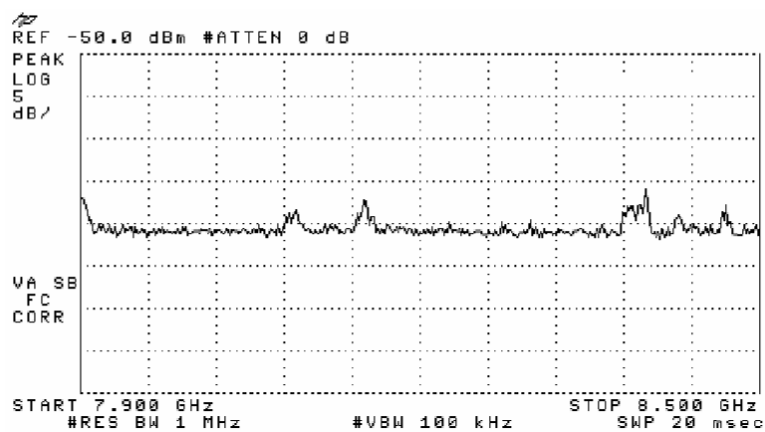


Polarización Horizontal

Azimut -30° (174.50°)



Azimut (204.50°)



Azimut $+30^\circ$ (234.50°)

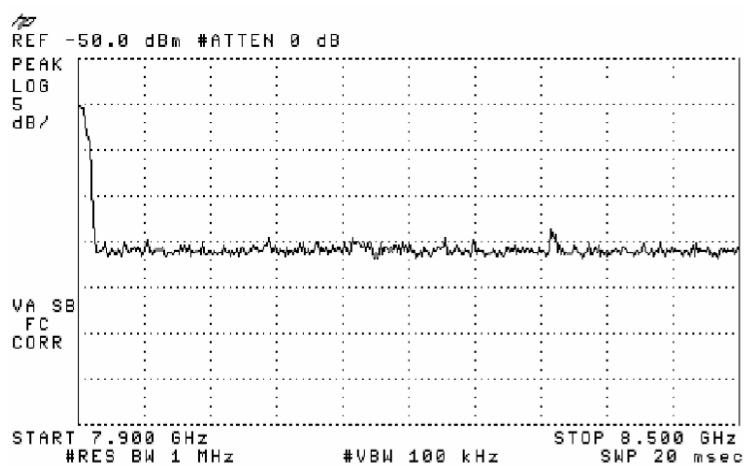


Figura No. 3.14 Mediciones de espectro en banda de 7900 a 8500 MHz

d) Análisis de Mediciones y Resultados

Con la pantalla guardada o durante la medición en el equipo analizador de espectros se procede a anotar el pico de potencia de la portadora (nivel de referencia) y la frecuencia donde se encuentra este pico, así como determinar el ancho de banda de la portadora como se muestra en la Figura No. 3.15 de “Levantamiento de portadora en rango de análisis”, mediante el uso del marker (MKR) restando la frecuencia de inicio y fin de la portadora (cuadro en verde)

Al realizar el análisis para cada pantalla o medición, se procede a registrar la frecuencia de la portadora y el pico de potencia en las bandas de análisis.

De las mediciones realizadas en la banda de 3800 a 4200 MHz tanto en polaridad vertical y horizontal, no se detectan señales o portadoras como se observa en la Figura No. 3.11 que operen en dicha banda por lo que se considera que esta banda está libre.

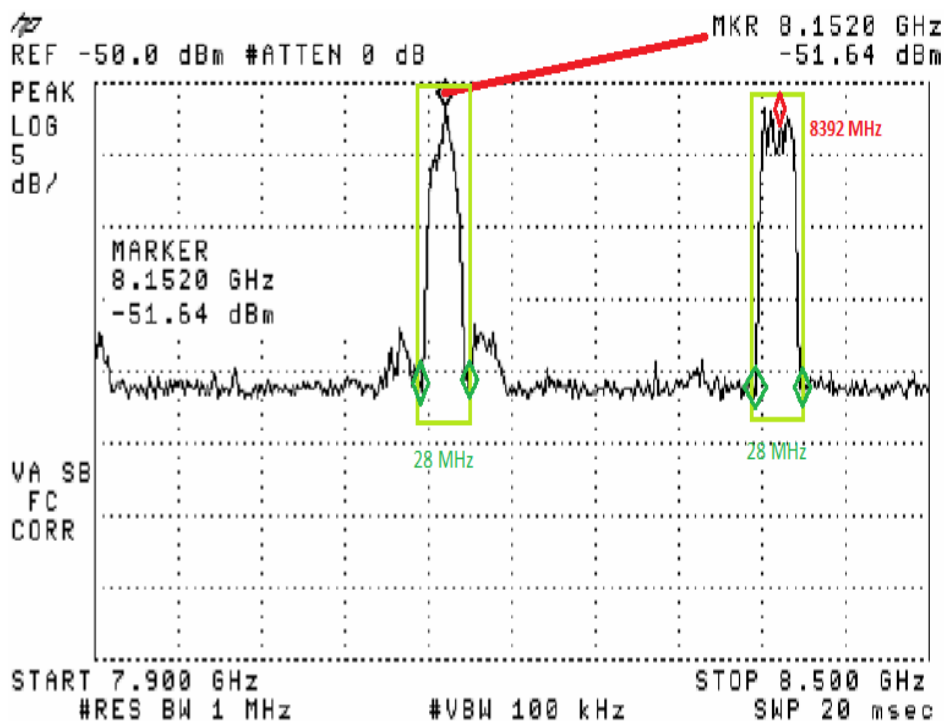


Figura No. 3.15 Levantamiento de portadora en rango de análisis

De las mediciones realizadas en la banda de 5900 a 6450 MHz de la Figura No.3.12 tanto en polaridad vertical y horizontal, se detectan señales o portadoras operativas, las cuales se han registrado en la Tabla No. 3.8 de “Lectura de Picos de potencia en banda de 5900 – 6450 MHz”

Tabla No. 3.8

Lectura de Picos de potencia en banda de 5900 – 6450 MHz

<i>Análisis en la Banda (MHz) : 5900 -6450 MHz</i>				
AZIMUT (°)	POLARIZACIÓN	FRECUENCIA (MHz)	BW (MHz)	NIVEL (PICO) (dBm)
204.50	V	5975	28	-68.34
204.50	V	6033	28	-73.15
204.50	V	6100	28	-71.35
204.50	V	7151	28	-77.76
204.50	V	6205	28	-67.49
234.50	V	5975	28	-53.32
234.50	V	6033	28	-51.83
234.50	V	6100	28	-53.48
234.50	V	7151	28	-61.59
234.50	V	6205	28	-64.87
174.50	V	5975	28	-76.28
174.50	V	6033	28	-75.39
174.50	V	6100	28	-75.62
174.50	V	6205	28	-67.72
204.50	H	5950	28	-66.27
204.50	H	5975	28	-74.35
204.50	H	6003	28	-67.75
204.50	H	6032	28	-72.36
204.50	H	6063	28	-73.28
204.50	H	6084	28	-79.49
204.50	H	6153	28	-70.26
204.50	H	6200	28	-56.17
204.50	H	6263	28	-71.03
204.50	H	6313	28	-70.69
234.50	H	5950	28	-71.16
234.50	H	5975	28	-74.25
234.50	H	6003	28	-70.16
234.50	H	6032	28	-76.23
234.50	H	6063	28	-75.63
234.50	H	6084	28	-73.25
234.50	H	6153	28	-74.84
234.50	H	6200	28	-58.95
234.50	H	6263	28	-74.43
234.50	H	6287	28	-68.68
234.50	H	6401	28	-64.46
174.50	H	5975	28	-52.25
174.50	H	6036	28	-56.54
174.50	H	6100	28	-53.35
174.50	H	6152	28	-56.75
174.50	H	6205	28	-62.82
174.50	H	6268	28	-77.21

De las mediciones realizadas en la banda de 7400 a 7900 MHz de la Figura No.3.13 tanto en polaridad vertical y horizontal, se detectan señales o portadoras operativas, las cuales se han registrado en la Tabla No. 3.9 de “Lectura de Picos de potencia en banda de 7400 – 7900 MHz”

Tabla No. 3.9

Lectura de Picos de potencia en banda de 7400 – 7900 MHz

<i>Análisis en la Banda (MHz) : 7400 - 7900 MHz</i>				
AZIMUT (°)	POLARIZACIÓN	FRECUENCIA (MHz)	BW (MHz)	NIVEL (PICO) (dBm)
174.50	V	7560	20	-66.34
174.50	V	7600	14	-67.37
174.50	V	7716	28	-63.57
174.50	V	7780	28	-64.21
174.50	V	7804	28	-68.22
174.50	V	7836	28	-62.14
174.50	V	7863	28	-68.67
174.50	V	7900	14	-66.47
204.50	V	7510	22	-65.11
204.50	V	7606	12	-69.04
204.50	V	7671	28	-68.15
204.50	V	7720	28	-64.56
204.50	V	7780	28	-62.12
204.50	V	7800	28	-67.87
204.50	V	7840	28	-58.98
204.50	V	7840	28	-67.56
204.50	V	7880	14	-65.76
234.50	V	7510	21	-61.21
234.50	V	7600	26	-60.89
234.50	V	7640	14	-49.23
234.50	V	7720	28	-52.14
234.50	V	7773	11	-66.75
234.50	V	7800	28	-59.89
234.50	V	7840	28	-56.45
234.50	V	7860	28	-59.97
234.50	V	7900	14	-55.05
174.50	H	7510	17	-67.34
174.50	H	7538	28	-61.85
174.50	H	7609	14	-67.32
174.50	H	7637	12	-67.37
174.50	H	7715	28	-65.54
174.50	H	7780	28	-67.43
174.50	H	7810	28	-67.83
174.50	H	7840	28	-65.01
174.50	H	7860	28	-66.78
174.50	H	7900	14	-66.32
174.50	H	7452	14	-68.66
174.50	H	7500	7	-66.32
204.50	H	7510	20	-66.24
204.50	H	7533	21	-68.28
204.50	H	7602	16	-65.56

CONTINÚA 

204.50	H	7641	14	-63.73
204.50	H	7721	14	-64.28
204.50	H	7780	28	-66.83
204.50	H	7800	28	-63.36
204.50	H	7820	28	-62.88
204.50	H	7840	28	-62.92
204.50	H	7860	14	-65.21
234.50	H	7510	21	-65.21
234.50	H	7606	14	-60.97
234.50	H	7713	14	-58.57
234.50	H	7731	14	-61.42
234.50	H	7779	28	-66.68
234.50	H	7809	28	-61.24
234.50	H	7840	28	-56.56
234.50	H	7870	28	-60.14
234.50	H	7900	14	-58.35

De las mediciones realizadas en la banda de 7900 a 8500 MHz de la Figura No.3.14 tanto en polaridad vertical y horizontal, se detectan señales o portadoras operativas, las cuales se han registrado en la Tabla No. 3.10 de “Lectura de Picos de potencia en la banda de 7900 – 8500 MHz”

Tabla No. 3.10

Lectura de Picos de potencia en la banda de 7900 – 8500 MHz

<i>Análisis en la Banda (MHz) : 7900 - 8500 MHz</i>				
AZIMUT (°)	POLARIZACIÓN	FRECUENCIA (MHz)	BW (MHz)	NIVEL (PICO) (dBm)
174.5	H	7900	14	68.22
174.5	H	8110	28	67.36
174.5	H	8152	28	-48.93
174.5	H	8179	28	-68.21
174.5	H	8332	14	-67.46
174.5	H	8392	28	-55.23
204.5	V	8090	28	-68.54
204.5	V	8150	28	-67.36
204.5	V	8390	28	-67.07
204.5	V	8430	14	-68.54
204.5	V	8470	14	-68.95
204.5	V	7900	14	-67.08
204.5	H	8110	28	-67.68
204.5	H	8152	28	-51.64
204.5	H	8179	28	-67.34
204.5	H	8400	28	-52.78
234.5	V	7900	14	-67.76
234.5	V	7900	14	-55.03
234.5	V	8330	14	-68.48
234.5	H	7900	14	-56.56
234.5	H	8326	14	-64.20

e) Resultados

Una vez identificadas las portadoras o frecuencias que están ocupadas o en operación en las bandas de interés, se ordena las frecuencias detectadas y se compara con las canalizaciones autorizadas por el ente regulador, y se van descartando los canales que incluyan las frecuencias medidas para con ello determinar la disponibilidad de un canal. Cabe destacar que al requerirse la doble polaridad por canal también deben descartarse las frecuencias detectadas en una polaridad.

Cualquier variación de potencia sobre el nivel de referencia del equipo, se considerara como frecuencia no disponible, por cuanto se requiere que las frecuencias no tengan ninguna interferencia que pueda afectar su funcionamiento.

Como se indicó la banda de 3800 a 4200 MHz se encuentra libre por lo que se dispone de 6 canales disponibles, los cuales se observan en la Tabla No 3.6.

Para la banda de 5900 a 6450 MHz, en la Tabla No.3.11 de “Disponibilidad de canales en la Banda de 5900 a 6450 MHz”, se indica que canales estarían ocupados y cuales disponibles., en la cual se observa que los 8 canales de la Tabla No.3.2, se encuentran utilizados por lo que en esta banda no existe disponibilidad de frecuencias en esta banda

Tabla No.3.11**Disponibilidad de canales en la Banda de 5900 a 6450 MHz**

<i>Análisis en la Banda (MHz) : 5900 -6450 MHz</i>					
AZIMUT (°)	POLARIZACIÓN	FRECUENCIA (MHz)	BW (MHz)	NIVEL (PICO) (dBm)	NUMERO DE CANAL QUE UTILIZAN EN BANDA DE 6 GHz
204.50	H	5950	28	-66.27	1
234.50	H	5950	28	-71.16	1
204.50	V	5975	28	-68.34	2
234.50	V	5975	28	-53.32	2
174.50	V	5975	28	-76.28	2
204.50	H	5975	28	-74.35	2

CONTINÚA



234.50	H	5975	28	-74.25	2
174.50	H	5975	28	-52.25	2
204.50	H	6003	28	-67.75	3
234.50	H	6003	28	-70.16	3
204.50	H	6032	28	-72.36	4
234.50	H	6032	28	-76.23	4
204.50	V	6033	28	-73.15	4
234.50	V	6033	28	-51.83	4
174.50	V	6033	28	-75.39	4
174.50	H	6036	28	-56.54	4
204.50	H	6063	28	-73.28	5
234.50	H	6063	28	-75.63	5
204.50	H	6084	28	-79.49	6
234.50	H	6084	28	-73.25	6
204.50	V	6100	28	-71.35	7
234.50	V	6100	28	-53.48	7
174.50	V	6100	28	-75.62	7
174.50	H	6100	28	-53.35	7
204.50	V	6151	28	-77.76	8
234.50	V	6151	28	-61.59	8
174.50	H	6152	28	-56.75	8
204.50	H	6153	28	-70.26	8
234.50	H	6153	28	-74.84	8
204.50	H	6200	28	-56.17	8
234.50	H	6200	28	-58.95	8
204.50	V	6205	28	-67.49	8
234.50	V	6205	28	-64.87	8
174.50	V	6205	28	-67.72	8
174.50	H	6205	28	-62.82	8
204.50	H	6263	28	-71.03	8
234.50	H	6263	28	-74.43	8
174.50	H	6268	28	-77.21	8
234.50	H	6287	28	-68.68	8
204.50	H	6313	28	-70.69	8
234.50	H	6401	28	-64.46	8

Para la banda de 7400 a 7900 MHz, en la Tabla No.3.12 de “Disponibilidad de canales en la Banda de 7400 a 7900 MHz”, se indica que canales estarían ocupados y cuales disponibles., en la cual se observa que los 8 canales de la Tabla No.3.3, se encuentran utilizados por lo que en esta banda no existe disponibilidad de frecuencias en esta banda.

Tabla No.3.12

Disponibilidad de canales en la Banda de 7400 a 7900 MHz

<i>Análisis en la Banda (MHz) : 7500 - 7900 MHz</i>					
AZIMUT (°)	POLARIZACIÓN	FRECUENCIA (MHz)	BW (MHz)	NIVEL (PICO) (dBm)	NUMERO DE CANAL QUE UTILIZAN EN BANDA DE 7 GHz (SHIFTER :245)
174.50	H	7452	14	-68.66	1
174.50	H	7500	7	-66.32	2
204.50	V	7510	22	-65.11	3
234.50	V	7510	21	-61.21	3
174.50	H	7510	17	-67.34	3
204.50	H	7510	20	-66.24	3
234.50	H	7510	21	-65.21	3
204.50	H	7533	21	-68.28	3
174.50	H	7538	28	-61.85	3
174.50	V	7560	20	-66.34	5
174.50	V	7600	14	-67.37	6
234.50	V	7600	26	-60.89	6
204.50	H	7602	16	-65.56	6
204.50	V	7606	12	-69.04	6
234.50	H	7606	14	-60.97	6
174.50	H	7609	14	-67.32	6
174.50	H	7637	12	-67.37	7
234.50	V	7640	14	-49.23	8
204.50	H	7641	14	-63.73	8
204.50	V	7671	28	-68.15	1
234.50	H	7713	14	-58.57	2
174.50	H	7715	28	-65.54	2
174.50	V	7716	28	-63.57	2
204.50	V	7720	28	-64.56	2
234.50	V	7720	28	-52.14	2
204.50	H	7721	14	-64.28	2
234.50	H	7731	14	-61.42	3
234.50	V	7773	11	-66.75	4
234.50	H	7779	28	-66.68	4
174.50	V	7780	28	-64.21	4
204.50	V	7780	28	-62.12	4
174.50	H	7780	28	-67.43	4
204.50	H	7780	28	-66.83	4
204.50	V	7800	28	-67.87	5
234.50	V	7800	28	-59.89	5
204.50	H	7800	28	-63.36	5
174.50	V	7804	28	-68.22	5
234.50	H	7809	28	-61.24	5
174.50	H	7810	28	-67.83	5
204.50	H	7820	28	-62.88	6
174.50	V	7836	28	-62.14	6
204.50	V	7840	28	-58.98	6
204.50	V	7840	28	-67.56	6
234.50	V	7840	28	-56.45	6
174.50	H	7840	28	-65.01	6
204.50	H	7840	28	-62.92	6
234.50	H	7840	28	-56.56	6
234.50	V	7860	28	-59.97	7
174.50	H	7860	28	-66.78	7
204.50	H	7860	14	-65.21	7
174.50	V	7863	28	-68.67	7
234.50	H	7870	28	-60.14	7
204.50	V	7880	14	-65.76	8

Para la banda de 7900 a 8500 MHz, en la Tabla No.3.13 de “Disponibilidad de canales en la Banda de 7900 a 8500 MHz”, se indica que canales estarían ocupados y cuales disponibles., en la cual se observa que en la banda de 8GHz con shifter de 311,32 de los 8 canales de la Tabla No.3.4, se encuentran utilizados 7 canales por lo que en esta banda está disponible un canal y en la en la banda de 8GHz con shifter de 266 de los 8 canales de la Tabla No.3.5, se encuentran utilizados 3 canales por lo que en esta banda está disponible 5 canales, por lo que no se dispone de canales de los 6 canales mínimos en ambas polaridades para ejecutar este proyecto.

Tabla No. 3.13

Disponibilidad de canales en la Banda de 7900 a 8500 MHz

<i>Análisis en la Banda (MHz) : 7900 - 8500 MHz</i>						
AZIMUT (°)	POLARIZACIÓN	FRECUENCIA (MHz)	BW (MHz)	NIVEL (PICO) (dBm)	NUMERO DE CANAL QUE UTILIZAN EN BANDA DE 8 GHz (SHIFTER :311,32)	NUMERO DE CANAL QUE UTILIZAN EN BANDA DE 8 GHz (SHIFTER :266)
234.50	H	7731	14	-61.42	1	NA
234.50	V	7773	11	-66.75	2	NA
234.50	H	7779	28	-66.68	2	NA
174.50	V	7780	28	-64.21	2	NA
204.50	V	7780	28	-62.12	2	NA
174.50	H	7780	28	-67.43	2	NA
204.50	H	7780	28	-66.83	2	NA
204.50	V	7800	28	-67.87	3	NA
234.50	V	7800	28	-59.89	3	NA
204.50	H	7800	28	-63.36	3	NA
174.50	V	7804	28	-68.22	3	NA
234.50	H	7809	28	-61.24	3	NA
174.50	H	7810	28	-67.83	3	NA
204.50	H	7820	28	-62.88	4	NA
174.50	V	7836	28	-62.14	4	NA
204.50	V	7840	28	-58.98	4	NA
204.50	V	7840	28	-67.56	4	NA
234.50	V	7840	28	-56.45	4	NA
174.50	H	7840	28	-65.01	4	NA
204.50	H	7840	28	-62.92	4	NA
234.50	H	7840	28	-56.56	4	NA

CONTINÚA



234.50	V	7860	28	-59.97	5	NA
174.50	H	7860	28	-66.78	5	NA
204.50	H	7860	14	-65.21	5	NA
174.50	V	7863	28	-68.67	5	NA
234.50	H	7870	28	-60.14	5	NA
204.50	V	7880	14	-65.76	5	NA
174.50	V	7900	14	-66.47	6	NA
234.50	V	7900	14	-55.05	6	NA
174.50	H	7900	14	-66.32	6	NA
234.50	H	7900	14	-58.35	6	NA
204.5	V	7900	14	-67.08	6	NA
234.5	V	7900	14	-67.76	6	NA
234.5	V	7900	14	-55.03	6	NA
234.5	H	7900	14	-56.56	6	NA
204.5	V	8090	28	-68.54	2	7
174.5	H	8110	28	67.36	3	8
204.5	H	8110	28	-67.68	3	8
204.5	V	8150	28	-67.36	4	8
174.5	H	8152	28	-48.93	4	8
204.5	H	8152	28	-51.64	4	8
174.5	H	8179	28	-68.21	5	8
204.5	H	8179	28	-67.34	5	8
234.5	H	8326	14	-64.20	NA	6
234.5	V	8330	14	-68.48	NA	6
174.5	H	8332	14	-67.46	NA	6
204.5	V	8390	28	-67.07	NA	8
174.5	H	8392	28	-55.23	NA	8
204.5	H	8400	28	-52.78	NA	8
204.5	V	8430	14	-68.54	NA	8
204.5	V	8470	14	-68.95	NA	8

Los datos obtenidos de canales disponibles por cada banda analizada en la estación de estudio como en este caso para la estación repetidora Cerro Blanco, se consolida en la Tabla No. 3.14 de “Cuadro resumen de disponibilidad de frecuencias” de canales disponibles por banda.

Los barridos espectrales para el resto de estaciones repetidoras constan en el Anexo No. 3.7 de “Información obtenida en barridos espectrales en estaciones repetidoras del proyecto” considerando que CNT EP al tener la certificación ISO/IEC 27001 de Sistema de Gestión de la Seguridad de la Información (SGSI) que está vigente, no puede proporcionar la información considerada de carácter restringido, como es la ubicación específica de la estación repetidora, fotos de las

estaciones repetidoras, los picos de potencia medidos por CNT EP para realizar análisis de mediciones y sus resultados, por cuanto dicha información fue realizado por CNT EP y con ella puede determinarse las frecuencias de operación de los enlaces de CNT EP, por lo que se proporciona en el Anexo No. 3.7 los datos básicos de la estación repetidora y las mediciones donde existen mayor número de portadoras por banda de interés, consolidando el resultado en la Tablas 3.14 de “Cuadro resumen de disponibilidad de frecuencias”

3.3.2 Tipo de Barridos Obtenidos

De la realización de los barridos se pueden evidenciar dos tipos de resultados mostrados en las figuras de la pantalla del equipo analizador de espectros, donde se observa:

a) Barrido sin interferencia

De los barridos se puede observar que en un rango o banda de frecuencia esta libre cuando en el nivel de referencia no detecta ninguna señal o portadora como se observa en la Figura No. 3.16 de “Ejemplo de Barrido sin portadoras en banda 3800 a 4200 MHz”, con lo cual se puede concluir que en la banda o rango de frecuencias no existe operando equipos de radio que pueda interferir en la nueva red propuesta.

b) Barrido parcialmente interferencia

De los barridos se puede observar que en un rango o banda de frecuencia está parcialmente libre cuando se detectan portadoras y espacios libres donde podrían ingresar nuevas portadoras ya que en el nivel de referencia no detecta ninguna señal o portadora como se observa en la Figura No. 3.17 de “Ejemplo de Barrido parcialmente interferido en banda 7900 a 8500 MHz”, con lo cual se puede concluir que en la banda o rango de frecuencias no existe operando equipos de radio que pueda interferir en la nueva red propuesta.

c) Barrido Interferido

De los barridos se puede observar que en un rango o banda de frecuencia está ocupado cuando se detectan portadoras sobre el nivel de referencia y con un ancho de banda como se observa en la Figura No. 3.18 de “Ejemplo Barrido con portadoras en banda de 5900 - 6450 MHz”, con lo cual se contabilizan los canales utilizados de acuerdo a la canalización autorizada y con el ancho de banda, para determinar los canales disponibles dentro del rango de análisis, en este ejemplo se puede concluir que en la banda o rango de frecuencias operan equipos de radio que afectan a dicha banda y no hay disponibilidad de un canal para ser utilizado.

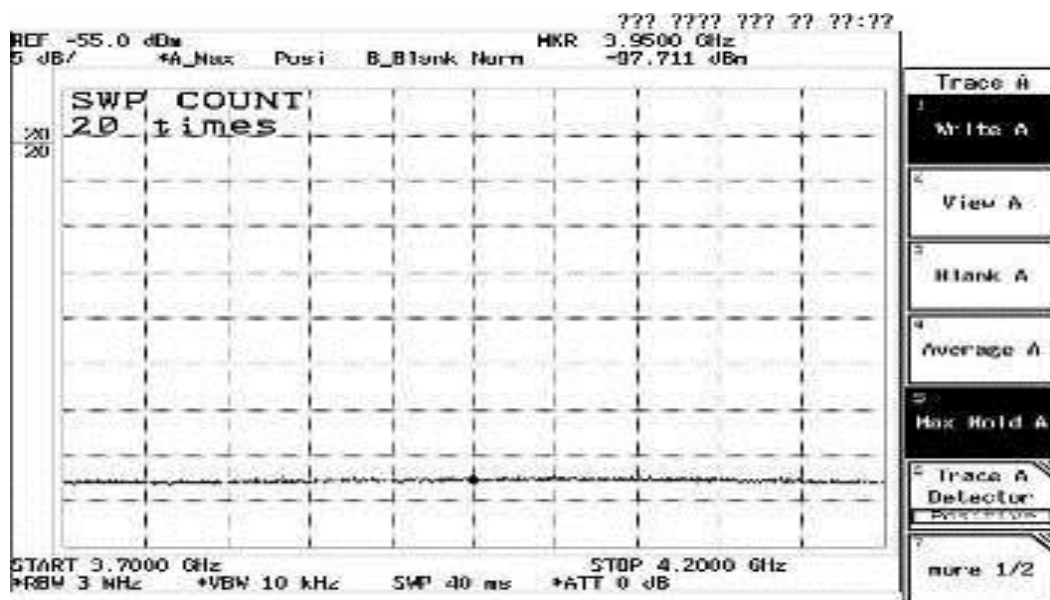


Figura No. 3.16 Ejemplo de Barrido sin portadoras en banda 3800 a 4200 MHz

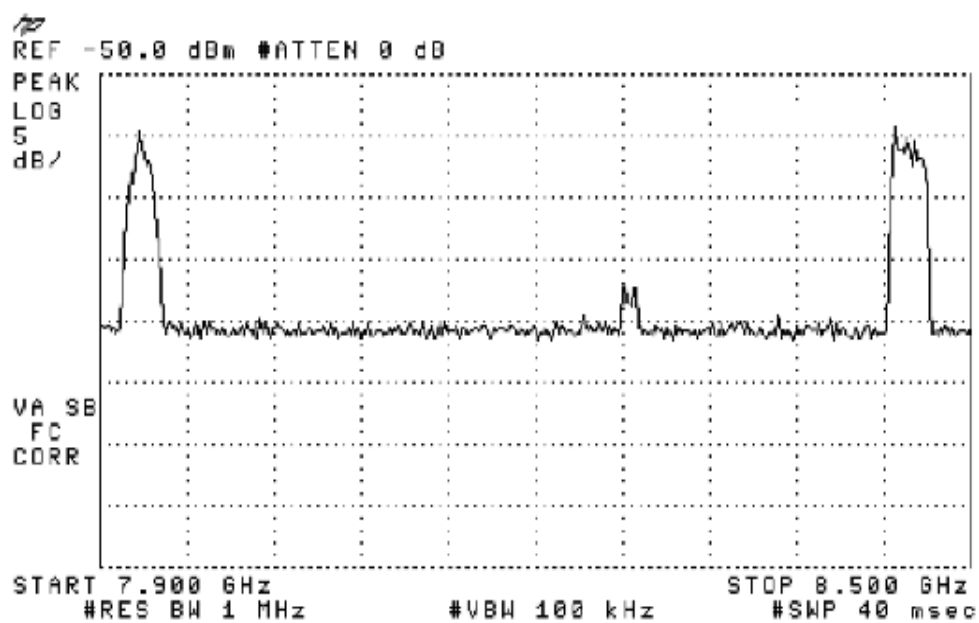


Figura No. 3.17 Ejemplo de Barrido parcialmente interferido en banda 7900 a 8500 MHz

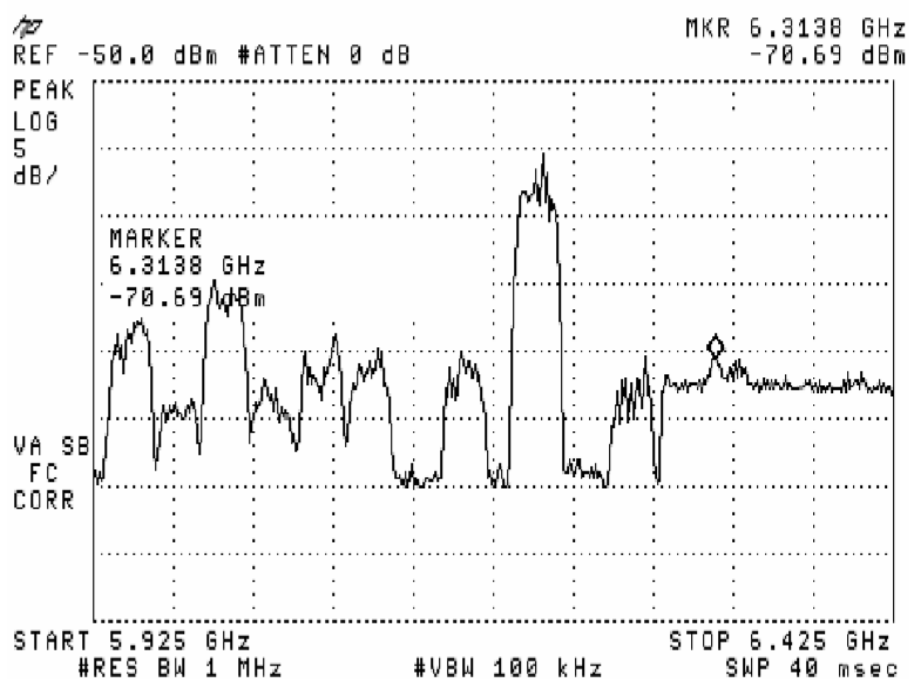


Figura No. 3.18 Ejemplo Barrido interferido con portadoras en banda de 5900 - 6450 MHz

3.4. Análisis de resultados: verificación de bandas SHF libres e interferencias en cada zona de interés.

En base a los informes de barridos realizados, para las bandas de análisis determinadas, con las pantallas del equipo de medición que constan en el Anexo 9, y dado que se realizó las mediciones en el azimut de interés y moviendo la antena hacia $+30^\circ$ del azimut y posteriormente -30° del azimut en ambas polaridades, ya que se requiere la no presencia portadoras que generen niveles de potencia superiores al nivel de referencia que puedan interferir con la cantidad de 6 portadoras libres por estación en los azimuts de interés, se contabilizó las portadoras disponibles de acuerdo a la canalización y a los anchos de banda establecidos, por enlace en ambas direcciones de los enlaces considerados, con esta información se establece la Tabla No. 3.14 de “Cuadro resumen de disponibilidad de frecuencias”.

De la Tabla No. 3.14, se puede analizar que en la banda de 3.8 a 4.2 GHz en todas las estaciones para el proyecto, existe disponibilidad de frecuencias (6 canales libres en polarización vertical y horizontal), por lo que a esta banda se la considera libre para este proyecto, considerando que por cada canal por polaridad se puede transmitir al menos 200 Mbps, con lo cual se puede obtener con 6 Canales con dos polarizaciones, y 200 Mbps por canal en una polarización 2400 Mbps ($6 \times 2 \times 200 \text{ Mbps} = 2.4 \text{ Gbps}$).

En todas las estaciones repetidoras del proyecto, ninguna de las bandas de 6, 7 y 8 GHz analizadas, pueden proporcionar más de 6 canalizaciones de frecuencias libres, para ser utilizadas en este proyecto.

En los nodos o centrales de CNT EP que no son estaciones repetidoras de radio, se tiene una alta disponibilidad de canales libres llegando en algunos casos a los 6 canales requeridos, pero el extremo para realizar el enlace son estaciones repetidoras en las que no se dispone de canales libres para utilizarlos.

De la Tabla No. 3.14, se puede determinar que las bandas 6, 7 y 8 GHz consideradas, son muy utilizadas, siendo limitada especialmente en las estaciones repetidoras y en algunos casos, no existe espectro disponible para utilizarse en una red de alta capacidad como la propuesta donde se requiere de al menos 6 canales libres, a diferencia de la banda de 4 GHz que no está siendo explotada según los barridos en campo realizados.

Se debe considerar que entre las bandas 7 y 8 GHz de acuerdo a la canalización vigente en el Ecuador, solo se pueden utilizar las canalizaciones que disponen de un shifter amplio, y estos utilizan canales similares que pueden interferirse entre sí.

Las bandas de 6, 7, 8 GHz pueden ser concesionadas en cualquier momento por otra operadora por estar canalizadas y el equipamiento como antenas son de fácil obtención en el mercado y no pueden ser reservadas, por lo que la disponibilidad de los canales puede variar en cualquier momento, por lo que no se garantiza que los canales mostrados como disponibles se mantengan, a diferencia de la banda de 4 GHz que el equipamiento como antenas deben ser enviadas a fabricar, y su concesión dependerá de la canalización de la banda y solicitud de concesión de frecuencia como el costo de concesión de esta banda es más costosa que en las bandas de 6, 7, 8 GHz, lo que le vuelve una banda poco atractiva a operadoras que cancelan mensualmente por el uso de frecuencias, a diferencia de la operadora estatal que por ser empresa pública no cancela rubros por uso de frecuencias.

Tabla No. 3.14

Cuadro resumen de disponibilidad de 6 canales de frecuencias

#	NOMBRE DE ESTACION DE ESTUDIO (ESTACION A)	TIPO DE ESTACION CNT EP	AZIMUT (°)	DIRECCIÓN DE ENLACE (ESTACION B)	3800-4200			5900 - 6400			7400 - 7800			7800 - 8300		
					BANDA DE 4	DISPONIBILIDAD PARA 6 CANALES	%	BANDA DE 6	DISPONIBILIDAD PARA 6 CANALES	%	BANDA DE 7	DISPONIBILIDAD PARA 6 CANALES	%	BANDA DE 8	DISPONIBILIDAD PARA 6 CANALES	%
ENLACES EN DIRECCIÓN DE ESTACION A HACIA B																
					CANALES DE BANDA	CANALES DISPONIBLES	%	CANALES DE BANDA	CANALES DISPONIBLES	%	CANALES DE BANDA	CANALES DISPONIBLES	%	CANALES DE BANDA	CANALES DISPONIBLES	%
1	Rep. Sindijiri	REPETIDORA	172.01	Rep. Guamote	6	6	100%	8	3	38%	8	6	75%	8	6	75%
2	Riobamba Centro	CENTRAL	221.53	Rep. Sindijiri	6	6	100%	8	8	100%	8	6	100%	8	8	100%
3	Rep. La Mira	REPETIDORA	201.72	Riobamba	6	6	100%	8	1	13%	8	2	33%	8	5	83%
4	Rep. Chasquí	REPETIDORA	161.64	Rep. Guango	6	6	100%	8	0	0%	8	2	33%	8	4	67%
5	Guamani	NODO	189.18	Rep. Chasqui	6	6	100%	8	8	100%	8	8	100%	8	8	100%
6	Rep. Cabras	REPETIDORA	235.14	Rep. Cerro Blanco	6	6	100%	8	4	67%	8	8	100%	8	6	100%
7	Rep. Troya	REPETIDORA	225.06	Rep. Cabras	6	6	100%	8	3	50%	8	4	67%	8	3	50%
8	Tanques de agua	NODO	158.84	Rep. Troya	6	6	100%	8	8	100%	8	8	100%	8	5	83%
9	Salinas II	NODO	108.07	Rep. Cerro Gonzales	6	6	100%	8	7	100%	8	6	100%	8	6	100%
10	Rep. Cerro Azul	REPETIDORA	252.28	Rep. Cerro Gonzales	6	6	100%	8	5	83%	8	1	17%	8	1	17%
11	Machala Centro	CENTRAL	84.05	Rep. Loma Plancha	6	6	100%	8	8	100%	8	4	67%	8	2	33%
12	Rep. Loma Plancha	REPETIDORA	106.07	Rep. Jarata	6	6	100%	8	3	50%	8	4	67%	8	4	67%
13	Rep. Guamote	REPETIDORA	209.45	Rep. Carshao	6	6	100%	8	6	100%	8	7	100%	8	7	100%
14	Rep. Carshao	REPETIDORA	173.29	Rep. Bueran	6	6	100%	8	2	33%	8	5	83%	8	5	83%
15	Rep. Bueran	REPETIDORA	188.00	Cuenca Parque Industrial	6	6	100%	8	4	67%	8	2	33%	8	0	0%
16	Azogues	CENTRAL	173.82	Rep. Señor Pungo	6	6	100%	8	8	100%	8	7	100%	8	7	100%
17	Rep. Señor Pungo	REPETIDORA	218.62	Rep. Simbala	6	6	100%	8	3	50%	8	4	67%	8	4	67%
18	Rep. Simbala	REPETIDORA	194.25	Rep. Jarata	6	6	100%	8	3	50%	8	1	17%	8	4	67%
19	Rep. Jarata	REPETIDORA	201.52	Rep. Puglla	6	6	100%	8	4	67%	8	5	83%	8	8	100%
20	Rep. Puglla	REPETIDORA	177.75	Rep. Huachichambo	6	6	100%	8	4	67%	8	4	67%	8	6	100%
21	Rep. Colambo	REPETIDORA	230.88	Rep. Huachichambo	6	6	100%	8	4	67%	8	4	67%	8	2	33%
22	Rep. Carshao	REPETIDORA	325.17	La Esperanza	6	6	100%	8	2	33%	8	5	83%	8	5	83%
23	Rep. Cerro Blanco	REPETIDORA	204.5	Carcelén	6	6	100%	8	0	0%	8	1	17%	8	5	83%
24	Rep. Cerro de Hojas	REPETIDORA	177.44	Rep. Corozo	6	6	100%	8	3	50%	8	5	83%	8	2	33%
25	Manta Sur Este	RADIO BASE	114.55	Rep. Cerro de Hojas	6	6	100%	8	7	100%	8	8	100%	8	5	83%
26	Rep. Corozo	REPETIDORA	96.26	Colimes	6	6	100%	8	6	100%	8	4	67%	8	2	33%
27	Colimes	CENTRAL	147.02	Rep. Cerro Sta. Ana	6	6	100%	8	8	100%	8	7	100%	8	8	100%
28	Rep. Cerro Sta. Ana	REPETIDORA	219.78	Rep. Cerro Azul	6	6	100%	8	2	33%	8	2	33%	8	2	33%
29	Rep. Guango	REPETIDORA	199.70	Ambato Sur (2)	6	6	100%	8	2	33%	8	2	33%	8	4	67%
30	Ambato Florida	RADIO BASE	175.78	Rep. La Mira	6	6	100%	8	8	100%	8	8	100%	8	8	100%
31	Correos	CENTRAL	102.94	Rep. Boliche	6	6	100%	8	8	100%	8	8	100%	8	8	100%
32	La Esperanza	RADIO BASE	260.66	Rep. Boliche	6	6	100%	8	7	100%	8	8	100%	8	7	100%
ENLACES EN DIRECCIÓN DE ESTACION B HACIA A																
1	Rep. Guamote	REPETIDORA	352.01	Rep. Sindijiri	6	6	100%	8	6	100%	8	7	100%	8	7	100%
2	Rep. Sindijiri	REPETIDORA	41.54	Riobamba	6	6	100%	8	6	100%	8	7	100%	8	6	100%
3	Riobamba Centro	CENTRAL	21.73	Rep. La Mira	6	6	100%	8	8	100%	8	6	100%	8	8	100%
4	Rep. Guango	REPETIDORA	341.64	Rep. Chasqui	6	6	100%	8	2	33%	8	2	33%	8	4	67%
5	Rep. Chasqui	REPETIDORA	9.18	Guamani	6	6	100%	8	0	0%	8	2	33%	8	4	67%

CONTINÚA



6	Rep. Cerro Blanco	REPETIDORA	55.14	Rep. Cabras	6	6	100%	8	0	0%	8	1	17%	8	4	67%
7	Rep. Cabras	REPETIDORA	45.06	Rep. Troya	6	6	100%	8	5	83%	8	8	100%	8	6	100%
8	Rep. Troya	REPETIDORA	338.84	Tanques de agua	6	6	100%	8	3	50%	8	4	67%	8	3	50%
9	Rep. Cerro Gonzales	REPETIDORA	288.06	Salinas II	6	6	100%	8	4	67%	8	5	83%	8	5	83%
10	Rep. Cerro Gonzales	REPETIDORA	72.30	Rep. Cerro Azul	6	6	100%	8	4	67%	8	5	83%	8	5	83%
11	Rep. Loma Plancha	REPETIDORA	264.03	Machala Centro	6	6	100%	8	3	50%	8	4	67%	8	4	67%
12	Rep. Jarata	REPETIDORA	286.05	Rep. Loma Plancha	6	6	100%	8	4	67%	8	5	83%	8	8	100%
13	Rep. Carshao	REPETIDORA	29.46	Rep. Guamote	6	6	100%	8	2	33%	8	5	83%	8	5	83%
14	Rep. Bueran	REPETIDORA	353.29	Rep. Carshao	6	6	100%	8	4	67%	8	2	33%	8	0	0%
15	Cuenca Parque Industrial	RADIO BASE	8.00	Rep. Bueran	6	6	100%	8	6	100%	8	6	100%	8	5	83%
16	Rep. Señor Pungo	REPETIDORA	353.82	Azogues	6	6	100%	8	3	50%	8	4	67%	8	4	67%
17	Rep. Simbala	REPETIDORA	38.63	Rep. Señor Pungo	6	6	100%	8	3	50%	8	1	17%	8	4	67%
18	Rep. Jarata	REPETIDORA	14.25	Rep. Simbala	6	6	100%	8	4	67%	8	5	83%	8	8	100%
19	Rep. Puglla	REPETIDORA	21.52	Rep. Jarata	6	6	100%	8	4	67%	8	4	67%	8	6	100%
20	Rep. Huachichambo	REPETIDORA	357.75	Rep. Puglla	6	6	100%	8	2	33%	8	1	17%	8	2	33%
21	Rep. Huachichambo	REPETIDORA	50.88	Rep. Colambo	6	6	100%	8	2	33%	8	1	17%	8	2	33%
22	La Esperanza	RADIO BASE	145.18	Rep. Carshao	6	6	100%	8	7	100%	8	8	100%	8	7	100%
23	Carcelén	CENTRAL	24.50	Rep. Cerro Blanco	6	6	100%	8	8	100%	8	8	100%	8	8	100%
24	Rep. Corozo	REPETIDORA	357.44	Rep. Cerro de Hojas	6	6	100%	8	6	100%	8	4	67%	8	2	33%
25	Rep. Cerro de Hojas	REPETIDORA	294.55	Manta Sur Este	6	6	100%	8	3	50%	8	5	83%	8	2	33%
26	Colimes	CENTRAL	276.25	Rep. Corozo	6	6	100%	8	8	100%	8	7	100%	8	8	100%
27	Rep. Cerro Sta. Ana	REPETIDORA	327.02	Colimes	6	6	100%	8	2	33%	8	2	33%	8	2	33%
28	Rep. Cerro Azul	REPETIDORA	39.79	Rep. Cerro Sta. Ana	6	6	100%	8	5	83%	8	3	50%	8	5	83%
29	Ambato Sur (2)	CENTRAL	19.70	Rep. Guango	6	6	100%	8	0	0%	8	6	100%	8	2	33%
30	Rep. La Mira	REPETIDORA	355.78	Ambato Florida	6	6	100%	8	1	17%	8	2	33%	8	5	83%
31	Rep. Boliche	REPETIDORA	282.93	Correos	6	6	100%	8	4	67%	8	7	100%	8	7	100%
32	Rep. Boliche	REPETIDORA	80.68	La Esperanza	6	6	100%	8	4	67%	8	7	100%	8	7	100%
PROMEDIO TOTAL DISPONIBILIDAD PARA LA RED PROPUESTA POR BANDA							100%		63%		69%		72%			

3.5. Tráfico actual generado en cada estación repetidora.

CNT EP utiliza las estaciones repetidoras para concentrar tráfico de poblaciones o clientes que no pueden ser atendidas por redes ópticas y tienen línea de vista hacia dichas estaciones, desde donde transmiten hacia otra repetidora o hacia una estación que tenga acceso a las redes ópticas y poder transmitir el tráfico de los servicios de voz y datos que proporciona a las poblaciones o clientes específicos.

Actualmente el tráfico que se concentran en dichas estaciones corresponde a servicios de voz y datos, a través de accesos fijos como los MSAN y DSLAM en poblaciones que proporcionan telefonía fija por cobre e internet por ADSL respectivamente y accesos inalámbricos como el CDMA 450, que proporciona telefonía fija inalámbrica y acceso a internet inalámbrico, para lo cual se coloca una estación radio base de esta tecnología en un lugar elevado y cercano a la población que atenderá y mediante un enlace microonda se conecta a una estación repetidora y desde ahí transmitir hacia las plataformas que realizan el control y enrutamiento de los servicios, mediante el uso de las redes microondas u ópticas. Otro tráfico a considerarse en las estaciones repetidoras es el que llevan de otra estación repetidora hacia el destino requerido para realizar la conectividad a las redes ópticas o proporcionar el respaldo de servicios que requieren redundancia.

En función de lo indicado en la Tabla No. 3.15 de “Tráfico Actual por estación repetidora” se muestra el tráfico actual generado aproximado por cada estación repetidora considerada en este proyecto.

Tabla No. 3.15**Tráfico Actual por estación repetidora**

#	ESTACION REPETIDORA	TRAFICO ACTUAL GENERADO (Mbps)
1	Rep. Bueran CNT EP	381
2	Rep. Cabras CNT EP	359
3	Rep. Carshao CNT EP	536
4	Rep. Cerro Blanco CNT EP	536
5	Rep. Cerro de Hojas CNT EP	359
6	Rep. Cerro Gonzales CNT EP	226
7	Rep. Cerro Santa Ana CNT EP	359
8	Rep. Chasqui CNT EP	226
9	Rep. Corozo CNT EP	226
10	Rep. Guamote CNT EP	113
11	Rep. Guango CNT EP	268
12	Rep. Huachichambo CNT EP	465
13	Rep. Jarata CNT EP	113
14	Rep. La Mira CNT EP	298
15	Rep. Loma Plancha CNT EP	143
16	Rep. Puglla CNT EP	143
17	Rep. Señor Pungo CNT EP	423
18	Rep. Simbala CNT EP	268
19	Rep. Sindiajiri CNT EP	268
20	Rep. Troya CNT EP	226

3.6. Proyección de tráfico de datos a 5 años por cada estación repetidora.

En el Plan Nacional de Desarrollo, denominado Plan Nacional para el Buen Vivir 2009 – 2013 (SEMPLADES, 2009), que es el instrumento del Gobierno Nacional para articular las políticas públicas con la gestión y la inversión pública, contempla 12 Objetivos Nacionales, que permitirá consolidar el cambio que los ciudadanos y ciudadanas ecuatorianos con el país que anhelamos para el Buen Vivir.

Dentro de estos Objetivos Nacionales, el **objetivo 2, de mejorar las capacidades y potencialidades de la ciudadanía, como en la Política 2.7.** De promover el acceso a la información y a las nuevas tecnologías de la información y comunicación para incorporar a la población a la sociedad de la información y fortalecer el ejercicio de la ciudadanía, se pretende alcanzar los siguientes objetivos:

- 2.7.1 Alcanzar el 55% los establecimientos educativos rurales con acceso a Internet y el 100% de los urbanos al 2013
- 2.7.2 Triplicar el porcentaje de hogares con acceso a Internet al 2013
- 2.7.3 Alcanzar el 50% de hogares con acceso a teléfono fijo al 2013

Siendo CNT EP una empresa pública, y para alcanzar los objetivos antes mencionados, el presente proyecto de tesis pretende analizar un backbone o troncal alternativo de transmisión para atender la población en zonas rurales no atendidas por redes ópticas.

En la Tabla No. 3.16 de Población del Ecuador por provincia al 2013, obtenida de los estudios realizados por CNT EP, se observa la población según su ubicación geográfica, urbana, periferia (cercanas a centro urbanos) y rural, para poder determinar la población rural aproximadamente.

Tabla No. 3.16

Población del Ecuador por provincia al 2013

#	PROVINCIA	UBICACIÓN DE POBLACIÓN	CANTIDAD DE POBLACIÓN 2013
1	AZUAY	PERIFERIA	68,371
		RURAL	263,311
		URBANO	380,445
2	BOLIVAR	PERIFERIA	66,409
		RURAL	65,440
		URBANO	51,792
3	CAÑAR	PERIFERIA	37,044
		RURAL	93,615
		URBANO	94,525
4	CARCHI	RURAL	94,887
		URBANO	84,754
		RURAL	281,447
5	CHIMBORAZO	URBANO	215,809
		RURAL	300,666
		URBANO	109,920
6	COTOPAXI	RURAL	300,666
		URBANO	109,920
		PERIFERIA	39,127
7	EL ORO	RURAL	96,903
		URBANO	464,629
		URBANO	464,629

CONTINÚA 

8	ESMERALDAS	RURAL	252,576
		URBANO	224,819
9	GALÁPAGOS	RURAL	3,205
		URBANO	18,689
10	GUAYAS	PERIFERIA	286,572
		RURAL	278,856
		URBANO	3,080,055
11	IMBABURA	RURAL	201,830
		URBANO	202,299
12	LOJA	PERIFERIA	58,916
		RURAL	140,879
		URBANO	249,171
13	LOS RIOS	PERIFERIA	176,490
		RURAL	185,783
		URBANO	415,842
14	MANABÍ	PERIFERIA	276,763
		RURAL	320,662
		URBANO	772,355
15	MORONA SANTIAGO	PERIFERIA	21,561
		RURAL	76,720
		URBANO	49,659
16	NAPO	RURAL	58,857
		URBANO	30,258
17	ORELLANA	RURAL	80,906
		URBANO	30,765
18	PASTAZA	RURAL	32,440
		URBANO	31,588
19	PICHINCHA	RURAL	665,406
		URBANO	1,779,080
20	SANTA ELENA	PERIFERIA	13,563
		RURAL	124,788
		URBANO	170,342
21	SANTO DOMINGO DE LOS SACHILAS	RURAL	126,213
		URBANO	263,278
22	SUCUMBÍOS	RURAL	87,082
		URBANO	57,185
23	TUNGURAHUA	RURAL	281,083
		URBANO	233,419
24	ZAMORA CHINCHIPE	PERIFERIA	18,829
		RURAL	36,384
		URBANO	36,163
TOTAL POBLACIÓN ECUADOR			14'260,425.00

De la Tabla No. 3.16, se puede determinar que la población rural alcanza los 4'149.939 habitantes.

Para alcanzar los objetivos antes indicados, se hace necesario disponer de un backbone que pueda proporcionar la transmisión a la población rural, dado que se puede utilizar las estaciones repetidoras que están ubicadas en cerros o montañas elevadas y así proporcionar servicios de telecomunicaciones mediante el uso de enlaces microonda, de manera breve y a un menor costo que utilizando redes ópticas.

3.7.Conformación de base de datos con el nuevo tráfico por cada estación repetidora.

Una vez analizada la ruta de transmisión de acuerdo a la infraestructura existente y con la demanda estimada hasta el 2017 de carácter reservado de la CNT EP, se determinó las estaciones repetidoras que presentan mayor demanda de transmisión, las cuales se describen a continuación en la Tabla No. 3.17 de “Requerimientos de Transmisión de Repetidoras para atender demanda Rural”, conformando la base de datos del nuevo tráfico por cada estación repetidora:

Tabla No. 3.17

Requerimientos de Transmisión de Repetidoras para atender demanda Rural

#	ESTACION REPETIDORA	#	POBLACIÓN RURAL A ATENDER	DEMANDA ESTIMADA AL 2015 (MBPS)	TOTAL 2015 (Mbps)	DEMANDA ESTIMADA A AL 2017 (MBPS)*	TOTAL (Mbps) PROYECTADO A 5 AÑOS FINES 2017
		1	BARRIO LA COLINA	2		4	
		2	CAJITAMBO	42		84	
		3	CASCARILLA (AZUAY)	42		84	
		4	COCHAGUYCO	2		4	
1	REP. BUERAN CNT EP	5	CUITUN	2	719	4	1150
		6	DELEG	42		84	
		7	DUCUR	42		84	
		8	EL TAMBO	84		106	
		9	GENERAL MORALES	8		4	

CONTINÚA 

	10	GUAPAN	81		106		
	11	HONORATO VASQUEZ	42		84		
	12	INGAPIRCA	84		106		
	13	JADAN (AZUAY)	42		42		
	14	JAVIER LOYOLA	24		42		
	15	JUNCAL	34		42		
	16	LA CARMELA	2		4		
	17	LA VAQUERÍA – BABARCORTE	2		4		
	18	MOBILOIL	2		4		
	19	MOLOBOG GRANDE	2		4		
	20	MOSQUERA	2		4		
	21	NAZÓN	2		4		
	22	NUEVA JERUSALEN	32		42		
	23	PAPALOMA	2		4		
	24	PERIFERIA CAÑAR	2		4		
	25	PLAYA DE FÁTIMA	2		4		
	26	SALTO ALTO	2		4		
	27	SALTO BAJO	2		4		
	28	SAN LUIS	2		4		
	29	SAN NICOLÁS	42		84		
	30	SAN PEDRO	2		4		
	31	SILANTE BAJO	2		4		
	32	TURUPAMBA	42		84		
	33	VENDELECHE	2		4		
	1	ALOBURO	20		42		
	2	ALLOOR	2		4		
	3	ATHAL	2		4		
	4	CAHUASQUI	54		84		
	5	CALDERA	2		4		
	6	CANCHAGUANO	2		4		
	7	CHACHIMBIRO	28		42		
2	REP. CABRAS CNT EP	8	CHIRIACU	2	805	4	1118
		9	CHITACASPI (EL ANGEL)	2		4	
		2	CHUGA	2		4	
		11	COCHABAMBA	39		42	
		12	CONVALECENCIA	2		4	
		13	EL TAMBO	2		4	
		14	ELOY ALFARO (EL ANGEL)	2		4	
		15	GUANO (EL ANGEL)	2		4	

CONTINÚA 

16	GUANUPAMBA	2	4
17	IMPUERAN	2	4
18	J. MONTALVO	2	4
19	JULIO ANDRADE	55	84
20	LA ANGELINA	2	4
21	LA ISLA (SIGSIPAMBA)	2	4
22	LA VICTORIA	35	42
23	LAS JUNTAS	2	4
24	MANZANAL	2	4
25	MARIANO ACOSTA	90	106
26	MONTEOLIVO	2	4
27	PABLO ARENAS	54	84
28	PIMAMPIRO	67	84
29	PIMAN	40	42
30	PUEBLO NUEVO	58	84
31	SACHAPMABA	44	84
32	SAN CLEMENTE	26	42
33	SAN FRANCISCO DE SIGSIPAMBA	40	42
34	SANTA ANA	2	4
35	SHANSHIPAMBA	31	42
36	TUMBATU	2	4
37	URCUQUI	80	84
38	VILLACIS	2	4
1	ACHUPALLAS	44	84
2	CHAGLABAN	2	4
3	CHARCAY	35	42
4	CHIVATUS	2	4
5	CHOROCOPE	27	42
6	CHOROCOPE	2	4
7	CHUNCHI	90	106
8	CUCHUCUN	2	4
9	CUMANDA	40	42
2	EL TABLON	2	4
11	FLORES	2	4
12	GALLO RUMI	2	4
13	GALTE BISÑAG	2	4
14	GALTE LAIME	2	4
15	GALTE SAN JUAN	2	4
16	GONZOL	2	4

3

REP. CARSHAO CNT
EP

1214

1932

CONTINÚA



17	GUALLETURO	27	42
18	GUASUNTOS	44	84
19	HIERBA BUENA – QUILLOAC	2	8
20	HONORATO VÁSQUEZ Y LA TRANCA	2	4
21	HUIGRA	84	106
22	JALUBÍ	2	4
23	LA CAPILLA	2	4
24	LA ISLA	2	4
25	LLUILLÁN	2	4
26	LUIS CORDERO	26	42
27	MANUEL J. CALLE	32	42
28	MULTITUD	34	42
29	NAZON	33	42
30	PALLATANGA	45	84
31	PALMIRA	2	4
32	PALMIRA DAVALOS	2	4
33	PANCHO NEGRO	33	42
34	PIÑANCAY	2	4
35	PINDILIG	27	42
36	PISTISHI	42	84
37	PULL SAN JOSÉ	2	4
38	PULL SAN PEDRO	2	4
39	PUMALLACTA	20	42
40	RIVERA	35	42
41	SAN ANTONIO	30	42
42	SAN FRANCISCO DE SAGEO	34	42
43	SAN MIGUEL	28	42
44	SAN PEDRO	2	4
45	SAN VICENTE DE TIPIN	2	4
46	SEVILLA	15	42
47	SHEG SHEG	2	4
48	SIBAMBE	42	84
49	SITACAR	2	4
50	SOLANO	2	4
51	SUNCAMAL	2	4
52	SUSCAL	42	84
53	TADAY	42	84
54	TAURI	2	4

CONTINÚA



	55	TIXAN	62		84
	56	TOLTE PISTISHI	2		42
	57	TURUPAMBA	62		84
	58	VENTURA	45		84
	59	YAGUACHI (CHIMBORAZO)	2		4
	60	ZHUD	32		42
	1	AGUALONGO	2		4
	2	ANDRADE MARIN	23		42
	3	ANGLA	25		42
	4	APUELA	30		42
	5	CAZARPAMBA	2		4
	6	CHALTURA	49		84
	7	CHAMANAL	2		4
	8	CHILMA ALTO	2		4
	9	CHILMA BAJO	2		4
	2	CHINAMBI	2		4
	11	CHINIPAMBA	2		4
	12	CORAZON DE MUNDO NUEVO	2		4
	13	CRISTAL	26		42
	14	CUELLAJE	30		42
	15	CUICOCHA	42		84
	16	EL GOALTAL	2		4
4		REP. CERRO BLANCO CNT EP		1071	1642
	17	EL PLATA	2		4
	18	EL PUNJE	23		42
	19	GARCIA MORENO	36		42
	20	GUALCHAN	2		4
	21	IDUGUINCHO	28		42
	22	ILUMAN	51		84
	23	IMANTAG	60		84
	24	IMBABURITA	32		42
	25	JIJON Y CAMAÑO	2		4
	26	LA CAROLINA	2		4
	27	LA COMPANIA	26		42
	28	LA ESPERANZA	2		4
	29	LAUREL	2		4
	30	MINDO	75		84
	31	MIRAVALLE	2		4
	32	MOROCHOS	12		42
	33	NANGULBI	29		42

CONTINÚA



		34	NANGULVI	2		4	
		35	NATABUELA	53		84	
		36	PALO BLANCO	2		4	
		37	PATAQUI	34		42	
		38	PEÑAHERRERA	2		4	
		39	PEÑAHERRERA	28		42	
		40	PLAZA GUTIER	2		4	
		41	PUCAR	29		42	
		42	QUICHINCHE	25		42	
		43	QUICHUQUI	27		42	
		44	QUIROGA	29		42	
		45	RIO VERDE	2		4	
		46	S.A. PUCARA	2		4	
		47	SAN BLAS	39		42	
		48	SAN JOSE DE MINAS	54		84	
		49	SAN RAFAEL	23		42	
		50	SELVA ALEGRE	36		42	
		51	TOPO	27		42	
		52	VACAS GALINDO	26		42	
		1	AGUA FRIA	20		42	
		2	AGUAS BLANCAS	20		42	
		3	ALAHUELA	2		4	
		4	BALSA TUMBADA	2		4	
		5	BOTIJA DE AFUERA	2		4	
		6	BOYACA	2		4	
		7	BRAVO CHICO BRAVO GRANDE	2		4	
		8	CAÑA	2		4	
		9	CANUTO	42		84	
5	REP. CERRO DE HOJAS CNT EP	10	CASICAL	2	794	4	1700
		11	CERRO VERDE	2		4	
		12	CIENEGA GRANDE	2		4	
		13	COLORADO	2		4	
		14	CUCUY	2		4	
		15	DACA	2		4	
		16	DANDA	2		4	
		17	EL CERRO DE JUNIN	2		4	
		18	EL GRAMAL	2		4	
		19	EL GUASMO	2		4	

CONTINÚA 

20	EL JUNCO	2	4
21	EL PALMAR	2	4
22	EL RODEO	2	4
23	EL TAMBO	42	84
24	EL TORO	42	84
25	EL VIENTO	2	4
26	ELOY ALFARO	2	4
27	GRAMALOTE	22	42
28	JACAY	2	4
29	JARAMIJO	22	42
30	JAVIER	2	4
31	JULCUY	22	42
32	JUNIN ALREDEDORES	2	4
33	LA ATRAVEZADA	2	4
34	LA ENCANTADA	20	42
35	LA ESTANCILLA (P. A. GILER)	2	4
36	LA SEQUITA	22	42
37	LA SOLEDAD	2	4
38	LAS CAÑITAS	2	4
39	LOS BAJOS DE MONTECRISTI	32	42
40	LOS NARANJOS	2	4
41	LOS POZOS	2	4
42	LOS TABLONES	2	4
43	MATAPALO ADENTRO	2	4
44	MATAPALO AFUERA	2	4
45	MEJIA	12	42
46	MENBRILLAL	22	42
47	MENDOZA	2	42
48	MILAGRO	42	84
49	MOCORITA	2	4
50	MUTRE DE AFUERA	2	4
51	PALALACHE	2	4
52	PALO QUEMADO	12	42
53	PATAGONIA	2	4
54	PAVON	2	4
55	PIQUIGUA	2	4
56	PLAYA PRIETA	2	4
57	PUEBLO NUEVO	2	4
58	PUEBLO NUEVO DE PORTOVIEJO	22	42

CONTINÚA



		59	PUNTA DE JARAMIJO	12		42	
		60	RANCHO VIEJO	2		4	
		61	REP. BALZAR	42		84	
		62	REP. JUNIN	42		84	
		63	RICAURTE	2		4	
		64	RIO CHICO	2		4	
		65	RIO FRIO	2		4	
		66	RIOCHICO	12		42	
		67	ROCAFUERTE	12		42	
		68	SAN AGUSTIN	2		4	
		69	SAN GABRIEL	22		42	
		70	SAN JOSE	22		42	
		71	SAN SEBASTIAN	42		84	
		72	SANCAN	22		42	
		73	SESME	2		4	
		74	TABLADA DE LA BRISAS	12		42	
		75	TABLADA VAZQUEZ	42		84	
		1	BAGATELA	32		42	
		2	CABUYAL	32		42	
		3	CARACOL	32		42	
		4	CLARISA	32		42	
		5	DAULE	32		42	
		6	EL LIMÓN	12		42	
		7	EL MATE	2		4	
		8	EL PORVENIR (GUAYAS)	32		42	
		9	FATIMA	32		42	
		10	GUARE DE BABA	2		4	
6	REP. CERRO STA. ANA CNT EP	11	JUAN BAUTISTA AGUIRRE	32	984	42	1480
		12	JUNQUILLAL	32		42	
		13	LA CARMELA	32		42	
		14	LA VICTORIA (GUAYAS)	10		42	
		15	LAS CAÑAS	32		42	
		16	LASCANO	32		42	
		17	LAUREL	10		42	
		18	LA VICTORIA	32		42	
		19	LIMONAL	32		42	
		20	LOS TRES POSTES	32		42	
		21	MACUL	32		42	

CONTINÚA 

	22	MARCELIÑO MARIDUEÑA	32		42		
	23	MARISCAL SUCRE	32		42		
	24	NARANJITO	84		106		
	25	PEDRO CARBO	84		106		
	26	PUEBLO NUEVO (LOS RIOS)	42		84		
	27	SIMÓN BOLÍVAR	12		42		
	28	VALLE DE LA VIRGEN	42		84		
	29	VUELTA LARGA	12		42		
	30	YAGUACHI VIEJO	32		42		
	31	YURIMA	32		42		
	32	ZAMORA NUEVO	32		42		
	1	ABDON CALDERON	42		84		
	2	AMERICA	12		42		
	3	ARQ. SIXTO DURAN BALLEN	22		42		
	4	BANCHAL	22		42		
	5	CADEAL	22		42		
	6	CAMPOZANO	2		4		
	7	CASCOL	2		4		
	8	COLIMES DE PAJAN	2		4		
	9	EL AMARILLO	2		4		
	10	EL ANEGADO	42		84		
	11	EL COROZO	2		4		
	12	GALEL	32		42		
	13	JOA	2		4		
7	REP. COROZO CNT EP	14	LA ESPERANZA	2	696	4	1438
		15	LA MESADA	32		42	
		16	LA UNION DE JIPIJAPA	32		42	
		17	LAS CRUCES	42		84	
		18	LAS GUABAS	12		42	
		19	LAS MARAVILLAS	42		84	
		20	LASCANO	21		42	
		21	MATAPALO	21		42	
		22	MONTALVO	2		4	
		23	NARANJA	2		4	
		24	NOBOA	42		84	
		25	A. NOBOA	2		4	
		26	PANIAGUA	2		4	
		27	PARAMO	2		4	

CONTINÚA 

		28	PEDRO PABLO GOMEZ	22		42	
		29	POCITA	2		4	
		30	REP. CAMPOSANO	24		42	
		31	REP. PASIVO PAJAN	42		84	
		32	REP.ACTIVO LA SAIBA	42		84	
		33	RIO HONDO	12		42	
		34	SAN ANTONIO DE BATEAS	42		84	
		35	SAN ISIDRO	12		42	
		36	SAN JOSE	12		42	
		37	SAN PABLO	12		42	
		38	VERGELES	12		42	
		1	LIRIO SAN JOSÉ	12		42	
		2	ACHULLAY	2		4	
		3	BARRIO SAN JUAN GUAMOTE	12		42	
		4	CHISMAUTE	12		42	
		5	EL TROJE	42		84	
		6	GUANTUL	2		4	
		7	LLINLLIN	42		84	
		8	LLINLLIN (CERCA DE COLUMBE)	2		4	
		9	MALPOTE (CERCA DE COLUMBE)	2		4	
		2	MERCEDES CADENA	2		4	
		11	PUCARA QUINCHE	2		4	
8	REP. GUAMOTE CNT EP	12	PULUCATE CENTRO	2	224	4	628
		13	PULUCATE SECTOR COLEGIO (CERCA DE COLUMBE)	2		4	
		14	QUISHUAR	12		42	
		15	SAN ALFONSO DE TIOCAJAS	12		42	
		16	SAN BARTOLO GRANDE	12		42	
		17	SAN PABLO DE TOTORILLAS	2		4	
		18	SAN VICENTE DE NANSAGA	2		4	
		19	SAN VICENTE DE TABLILLAS	12		42	
		20	SANANCAHUAN GRANDE	12		42	
		21	SASAPUD HOSPITAL	12		42	
		22	TABLILLAS	12		42	
		1	ANGAMARCA	20		42	
9	REP. GUANGO CNT EP	2	BRIGADA PATRIA	50	519	84	956
		3	CAZATACON	2		4	
		4	CHUGCHILAN	15		42	

CONTINÚA 

5	CICOTO	30	42
6	CORAZON	54	84
7	CUZUBAMBA	30	42
8	GUANGAJE	20	42
9	JOSE GUANGO ALTO	2	4
2	JOSE GUANGO BAJO	2	4
11	LA VICTORIA	2	4
12	LANGUALO	45	84
13	MACUCHI	25	42
14	MULALO	45	84
15	PASTOCALLE	42	84
16	PILALO	20	42
17	PINLOPATA	25	42
18	PUSUCHISI	2	4
19	QUILOTOA	2	4
20	RAMON CAMPAÑA	2	4
21	ROMERILLOS	2	4
22	TANICICHI	20	42
23	TIGUA	20	42
24	TOACAZO	42	84
1	ALAMOR	42	84
2	AMALUZA	42	84
3	ATILLO	42	84
4	BOLONIA (PERIFERIA LOJA)	4	8
5	CARIGAN (PERIFERIA LOJA)	4	8
6	CATACocha	42	84
7	CDLA. OPERADORES MECÁNICOS (PERIFERIA LOJA)	2	4
8	CELICA	42	84
9	CHANTACO	42	84
10	CHONTACRUZ (PERIFERIA LOJA)	4	8
11	CONSACOLA (PERIFERIA LOJA)	4	8
12	EL CISNE	42	84
13	EL PLATEADO (PERIFERIA LOJA)	4	8
14	EL TAMBO	42	84
15	GONZANAMA	42	84
16	GUALAPAMBA	12	42
17	GUANGORA	12	42
18	LA ALGARROBERA	12	42

1
0REP.
HUACHICHAMBO
CNT EP

1234

2294

CONTINÚA



19	LAS ARADAS	12	42		
20	LOS DOS PUENTES	12	42		
21	MACARA	84	106		
22	MALACATOS	84	106		
23	MASACA	42	84		
24	MENFIS (PERIFERIA LOJA)	2	4		
25	MOTUPE	24	42		
26	NAMBACOLA	24	42		
27	OBRAPIA (PERIFERIA LOJA)	2	4		
28	PINDAL	24	42		
29	PUNZARA (PERIFERIA LOJA)	2	4		
30	PUNZARA GRANDE	24	42		
31	QUILANGA	42	84		
32	SAN MIGUEL	42	84		
33	SAN PEDRO LA BENDITA	42	84		
34	SANTIAGO	32	42		
35	TAQUIL	24	42		
36	TIERRAS COLORADAS (PERIFERIA LOJA)	2	4		
37	URB. HÉROES DEL CENEP (PERIFERIA LOJA)	2	4		
38	VIA ANTIGUA A ZAMORA	12	42		
39	VILCABAMBA	84	106		
40	YANACOCCHA	12	42		
41	ZAPOTILLO	42	84		
42	ZOZORANGA	42	84		
43	ZUMBA	84	106		
1	BELEN	12	42		
2	COCHAPATA CENTRO	12	42		
3	EL PASO	12	42		
4	LA ASUNCION	2	4		
5	LA JARATA	12	42		
1	REP. JARATA CNT EP	6	42	356	732
6	LOMAS DE NABON - AYALOMA - LA PLAYA	12	42		
7	MORAS LOMA OÑA	2	4		
8	MORASLOMA NABON	2	4		
9	NABON (CENTRO)	84	106		
2	PAVÁN	12	42		
11	PUCA CHICO	12	42		

CONTINÚA



	12	PUCA GRANDE	12		42
	13	PUCALLPA	2		4
	14	RAÑAS	84		106
	15	SAN GERARDO CENTRO	42		84
	16	SHIÑA	42		84
	1	CANDELARIA	2		4
	2	DALDAL	2		4
	3	BALCASHI	30		42
	4	CACHA MACHANGARA	18		42
	5	CAHA PANADEROS	20		42
	6	CAHUAJI	22		42
	7	CEBADAS	37		42
	8	CUBIJIES	30		42
	9	CUNUGUACHAY	25		42
	2	EL ALTAR	17		42
	11	EL OBRAJE	2		4
	12	FLORES	27		42
	13	ILAPO	33		42
	14	LA CANDELARIA	26		42
	15	LA PROVIDENCIA	20		42
	16	LICTO	24		42
1	2	REP. LA MIRA CNT EP	17	747	42
	18	MATUS	18		42
	19	NANDALUZA	15		42
	20	NITILUIZA	33		42
	21	PACHANILLAY	20		42
	22	POMPEYA	33		42
	23	PUELA	21		42
	24	PULINGUI	28		42
	25	PUNGAL	19		42
	26	PUNIN	20		42
	27	QUIMIAG	26		42
	28	QUISHUAR	20		42
	29	SALARON	17		42
	30	SAN ANTONIO	25		42
	31	SAN JOSE DE CHAZO	15		42
	32	SAN JOSE DE CHOCON	2		4
	33	SAN JOSE DE GAUSHI	31		42

CONTINÚA 

		34	SAN NICOLAS	2		4	
		35	SAN PEDRO SABAÑAG	13		42	
		36	SANTA FE DE GALAN	23		42	
		37	SANTIAGO DE QUITO	15		42	
		1	ABAÑIN	24		42	
		2	CALIHUIÑA Y LA FLORIDA	4		8	
		3	CASACAY	42		42	
		4	CERRO NEGRO	4		8	
		5	CHILLA	42		84	
		6	GUANAZAN	42		84	
		7	GUARUMAL	42		84	
		8	GUASIPAMBA	42		84	
		9	HORNILLOS	42		84	
		10	LA LOMA	12		42	
		11	LA PAZ	12		42	
		12	LA RICA MACARENA	24		42	
1 3	REP. LOMA PLANCHA CNT EP	13	MANZANILLA	2	592	4	1184
		14	OÑA	84		106	
		15	PALO MARCADO	12		42	
		16	PROGRESO (AZUAY)	12		42	
		17	PROGRESO(MSAN F.O)	12		42	
		18	PUCULCAY	12		42	
		19	SAN ALFONSO DE BATEAS	2		4	
		20	SAN RAFAEL DE SHARUG	32		42	
		21	SAN VICENTA	12		42	
		22	SANTA ROSA	24		42	
		23	SARAMA	2		4	
		24	ZHAGLLI - SARAMA CENTRO	42		84	
		25	ZHAGLLI CENTRO	12		42	
		1	CAÑICAPAC	12		42	
		2	EL PARAISO DE CELEN	42		84	
		3	GERA (PERIFERIA SARAGURO)	4		8	
		4	GURUDEL	12		42	
1 4	REP. PUGLLA CNT EP	5	LAGUNAS (PERIFERIA SARAGURO)	4	228	8	510
		6	LLACO	2		4	
		7	ÑAMARIN (PERIFERIA SARAGURO)	4		8	
		8	OÑACAPAC (PERIFERIA SARAGURO)	4		8	
		9	SAN ANTONIO DE QUMBE	2		4	

CONTINÚA



		2	SAN LUCAS	42	84		
		11	SAN PABLO DE TENTA	12	42		
		12	SELVA ALEGRE	42	84		
		13	TUNCARTA (PERIFERIA SARAGURO)	4	8		
		14	URDANETA	42	84		
		1	BARRIO LINDO	2	4		
		2	BUENAVISTA	10	42		
		3	CHALACAY	2	4		
		4	COCHAPATA	2	4		
		5	CUTCHIL	2	4		
		6	EL JORDAN	12	42		
		7	EL PAN	12	42		
		8	GAÑANSOL	2	4		
		9	GUACHAPALA	42	84		
		2	GUANIA	2	4		
		11	GUARAINAC	2	4		
		12	GUASHUN	12	42		
		13	JATUNBAMBA	20	42		
		14	JIMA PERIFERIA	12	42		
		15	JIRON	42	84		
		16	LA UNION	42	84		
1	REP. SEÑOR PUNGO					730	1458
5	CNT EP						
		17	NABON	84	106		
		19	PINDILIG	2	4		
		20	PUCARA	42	84		
		21	PUISHO ALREDEDORES	12	42		
		22	RIVERA	2	4		
		23	SAN BARTOLOME	2	4		
		24	SAN FERNANDO	42	84		
		25	SAN JOSE RARANGA ESMERALDA	22	42		
		26	SAN JUAN CENTRO	12	42		
		27	SAN JUAN PERIFERIA	2	4		
		28	SAN MIGUEL DE POROTOS	42	84		
		29	SAN PABLO	12	42		
		30	SAN VICENTE	42	84		
		31	SANTA ISABEL	84	106		
		32	SEVILLA DE ORO	84	106		
		33	SIGSI LLANO	12	42		

CONTINÚA 

		34	SIGSIG PERIFERIAS	12		42	
		35	TADAY	2		4	
		1	ABDON CALDERON - CATAVIÑA	12		42	
		2	ABDON CALDERON CENTRO	12		42	
		3	ASHIDEL	2		4	
		4	ASUNCION	42		84	
		5	ASUNCION - COOPERATIVA LENTAG	2		4	
		6	BESTION /SAN MARTIN	2		4	
		7	CACHI	2		4	
		8	CALEDONIAS	2		4	
		9	CHUMBLIN	42		84	
		2	COFRADIA	12		42	
		11	EL CARMEN/ HUAGRIN	12		42	
		12	GIRON ALREDEDORES	42		84	
		13	HUAYCO	32		42	
		14	JUBONES	24		42	
		15	MANU	12		42	
1	REP. SIMBALA CNT	16	PONGO	2		4	
6	EP	17	PORTETE	12	598	42	1334
		18	PUCUCARI	12		42	
		19	PUENTE LOMA	2		4	
		20	RUMILOMA	42		84	
		21	RUMIPAMBA	12		42	
		22	SAN ANTONIO DE BATEAS	12		42	
		23	SAN FERNANDO ALREDEDORES	42		84	
		24	SAN GERARDO ALREDEDORES	42		84	
		25	SANTA ISABEL PERIFERIA	42		84	
		26	SANTA MARIANITA	14		42	
		27	SANTA TERESITA Y ZULA	12		42	
		28	SULUPALI CHICO/SULUPALI GRANDE	22		42	
		29	SUMAYPAMBA Y UCHUCAY	32		42	
		30	VICTORIA DE PORTETE	32		42	
		31	YULUC	2		4	
		32	ZAPATA ALREDEDORES	12		42	
1	REP. SINDIAJIRI CNT	1	AINCHE (CERCA DE CHAMBO)	2	476	4	1026
7	EP	2	ALAO	32		42	

CONTINÚA 

3	AMBUG (CERCA DE PUNIN)	2	4
4	CASTUG ALTO	12	42
5	CASTUG HUAIRAPAMBA	12	42
6	CEBOLLAR ALTO	32	42
7	CECEL SAN ANTONIO	12	42
8	CORAZON DE JESUS	22	42
9	CUNISPUMA	2	4
2	EL TROJE	12	42
11	GUASLAN CHICO	32	42
12	GUASLAN GRANDE	2	4
13	GUAYLLABAMBA	12	42
14	HUÑATUS GRANDE	2	4
15	ISHBUG RAYOLOMA	2	4
16	LA CANDELARIA	2	4
17	LAS MONJAS TUNSHI	12	42
18	LIRIO COCHAPAMBA	2	4
19	LLINLLIN SANTA FE	12	42
20	LLOCON (CERCA DE CHAMBO)	12	42
21	LLUCUT	12	42
22	OCPOTE SAN LUIS	12	42
23	PANTUZ GRANDE	2	4
24	PULUCATE (COLEGIO)	4	8
25	PULUCATE 4 ESQUINAS	2	4
26	PULUCATE 4 ESQUINAS (CERCA DE COLUMBE)	12	42
27	QUINCAHUAN (CERCA DE PUNIN)	32	42
28	RODEOPAMBA	2	4
29	S. F. DE ASIS	32	42
30	SALARON	2	4
31	SAN FRANCISCO (CERCA DE CHAMBO)	32	42
32	SAN FRANCISCO DE PUÑINQUIL	2	4
33	SAN VICENTE DE TIAZO	32	42
34	SANTIAGO DE QUITO	32	42
35	TITAICUN (CERCA DE CHAMBO)	12	42
36	UPAN (CERCA DE CHAMBO)	12	42
37	YACULOMA (CERCA DE CHAMBO)	12	42

CONTINÚA 

	1	CARTAGENA (CERCA DE EL CARMELO)	2		4
	2	CHIMA ALTO	32		42
	3	CHITAN DE NAVARRETE (S GABRIEL)	2		4
	4	CHUTAN ALTO	2		4
	5	CHUTAN BAJO	2		4
	6	COMUNIDAD HUAQUEÑA	2		4
	7	EL CARMELO	58		84
	8	EL CHICAL	44		84
	9	EL EJIDO (S GABRIEL)	2		4
	2	EL PLAYON DE SAN FRANCISCO	2		4
	11	FDZ. SALVADOR	2		4
	12	HUACA	85		106
	13	LA DELICIA ALTA (S GABRIEL)	2		4
	14	LA ENVIDIA (CERCA DE EL CARMELO)	2		4
1 8	15	LA ESPERANZA (CERCA DE EL CARMELO)	2	660	4
	16	LAGUNA DEL SALADO (S GABRIEL)	2		4
	17	LAS PEÑAS	2		4
	18	LOS ANDES	50		84
	19	MALDONADO	2		4
	20	MARISCAL SUCRE	2		4
	21	MONTEVERDE	2		4
	22	PIARTAL	2		4
	23	PIOTER (S GABRIEL)	2		4
	24	PLAYA ALTA	2		4
	25	SAN GABRISL	92		106
	26	SAN PEDRO DE CHITAN (S GABRIEL)	2		4
	27	SANTA BARBARA	84		106
	28	SANTA MARTHA DE CUBA	55		84
	29	TUFIÑO	54		84
	30	URBINA	66		84

Fuente: Elaborado por el autor en base al documento de la Demanda Comercial proyectada para poblaciones rurales de CNT EP de uso restringido.

Cabe destacar que la transmisión a considerarse por sitio rural se ha calculado de acuerdo a la cantidad de pots y puertos de internet de acuerdo al área comercial de la CNT EP hasta el 2015 con un crecimiento de acuerdo a sus proyecciones al 2017, así como el tipo de sitio rural a ser atendido y zona de cobertura. Los datos de pots y puertos como cantidad de población a atenderse son en base a un estudio de mercado

realizado por el área comercial de CNT EP de carácter restringido, con el cual se realiza el análisis y el cálculo de la transmisión necesaria para atender dichos sitios rurales.

Para los sitios rurales se consideran tres tipos de capacidades requeridas que son de acuerdo a la cantidad de población o requerimientos específicos del área comercial de CNT EP:

- Sitios rurales de hasta un máximo de 200 personas. Son caseríos o casas concentradas sin comunicación donde se implementan infocentros (centros de información y salida de telefonía e internet) que utilizan una capacidad promedio de 2 Mbps para los servicios comunitarios de fin social.
- Sitios rurales con población dispersa con demanda de servicios de telefonía fija e internet para viviendas, para lo cual se utiliza tecnologías de acceso móvil fijo como el CDMA 450 que proporciona telefónica inalámbrica fija, a través de una radio base con una zona de cobertura definida por el área comercial de CNT EP, que utiliza un promedio de 12 Mbps de transmisión para atender alrededor de 400 clientes de voz y 50 de datos, sin depender de la cantidad de población del lugar.
- Sitios rurales con población concentrada y demanda de accesos fijos de voz y datos superior a los 400 clientes de voz y 100 de datos, para lo cual se implementan soluciones con planta interna y externa sobre la población, de acuerdo a los requerimientos de pots (líneas telefónicas) y puertos de datos (internet), con lo cual se determina la transmisión necesaria para la población siendo el mínimo 42 Mbps de capacidad de transmisión y su crecimiento dependerá de los requerimientos comerciales de CNT EP.

Dada la demanda indicada y que actualmente la CNT EP no dispone de redes de backbone que soporten estas capacidades en las estaciones repetidoras consideradas anteriormente, se hace necesario determinar una red backbone alternativa que permita proveer estas capacidades requeridas y garantizar su operación ya que no es factible atender a estas poblaciones mediante redes ópticas que tendrían un gran costo ya que son de bajo consumo de tráfico, comparados con el tráfico para las redes ópticas.

4. CAPITULO IV: DISEÑO DE RED DE RESPALDO DE MICROONDA

Introducción

En este capítulo se determinarán los requerimientos para el diseño de la red como son la capacidad que se requiere transmitir por las estaciones repetidoras, la disponibilidad de los enlaces y equipos, la utilización de técnicas de mejoras de disponibilidad como la diversidad de espacio y los sistemas de energía, para con ello realizar el estudio de propagación mediante la herramienta de simulación de enlaces en la banda de interés, y con los resultados compararlos y determinar la mejor solución.

4.1 Requerimientos de diseño de la nueva red de respaldo de microonda.

CNT EP requiere una red de microonda para transmitir datos IP para una capacidad de 2.4 Mbps a nivel nacional, que proporcione conectividad de transmisión a las principales repetidoras consideradas en este proyecto y como una red de respaldo alternativa en la región sierra que es la más propensa a deslaves o derrumbes, principal motivo para los daños o cortes de las redes ópticas.

Esta red debe proporcionar conectividad y transmisión del principal tráfico de CNT EP entre las principales ciudades de la región sierra de mayor tráfico de servicios de voz y datos, esto es las ciudades de Ibarra, Quito, Ambato, Riobamba, Azogues, Cuenca, Loja y las principales ciudades de mayor tráfico de la región costa, esto es las ciudades de Guayaquil, Machala y Manta.

Adicionalmente la red debe permitir operar como una ruta alternativa para proporcionar conectividad a las plataformas de CNT EP ubicadas en Quito y Guayaquil hacia las salidas internacionales de internet, ubicadas en Salinas II (salida al cable Panamericano) y en Tulcán (salida hacia Colombia) de los servicios de alta disponibilidad.

Esta red también debe permitir atender la demanda de servicios de las poblaciones que se conectan a través de las estaciones repetidoras del proyecto utilizando enlaces microonda.

El diseño de la red a considerado realizar la conectividad requerida por CNT EP, para lo cual utilizará las estaciones repetidoras indicadas en el Capítulo 3, y su conectividad hacia una estación central de la operadora en las ciudades requeridas con la que existe línea de vista para conectarlo y transportar el tráfico por las redes anilladas de la ciudad hasta otra estación central que tenga línea de vista con otra estación repetidora a atender, de tal manera de evitar atravesar las ciudades de gran población por cuanto se requeriría de una nueva infraestructura que por reglamentos y ordenanzas están siendo restringidas la implementación de torres auto soportadas de gran tamaño, así como el piso de ruido dentro de las ciudades pueden afectar o presentar problemas de interferencia a la red propuesta.

CNT EP requiere una banda de frecuencia libre y continúa de 6 canales o portadoras libres (una frecuencia de transmisión y una frecuencia de recepción) en polarización horizontal y vertical que permita aprovechar al máximo el ancho de banda disponible y no tener problemas de interferencia como los que actualmente ocurren por saturación de espectro radioeléctrico en las frecuencias autorizadas o el uso de frecuencias sin la autorización de la SENATEL por otras operadoras.

Para utilizar la frecuencias en las dos polaridades, la red propuesta debe utilizar antenas de alto desempeño y doble polarización con el sistema de supresores de interferencia por polarización cruzada XPIC¹, que atenúan el efecto del acoplamiento cruzado de polarización provocado por el enlace, de modo que los sistemas que utilizan doble polarización con un mismo canal, proporcionen el doble de capacidad de transmisión dentro de un canal de frecuencia. Por lo que el XPD² o discriminación de polarización cruzada, que es el cociente entre la componente contrapolar y la copolar para cada dirección, debe ser superior o igual a 35 dB de acuerdo a las recomendaciones de los fabricantes de antenas, utilizando antenas con

¹XPIC , *Cross Polarization Interference Cancellation*

²XPD, *Cross-polar discrimination*

altos parámetros de directividad, ganancia, VSWR³, discriminación frente espalda, entre otros. Para este diseño se ha considerado las antenas del tipo UXA⁴ que son de antenas de ultra-alto desempeño y alto XPD, de marca RFS⁵ que constan en el Anexo 11 de “Parámetros de Antenas de UXA RFS” para las bandas de interés y las especificaciones de las antenas en la banda de 4 GHz.

Para el caso de estaciones repetidoras con tres direcciones de enlace, para evitar problemas de interferencia, entre las direcciones de enlace (AZIMUT de apuntamiento) no pueden considerarse ángulos agudos y colocar las antenas a diferentes alturas lo más separadas posibles de tal manera que los lóbulos secundarios como la discriminación frente espalda, el XPD, piso de ruido, entre otros parámetros se atenúe la potencia de transmisión haciendo una sintonización de los márgenes de desvanecimiento, y simulando en las herramientas de campo electromagnético respectivas hasta encontrar el balance de todos los enlaces para evitar la interferencias, para lo cual se debe utilizar el mismo tamaño de antena para poder realizar estos cambios y controlar los cambios en la sintonización. Este cálculo y sintonización en sitios con tres direcciones de enlace es parte de la fase de implementación lo cual no es parte del presente proyecto.

Cabe destacar que CNT EP requiere que las antenas a colocarse sean del menor tamaño como peso posible para el diseño, dado que la infraestructura existente es limitada y se requiere optimizar como disponer de espacio para colocar nuevas antenas que atenderán a las poblaciones consideradas en la Tabla No. 3.9, por lo que el tamaño del diámetro de la antena deberá ser menor o igual a 3.7 metros.

Los equipos considerados para esta red deben ser del tipo full-indoor del tipo Carrier Class de alta disponibilidad que garanticen una operación de equipo de 99.999%, que operen en voltaje de -48 VDC con doble fuente y redundancia en las principales tarjetas como fuentes de energía, procesamiento, radio frecuencia entre otros que garanticen la operación continua del equipo, y cumpla con normas de operación como el estándar ETSI EN 300 019-1-3, EN 301 489-1-4 entre otras.

³VSWR, Voltage Standing Wave Ratio

⁴UXA, Dual-polarized antennas delivering ultra-high performance and the highest XPD

⁵RFS, Radio Frequency Systems

El equipo a considerarse debe permitir en un mismo bastidor o equipo indoor manejar como mínimo 12 portadoras o canales RF tanto para transmisión como recepción, en la banda de interés y con el ancho de banda superior a 28 MHz de acuerdo a la canalización autorizada por la SENATEL, de acuerdo a lo indicado en el Capítulo 3 y su disponibilidad.

El equipo debe soportar modulaciones de mínimo 256 QAM o superiores para alcanzar el caudal mínimo de 200 Mbps, para una potencia mínima de 30 dBm y soportar los siguientes sistemas de atribución de frecuencias:

- ACCP (*Adjacent Channel Co-Polarized*) que trasmite una señal para cada canal radio utilizando una polarización única (horizontal o vertical), como se observa en la Figura No. 4.1 de “Distribución ACCP”

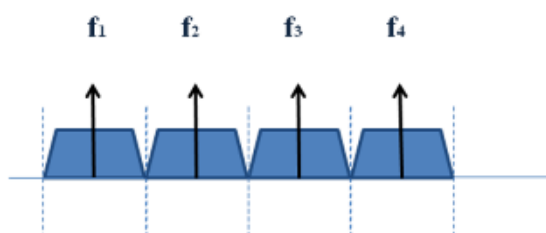


Figura No. 4.1 Distribución ACCP

- ACAP (*Adjacent Channel Alternate-Polarized*) que trasmite una señal para cada canal radio utilizando polarización horizontal y vertical alternativamente, como se observa en la Figura No. 4.2 de “Distribución ACAP”

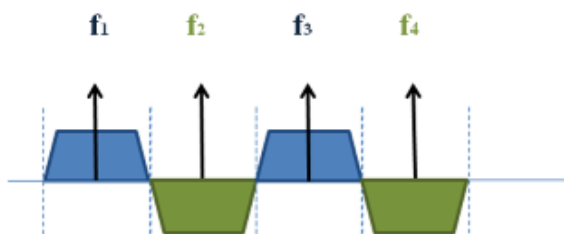


Figura No. 4.2 Distribución ACAP

- CCDP (*Co-Channel Dual-Polarized*) que transmite una señal para cada canal radio utilizando polarización horizontal y vertical simultáneamente, como se observa en la Figura No. 4.3 de “Distribución CCDP”, así como soluciones mixtas como la de la Figura No. 4.4 de “Distribución Mixta”

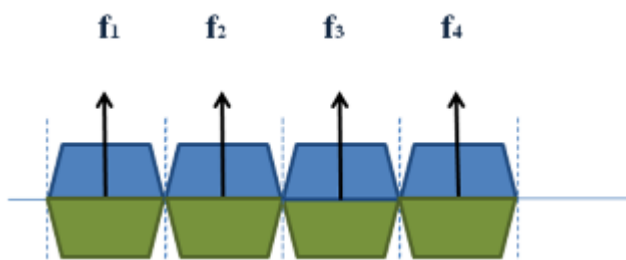


Figura No. 4.3 Distribución CCDP

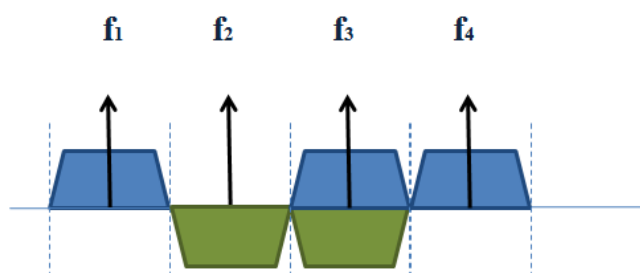


Figura No. 4.4 Distribución Mixta

Para este requerimiento se deben considerar que el equipo utilice 6 canales XPIC como se muestra en la configuración siguiente en ambas polaridades como se observa en la Figura No. 4.5 de “Distribución para Requerimiento”

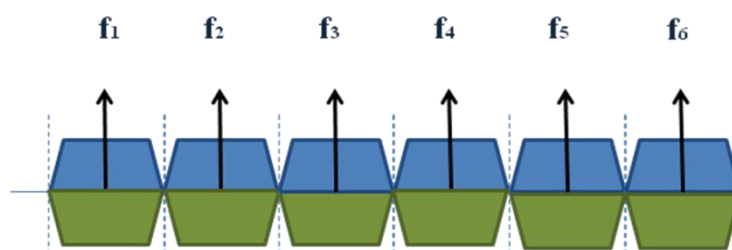


Figura No. 4.5 Distribución para Requerimiento

El equipo full indoor a considerarse debe soportar los siguientes sistemas de protección:

- Diversidad de frecuencia (FD)
- Diversidad de frecuencia y espacio (FSD)

Como todas las configuraciones desde 1+0 hasta N+0 (N=1,...,12) o N+1 (N=1,...,11) en un único rack y única antena.

Para soportar estas asignaciones, protecciones como configuraciones, el equipo debe disponer de un sistema *Branching* de baja pérdida, que es el que soporta la transmisión de la frecuencia del canal adyacente y operación co-canal en las bandas y en el espaciamiento o ancho de banda requerido, ya que contiene los filtros RF de banda corta para cada canal y combinadores como circuladores para la conexión a la guía de onda o cables coaxiales para la transmisión.

Se estima como mínimo que cada portadora o frecuencia central por polaridad con ancho de banda de 28 MHz o superior, debe proporcionar un mínimo de 200 Mbps con una modulación mínima de 256 QAM⁶ o superior y que cumpla con las regulaciones vigentes de la SENATEL, y proporcionar al menos 2.4 GHz utilizando la doble polaridad con las 6 portadoras requeridas (6 Canales x 2 polaridades x 200 Mbps) para un BER de 10^{-6}

Con este tráfico promedio de 200 Mbps por cada portadora y por polaridad, para consolidarla en una solo *throughput* o caudal de datos, el equipo de radio aplica técnicas de link aggregation (Estándar IEEE 802.3ad LACP⁷) o agregación de enlaces que son métodos de combinación o agregación que van incorporando varias conexiones de red en paralelo para aumentar el caudal más allá de lo que una sola conexión podría sostener, y para proporcionar mayor capacidad o redundancia en caso de que uno de los enlaces falla. La agregación de tráfico permite concentrar toda la capacidad en una sola interfaz Giga Ethernet realizando una gestión de paquetes

⁶QAM, es la modulación de amplitud en cuadratura (*Quadrature Amplitude Modulation*), La modulación 256 QAM permite un envío de datos de 200 Mbps promedio.

⁷ LACP, *Link Aggregation Control Protocol*

sobre los canales disponibles, como se observa en la Figura No.4.6 de “Agregación de Trafico en una interfaz ethernet”, donde se puede observar cómo opera la transmisión por radio para un canal el tráfico de IP (Ethernet) que ingresa en el puerto ethernet para dividirse el tráfico en la banda base que utiliza modulación Adaptativa (BB ACM) y se divide de acuerdo a la capacidad de transmisión del canal y a la polaridad en tráficos de menor tamaño para transportarlos en el módulo de transmisión MOD TX para transmitirlo por aire a través de la antena de doble polaridad, para en el otro extremo del enlace recibirlo en la antena de doble polarización separar el tráfico, discriminarlo en el demulador DEMOD y separar la información correcta con la funcionalidad XPIC para obtener la información enviada en el origen concentrándolo en una sola interfaz y lograr la transmisión de los datos.

El equipo debe disponer de al menos dos interfaces Giga Ethernet para el transporte de la red IP/MPLS soportando un tamaño de trama de Jumbo Frame (9.6 k) así como soportar Tag VLAN⁸ (IEEE 802.1q), calidad de red (QoS IEE 802.1p), y sincronización Synche o IEEE 1582 PtP *transparent mode*.

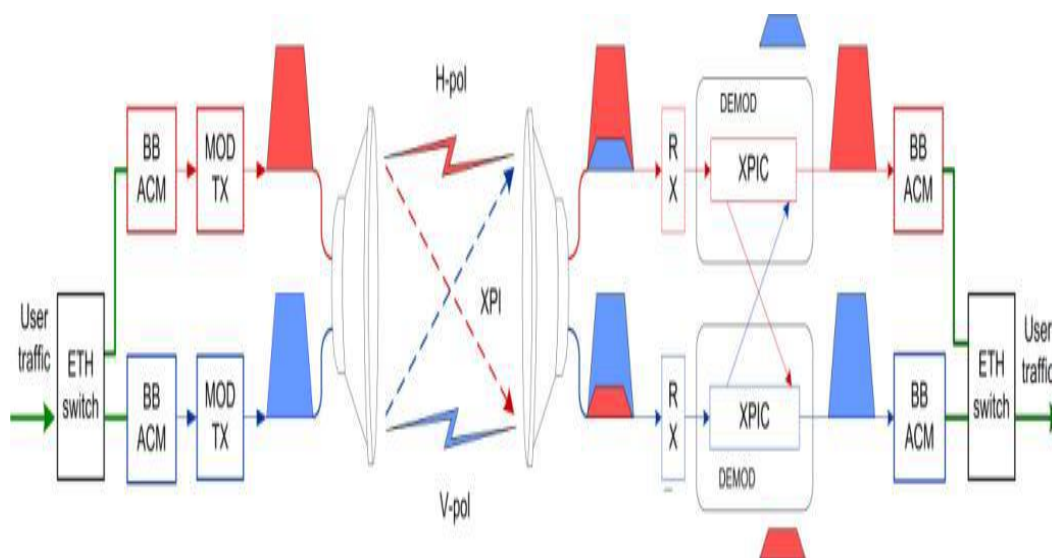


Figura No.4.6 Agregación de Trafico CCDP con XPIC en una interfaz ethernet

Fuente: Manual de Descripción Técnica del *Evolution Long Haul* de CERAGON

⁸VLAN Virtual Local Area Network

Para el cálculo de los enlaces, se utilizará como referencia los parámetros estándares de equipos del tipo *full-indoor* IP como el equipo que consta en el Anexo 12 de “Parámetros de Radio Full Indoor IP” con el que se pueden obtener resultados similares con otros equipos disponibles en el mercado.

4.1.1 Nuevo caudal de datos por estación repetidora y emplazamiento.

En el capítulo 3 se determinó el tráfico requerido para las poblaciones rurales y en que estación repetidora se concentrarían para proporcionar conectividad obteniéndose la base de datos por estación repetidora, lo cual consta en la **Tabla No. 3.17 Requerimientos de Transmisión de Repetidoras para atender demanda Rural.**

Para el caudal de datos por estación repetidora la CNT EP requiere que por esta red se respalde el principal tráfico de alta disponibilidad, el cual consta en la Tabla No. 4.1 de “Requerimientos de transmisión de Respaldo de CNT EP”, que muestra las capacidades que se requiere respaldar y la ruta de transmisión como los saltos considerados utilizando las estaciones repetidoras de este proyecto. Estas capacidades son en base a los clientes corporativos que dispone CNT EP, a los cuales se debe proporcionar unos altos acuerdos de nivel de servicio (SLA⁹), así como proporcionar a entidades del estado que requieren mantener sus comunicaciones sin interrupciones a un en caso de desastres naturales o sabotajes. El detalle de estos clientes, entidades y capacidades es de carácter restringido por lo cual únicamente se colocaran el total de capacidad requerida por enlace y ruta de transmisión.

Tabla No. 4.1

Requerimientos de transmisión de Respaldo de CNT EP

RESPALDO DE RUTA DE TRANSMISIÓN DE ALTA DISPONIBILIDAD			Mbps		
ORIGEN	DESTINO	RUTA DE TRANSMISION RESPALDO POR ENLACE MICROONDA	2013	2015	2017
QUITO	TULCAN	TANQUES DE AGUA - TROYA - CABRAS - CERRO BLANCO - CARCELEN	400	600	800
QUITO	AMBATO	GUAMANI - CHASQUI - GUANGO - AMBATO SUR	1000	1250	1500
AMBATO	RIOBAMBA	AMBATO FLORIDA - LA MIRA - RIOBAMBA	600	800	1100

CONTINÚA 

⁹SLA: Service Level Agreement

RIOBAMBA	GUAYAQUIL	RIOBAMBA - SINDIAJIRI -GUAMOTE -CARSHAO - LA ESPERANZA - BOLICHE - CORREOS	300	400	500
RIOBAMBA	CUENCA	RIOBAMBA - SINDIAJIRI -GUAMOTE -CARSHAO -BUERAN - CUENCA	200	300	400
GUAYAQUIL	MANTA	CERRO AZUL - SANTA ANA -COLIMES -COROZO -CERRO DE HOJAS - MANTA SURESTE	200	400	700
GUAYAQUIL	SALINAS	CERRO AZUL - CERRO GONZALES - SALINAS II	1000	1500	2000
AZOGUES	LOJA	AZOGUES - SEÑOR PUNGO - SIMBALA - JARATA -PUGLLA - HUACHICHAMBO - COLAMBO	200	300	500
AZOGUES	MACHALA	AZOGUES - SEÑOR PUNGO - SIMBALA - JARATA -LOMA PLANCHA - MACHALA CENTRO	200	300	500
CUENCA	GUAYAQUIL	CUENCA - BUERAN -CARSHAO - LA ESPERANZA - BOLICHE - CORREOS	200	300	400

Cabe destacar que el caudal de datos de respaldo desde Quito hacia Tulcán y Guayaquil hacia Salinas representa la redundancia para las salidas internacionales de internet para clientes de alta disponibilidad por Colombia desde Tulcán y salida al cable submarino por la cabecera de playa en Salinas. Para el resto de protecciones, representan los caudales que requieren ser protegidos, con el objetivo de que lleguen a las principales ciudades del Ecuador e ingresar los servicios de voz y datos a las plataformas de CNT EP que se encuentran principalmente en Quito como en Guayaquil.

Así por ejemplo la transmisión de 400 Mbps entre Tulcán Tanques de Agua hacia Carcelén corresponde al tráfico actual de salida internacional de los clientes corporativos que requieren una redundancia de salida internacional adicional a la que proporciona las redes ópticas hacia la salida Norte con Colombia, que se conectan en la red IP/MPLS en Quito para garantizar su transmisión hacia ese país y cumplir con el SLA de 99.999% al año, cuyo crecimiento se considera en base a los requerimientos del área de clientes corporativos de CNT EP.

Este caudal de respaldo de la Tabla No. 4.1 y el determinado en la Tabla No. 3.9, se suman para obtener la Tabla No. 4.2 de “Tabla Resumen de Caudal de datos por estación repetidora”, la cual está determinada con los requerimientos actuales y sus proyecciones hasta el 2017, de acuerdo al crecimiento y a la demanda que considera la CNT EP, que utilizaría esta red de microonda propuesta.

Tabla No. 4.2

Tabla Resumen de Caudal de datos por estación repetidora

AÑOS (ACTUAL Y PROYECCION)		2013	2015	2017	2013	2015	2017	2013	2015	2017
#	ESTACION REPETIDORA	POBLACIONES RURAL (Mbps)			RESPALDO PRINCIPAL TRAFICO (Mbps)			TOTAL POR REPETIDORA (Mbps)		
1	BUERAN CNT EP	381	719	1150	400	600	800	781	1319	1950
2	CABRAS CNT EP	359	805	1118	400	600	800	759	1405	1918
3	CARSHAO CNT EP	536	1214	1932	700	1000	1300	1236	2214	3232
4	CERRO BLANCO CNT EP	536	1071	1642	400	600	800	936	1671	2442
5	CERRO DE HOJAS CNT EP	359	794	1700	200	400	700	559	1194	2400
6	CERRO STA. ANA CNT EP	359	984	1480	200	400	700	559	1384	2180
7	COROZO CNT EP	226	696	1438	200	400	700	426	1096	2138
8	GUAMOTE CNT EP	113	224	628	500	700	900	613	924	1528
9	GUANGO CNT EP	268	519	956	1000	1250	1500	1268	1769	2456
10	HUACHICHAMBO CNT EP	465	1234	2294	200	300	500	665	1534	2794
11	JARATA CNT EP	113	356	732	400	600	1000	513	956	1732
12	LA MIRA CNT EP	298	747	1364	600	800	1100	898	1547	2464
13	LOMA PLANCHA CNT EP	143	592	1184	200	300	500	343	892	1684
14	PUGLLA CNT EP	143	228	510	200	300	500	343	528	1010
15	SEÑOR PUNGO CNT EP	423	730	1458	400	600	1000	823	1330	2458
16	SIMBALA CNT EP	268	598	1334	400	600	1000	668	1198	2334
17	SINDIAJIRI CNT EP	268	476	1026	500	700	900	768	1176	1926
18	TROYA CNT EP	226	660	944	400	600	800	626	1260	1744

En la Tabla No. 4.2, se puede observar que los caudales de datos por estación repetidora están bordeando el requerimiento de capacidad solicitado por CNT de 2.4 Gbps, y se pueden observar en dicha tabla, que dos estaciones repetidoras superan el caudal planificado al 2017, estas estaciones repetidoras son Huachichambo y Carshao. Este caudal en exceso para estas estaciones o cualquier otra deberá ser considerado como un nuevo proyecto en el momento que se utilice el 70% de capacidad del enlace que por estas estaciones repetidoras se transmitan como es el procedimiento de CNT EP para la ampliaciones de capacidad, y no es parte del análisis del presente proyecto. Se debe considerar que hasta el 2016 al menos esta red soportaría el caudal de datos.

4.1.2 Índices de disponibilidad del radioenlace y de equipos por emplazamiento.

Para el diseño de la red microonda en la banda de interés, los índices de disponibilidad a considerarse son los que utiliza la CNT EP para enlaces microonda para clientes con un alto acuerdo de nivel de servicio y anualmente, por lo que los enlaces al año pueden presentar una indisponibilidad que no supere los 6 minutos, lo que equivale a una disponibilidad anual en lluvia de 99,999%, en las peores condiciones de lluvia considerando la región en la que se encuentra el enlace, esto es en la región sierra se utiliza la recomendación ITU Región N y en la región costa la ITU Región P.

Esta disponibilidad de 99,999% es para todos los enlaces microonda que conforman esta red, tomando en cuenta que si el cálculo del enlace con las antenas consideradas no alcanzan o superan la disponibilidad requerida, se emplearán las mejoras en la red microonda como el uso de antenas de mayor tamaño o la utilización de una antena adicional para utilizar la diversidad de espacio.

4.1.3 Diversidad de espacio y de frecuencia.

Para mejorar la disponibilidad y reducir los impactos del desvanecimiento por multitrayecto en el funcionamiento de los sistemas de transmisión de radio, se utilizan las técnicas de diversidad. La diversidad por frecuencia aprovecha de la natural selectividad de frecuencias de un desvanecimiento por multitrayecto dispersivo y la diversidad de espacio utiliza dos antenas separadas verticalmente en la torre receptora de tal forma que solamente una de ellas esté ubicada en un lugar de menor potencia recibida con lo cual se obtiene una mejora en el enlace al combinar las señales y obtener el mejor dato.

Se debe considerar que en esta red, dada la limitación de frecuencias disponibles para utilizarlas en la capacidad que se desea alcanzar por cada enlace, se requiere únicamente se considere diversidad de espacio y no la diversidad de frecuencia.

La diversidad de espacio se utilizará para alcanzar la disponibilidad requerida por enlace considerando la recomendación ITU-R P.530, para lo cual en la herramienta de simulación se debe agregar una antena adicional en la herramienta de simulación Pathloss 5.0 que considera los factores de mejora para alcanzar la disponibilidad requerida.

4.1.4 Sistemas de respaldo de energía eléctrica y sistemas de puesta a tierra.

Los equipos considerados en este proyecto, deben ser disponer de dos fuentes redundantes en configuración 1+1 en voltaje continuo V DC. Las estaciones repetidoras disponen de sistemas de rectificación de energía de voltaje AC a DC con baterías para que tenga un respaldo de al menos 8 horas, en caso de falla de provisión de la energía pública de AC, siendo el tiempo de operación de las baterías para los equipos actuales y futuros (incluidos los de este proyecto),

Adicionalmente en cada estación repetidora y de acceso de este proyecto dispone de un generador de energía eléctrica AC que utiliza diésel, con conmutación automática, en caso de cortes de energía pública prolongados, el cual tiene una autonomía de 15 días con su tanque de combustible y garantiza la operación de los equipos de las estaciones del proyecto manteniendo operativa la red.

Cada estación repetidora y de acceso de este proyecto disponen de un sistema de tierra en la cual se tiene un impedancia menor a 5 Ohm, con lo que se puede realizar una adecuado aterramiento tanto a los equipos ubicados en la torre como a los equipos dentro de la sala de equipos. Cabe destacar que en la torre existente barras de tierra al cual deben aterrizarse los equipos outdoor y dentro de la estación su respectiva barra de tierra para los equipos indoor. Todas as estaciones de CNT EP de este proyecto cumplen con las recomendaciones ANSI T1.333-2001 depuesta a tierra de equipos de telecomunicaciones (Grounding and Bonding of Telecommunications

Equipment), ANSI ¹⁰ T1.334-2002 de protección eléctrica de las torres de comunicaciones y estructuras asociadas (Electrical Protection of Communications Towers and Associated Structures) entre otras.

La CNT EP considera que los equipos de telecomunicaciones tanto indoor y outdoor deben tener una distancia mínima de 3 metros hacia la barra de tierra para garantizar el nivel de potencial como soportar descargas eléctricas, en caso de no existir una barra cercana se debe colocar dicha barra y la conexión a la malla interna de la estación.

Las estaciones cuentan con pararrayos y supresor de transientes de altos voltaje en caso de descarga atmosféricas o sobretensiones del suministro de energía público, protegiendo a los equipos de telecomunicaciones a nivel de energía.

4.2 Estudio de propagación para las nuevas frecuencias SHF.

El estudio de propagación se realizará utilizando las coordenadas de las estaciones de CNT EP que constan en la Tabla No. 3.1 de “Infraestructura Pre-Establecida para Red Nacional de Microonda”, con las cuales se han realizado los enlaces que proporcionarán la conectividad de acuerdo al caudal de datos por estación repetidora y emplazamiento antes determinados. La topología consta en la Figura No. 4.7 de “Topología de Red Nacional de Microonda Herramienta Pathloss 5.0”, donde se observa que la mayor cantidad de enlaces son en la región sierra y la conectividad de las estaciones hacia la región costa.

Para la realización del estudio de la propagación de los enlaces considerados en el presente proyecto, se utilizará la herramienta de simulación Pathloss 5.0, la cual permite entre otros cálculos determinar lo siguiente:

- Perfil del terreno (*Terrain Data*)
- Altura de antenas (*Antenna Heights*)

¹⁰ANSI: Instituto Nacional Estadounidense de Estándares (ANSI, por sus siglas en inglés: *American National Standards Institute*)

- Cálculo de pérdidas por Multitrayectorias y Reflexiones (*Multipath – reflections*)
- Pérdidas por Difracción (*Diffraction loss*)
- Análisis de transmisión (*Transmission analysis*)

Para el cálculo del perfil de terreno esta herramienta Pathloss 5.0 utiliza el modelo digital de elevación STRM (*Shuttle Radar Topography Mission*) que proporciona cartas topográficas digitales de alta resolución de la Tierra, y con ello se determina el perfil de un enlace, para lo cual en la herramienta se debe previamente haber ingresado las coordenadas de las estaciones en la malla principal y crear enlaces entre las estaciones requeridas, esto es unir los sitios ingresados para obtener la topología de la Figura No. 4.7.

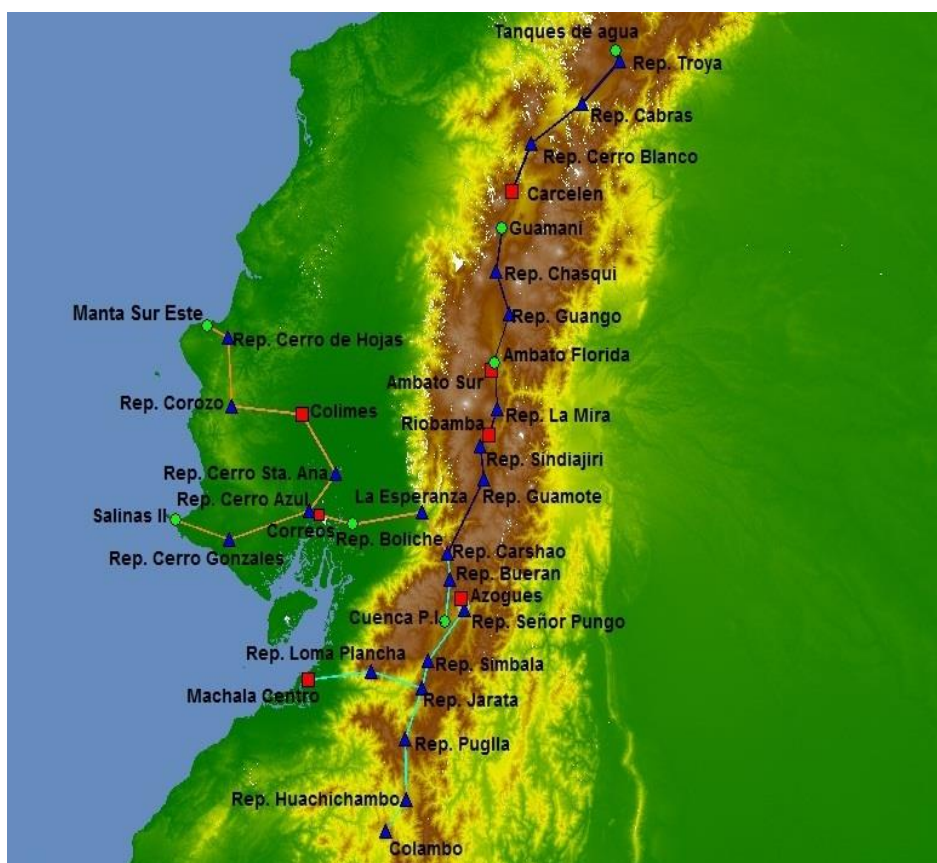


Figura No. 4.7 Topología de Red Nacional de Microonda en Herramienta Pathloss

En la herramienta se selecciona un enlace de los creados en la malla principal que se observa en la Figura No. 4.7, y como ejemplo se seleccionara el enlace Estación Repetidora Guamote dirección Estación Repetidora Carshao en la banda de 4 GHz, con lo cual seleccionando la opción de “Perfil de Terreno”(Terrain Data) del menú “Diseño” (Desing), y se genera el perfil para este enlace como se observa en la Figura No. 4.8 de “Perfil de terreno enlace Guamote – Carshao”, y con ello poder determinar la altura mínima que requieren las antenas en ambos extremos del enlace.

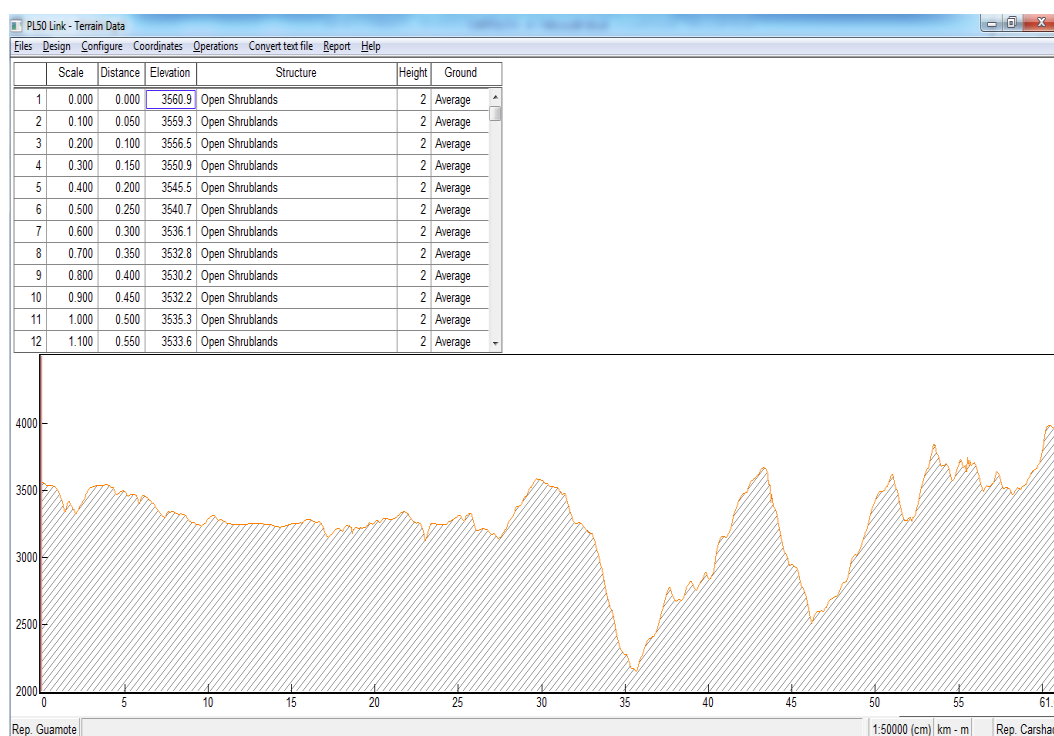


Figura No. 4.8 Perfil de terreno enlace Guamote – Carshao

Una vez generado el perfil del terreno, se selecciona del menú “Diseño” la opción Altura de Antena (*Antenna Heights*), donde se selecciona la opción de “calcular altura”, que es el icono mostrado en la pantalla en forma de calculadora, el cual muestra la línea de vista y la altura mínima requerida para que exista línea de vista, como se observa en Figura No. 4.9 de “Calculo de altura de antena”, donde se indica que a 5 metros de altura (TR y DR de la pantalla) con una tolerancia se puede colocar en ambos extremos del enlace las antenas y lograr la línea de vista. Cabe destacar que la herramienta Pathloss 5.0 tiene incluido en el software el tipo de terreno o superficie que cruza el enlace definiéndolo como vegetación, agua,

pantanos, etc, y con la altura promedio que este tipo de superficie tiene, lo cual servirá posteriormente para el cálculo de la difracción y reflexión del enlace.

Por cuanto de acuerdo al espacio en torre en la estructura existente en la estación repetidora o central de CNT EP y al cálculo mínimo de donde se debe colocar las antenas para que exista línea de vista, con estos dos parámetros se determinará dónde es la mejor opción para colocar la antena en cada estación repetidora de tal manera de garantizar la línea de vista y que la infraestructura existente soporte la implementación de esta nueva antena. Una vez determinada la altura donde se colocara la antena, esta se lo coloca en la configuración “Altura de Antena” (*Antenna Heights*) como se observa en la Figura No. 4.9 de “Cálculo de altura de antena”, donde se colocara la altura de la antena principal (TR) y la antena de diversidad en caso de aplicar (DR) por estación. Cabe destacar que en esta opción muestra la altura mínima requerida según el cálculo de la herramienta de simulación que como se indicó para este enlace es de 5 metros.

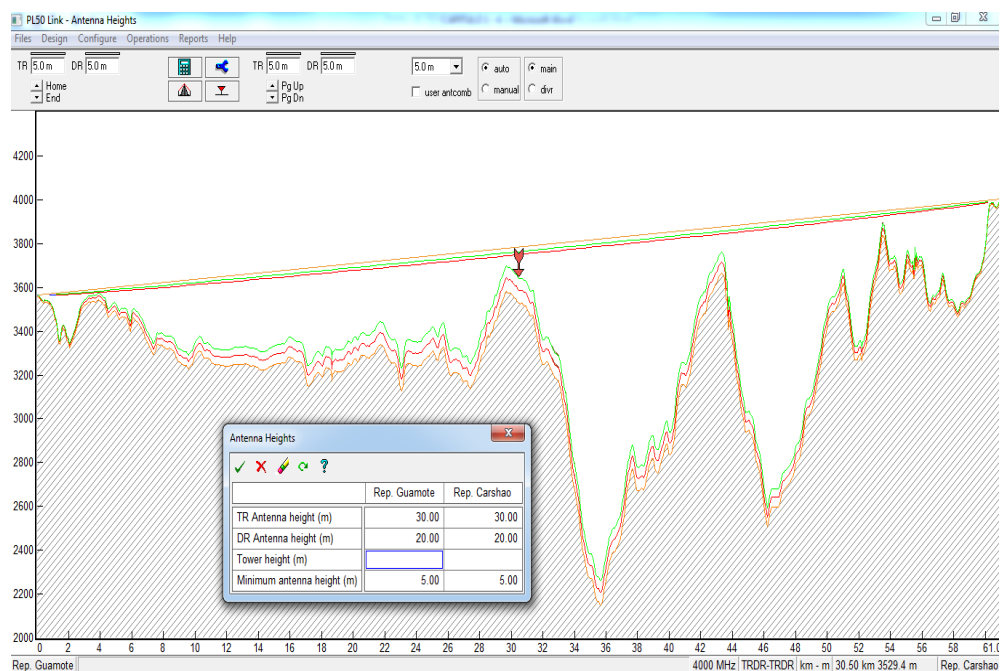


Figura No. 4.9 Cálculo de altura de antena

Una vez determinada la altura de las antenas se selecciona en el menú el “Análisis de transmisión” (*Transmission Analysis*) donde como primer paso se

selecciona el factor climático que es representado por la nube con lluvia en medio de las antenas, al seleccionarla muestra encima de la pantalla actual una nueva pantalla de “Lluvia (Rain) ITU-R P530” donde se configura la banda de frecuencia de análisis, la polarización de estudio, y los datos de la tasa de lluvia, lo cual al seleccionar las flechas, coloca automáticamente la región y estándar de la ITU que se aplica para la zona donde se ubica el enlace de estudio, como para este caso la herramienta de simulación Pathloss 5.0 selecciona automáticamente la “ITU Región P” y coloca los valores respectivos que aplican para dicha zona, datos que utilizará para el cálculo de propagación.

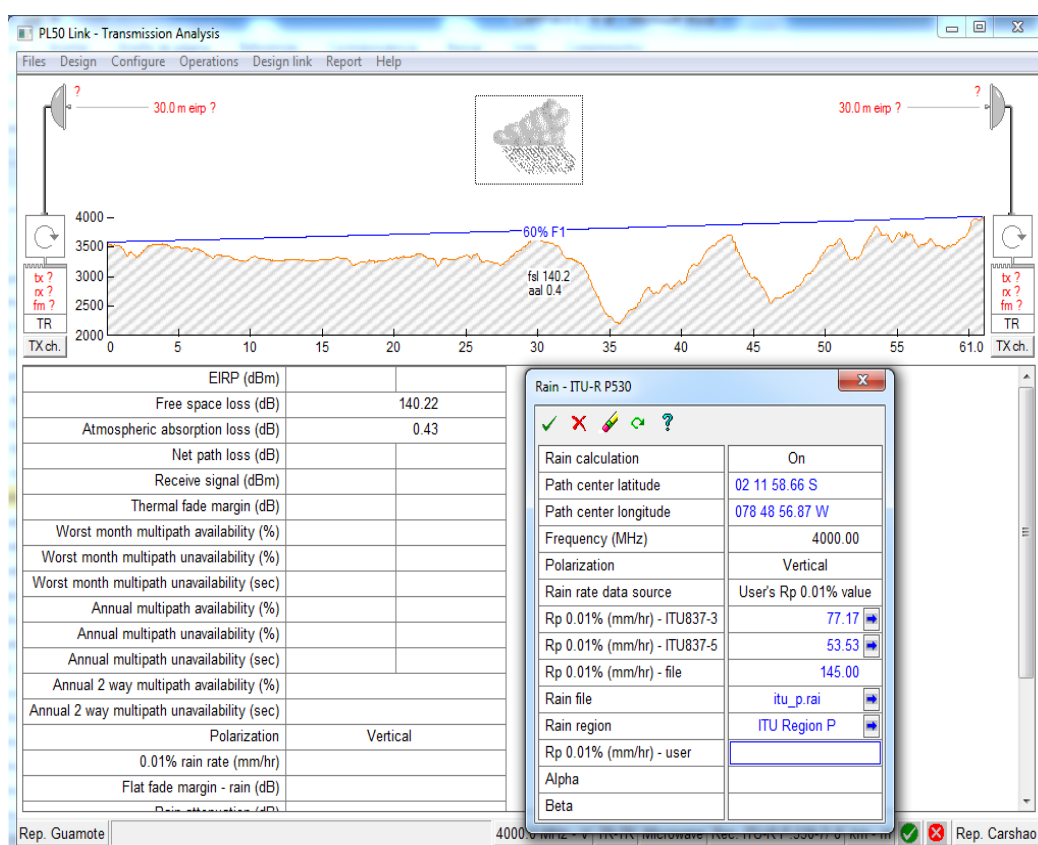


Figura No. 4.10 Análisis de transmisión de enlace Factor Climático (Lluvia)

Posteriormente se cierra la pantalla de Lluvia (Rain) y se selecciona de la pantalla el cuadro que indica **TR** o transmisor de uno de los extremos del enlace el cual despliega encima una nueva pantalla denominada “Microonda” (*Microwave*) en el cual se coloca la información sobre el equipo de microonda considerado como el modelo, la potencia de transmisión, el criterio y nivel de umbral de recepción los

cuales son tomados de las especificaciones comerciales de un equipo de ejemplo de un fabricante mostrados en el Anexo 2 de “Parámetros de radio full indoor IP”. Esta configuración se muestra en la Figura No. 4.11 de “Análisis de transmisión de enlace Equipo Microonda”.

Posteriormente se cierra la pantalla de “Microonda” y se selecciona de la pantalla el cuadro con una flecha circular, el cual despliega una nueva pantalla de configuración denominada “Unidad de acoplamiento de antena TR-TR” (*Antenna coupling unit TR-TR*), en la cual se colocan los valores de pérdidas por el filtro, tanto en la transmisión como en la recepción y otros perdidas que el fabricantes considera de acuerdo a sus especificaciones técnicas, lo cual se observa en la Figura No. 4.12 de “Análisis de transmisión de enlace Acoplador de Antena”.

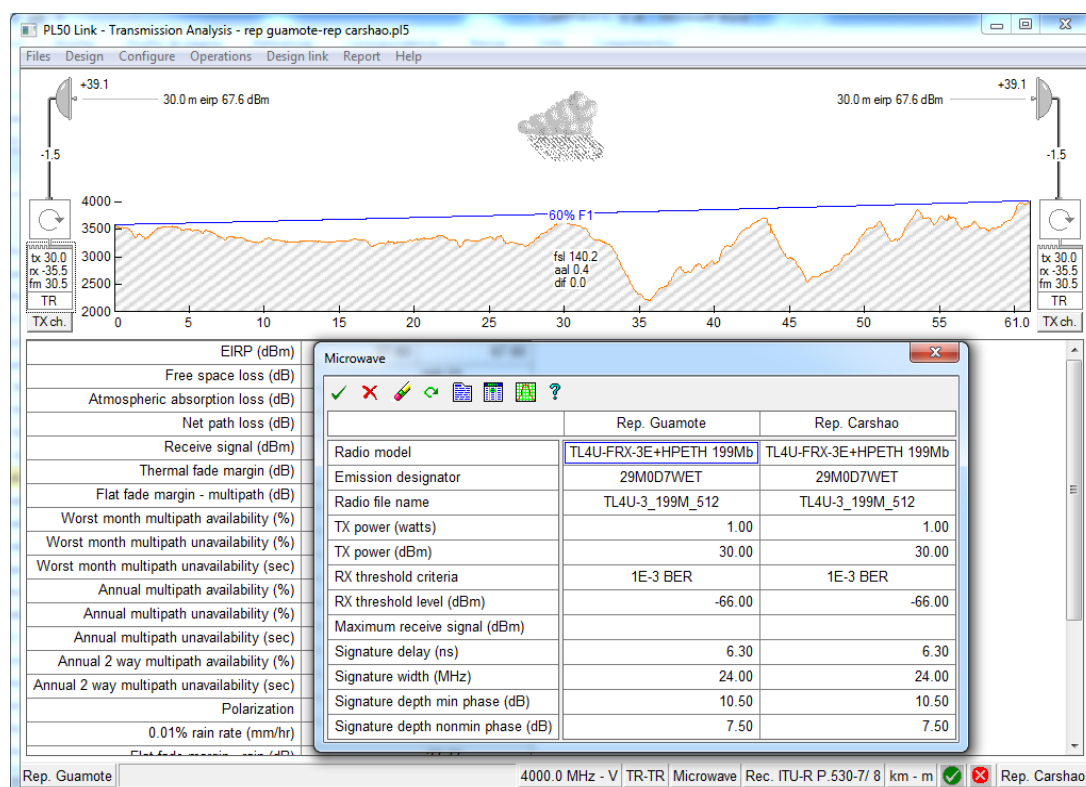


Figura No. 4.11 Análisis de transmisión de enlace Equipo Microonda

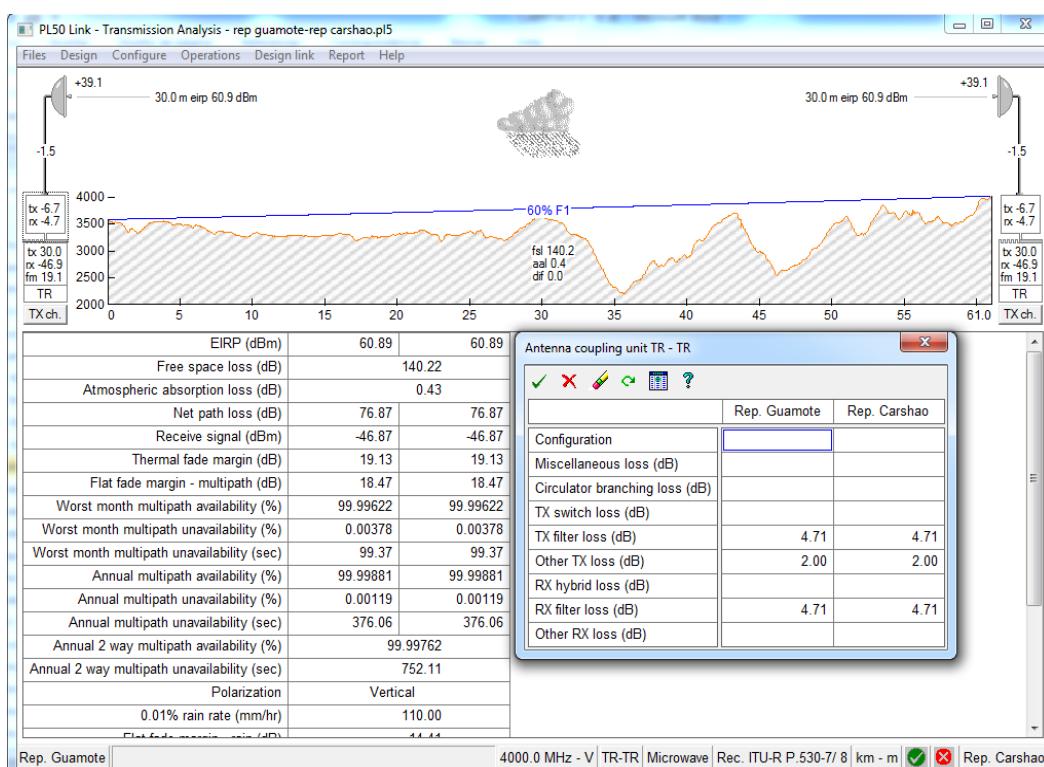


Figura No. 4.12 Análisis de transmisión de enlace Acoplador de Antena

Posteriormente se cierra la pantalla de “Unidad de acoplamiento de antena TR-TR” y se selecciona de la pantalla, la línea que une el acoplador de antena con la antena, el cual despliega una nueva pantalla de configuración denominada “Línea de transmisión TR-TR” (*Transmission lines TR – TR*), en la cual se colocan los valores de pérdidas por la guía de onda de conexión entre la antena y el equipo microonda, como también la distancia de la línea de transmisión total, lo cual se observa en la Figura No. 4.13 de “Análisis de transmisión de enlace Línea de Transmisión”.

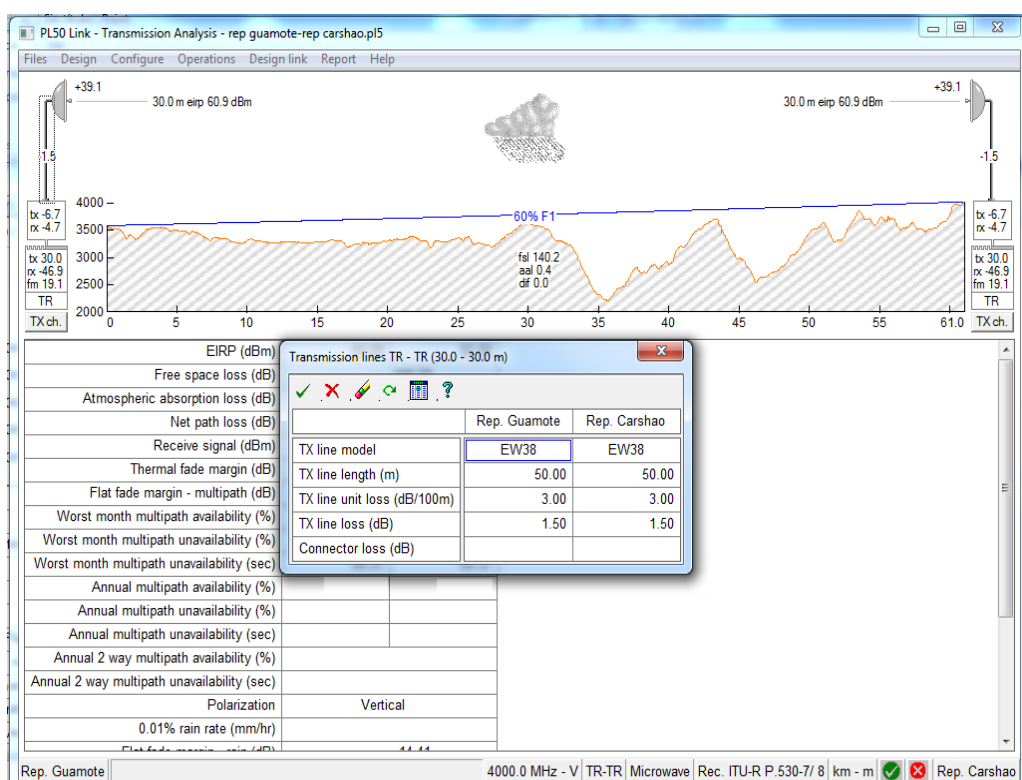


Figura No. 4.13 Análisis de transmisión de enlace Línea de Transmisión

Posteriormente se cierra la pantalla de “Línea de transmisión TR-TR” y se selecciona de la pantalla, la antena parabólica, la cual despliega una nueva pantalla de configuración denominada “Antena TR-TR” (*Antenna TR – TR*), en la cual se colocan los valores de la antena a utilizarse como son el modelo de la antena, el diámetro de la antena, la ganancia de la antena, el haz de la antena en los campos electromagnéticos, valores que son tomados del Anexo 11 de “Parámetros de antenas de UXA RFS” como también la distancia del de la línea de transmisión total, lo cual se observa en la Figura No. 4.14 de “Análisis de transmisión de enlace Antena”. Para seleccionar el tamaño de la antena a considerarse para un enlace se observa la distancia o longitud del mismo, para el caso del ejemplo entre la estación repetidora Guamote y Carshao, dicha distancia es 61 Km, por lo que considerando la tabla del Anexo 6 de “Longitudes típicas para enlaces microonda de 3 -13 GHz”, si se utilizaría una modulación de 128 QAM correspondería para este enlace una antena de diámetro de 2.4 metros, pero al utilizarse modulaciones superiores se considerará una antena de mayor diámetro esto es 3.0 metros para la primera simulación del enlace completo.

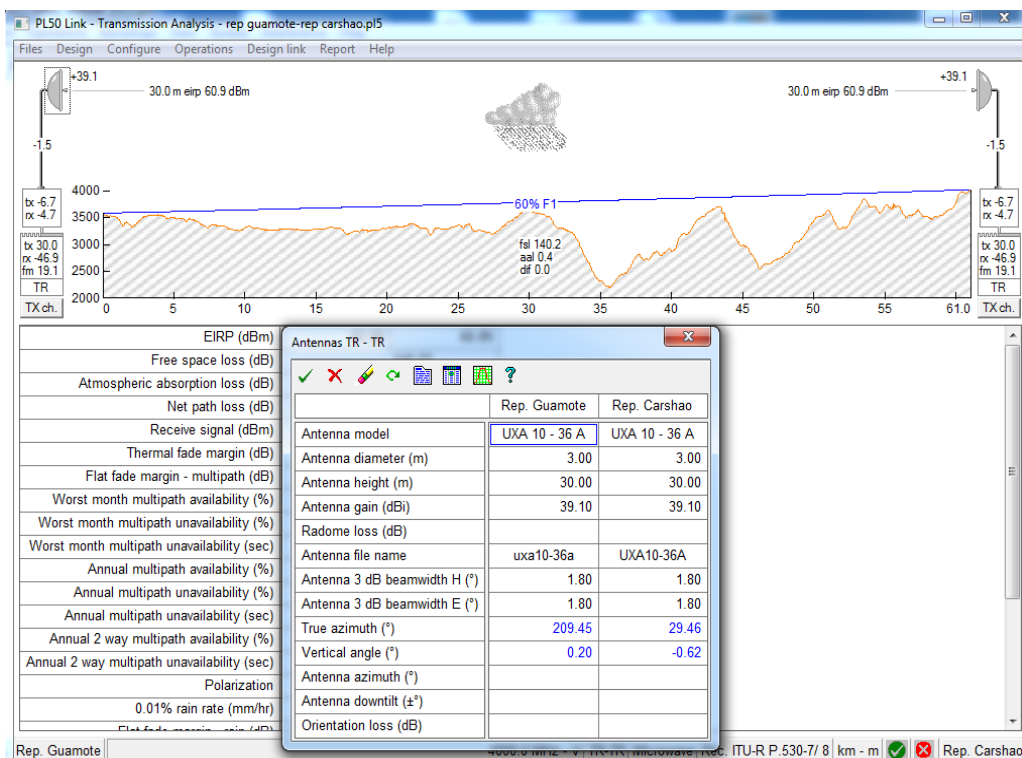


Figura No. 4.14 Análisis de transmisión de enlace Antena

Posteriormente se cierra la pantalla de “Antena” y se selecciona el perfil del terreno, lo cual despliega una nueva pantalla de configuración denominada “Datos de Perfil de Enlace” (*Path Profile Data*), en la cual se seleccionan las flechas para que realice el cálculo de la difracción y el promedio de la temperatura en la zona del enlace y con ello realice el cálculo de propagación del enlace. Esto se observa en la Figura No. 4.15 de “Análisis de transmisión Datos de Perfil de Enlace”.

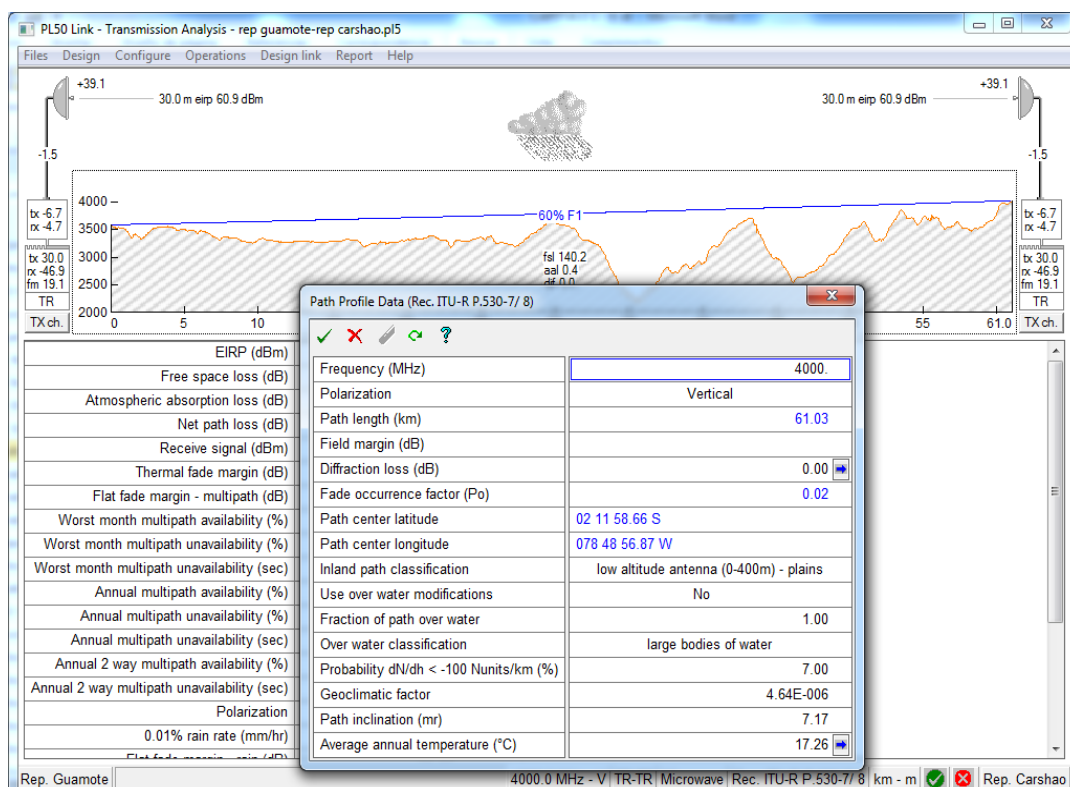


Figura No. 4.15 de Análisis de transmisión Datos de Perfil de Enlace

Una vez cerrada esta pantalla, la herramienta de simulación Pathloss 5.0 presenta los valores calculados del enlace realizado, siendo los principales a considerarse la disponibilidad anual total y el margen de desvanecimiento. Dichos valores se observan en la Figura No. 4.16 de “Análisis de transmisión Datos de Perfil de Enlace”

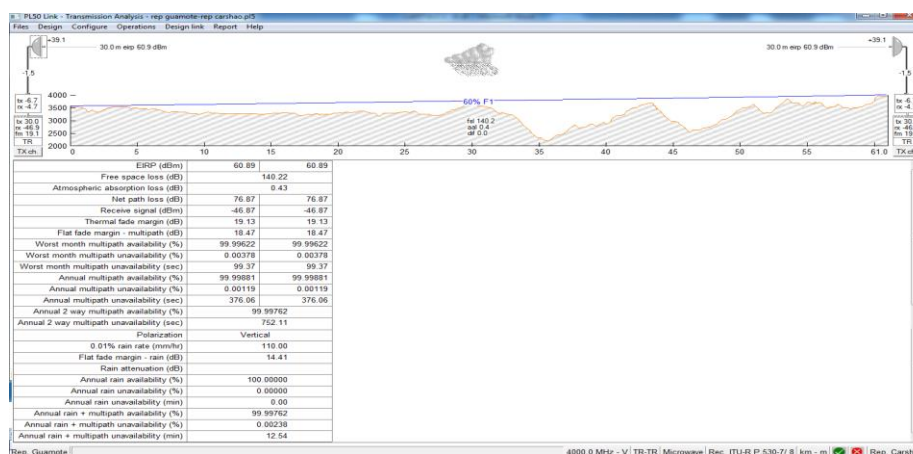


Figura No. 4.16 Análisis de transmisión Datos de Perfil de Enlace

Entre los resultados obtenidos se observan que la señal de recepción es de -46.87 dBm, lo cual es aceptable considerando que el umbral es de 66 dBm, el margen de desvanecimiento total es de 18.47 dB, que está por debajo del requerido por CNT EP de al menos 20 dB. Adicionalmente al observar la disponibilidad anual total del enlace se observa que este enlace con los parámetros establecidos antes mencionados es de 99.99762% lo cual está por debajo del requerido por CNT EP de 99.999%. Por lo indicado el enlace configurado no cumple con las especificaciones de operación requeridos por CNT EP, por lo que se procede a mejorar el enlace en los parámetros que pueden modificarse, esto es la ganancia de la antena, colocando antenas de mayor diámetro, ya que las analizadas eran de 3.0 metros con una ganancia de 39.1 dBi, y se realizará la simulación con el siguiente tamaño de antena, esto es 3.7 metros que tiene una ganancia mayor de 40.7 dBi, lo cual es modificado en la Figura No. 4.17 de “Análisis de transmisión enlace Guamote - Carshao antena de 3.7 m.” y se observa que la disponibilidad total anual sigue siendo 99.99843% , lo que no cumple con los requerimientos establecidos por CNT EP para este proyecto. El siguiente paso sería colocar una antena de mayor tamaño pero al no poderse colocar antenas de mayor diámetro por restricción de CNT EP, se debe buscar otra alternativa, esto es colocar una diversidad de espacio a este enlace con la colocación de una nueva antena.

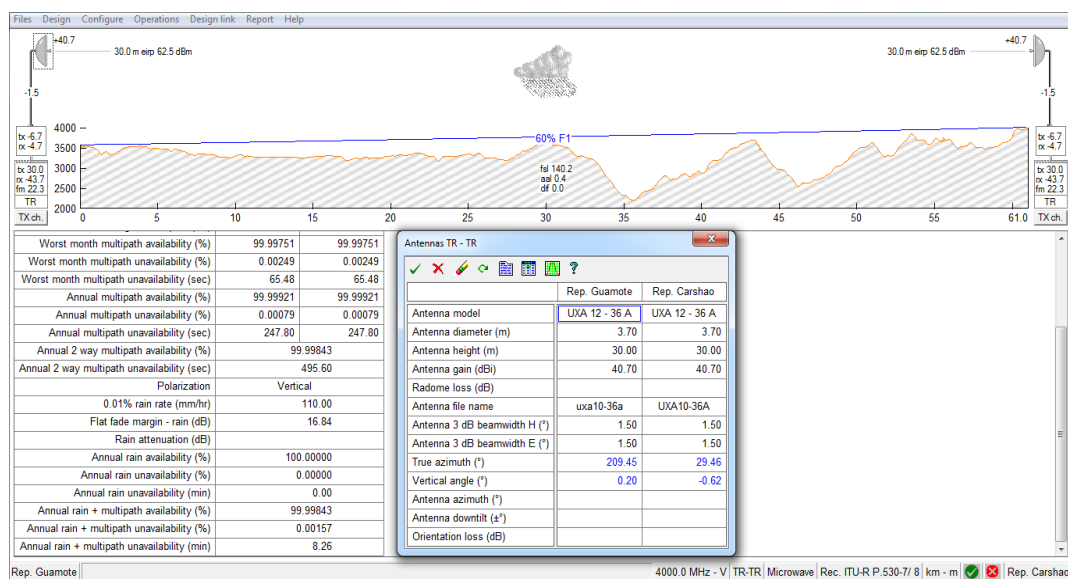


Figura No. 4.17 Análisis de transmisión enlace Guamote - Carshao antena de 3.7 m

Para colocar la nueva antena para la diversidad de espacio en la pantalla de “Análisis de Transmisión”, se selecciona la configuración de antena, cambiando de transmisión recepción (TR), a transmisión recepción diversidad recepción (TRDR) como se observa en la Figura No. 4.18 de “Análisis de transmisión enlace Guamote - Carshao configuración de diversidad”.

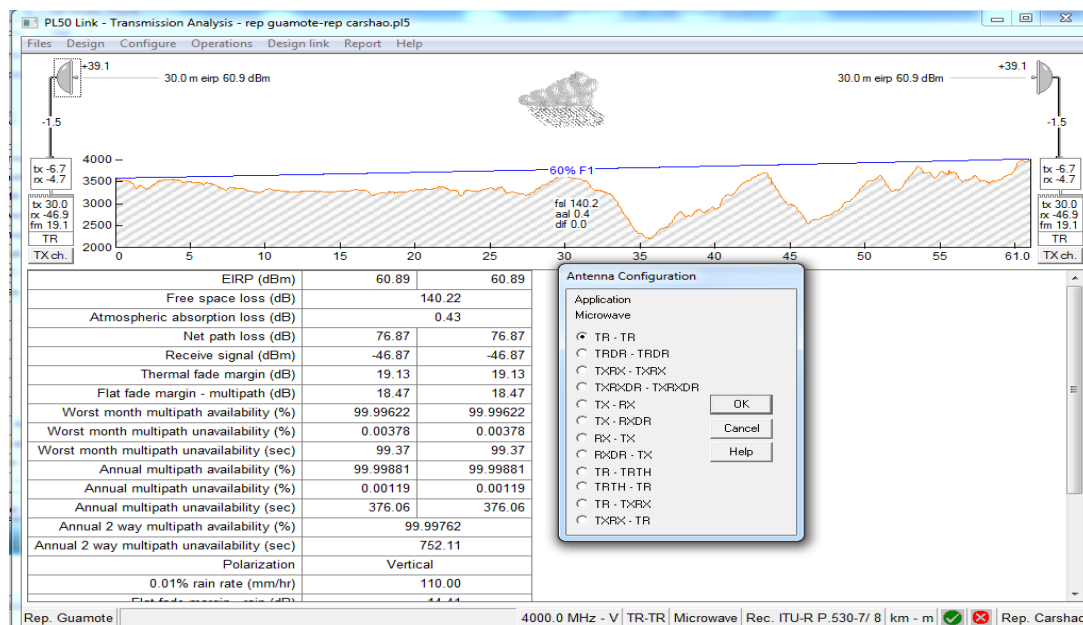


Figura No. 4.18 Análisis de transmisión enlace Guamote - Carshao configuración de diversidad

Al seleccionar esta opción se muestra una nueva antena, la cual debe configurarse los parámetros de la antena, microonda, guía de onda, acoplador de antena como se realizó anteriormente, considerando los valores para cuando se trata de una diversidad, lo cual es proporcionado por los fabricantes de equipos, con lo cual se obtiene la Figura No. 4.19 de “Análisis de transmisión enlace Guamote - Carshao con diversidad de espacio”, y se considera una separación de 10 metros entre las antenas de la diversidad de acuerdo a la disponibilidad en torre existente, considerándose que mientras mas alejadas este las antenas en la misma torre mejores resultados tendrán en el enlace.

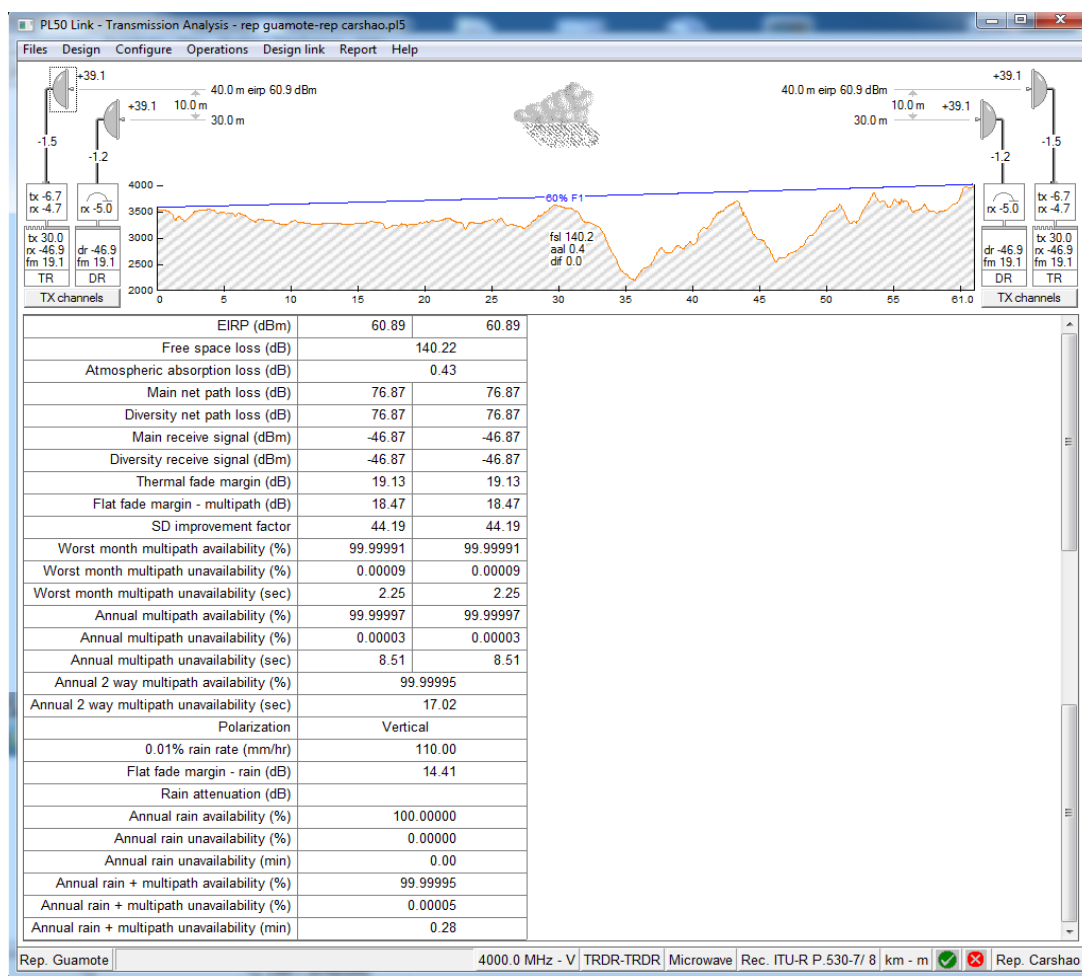


Figura No. 4.19 Análisis de transmisión enlace Guamote - Carshao con diversidad de espacio

De los resultados obtenidos al aplicar la diversidad de espacio y considerando enlaces simétricos como se observa en la Figura No.4.19, que utiliza antenas de 3.0 metros de diámetro con lo cual el margen total de desvanecimiento es cercano a 20 dBm, y la disponibilidad del enlace es 99.99995%, lo cual cumple con el requerimiento de CNT EP, y garantiza la correcta operación del enlace de acuerdo a la simulación en la herramienta Pathloss 5.0.

Para una mejor visualización de los cálculos realizados por la herramienta de simulación Pathloss 5.0, se mostrará los cálculos de pérdidas por multitrayectos para determinar su afectación al enlace propuesto, para lo cual se utiliza varios métodos, considerando para este proyecto del plano reflexivo que muestra en punto en medio

del trayecto donde se concentran la mayor parte de multitrayectos o reflexiones como se observa en la Figura No. 4.20 de “Punto para cálculo de multitrayectos y reflejos” y posteriormente aplicar el método para obtener resultados como se observa en la Figura No. 4.21 de “Análisis de Plano Reflejado”

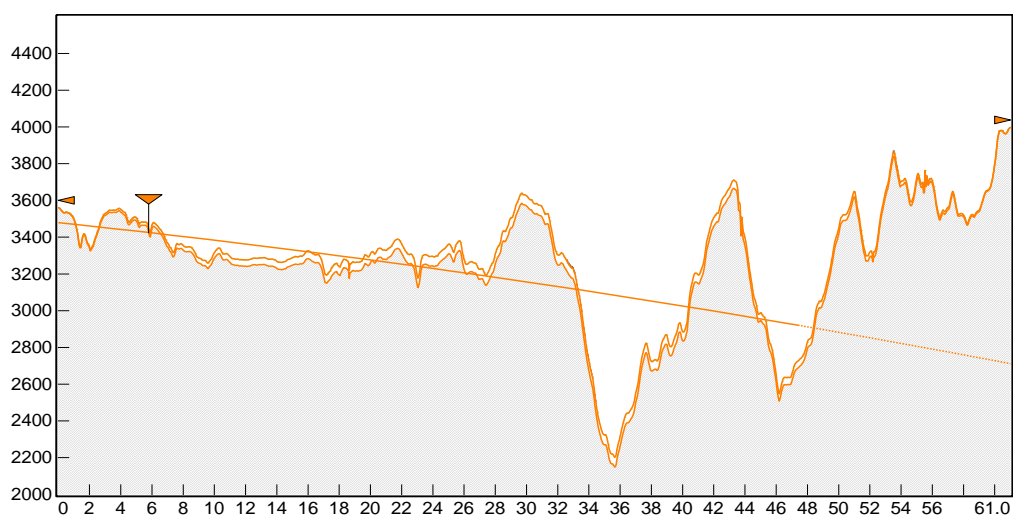


Figura No. 4.20 Punto para cálculo de multitrayectos y reflejos

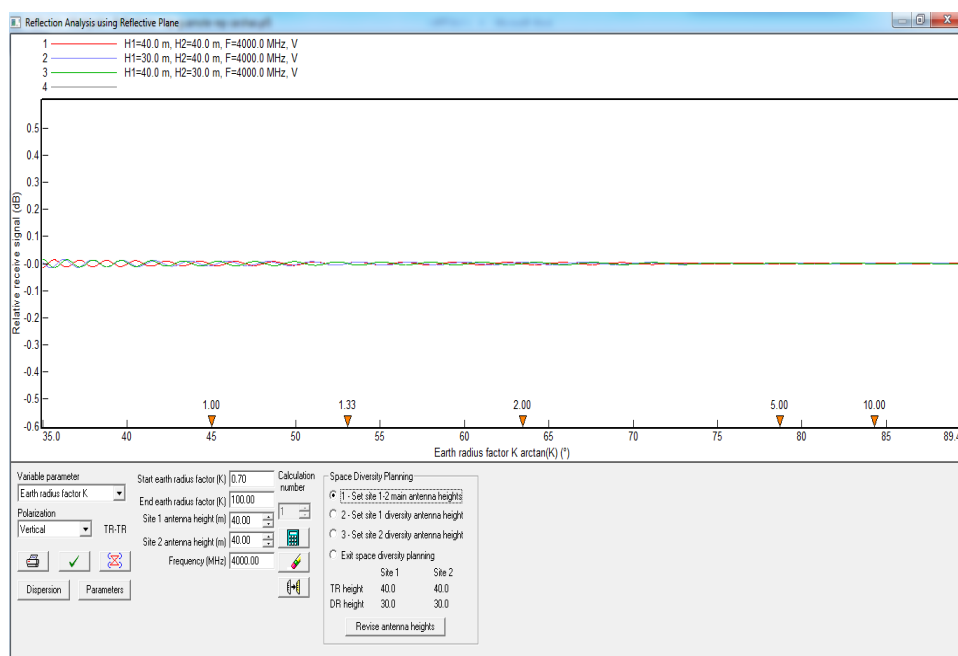


Figura No. 4.21 Análisis de Plano Reflejado

Una vez realizados los cálculos de pérdidas por multitrayectorias y reflejos, se realiza el cálculo por Difracción, como se muestra en la Figura No. 4.22 de “Cálculo de Difracción”

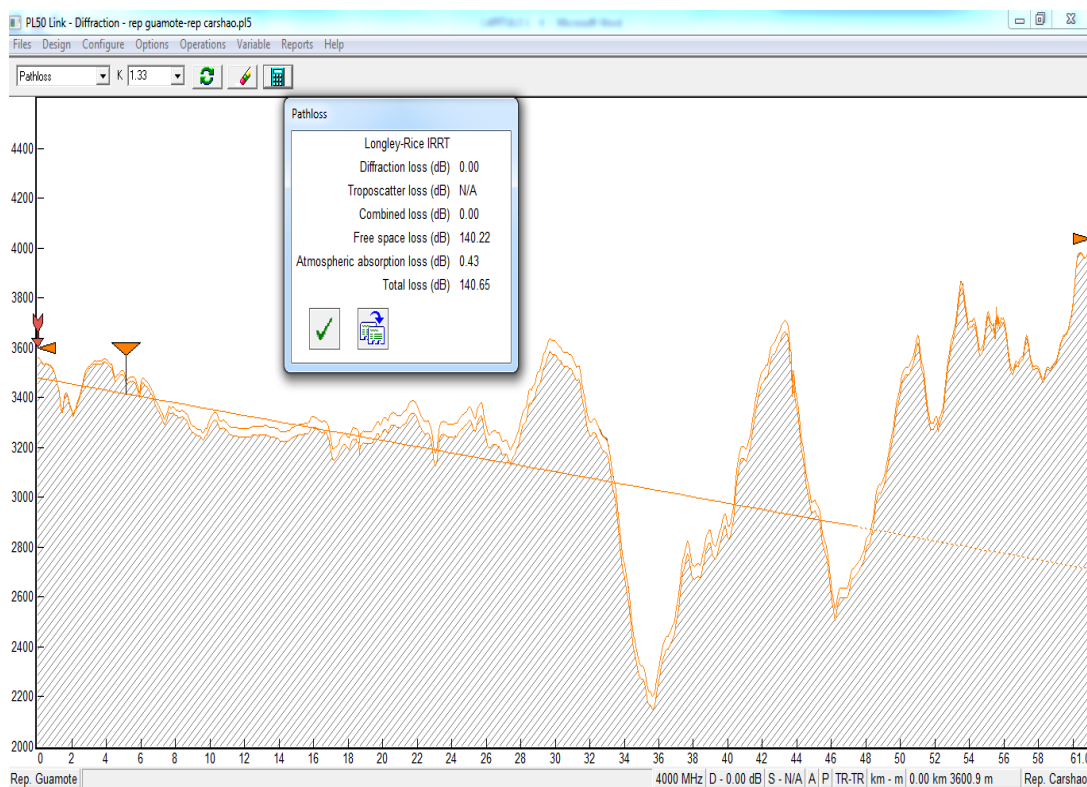


Figura No. 4.22 Cálculo de Difracción

Con el enlace simulado, se pueden obtener los reportes completos como se observa en la Figura No. 4.23 de “Análisis de Transmisión obtención de reporte”, donde se obtiene lo que se requiera conocer del enlace simulado y se lo realiza para cada enlace en la banda de interés considerando todos los parámetros necesarios para que opere el enlace, considerando que si no se coloca algún parámetro o es incorrecto no presentara resultados o estos serán erróneos.

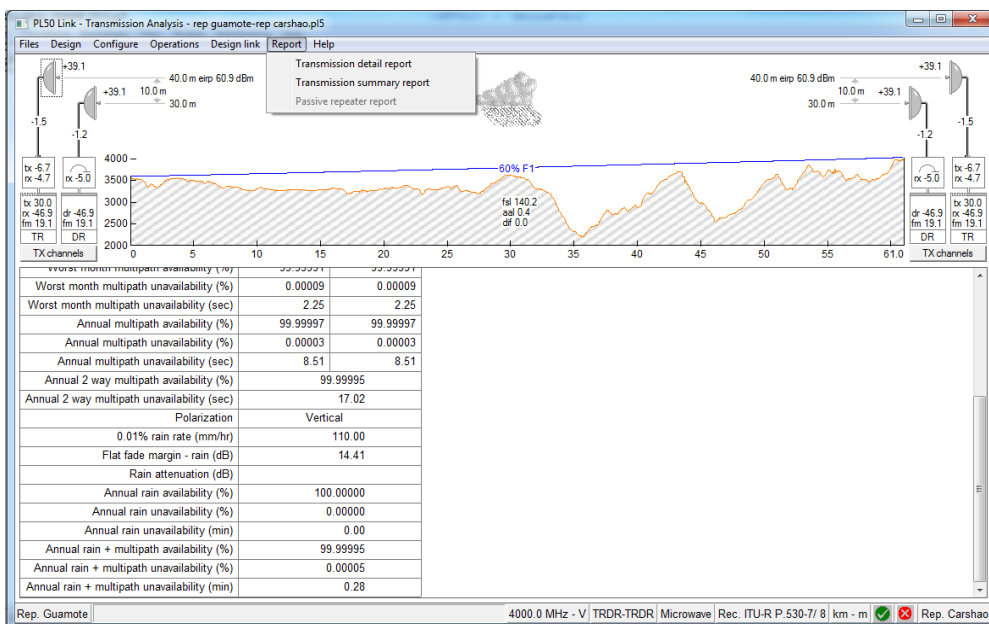
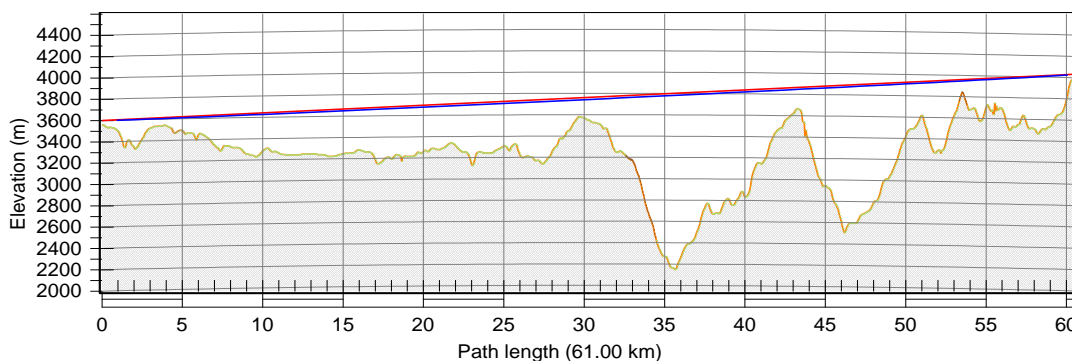


Figura No. 4.23 Análisis de Transmisión obtención de reporte

A continuación se muestra el resultado del reporte completo que incluye el perfil del enlace, el cual presenta todos los datos de configuración como resultados de pérdidas y disponibilidad del enlace, lo cual se utiliza para verificar que se cumpla con el requerimiento de margen de desvanecimiento total y disponibilidad total anual del enlace en estudio.

REPORTE DETALLADO DE ENLACE GUAMOTE – CARSHAO



Rep. Guamote	
Latitude	01 57 34.00 S
Longitude	078 40 51.40 W
Azimuth	209.45°
Elevation	3561 m ASL
Antenna CL	40.0, 30.0 m AGL

Frequency (MHz) = 4000.0
K = 1.33
%F1 = 60.00

Rep. Carshao	
Latitude	02 26 23.32 S
Longitude	078 57 02.34 W
Azimuth	29.46°
Elevation	3998 m ASL
Antenna CL	40.0, 30.0 m AGL

Transmission details (Rep Guamote-Rep Carshao.pl5)

Rep. Guamote

Rep. Carshao

Latitude	01 57 34.00 S	02 26 23.32 S
Longitude	078 40 51.40 W	078 57 02.34 W
True AZIMUT (°)	209.45	29.46
Vertical angle (°)	0.20	-0.62
Elevation (m)	3560.87	3997.99
Antenna model	UXA 10 - 36 A (TR)	UXA 10 - 36 A (TR)
Antenna file name	uxa10-36a	UXA10-36A
Antenna gain (dBi)	39.10	39.10
Antenna height (m)	40.00	40.00
TX line model	EW38	EW38
TX line unit loss (dB/100 m)	3.00	3.00
TX line length (m)	50.00	50.00
TX line loss (dB)	1.50	1.50
TX filter loss (dB)	4.71	4.71
Other TX loss (dB)	2.00	2.00
RX filter loss (dB)	4.71	4.71
Antenna model	UXA 10 - 36 A (DR)	UXA 10 - 36 A (DR)
Antenna file name	UXA10-36A	UXA10-36A
Antenna gain (dBi)	39.10	39.10
Antenna height (m)	30.00	30.00
TX line model	EW38	EW38
TX line unit loss (dB/100 m)	3.00	3.00
TX line length (m)	40.00	40.00
TX line loss (dB)	1.20	1.20
Diversity RX circulator loss (dB)	0.30	0.30
Other diversity RX loss (dB)	4.71	4.71
Frequency (MHz)		4000.00
Polarization		Vertical
Path length (km)		61.03
Free space loss (dB)		140.22
Atmospheric absorption loss (dB)		0.43
Diffraction loss (dB)		0.00
Main net path loss (dB)	76.87	76.87
Diversity net path loss (dB)	76.87	76.87
Radio model	TL4U-FRX-3E+HPETH	TL4U-FRX-3E+HPETH
Radio file name	TL4U-3_199M_512	TL4U-3_199M_512
TX power (dBm)	30.00	30.00
Emission designator	29MOD7WET	29MOD7WET
EIRP (dBm)	60.89	60.89
RX threshold criteria	1E-3 BER	1E-3 BER
RX threshold level (dBm)	-66.00	-66.00
Main receive signal (dBm)	-46.87	-46.87
Diversity receive signal (dBm)	-46.87	-46.87
Thermal fade margin (dB)	19.13	19.13
XPD fade margin - multipath (dB)	27.01	27.01
Flat fade margin - multipath (dB)	18.47	18.47
Geoclimatic factor		4.136E-007
Path inclination (mr)		7.17
Average annual temperature (°C)		17.26

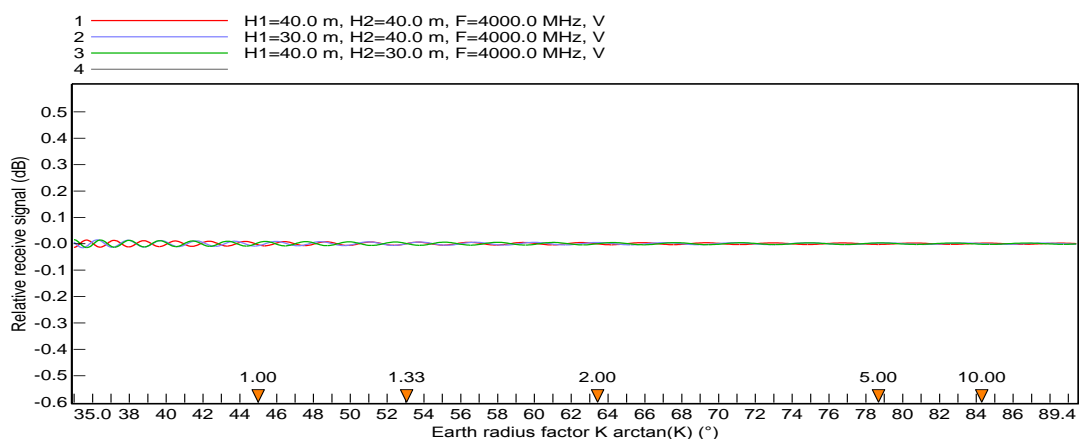
Fade occurrence factor (Po)	2.012E-003	
SD improvement factor	44.19	44.19
Worst month multipath availability (%)	99.99991	99.99991
Worst month multipath unavailability (%)	0.00009	0.00009
Worst month multipath unavailability (sec)	2.25	2.25
Annual multipath availability (%)	99.99997	99.99997
Annual multipath unavailability (%)	0.00003	0.00003
Annual multipath unavailability (sec)	8.51	8.51
Annual 2 way multipath availability (%)	99.99995	
Annual 2 way multipath unavailability (sec)	17.02	
Polarization	Vertical	
0.01% rain rate (mm/hr)	110.00	
Flat fade margin - rain (dB)	14.41	
Annual rain availability (%)	100.00000	
Annual rain unavailability (%)	0.00000	
Annual rain unavailability (min)	0.00	
Annual rain + multipath availability (%)	99.99995	
Annual rain + multipath unavailability (%)	0.00005	
Annual rain + multipath unavailability (min)	0.28	

Diffraction report (Rep Guamote-Rep Carshao.pl5)

Diffraction algorithm	Pathloss	
Multiple knife edge method	Deygout	
Maximum number of obstacles	2	
Obstacle radius method	Major obstacle only	
Foreground loss method	Scaled height-gain	
	Rep. Guamote	Rep. Carshao
Elevation (m)	3560.87	3997.99
Antenna height (m)	40.00	40.00
Effective antenna height (m)	246.96	674.51
Distance (km)		61.00
Frequency (MHz)		4000.00
Earth radius factor K		1.33
Polarization		Vertical
Tree type		Dry bare trees
Ground type		Average

Longley-Rice IRRT

Terrain elevation range (m)	0.00
Loss (dB)	0.00
Diffraction loss (dB)	0.00
Tree - building loss (dB)	0.00
Free space loss (dB)	140.22
Atmospheric absorption loss (dB)	0.43
Total loss (dB)	140.65



Reflective plane defined between 0.00 and 47.41 km (least squares fit)

	Rep. Guamote	Rep. Carshao
Latitude	01 57 34.00 S	02 26 23.32 S
Longitude	078 40 51.40 W	078 57 02.34 W
True AZIMUT (°)	209.45	29.46
Path length (km)	61.00	
Elevation (m)	3560.87	3997.99
Antenna height (m)	40.00	40.00
Antenna 3 dB beamwidth (°)		
Vertical angle	0.20	-0.62
Antenna downtilt (±°)		
Orientation loss (dB)		
Discrimination angle (°)	2.15	0.23
Discrimination (dB)		
Earth radius factor K	1.33	
Frequency (MHz)	4000.00	
Polarization	Vertical	
Terrain roughness (m)	42.84	
Ground cover / clearance loss (dB)		
Use divergence	No	
Reflection point location (km)	5.78	
Reflection loss (dB)	63.32	
Reflection delay (ns)	15.19	

4.2.1 Análisis de resultados

La simulación de cálculo de propagación de todos los enlaces considerados en este proyecto en la banda de 4 GHz fue realizada con la herramienta de simulación de enlaces de microonda Pathloss 5.0, cuyos reportes completos constan en el Anexo No. 4.3 de “Estudio de propagación y disponibilidad de enlaces para la red alternativa en 4 GHz”, por cuanto del análisis y de los barridos espectrales, se determinó que presenta 6 canales libres en ambas polaridades lo cual es requerido para este proyecto.

En la herramienta de simulación Pathloss 5.0 se variaron los parámetros que pueden ser mejorados o modificados como se realizó en el ejemplo del enlace Estación Repetidora Guamote dirección Estación Repetidora Carshao para alcanzar o superar la disponibilidad total anual esperada de 99.999%, esto es aumentando la ganancia de la antena determinada por el tamaño del diámetro de la misma, y en el caso de que se requiera una antena de mayor diámetro al permitido de 3.7 metros por el condicionamiento de CNT EP, para alcanzar el margen total de desvanecimiento y la disponibilidad total anual esperada, se mejora el enlace adicionando antenas de menor o igual diámetro aplicando la diversidad de espacio, mejorando significativamente la disponibilidad total anual.

Con la herramienta de simulación Pathloss 5.0, se puede ir variando los parámetros de la antena, inclusión de diversidad de espacio, pérdidas de línea, etc, para alcanzar la disponibilidad total anual y los demás parámetros de enlace como el campo de recepción que debe estar muy por debajo del nivel del umbral del equipo, considerado de -66 dBm, con un margen de desvanecimiento superior a los 15 dB para garantizar la operación del enlace considerando que en la banda de 4 GHz la atenuación por lluvia es despreciable.

Los principales parámetros a considerarse para análisis de resultados son los señalados en el “Reporte Detallado de Enlace Guamote – Carshao” como son la ganancia de antena, pérdida en el espacio libre, señal de recepción, margen total de desvanecimiento, atenuación por lluvia, indisponibilidad total peor mes, y disponibilidad total anual e indisponibilidad total anual, los cuales son los parámetros que determinan si se cumple con las condiciones de CNT EP y garantizaran los márgenes disponibles para que no existan problemas de desvanecimientos en la operación de los enlaces. Estos parámetros son obtenidos de las simulaciones realizadas de todos los enlaces que constan en los Anexo 13, 14 y 15 en las bandas de 4 GHz, 6 GHz y 8 GHz respectivamente, y son tabulados en la Tabla No. 4.3 “Principales resultados de parámetros de enlaces simulados en Pathloss 5.0”, para observar su variación de parámetros entre los enlaces y el tipo de disponibilidad de cada uno.

Para analizar la disponibilidad total anual de los enlaces en la banda de 4 GHz y su variación al modificar los parámetros del enlace, se consideraran como ejemplo los tipos de enlaces más representativos, con una óptima disponibilidad, mediana disponibilidad y de baja disponibilidad. Cabe destacar que en la banda de 4GHz no se observa la atenuación por lluvia que equivale a cero, por cuanto en esta frecuencia dicha atenuación es despreciable a diferencia de bandas de 6 y 8GHz donde la lluvia puede afectar el enlace.

4.2.2 Análisis de disponibilidad anual de enlaces en banda de 4 GHz.

Para analizar la disponibilidad anual de los enlaces en la banda de 4 GHz y su variación al modificar los parámetros del enlace, se consideraran como ejemplo los tipos de enlaces más representativos, con una óptima disponibilidad, mediana disponibilidad y de baja disponibilidad.

Se considera enlaces de optima disponibilidad aquellos que una vez realizada la simulación, el resultado es de 100% de disponibilidad anual estos son: Azogues – Señor Pungo, Tanque de Agua – Troya, Puglla – Huachichambo, La Mira – Riobamba, y Riobamba – Sindiajiri. Estos enlaces tienen una distancia menores a 20 Km, sin que se requiera mejoras como la diversidad de espacio o incrementar el tamaño de la antena para mejorar los parámetros del enlace, por cuanto el menor tamaño de antena para la banda de 4 GHz comercialmente es de 1.8 metros de diámetro.

Se considera que los enlaces de mediana disponibilidad son los que una vez realizada la simulación, el resultado de la simulación supera la disponibilidad 99,999% anual utilizando antenas de mayor tamaño de 1.8 metros hasta el limitante de CNT EP de diámetro de 3.7 metros y utilizando mejoras como la diversidad de espacio para dicha disponibilidad y el margen de desvanecimiento esperado. En este grupo están todos los enlaces a excepción de los que al aplicar todas las mejoras no alcanzan la disponibilidad esperada. Cabe mencionar que en estos enlaces cuando se alcanza la disponibilidad requerida, también se requiere mejorar el margen de desvanecimiento y tratar de que este cerca de 20 dB para garantizar su operación sin

que este sea afectado por los desvanecimientos por multitrayecto, la cual es lo que más afecta en la banda de 4 GHz.

Se considera enlaces de baja disponibilidad a los que una vez realizado el diseño de los enlaces no alcanzaron la disponibilidad requerida de 99,999% por cuanto por infraestructura disponible no se permite colocar antenas de mayor tamaño o más antenas para mejorar el enlace mediante la diversidad de espacio y en la simulación su disponibilidad es menor a la esperada esto es de 99.99875 para el enlace Cerro Azul – Cerro González y de 99,99851 para el Cerro Azul – Cerro Santa Ana. Esta afectación se debe a que estos enlaces atraviesan zonas de alta reflexión y multitrayectos que afectan considerablemente a los enlaces microonda. Cabe destacar que el enlace Cerro Azul – Cerro Santana no se aplica la diversidad de espacio por cuanto la infraestructura de la torre en Cerro Azul no soporta más sobrecarga ya que se debe considerar la colocación de dos antenas de 3.7 metros hacia Cerro Gonzalez.

4.2.3 Análisis comparativo de bandas SHF

Como análisis adicional y de carácter comparativo, se ha realizado la simulación en la herramienta Pathloss 5.0 de los enlaces determinados para la banda de 6 GHz y 8 GHz los cuales constan en el Anexo No. 4.4. “Estudio de propagación y disponibilidad de enlaces para la red alternativa en 6 GHz” y Anexo No. 4.5 “Estudio de propagación y disponibilidad de enlaces para la red alternativa en 8 GHz”, en el caso de que se disponga de los 6 canales requeridos en ambas polaridades, utilizando el mismo equipamiento de radio como manteniendo el tamaño de antena, variando únicamente los parámetros comerciales de la antena de acuerdo a la banda en la que operan, con los parámetros de los manuales del mercado que constan en los Anexos 4.1 y 4.2. Con los principales resultados obtenidos de estas simulaciones por enlace se ha conformado la Tabla No. 4.3 de “Principales resultados de parámetros de enlaces simulados en Pathloss 5.0” para determinar la variación de acuerdo a los cálculos de propagación de los enlaces.

4.3 Comparación de indicadores de calidad del radioenlace por cada banda SHF libre.

Por cuanto del análisis de bandas libres se determinó que la banda SHF a utilizarse es la de 4 GHz, para comparar la calidad de esta banda respecto a otras bandas SHF que se podría utilizar como son la banda de 6 GHz y 8 GHz, se realizaron las simulaciones de los enlaces con la herramienta Pathloss 5.0 considerando las mismas condiciones de alturas, tipo de diámetro de antena y equipamiento, como los parámetros comerciales en las bandas indicadas con lo cual se ha determinado lo siguiente:

- En las pérdidas en el espacio libre se observa que mientras se incrementa la frecuencia se incrementa las pérdidas
- En la señal de recepción se observa que a mayor frecuencia, mayor señal de recepción, esto por cuanto la ganancia de las antenas de un mismo diámetro aumentan su ganancia en bandas de frecuencias superiores.
- En el margen de desvanecimiento se observa que a mayor frecuencia, mayor margen de desvanecimiento, esto por cuanto la ganancia de las antenas de un mismo diámetro aumentan su ganancia en bandas de frecuencias superiores.

Tabla No. 4.3

#	ESTACIONES DE CNT EP ENLACES MICROONDA		DISTANCIA ENLACE Km	CONFIGURACIÓN (1+0, SD)	DIAMETRO DE ANTENA (m)	GANANCIA DE ANTENA (Antenna gain) dBi			PERDIDA EN ESPACIO LIBRE (Free space loss) dB			SEÑAL DE RECEPCIÓN (Receive signal) dBm			MARGEN TOTAL DE DESVANECIMIENTO (Thermal fade margin) dB			ATENUACION POR LLUVIA (Rain attenuation) dB			INDISPONIBILIDAD TOTAL PEOR MES (SEGUNDOS)			DISPONIBILIDAD TOTAL ANUAL (%)			INDISPONIBILIDAD TOTAL ANUAL (MINUTOS)											
	SITIO A	SITIO B				4 GHz	6 GHz	8 GHz	4 GHz	6 GHz	8 GHz	4 GHz	6 GHz	8 GHz	4 GHz	6 GHz	8 GHz	4 GHz	6 GHz	8 GHz	4 GHz	6 GHz	8 GHz	4 GHz	6 GHz	8 GHz	4 GHz	6 GHz	8 GHz	4 GHz	6 GHz	8 GHz						
1	Rep. Cerro de Hojas	Rep. Corozo	49,28	SD	3,0	39,1	43,2	45,5	138,36	141,88	144,38	-41,69	-37,08	-35,08	24,31	28,92	30,92	0,00	24,42	27,45	12,71	8,21	8,91	99,99966	99,99978	99,99976	1,8	1,16	1,26									
2	Rep. Cerro Blanco	Carcelén	37,76	1+0	3,0	39,1	43,5	45,5	136,05	139,57	142,07	-39,93	-34,71	-33,29	26,07	31,29	32,71	0,00	26,39	28,98	2,35	19,06	3,10	99,99995	99,99981	99,99993	0,26	1,97	0,35									
3	Rep. Cerro Azul	Rep. Cerro Gonzales	68,08	SD	3,7	40,7	44,8	47,1	141,17	144,69	147,19	-42,97	-38,39	-36,43	23,78	28,36	30,32	0,00	23,96	26,94	48,54	41,68	47,01	99,99875	99,99893	99,99879	6,55	5,62	6,34									
4	Rep. Carshao	Rep. Bueran	18,82	1+0	3,0	39,1	43,2	45,5	130,00	133,52	136,02	-45,75	-41,10	-39,04	20,25	24,90	26,96	0,00	21,12	24,07	0,56	0,42	0,44	100,00	100,00	100,00	0,07	0,05	0,05									
5	Rep. Carshao	La Esperanza	36,49	1+0	3,0	39,1	43,2	45,5	135,75	139,27	141,77	-45,63	-41,00	-38,98	20,37	25,00	27,02	0,00	21,20	27,02	1,14	0,97	0,28	99,99997	99,99998	99,99999	0,14	0,12	0,04									
6	Rep. Cabras	Rep. Cerro Blanco	50,65	1+0	3,0	39,1	43,2	45,5	138,60	142,12	144,62	-42,58	-37,97	-35,98	23,42	28,03	30,02	0,00	23,69	26,68	13,84	13,64	15,43	99,99973	99,99974	99,99977	1,04	1,38	1,56									
7	Rep. Bueran	Cuenca P.I.	30,73	1+0	2,4	37,2	41,3	43,6	134,26	137,78	140,28	-41,90	-37,26	-35,22	24,10	28,74	30,78	0,00	24,27	27,33	4,06	3,92	4,52	99,99999	99,99991	99,99989	0,5	0,49	0,56									
8	Rep. Boliche	Correos	28,27	SD	2,4	37,2	41,3	43,6	133,53	137,06	139,55	-41,75	-37,12	-35,07	24,55	29,18	31,23	0,00	24,64	27,71	2,01	1,14	1,18	99,99996	99,99998	99,99998	0,20	0,11	0,12									
9	Manta Sur Este	Rep. Cerro de Hojas	18,40	1+0	1,8	34,2	38,7	41,1	129,81	133,33	135,83	-42,72	-37,26	-35,00	22,78	28,24	30,50	0,00	23,54	26,81	0,96	0,80	0,91	99,99997	99,99998	99,99998	0,14	0,11	0,13									
10	La Esperanza	Rep. Boliche	56,06	SD	2,4	37,2	43,2	45,5	139,48	143,00	145,50	-47,30	-38,90	-36,92	25,00	27,40	29,08	0,00	23,17	29,08	3,33	2,07	29,06	99,99992	99,99995	99,99928	0,43	0,27	3,77									
11	Guamani	Rep. Chasqui	30,66	1+0	2,4	37,2	41,3	43,6	134,24	137,76	140,26	-41,90	-37,24	-35,21	24,12	28,76	30,79	0,00	24,29	27,34	1,63	1,59	1,85	99,99997	99,99997	99,99996	0,18	0,18	0,21									
12	Colimes	Rep. Cerro Sta. Ana	50,49	SD	3,0	39,1	43,2	45,5	138,57	142,09	144,59	-42,55	-33,23	-31,24	23,75	33,07	35,06	0,00	23,96	26,97	3,63	2,71	3,24	99,99990	99,99992	99,99991	0,51	0,41	0,47									
13	Azogues	Rep. Señor Pungo	7,26	1+0	1,8	34,2	38,7	41,1	121,73	125,25	125,25	-45,20	-39,74	-34,94	20,80	26,26	31,06	0,00	22,24	26,20	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00									
14	Ambato Florida	Rep. La Mira	32,62	1+0	2,4	37,2	41,3	43,6	134,78	138,30	140,80	-42,43	-37,80	-35,76	23,57	28,20	30,24	0,00	23,83	26,87	0,71	0,70	0,81	99,99998	99,99998	99,99998	0,09	0,08	0,10									
15	Tanques de agua	Rep. Troya	7,97	1+0	1,8	34,2	38,7	41,1	122,54	126,06	128,56	-46,61	-41,14	-38,86	19,39	24,86	27,14	0,00	21,08	27,14	0,00	0,01	0,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00									
16	Rep. Troya	Rep. Cabras	42,16	1+0	3,0	39,1	43,2	45,5	137,01	140,53	143,03	-41,52	-36,91	-34,89	24,48	29,09	31,11	0,00	24,57	27,61	5,36	5,59	6,51	99,99989	99,99989	99,99987	0,58	0,60	0,71									
17	Rep. Sindiajiri	Rep. Guamote	23,92	1+0	1,8	34,2	38,7	41,1	132,09	135,61	138,11	-45,67	-40,23	-37,98	20,33	25,77	28,02	0,00	21,83	24,98	4,11	2,85	3,03	99,99990	99,99993	99,99993	0,51	0,36	0,38									
18	Rep. Simbala	Rep. Jarata	20,23	1+0	1,8	34,2	38,7	41,1	130,63	134,15	136,65	-46,19	-40,74	-38,48	19,81	25,26	27,52	0,00	21,41	24,55	0,64	0,43	0,45	99,99999	99,99999	99,99999	0,08	0,05	0,05									
19	Rep. Señor Pungo	Rep. Simbala	47,13	SD	3,0	39,1	43,2	45,5	137,97	141,50	144,00	-41,93	-37,32	-35,31	24,37	28,98	30,99	0,00	24,48	27,51	2,20	2,02	2,27	99,99995	99,99995	99,99995	0,27	0,25	0,28									
20	Rep. Puglla	Rep. Huachichambo	43,24	SD	3,0	39,1	43,2	45,5	137,23	140,75	143,25	-49,15	-44,54	-42,52	16,85	21,46	23,48	0,00	18,32	21,10	37,05	11,25	8,81	99,99918	99,99976	99,99822	4,28	1,24	9,33									
21	Rep. Loma Plancha	Machala Centro	51,50	SD	3,7	40,7	44,8	47,1	138,74	142,27	144,76	-39,53	-34,92	-32,93	26,47	31,08	33,07	0,00	26,21	29,29	0,11	0,11	0,13	100,00	100,00	100,00	0,01	0,01	0,01									
22	Rep. La Mira	Riobamba	19,58	1+0	1,8	34,2	38,7	41,1	130,34	133,87	136,36	-43,90	-38,45	-36,19	22,10	27,55	29,81	0,00	23,29	26,50	0,06	0,05	0,06	100,00	100,00	100,00	0,01	0,01	0,01									
23	Rep. Jarata	Rep. Puglla	38,82	1+0	3,0	39,1	43,2	45,5	136,29	139,81	142,31	-45,18	-40,56	-38,54	20,82	25,44	27,46	0,00	21,56	24,05	31,40	23,84	24,68	99,99930	99,99947	99,99945	3,70	2,81	2,10									
24	Rep. Jarata	Rep. Loma Plancha	42,92	1+0	3,7	40,7	44,8	47,1	137,16	140,68	143,18	-37,88	-33,27	-31,26	28,12	32,73	34,74	0,00	27,59	30,72	35,92	38,04	43,89	99,99921	99,99916	99,99903	4,18	4,42	5,10									
25	Rep. Guango	Ambato Sur CNT (2)	42,30	1+0	3,0	39,1	43,2	45,5	137,04	137,04	143,06	-40,95	-32,75	-34,32	25,05	33,25	31,68	0,00	25,04	28,10	2,09	2,28	2,71	99,99995	99,99995	99,99994	0,25	0,27	0,32									
26	Rep. Guamote	Rep. Carshao	61,03	SD	3,0	39,1	43,2	45,5	140,22	143,74	146,24	-46,87	-42,28	-40,31	19,13	23,72	25,69	0,00	20,15	22,99	2,25	1,45	1,56	99,99995	99,99997	99,99958	0,28	0,18	2,38									
27	Rep. Corozo	Colimes	57,47	SD	3,7	40,7	44,8	47,1	139,70	143,22	145,72	-40,52	-35,93	-33,94	25,78	30,37	32,36	0,00	25,63	28,68	2,49	2,85	3,42	99,99997	99,99992	99,99991	0,35	0,40	0,48									
28	Rep. Chasqui	Rep. Guango	32,41	1+0	2,4	37,2	41,3	43,6	134,72	138,24	140,74	-42,37	-37,74	-35,71	23,63	28,26	30,29	0,00	23,88	26,91	11,42	1,89	2,17	99,99997	99,99996	99,99995	0,02	0,21	0,25									
29	Rep. Cerro Sta. Ana	Rep. Cerro Azul	33,90	1+0	3,7	40,7	44,8	47,1	135,11	138,63	141,13	-35,17	-31,14	-29,11	30,83	34,86	36,89	0,00	29,37	32,56	58,01	63,71	73,39	99,99851	99,99836	99,99811	7,84	8,61	9,91									
30	Rep. Cerro Gonzales	Salinas II	45,73	SD	3,0	39,1	43,2	45,5	137,71	141,24	143,73	-42,86	-38,24	-36,24	23,14	27,76	29,76	0,00	23,46	26,46	2,92	1,87	2,05	99,99996	99,99995	99,99995	0,40	0,26	0,28									
31	Riobamba	Rep. Sindiajiri	10,67	1+0	1,8	34,2	38,7	41,1	125,07	128,59	131,09	-38,57	-33,10	-30,83	27,43	32,90	35,17	0,00	27,73	31,09	0,00	0,00	0,00	100,00	100,00	100,00	0,00	0,00	0,00									
32	Rep. Huachichambo	Rep. Colambo	28,38	1+0	3,7	40,7	41,3	43,6	133,57	137,09	139,59	-34,19	-36,55	-34,51	31,81	29,45	35,17	0,00	29,45	31,49	37,38	64,40	80,47	99,99920	99,99877	99,99827	4,23	6,44	9,10									
																					328,88	319,55	372,34	99,99977	99,99978	99,99967	38,90	38,07	55,65	TOTAL INDISPONIBILIDAD MENSUAL (S)			PROMEDIO DE DISPONIBILIDAD (%)			TOTAL INDISPONIBILIDAD ANUAL (MIN)		

Principales resultados de parámetros de enlaces simulados en Pathloss 5.0

- La atenuación por lluvia para la banda de 4GHz es despreciable, por lo que en las frecuencias de 6 GHz y 8 GHz se observa las pérdidas por atenuación por lluvia, teniendo más pérdidas a mayor frecuencia.
- Para los enlaces de distancias menores a 15 Km, la disponibilidad como indisponibilidad son iguales, por cuanto el equipamiento y la antena permiten obtener un enlace óptimo.
- Para los enlaces en un rango entre 15 Km hasta 40 Km, el porcentaje de disponibilidad anual es similar, siendo la indisponibilidad anual escasamente diferente, un poco mayor en la banda de 4 GHz comparada con las otras bandas en frecuencias superiores (6 y 8 GHz), esto por la ganancia elevada de las antenas de bandas de alta frecuencia.
- Para los rangos superiores a 40 Km en configuración 1+0, el porcentaje de disponibilidad es superior en la Banda de 4GHz comparada con las otras bandas de análisis.
- Para los rangos superiores a 40 Km en configuración de diversidad de espacio (Space Diversity SD) se observa que la indisponibilidad en minutos es inferior en la banda de 6 GHz, por cuanto la propagación en esta frecuencia complementada con las altas ganancias de las antenas, mejoran su disponibilidad, comparándola con la banda de 4GHz que le sigue con antenas de baja ganancia y la de 8GHz que presenta más alta indisponibilidad debido a la propagación y atenuación por lluvia pese a tener más ganancia en las antenas.

4.4 Análisis comparativo y determinación de la mejor propuesta.

Del análisis total en las bandas SHF, se puede determinar que del estudio de las bandas disponibles para realizar este proyecto la banda de 3.8 a 4.2 GHz es la que se encuentra sin utilizar y sin concesión a ninguna operadoras, esto es una disponibilidad del 100%, por lo cual esta es la más óptima por disponibilidad de frecuencia.

Del estudio de propagación realizado con la herramienta de simulación Pathloss 5.0, en las bandas de interés, así como considerando equipamiento de radio y antenas comerciales utilizando sus parámetros de fabricación, se determinó que a nivel de red la banda que proporciona la banda de disponibilidad requerida para todos los enlaces es la banda de 4 GHz, siendo en promedio la mejor disponibilidad para el proyecto, comparado con otras bandas SHF como en la banda de 6 GHz un enlace no cumple con la disponibilidad requerida, y en la banda de 8 GHz dos enlaces no cumplen con dicha disponibilidad, los cuales se observan en la Tabla 4.3.

Cabe destacar comparando el tiempo de indisponibilidad promedio mensual y anual de toda la red, la banda de 6 GHz presenta menor tiempo promedio, esto por cuanto al utilizar antenas de mayor ganancia aumenta la disponibilidad principalmente en enlaces cortos y con diversidad de espacio, sin que esto signifique que se la mejor banda, por cuanto al comparar la atenuación por lluvia, con la banda de 4 GHz a cual esta atenuación es despreciable y no es afectada por este fenómeno de propagación a diferencia de la banda de 6 y 8 GHz que el margen de desvanecimiento debe superior a la atenuación por lluvia al menos con 3 dB para garantizar la normal operación sin errores. Adicionalmente la diferencia entre la banda de 6 GHz con la de 4 GHz no es significativa si la comparamos con la banda de 8 GHz la cual si se aleja considerablemente de las otras dos bandas, como se observa en la Tabla No.4.3

Considerando la disponibilidad de frecuencias en el espectro electromagnético como la disponibilidad anual de enlace, se determina que la mejor propuesta es realizar este proyecto utilizando la banda de 3.8 a 4.2 GHz con los diseños de los enlaces determinados en la herramienta de simulación Pathloss 5.0 presentados en este proyecto

4.4.1 Análisis comparativo de topología en red de CNT EP

La red microonda alternativa propuesta permite proporcionar rutas alternativas al tráfico que actualmente es transmitido por la red DWDM ZTE mostrada en la Figura No.1.1 de “Esquema de Red DWDM Nacional”, y que requiere ser protegido por otra

ruta, siendo este tráfico mostrado en Tabla No. 4.1 “Requerimientos de transmisión de Respaldo de CNT EP”. Adicionalmente esta red permite transportar el tráfico concentrado de poblaciones que no tienen accesos a redes ópticas que se observa en la Tabla No. 3.17 de “Requerimientos de Transmisión de Repetidoras para atender demanda Rural”, considerando que la CNT EP actualmente en las estaciones repetidoras no dispone de una backbone entre las estaciones repetidoras de análisis hacia los destinos requeridos, ya que los enlaces microonda de estas repetidoras no son de gran capacidad y no soportarán el crecimiento como proyecciones de capacidad de transmisión ya que están limitados por la falta de frecuencias disponibles en bandas licenciadas para hacerlo.

En la Figura No. 4.24 de “Topología propuesta sobre red óptica de CNT EP”, se muestra la red microonda propuesta sobre la red óptica actual DWDM. Esta red microonda propuesta transportará el caudal de datos establecido en la Tabla No. 4.2 de “Tabla Resumen de Caudal de datos por estación repetidora”, proporcionando una ruta alternativa a la red óptica de alta capacidad, garantizando la operación del tráfico de alta disponibilidad como atender la demanda en las estaciones repetidoras de CNT EP, para brindar los servicios de voz y datos de acuerdo al crecimiento esperado.

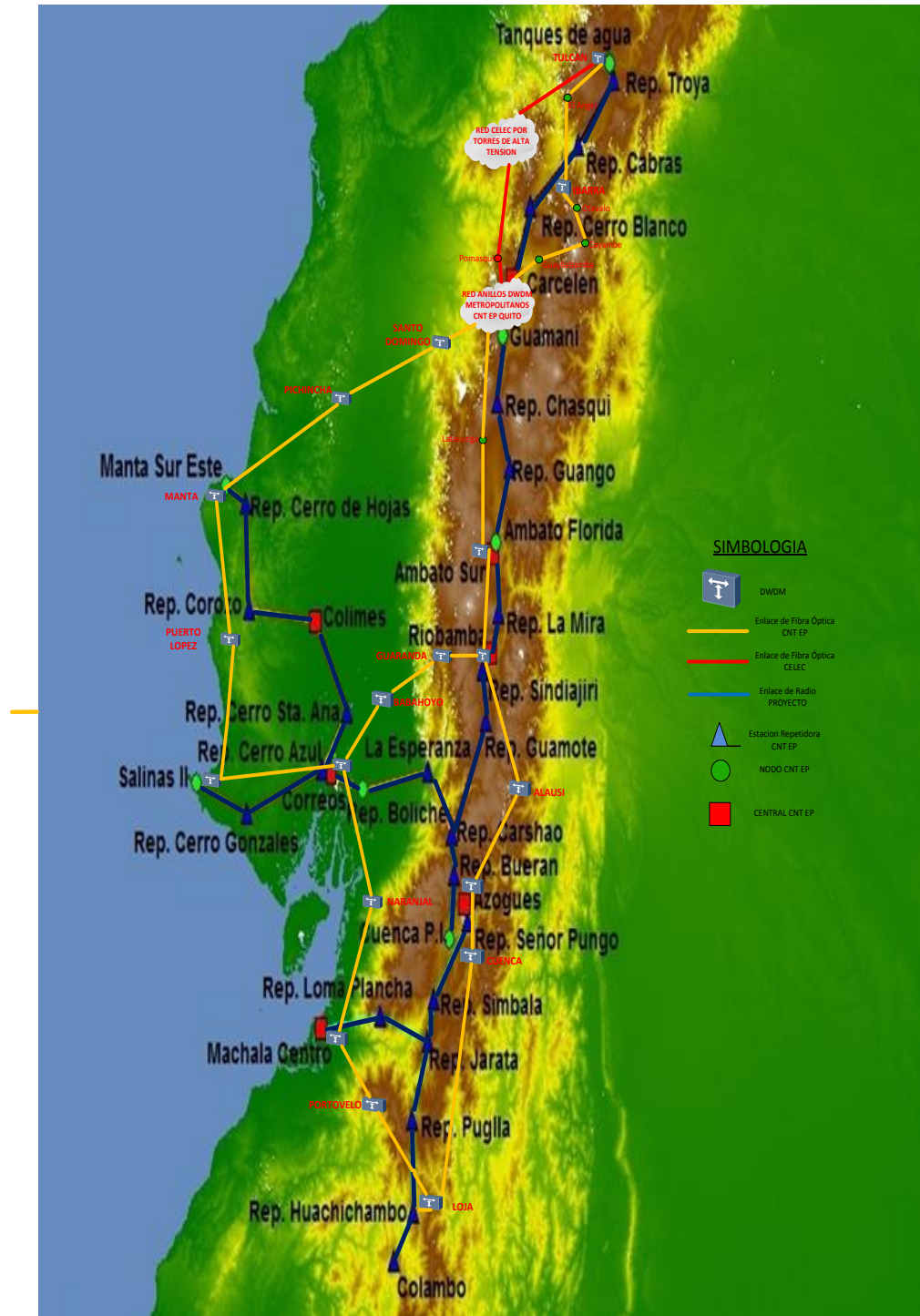


Figura No. 4.24 Topología propuesta sobre red óptica de CNT EP

5. CAPITULO V: ANÁLISIS TECNICO ECONOMICO DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Introducción

En este capítulo se analizarán las propuestas técnicas económicas de 3 alternativas en las bandas SHF de acuerdo a la red microonda propuesta y al análisis de las bandas SHF disponibles realizado para el presente proyecto, utilizando proformas o cotizaciones presentadas por varios proveedores como referencia para determinar el costo de la red planteada, por lo cual a través de la CNT EP se solicitaron RFI (*Request for information*) que incluyan costos para la red propuesta a varios proveedores de equipos de radio del tipo Full –indoor requeridos y capaces de proporcionar la implementación de la red propuesta.

Cabe destacar que se ha considerado para este análisis técnico - económico la mejor propuesta en la banda SHF para la red de microonda propuesta es la banda de 3.8 a 4.2 GHz, por cuanto no es posible la utilización de otras bandas SHF por la falta de bandas de frecuencias autorizadas y disponibles en las estaciones repetidoras consideradas para este proyecto.

Para el análisis técnico se ha considerado 3 propuestas de los proveedores más importantes en el medio ecuatoriano de equipos de radio full –indoor, considerados para este proyecto y la descripción de sus principales características técnicas.

Para realizar este análisis económico se han considerado tres tipos de propuestas. La primera propuesta será el costo de la implementación de la red propuesta en este proyecto en la banda de 4 GHz. La segunda propuesta considera el costo de la implementación de la red propuesta considerando a manera de ejemplo comparativo el utilizar la banda de 6 GHz, que es la banda más común para este tipo de enlaces backbone según los fabricantes de equipos full-indoor. La tercera propuesta considera el

costo de implementación al utilizar las bandas de frecuencias de 8 GHz, 6 GHz y 4 GHz de acuerdo a la disponibilidad de canales libres requeridos (6), utilizando como primera opción la banda de 8 GHz y en caso de no disponer de canales suficientes utilizar la banda de 6 GHz segunda opción y la banda de 4 GHz cuando no se dispone de canales suficientes.

Para cada propuesta técnica – económica se debe tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) Los proveedores soportan el requerimiento de capacidad de 2.4 Gbps de transmisión con el tipo de radio full-indoor y en la configuración requerida (6 canales x 2 polaridades x 200Mbps) en las bandas de análisis.
- b) La determinación de canales disponibles de las bandas de análisis son utilizando la Tabla No. 3.14 de “Cuadro resumen de disponibilidad de frecuencias”
- c) El cálculo del costo de los enlace es utilizando los tamaños de antena como la disponibilidad anual de enlace de la Tabla 4.3 de “Principales resultados de parámetros de enlaces simulados en Pathloss 5.0” para las bandas de análisis.
- d) Se utiliza un promedio referencial de equipamiento y servicios entre los proveedores más importantes en el medio ecuatoriano de equipos de radio full -indoor considerados para este proyecto quienes presentaron sus ofertas para este proyecto. Las ofertas presentadas a CNT EP por estos proveedores o representantes locales de las empresas fabricantes de este tipo de equipamiento no puede ser publicadas por cuanto existen convenios de confidencialidad de precios y costos entre CNT EP y las empresas proveedoras que no permiten la publicación o difusión de documentación con información que contenga precios, valores referenciales, cantidades y detalles específicos de sus sistemas de telecomunicaciones ofertados o propuestos, por lo que se colocará una breve descripción del equipo y marca que presentó su oferta y costos referenciales promedio entre ellos para el análisis técnico - económico.

5.1 Análisis técnico de la propuesta No. 1 fabricante SIAE

Para la primera propuesta se ha realizado el análisis técnico considerado al fabricante SIAEMICRO ANDINA S.A. (SIAE).

Entre las principales características del equipamiento presentado en el RFI, se puede determinar lo siguiente:

La empresa SIAE propone equipos full-indoor de tipo modular de la familia TL (trunk link) en 4 GHz. Que soporta tráfico SDH y también tráfico Ethernet nativo y soporte de LTE-ready (Long Term Evolution) con:

- Modulación adaptativa desde 4 hasta 512 QAM
- QoS avanzada de nivel 2 (802.1p) / 2,5 (MPLS Exp-bit) / 3 (ToS o TC).
- Sincronización de acuerdo con el estándar 1588 y Synch Eth
- MTU 9.6k (Jumbo Frame)

La solución permite el transporte híbrido de ambas tecnologías SDH nativo y Ethernet Nativo en un mismo enlace con los siguientes parámetros del equipo (Figura No. 5.1):

	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad: 16xSTM-1 (SDH) or 4Gbps (Eth) • Ancho de banda 40MHz (4/5/U6/8/11GHz) • Ancho de banda 28MHz (4/L6/U6/7/8/13 GHz) • Modulación Eth: 4/16/32/64/128/256/512 QAM • Modulación SDH: 128QAM / 64QAM • Configuración: N+0 con N=1,...,16 o N+1 con N=1,..., 15 • Solución w/ or w/o XPIC con el mismo HW , solo con licencia SW • Hasta 16+0 / 15+1 / 14+2 en un único rack y una única antena • Max. potencia de Tx: <ul style="list-style-type: none"> ○ 32dBm (estándar QPSK) o 35dBm (high power QPSK) ○ 29dBm (estándar 128QAM) o 32 dBm (high power 128QAM) ○ 27dBm (estándar 512QAM) o 30dBm (high power 512QAM) ○ +2dB power overdrive feature w/o ETSI compliance (max 35dBm) • Ecuador adaptativo: 21 TAPS
---	--

Figura No. 5.1 Parámetros del equipo del fabricante SIAE

Fuente: Radio Full indoor TL Trunk Link IP/SDH. Recuperado el 2 de diciembre de 2013: <https://www.siaemic.com/index.php/products-services/telecomsystems/mwsys/25-inside-articles/54-trunk-link>

El equipo puede proporcionar los siguientes 4 sistemas de atribución de frecuencias:

- *ACCP (Adjacent Channel Co-Polarized)*
- *ACAP (Adjacent Channel Alternate-Polarized)*
- *CCDP (Co-Channel Dual-Polarized)*
- *Soluciones mixtas de las anteriores*

Para el proceso consideran 6 canales XPIC como se muestra en la Figura No. 5.2 siguiente:

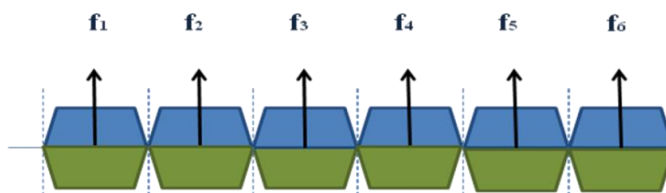


Figura No. 5.2 Configuración de los 6 canales XPIC

El equipo soporta los siguientes sistemas de protección:

- Diversidad de frecuencia (FD)
- Diversidad de frecuencia y espacio (FSD)

Y puede soportar todas las configuraciones desde 1+0 hasta N+0 (N=1,.....,16) o N+1 (N=1,.....,15) en un único rack y única antena sin pérdida de servicio durante las actualizaciones del sistema gracias a su sistema expandible de branching.

En caso de diversidad de espacio el equipo soporta Combinador avanzado de IF.

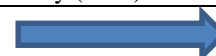
Además el equipo soporta 2 canales de trafico wayside (2Mbps) en RFCOH por cada canal (SDH mode).

Cuadro 5.1

Especificaciones Long Haul IP-SDH (Full Indoor)

Especificaciones Long Haul IP-SDH (Full Indoor)	
Bandas de Frecuencia	4, 5, 6L, 6U, 7, 8, 11, 13 GHz
Capacidad (SDH)	16 STM-1
Capacidad (ETH)	4Gbit/s
Interfaces Giga ETH	8xGE Eléctrico, y Mix eléctrico y óptico
Funcionalidades Ethernet	L2 switch, QoS, RMON, VLAN, QinQ, Jumbo Frame 9.6k, RSTP, 8 queues priorities, SynchE, IEEE 1588v2 PtP Transparent Mode
XPIC	Soporta la funcionalidad de XPIC con el mismo HW (licencia SW)
Diversidad de Espacio	Soporta Space Diversity y Transmite Space Diversity (TSD)

CONTINÚA



Solución en un solo rack	Soporta 16 Transmisores/Receptores por rack
Salida de Guía de Onda	Hasta 8 guías de onda de salida por rack Soporta doble terminal FD&SD y “dual frequency bands FD&SD”
Configuración en un solo rack	Permite configuraciones de hasta 15+1 / 16+0 canales en un solo rack
Configuración doble terminal	Permitir configuraciones de hasta 2x (7+1) en un solo rack y posee doble protección con XPIC para ambas polarizaciones: horizontal y vertical.
Configuración dual RF terminal	Permitir configuraciones de hasta 2x (7+1) en un solo rack con 2 bandas diferentes y posee doble protección con XPIC para ambas polarizaciones: horizontal y vertical.

CARACTERISTICAS ETHERNET**Ethernet Throughput**

El sistema de radio provee throughput Ethernet por canal radio según la siguiente tabla

Channel Spacing	Ethernet Throughput Layer 1							
	4 QAM	8 QAM	16 QAM	32 QAM	64 QAM	128 QAM	256 QAM	512QAM
28 MHz	24	48	72	96	120	144	168	192
40 MHz	35	67	99	131	162	195	225	258

Fuente: Radio Full indoor TL Trunk Link IP/SDH. Recuperado el 2 de diciembre de 2013: <https://www.siaemic.com/index.php/products-services/telecomsystems/mwsys/25-inside-articles/54-trunk-link>

En las estaciones repetidoras donde se disponen de tres direcciones para evitar problemas de interferencia (lóbulos secundarios, Front-to-Back, etc.); proponen arreglar el plano de frecuencias y colocar un único tamaño de antenas en las diferentes direcciones (el más grande) y atenuar la potencia haciendo un tuning de los márgenes de potencia.

5.2 Análisis técnico de la propuesta No. 2 fabricante CERAGON

Para la segunda propuesta se ha realizado el análisis técnico considerado al fabricante CERAGON NETWORKS.

Entre las principales características del equipamiento presentado en el RFI, se puede determinar lo siguiente:

Para el cálculo de los enlaces utilizó el equipo EVOLUTION XPAND IP Long Haul Full IP en la banda 4 GHz, en configuración 6+0 y 12+0 Cochannel, con unidades externas ODU HIGH POWER montaje Full Indoor con un Tx 30 dBm. Cada ODU cuenta 2 receptores para diversidad de espacio combinada. La modulación utilizada fue 512 QAM en una portadora de 28 MHz logrando una capacidad hasta de 210 Mbps por canal con una MTU de 2000.

Soporta el diseño con la canalización UIT-R F.382-8 con canales de 29 Mhz y separación de Duplex de 213 en un rango de frecuencia de 3.8 a 4.2 GHz que es el rango autorizado por CNT EP. El equipo propuesto se lo observa en la Figura No. 5.3 a continuación:

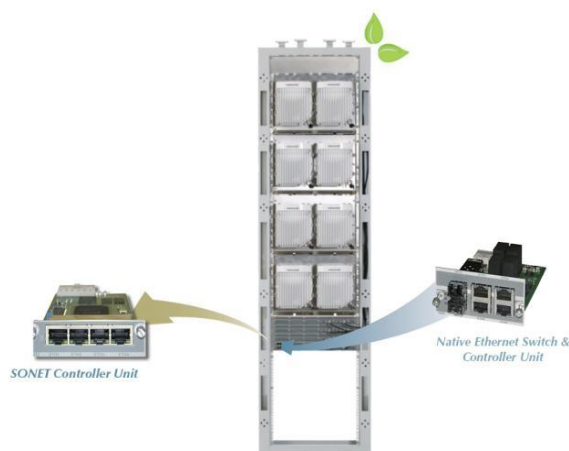


Figura No. 5.3 Equipo del fabricante CERAGON

Fuente: Manual de Descripción Técnica del *Evolution Long Haul* de CERAGON

Ceragon Networks ofrece en la presente propuesta sus radios digitales de microondas con capacidad de transporte IP de la familia EVOLUTION XPAND IP Long Haul. Los equipos están disponibles en todos los planes de frecuencia a nivel mundial dentro de las bandas de 4, 5, 6, 7, 8, 10, 11 y 13 GHZ. La tecnología del radio microondas de CERAGON soporta Carrier Ethernet Nativo para el tráfico de Paquetes Full IP.

Entre las principales características del equipamiento ofertado se tiene:

- Alta Eficiencia Espectral con modulaciones de 512 QAM y 1024 QAM
- Sistemas de alta capacidad de tipo Muti carrier hasta 2 Gbps agregando 8 canales
- El más Bajo consumo del mercado, hasta 70 W por canal RF
- Permite el funcionamiento de sistemas SDH y Full IP utilizando la misma plataforma
- Única solución en el mercado que permite configuraciones Long Haul en instalaciones de tipo Split Mount
- Los Transceiver RF cubren completamente la banda de frecuencia reduciendo el nivel de Spare.
- Fácil Migración de sistemas SDH a sistemas híbridos o Full IP solo reemplazando una tarjeta de control

Utiliza un sistema Branching del Radio Evolution soporta canales adyacentes y operación co-canal en las bandas de frecuencia de 4 a 13 GHz para espaciamentos de 28,40 y 56 MHz. La baja pérdida del branching RF combina hasta 10 canales en una solo puerto de antena. El sistema Branching contiene filtros RF de tipo narrow band para cada canal y circuladores conectando los canales del sistema. El sistema branching puede ser dividido para transmisión en ambas polarizaciones. En sistemas con diversidad de espacio, los 2 receptores del branching son usados en paralelo conectando 2 antenas a dos receptores en cada canal.

5.3 Análisis técnico de la propuesta No. 3 fabricante NEC

Para la tercera propuesta se ha realizado el análisis técnico considerado al fabricante NEC a través de su proveedor local HUAWEI TECHNOLOGIES.

Entre las principales características del equipamiento presentado se puede determinar lo siguiente:

- Provee radio troncal IP llamado 5000iPS para satisfacer las necesidades de las tecnologías anteriores y principalmente la utilización para el transporte de Ethernet.
- Es un enlace optimizado, escalable y de alta capacidad de rendimiento
- Alto nivel de resistencia para los servicios de carrier-grade
- Manejo de las tecnologías de legado TDM y canalizaciones STM-1
- Alto nivel de resistencia para los servicios de carrier-grade
- Anillo Función de la protección
- Tecnología avanzada para servicios de carrier-grade
- Alto rendimiento con modulaciones de altura, ancho y canales de polarización cruzada
- Ultra alta capacidad de radio con tecnología XPIC
- Radio flexible y de alta resistencia
- Alta ganancia del sistema con corrección de errores avanzada y novedosa tecnología de amplificación
- Alto nivel de funcionalidad de paquetes de red: RSTP, ITU-T G.8031/8032v2
- Avanzado multi-servicio QoS apoyo a TDM e IP con microondas modulación adaptativa
- Ethernet OAM para la gestión de fallos y seguimiento de los resultados
- Fuentes de reloj múltiples: Ethernet síncrono, IEEE 1588v2 y el legado TDM sincronización
- Optimizado coste de propiedad

- Excelente uso de los activos de 5000S tales como BR CKT TRP y de 5000S existentes
- Menor CAPEX: Reducción de las unidades de hardware dedicados por la convergencia tecnológica (TDM e IP equipo consolidado)
- OPEX Baja: Reducir los costes de mantenimiento mediante funciones avanzadas de ingeniería, tales como Ethernet OAM
- Características principales
- Características del sistema
- Bandas de frecuencia: de 4 a 11 GHz
- Configuración:
 - N + 0, N + 1
 - 2-vías Configuration (Back to Back, Repetidor)
 - XPIC sistema
 - Hot-Standby / Twin Sendero / Espacio Diversidad
- SD Constitución: si se combina
- Características funcionales
- Características • Radio
 - Nativo TDM y Ethernet nativo
 - Hasta 256QAM (512QAM) AMR con QoS avanzado
- El rendimiento o: Hasta 560Mbps (640Mbps) con XPIC
 - Radio de agregación de tráfico
- TDM Características
 - Super PDH: Más de 75xE1
 - canalizado STM-1 / STM-1 RST
 - Add-Drop Multiplexer
 - SNCP
- Ethernet Características
 - SP + D-WRR QoS
 - Ethernet OAM

- agregación de enlaces
- RSTP
- Ethernet Ring Protection
- Pseudo alambre para la migración IP
- Las fuentes de reloj para la sincronización de múltiples

5.6 Análisis Económico propuesta de red microonda utilizando bandas 8, 6, 4 GHz según disponibilidad.

Para este análisis se realizó la siguiente Tabla No. 4.6 de “Red propuesta utilizando bandas de 8, 6 y 4 GHz según canales libres” que permite determinar la cantidad de equipamiento en cada banda SHF que se puede utilizar y con los respectivos tamaños de antena que se mantienen para garantizar disponibilidad como margen de desvanecimiento en la red propuestas de acuerdo a la Tabla No. 5.1

Tabla No. 5.1

Red propuesta utilizando bandas de 8, 6 y 4 GHz según canales libres

#	ESTACIONES DE CNT EP		BANDA DISPONIBLE	DISTANCIA ENLACE Km	CONFIGU RACIÓN (1+0, SD)	DIAME- TRO DE ANTENA (m)
	ENLACES MICROONDA					
	SITIO A	SITIO B				
1	Rep. Cerro de Hojas	Rep. Corozo	4	49,28	SD	3
2	Rep. Cerro Blanco	Carcelén	4	37,76	1+0	3
3	Rep. Cerro Azul	Rep. Cerro Gonzales	4	68,08	SD	3,7
4	Rep. Carshao	Rep. Bueran	4	18,82	1+0	3
5	Rep. Carshao	La Esperanza	4	36,49	1+0	3
6	Rep. Cabras	Rep. Cerro Blanco	8	50,65	1+0	3
7	Rep. Bueran	Cuenca P.I.	4	30,73	1+0	2,4
8	Rep. Boliche	Correos	8	28,27	SD	2,4
9	Manta Sur Este	Rep. Cerro de Hojas	6	18,4	1+0	1,8
10	La Esperanza	Rep. Boliche	8	56,06	SD	2,4
11	Guamani	Rep. Chasqui	4	30,66	1+0	2,4

CONTINÚA



12	Colimes	Rep. Cerro Sta, Ana	8	50,49	SD	3
13	Azogues	Rep. Señor Pungo	4	7,26	1+0	1,8
14	Ambato Florida	Rep. La Mira	8	32,62	1+0	2,4
15	Tanques de agua	Rep. Troya	4	7,97	1+0	1,8
16	Rep. Troya	Rep. Cabras	4	42,16	1+0	3
17	Rep. Sindiajiri	Rep. Guamote	6	23,92	1+0	1,8
18	Rep. Simbala	Rep. Jarata	8	20,23	1+0	1,8
19	Rep. Señor Pungo	Rep. Simbala	8	47,13	SD	3
20	Rep. Puglla	Rep. Huachichambo	4	43,24	SD	3
21	Rep. Loma Plancha	Machala Centro	4	51,5	SD	3,7
22	Rep. La Mira	Riobamba	4	19,58	1+0	1,8
23	Rep. Jarata	Rep. Puglla	8	38,82	1+0	3
24	Rep. Jarata	Rep. Loma Plancha	8	42,92	1+0	3,7
25	Rep. Guango	Ambato Sur CNT (2)	4	42,3	1+0	3
26	Rep. Guamote	Rep. Carshao	4	61,03	SD	3
27	Rep. Corozo	Colimes	8	57,47	SD	3,7
28	Rep. Chasqui	Rep. Guango	4	32,41	1+0	2,4
29	Rep. Cerro Sta. Ana	Rep. Cerro Azul	4	33,9	1+0	3,7
30	Rep. Cerro Gonzales	Salinas II	4	45,73	SD	3
31	Riobamba	Rep. Sindiajiri	8	10,67	1+0	1,8
32	Rep. Huachichambo	Rep. Colambo	4	28,38	1+0	3,7

En función de la Tabla No. 5.1 se genera la Tabla No. 5.2 de “Costo referencial Red Propuesta canales libres en bandas de 8, 7, 6 GHz” que se presenta a continuación.

Tabla No. 5.2

Costo referencial Red Propuesta canales libres en bandas de 8, 7, 6, 4 GHz

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	RADIO FULL INDOOR			
1.1	EQUIPAMIENTO ENLACE RADIO FULL INDOOR ENLACE 2X(6+0) EN 4 GHz CON XPIC MODULACION HASTA 512 QAM	13	\$ 202.021,00	\$ 2.626.273,00
1.2	EQUIPAMIENTO ENLACE RADIO FULL INDOOR DIVERSIDAD DE ESPACIO ENLACE 2X(6+0) EN 4 GHz CON XPIC MODULACION HASTA 512 QAM	6	\$ 242.300,00	\$ 1.453.800,00
1.3	EQUIPAMIENTO ENLACE RADIO FULL INDOOR ENLACE 2X(6+0) EN 6 GHz CON XPIC MODULACION HASTA 512 QAM	2	\$ 192.021,00	\$ 384.042,00

CONTINÚA



1.4	EQUIPAMIENTO ENLACE RADIO FULL INDOOR DIVERSIDAD DE ESPACIO ENLACE 2X(6+0) EN 6 GHz CON XPIC MODULACION HASTA 512 QAM	0	\$	235.300,00	\$	-
1.5	EQUIPAMIENTO ENLACE RADIO FULL INDOOR ENLACE 2X(6+0) EN 8 GHz CON XPIC MODULACION HASTA 512 QAM	6	\$	192.021,00	\$	1.152.126,00
1.6	EQUIPAMIENTO ENLACE RADIO FULL INDOOR DIVERSIDAD DE ESPACIO ENLACE 2X(6+0) EN 8 GHz CON XPIC MODULACION HASTA 512 QAM	5	\$	235.300,00	\$	1.176.500,00
2	ANTENAS				\$	-
2.1	1.8 m (6 ft) Antenna, High XPD, 3.6 - 4.2 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange.	6	\$	10.492,42	\$	62.954,52
2.2	2.4 m (8 ft) Antenna, High Perf., 3.6-4.2 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange	6	\$	13.195,35	\$	79.172,10
2.3	3.0 m (10 ft) Antenna, High Perf., 3.6 - 4.2 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange	26	\$	15.974,32	\$	415.332,32
2.4	3.7 m (12 ft) Antenna, High Perf., 3.6 - 4.2 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange	12	\$	21.764,16	\$	261.169,92
2.5	1.8 m (6 ft) Antenna, High XPD, 6 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange.	4	\$	8.393,94	\$	33.575,74
2.6	2.4 m (8 ft) Antenna, High Perf., 6 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange	0	\$	10.556,28	\$	-
2.7	3.0 m (10 ft) Antenna, High Perf., 6 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange	0	\$	12.779,46	\$	-
2.8	3.7 m (12 ft) Antenna, High Perf., 6 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange	0	\$	17.411,33	\$	-
2.9	1.8 m (6 ft) Antenna, High XPD, 8 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange.	4	\$	7.869,32	\$	31.477,26
2.10	2.4 m (8 ft) Antenna, High Perf., 8 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange	10	\$	9.896,51	\$	98.965,13
2.11	3.0 m (10 ft) Antenna, High Perf., 8 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange	12	\$	11.980,74	\$	143.768,88
2.12	3.7 m (12 ft) Antenna, High Perf., 8 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange	6	\$	16.323,12	\$	97.938,72
3	MATERIALES PARA IMPLEMENTACION DE ENLACE				\$	-
3.1	Kit basico para enlace sin Diversidad de Espacio DUAL POLARIDAD	21	\$	19.199,00	\$	403.179,00
3.2	Kit basico para enlace con Diversidad de Espacio DUAL POLARIDAD :	11	\$	48.397,00	\$	532.367,00
3.3	Guia de onda para 4 GHz (metros)	5.000	\$	33,27	\$	166.350,00
3.4	Guia de onda para 6 GHz (metros)	400	\$	25,29	\$	10.116,00
3.5	Guia de onda para 8 GHz (metros)	3.200	\$	25,11	\$	80.352,00
4	SISTEMA DE GESTION	1	\$	82.500,00	\$	82.500,00
5	IMPLEMENTACION ENLACES				\$	-
5.1	ENLACE FULL INDOOR SIN SD	21	\$	25.725,00	\$	540.225,00
5.2	ENLACE FULL INDOOR CON SD	11	\$	32.333,00	\$	355.663,00
5.3	SISTEMA DE GESTION RED DCN	1	\$	13.000,00	\$	13.000,00
6	Materiales Locales por Estación (Escaleras, Tierras, Mounting Pole y UPN)	37	\$	2.103,00	\$	77.811,00
7	RESPUESTOS 3% DE EQUIPAMIENTO RADIO				\$	-
7.1	RESPUESTOS 3% DE EQUIPAMIENTO RADIO 4 GHz	1		NA	\$	122.402,19
7.2	RESPUESTOS 3% DE EQUIPAMIENTO RADIO 6 GHz	1		NA	\$	11.521,26
7.3	RESPUESTOS 3% DE EQUIPAMIENTO RADIO 8 GHz	1		NA	\$	69.858,78
	TOTAL				\$	10.482.440,82

5.4 Análisis Económico propuesta de red microonda banda 4 GHz

Para esta propuesta se utilizó la red alternativa en la banda de 4 GHz que dispone de canales libres para soportar las capacidades a transmitir. De acuerdo a la Tabla No. 4.3 se requieren 32 enlaces del tipo full indoor de los cuales 21 enlaces son en configuración 2 x (6+0) sin diversidad de espacio y 11 enlaces en configuración 2 x (6+0) con diversidad de espacio. Las cantidades, precios unitarios y materiales que son necesarios para implementar la red propuesta se muestran en la Tabla No. 5.3 de “Costo referencial Red Propuesta banda de 4 GHz”

Tabla No. 5.3

Costo referencial Red Propuesta banda de 4 GHz

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	RADIO FULL INDOOR			
1.1	EQUIPAMIENTO ENLACE RADIO FULL INDOOR 4 GHz ENLACE 2X(6+0) EN 4 GHz CON XPIC MODULACION HASTA 512 QAM	21	\$ 202.021,00	\$ 4.242.441,00
1.2	EQUIPAMIENTO ENLACE RADIO FULL INDOOR 4 GHz DIVERSIDAD DE ESPACIO ENLACE 2X(6+0) EN 4 GHz CON XPIC MODULACION HASTA 512 QAM	11	\$ 242.300,00	\$ 2.665.300,00
2	ANTENAS			
2.1	1.8 m (6 ft) Antenna, High XPD, 3.6 - 4.2 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange.	14	\$ 10.492,42	\$ 146.893,88
2.2	2.4 m (8 ft) Antenna, High Perf., 3.6-4.2 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange	16	\$ 13.195,35	\$ 211.125,60
2.3	3.0 m (10 ft) Antenna, High Perf., 3.6 - 4.2 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange	38	\$ 15.974,32	\$ 607.024,16
2.4	3.7 m (12 ft) Antenna, High Perf., 3.6 - 4.2 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange	18	\$ 21.764,16	\$ 391.754,88
3	MATERIALES PARA IMPLEMENTACION DE ENLACE			
3.1	Kit basico para enlace sin Diversidad de Espacio DUAL POLARIDAD	21	\$ 19.199,00	\$ 403.179,00
3.2	Kit basico para enlace con Diversidad de Espacio DUAL POLARIDAD :	11	\$ 48.397,00	\$ 532.367,00
3.3	Guia de onda para 4 GHz (metros)	8.600	\$ 33,27	\$ 286.122,00
4	SISTEMA DE GESTION	1	\$ 82.500,00	\$ 82.500,00
5	IMPLEMENTACION ENLACES			
5.1	ENLACE DEL TIPO ITEM 1.1	21	\$ 25.725,00	\$ 540.225,00
5.2	ENLACE DEL TIPO ITEM 1.2	11	\$ 32.333,00	\$ 355.663,00
5.3	SISTEMA DE GESTION RED DCN	1	\$ 13.000,00	\$ 13.000,00
6	Materiales Locales por Estación (Escalerillas, Tierras, Mounting Pole y UPN)	37	\$ 2.103,00	\$ 77.811,00
7	RESPUESTOS 3% DE EQUIPAMIENTO RADIO	1	NA	\$ 207.232,23
	TOTAL			\$ 10.762.638,75

Cabe destacar que CNT EP para sus proyectos y de acuerdo a la experiencia siempre considera un 3% del equipamiento radio como repuestos.

5.5 Análisis Económico propuesta de red microonda banda 6 GHz

Para esta propuesta se utilizó la red de radio alternativa en la banda de 6 GHz que es según los fabricantes, la más común para este tipo de soluciones de backbone, y de carácter comparativo. El costo de esta propuesta es en función de las disponibilidades y tamaños de antenas indicadas en la Tabla No. 5.3, de igual manera que se presenta el referencial de la propuesta para la banda de 4 GHz, en la Tabla No. 5.4 de “Costo referencial Red Propuesta banda de 6 GHz”.

Tabla No. 5.4

Costo referencial Red Propuesta banda de 6 GHz

ITEM	DESCRIPCION	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	RADIO FULL INDOOR			
1.1	EQUIPAMIENTO ENLACE RADIO FULL INDOOR ENLACE 2X(6+0) EN 6 GHz CON XPIC MODULACION HASTA 512 QAM	21	\$ 192.021,00	\$ 4.032.441,00
1.2	EQUIPAMIENTO ENLACE RADIO FULL INDOOR DIVERSIDAD DE ESPACIO ENLACE 2X(6+0) EN 6 GHz CON XPIC MODULACION HASTA 512 QAM	11	\$ 235.300,00	\$ 2.588.300,00
2	ANTENAS			
2.1	1.8 m (6 ft) Antenna, High XPD, 6 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange.	14	\$ 8.393,94	\$ 117.515,10
2.2	2.4 m (8 ft) Antenna, High Perf., 6 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange	16	\$ 10.556,28	\$ 168.900,48
2.3	3.0 m (10 ft) Antenna, High Perf., 6 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange	38	\$ 12.779,46	\$ 485.619,33
2.4	3.7 m (12 ft) Antenna, High Perf., 6 GHz, Dual Pol., Grey, White Radome, PDR40 Flange	18	\$ 17.411,33	\$ 313.403,90
3	MATERIALES PARA IMPLEMENTACION DE ENLACE			
3.1	Kit basico para enlace sin Diversidad de Espacio DUAL POLARIDAD	21	\$ 19.199,00	\$ 403.179,00
3.2	Kit basico para enlace con Diversidad de Espacio DUAL POLARIDAD :	11	\$ 48.397,00	\$ 532.367,00
3.3	Guia de onda para 6 GHz (metros)	8.600	\$ 25,29	\$ 217.494,00
4	SISTEMA DE GESTION	1	\$ 82.500,00	\$ 82.500,00
5	IMPLEMENTACION ENLACES			
5.1	ENLACE DEL TIPO ITEM 1.1	21	\$ 25.725,00	\$ 540.225,00
5.2	ENLACE DEL TIPO ITEM 1.2	11	\$ 32.333,00	\$ 355.663,00
5.3	SISTEMA DE GESTION RED DCN	1	\$ 13.000,00	\$ 13.000,00
6	Materiales Locales por Estación (Escaleras, Tierras, Mounting Pole y UPN)	37	\$ 2.103,00	\$ 77.811,00
7	RESPUESTOS 3% DE EQUIPAMIENTO RADIO	1	NA	\$ 198.622,23
			TOTAL	\$ 10.127.041,05

Cabe destacar que se puede observar una reducción en costos en la antena y en la guía de onda, por cuanto esta banda es muy común y existe mayor demanda como fabricación de este equipamiento comparado con la banda de 4 GHz que es poco común su utilización y fabricación bajo pedido.

5.7 Análisis Técnico – Económico de propuestas.

Del análisis técnico de los RFI presentadas por los fabricantes de equipos de radio full-indoor a CNT EP, se puede establecer que las características técnicas del equipamiento de radio full-indoor, son muy similares en cuanto a su funcionamiento, potencia de transmisión, consumo de potencia, espacio físico, sistemas de branching, filtros, modulaciones, capacidades, configuraciones, throughput ethernet, sin que esto represente ventajas relevantes.

Cabe destacar que las antenas como las guías de onda, materiales de instalación son de otros proveedores especializados como CommScope (Andrew), RFS, quienes son los proveedores exclusivos de las antenas de alta discriminación de polaridad y alto desempeño requeridos para este proyecto.

Del análisis económico de las tres propuestas se puede observar que los costos del equipamiento de radio, antenas y guía de onda mientras más baja es la banda de frecuencia es más costosa alrededor de un 15 % más que las bandas superiores de 6 y 8 GHz.

La propuesta económica total en la banda de 4 GHz es un 5.9% más costosa que si se utilizará la banda de 6 GHz, y 2.6% que si se utilizara la propuesta de varios bandas de frecuencias de canales libres, lo que representaría un ahorro si se dispondría la banda de 6 GHz, o a su vez se dispondría de las bandas de 6 y 8 GHz, considerando que el crecimiento de las redes microonda no permiten asegurarse la disponibilidad de los canales en bandas licenciadas, por lo que se debe reservar las mismas para asegurar su operación.

Económicamente la tercera propuesta es la menos costosa, pero operativamente es la más complicada de implementar y operar, por cuanto se depende de que otras operadoras no utilicen los canales libres en las bandas licenciadas disponibles antes de la concesión de frecuencias y para el mantenimiento preventivo y correctivo representa

costos adicionales por cuanto se debe disponer de repuestos según la banda en la que operan los enlaces que están en diferentes bandas y zonas muy alejadas entre sí, encareciendo las labores de operación y mantenimiento por transporte de repuestos y atención a fallas, por lo que técnicamente no es aconsejable esta opción.

La segunda propuesta económica es menos costosa pero no realizable por cuanto no se dispone de las frecuencias para su implementación y la diferencia con la primera propuesta económica permite un ahorro al proyecto.

Por lo indicado la propuesta en la banda de 4 GHz es más costosa pero es la que mejor se adapta a los requerimientos de CNT EP, tanto en la factibilidad de implementación como en la operación y mantenimiento de la red microonda propuesta.

6. CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Con los barridos espectrales en sitio se determinó que para las estaciones repetidoras de interés, la banda de frecuencias que puede proporcionar las portadoras necesarias para la capacidad de transmisión requerida por CNT EP es la de 3.8 a 4.2 GHz y se demostró la falta de frecuencias disponibles para soportar la creciente demanda de servicios.
- El presente proyecto permitió analizar la utilización de las bandas de frecuencias con su asignación dentro del Plan Nacional de Frecuencias y uso del espectro radioeléctrico vigente en el Ecuador, para servicios Fijos (enlaces punto a punto o microonda), para determinar la utilidad de las bandas y obtener la autorización por parte de la SENATEL de una banda de frecuencia para enlaces microonda de larga distancia, con la apertura de la banda de 3800 a 4200 MHz con su respectiva resolución de canalización para uso de la operadora estatal, lo cual fue autorizado mediante la Resolución SNT-2012-0321 del 31 de agosto de 2012.
- Los barridos espectrales realizadas en las estaciones de la operadora estatal permitió establecer que la banda de frecuencias que puede proporcionar 6 canales o portadoras en las dos polaridades necesarias para alcanzar la capacidad de transmisión requerida por CNT EP es la de 3800 a 4200 MHz, mientras que en las bandas de 6, 7, 8 GHz no se dispone de tal cantidad de canales disponibles.
- Con las simulaciones realizadas en la herramienta Pathloss 5.0 de cada uno de los enlaces de la red alternativa de microonda tanto con los estudios de propagación como los cálculos de enlace realizados permitió determinar que la banda de 3.8 a 4.2 GHz proporciona una disponibilidad anual de 99.999% utilizando la infraestructura existente como se cumple con los criterios de diseño requeridos por la operadora estatal.

- El análisis de disponibilidad de frecuencias en campo y los estudios de propagación como cálculos de enlace que son parte de este proyecto, fueron presentados al ente regulador (Secretaría Nacional de Telecomunicaciones) por la operadora estatal lo que permitió obtener la concesión y autorización para el uso como operación de toda la banda de 3.8 a 4.2 GHz a favor de la CNT EP (6 canales en las dos polaridades) para los enlaces propuestos en la red alternativa microonda de este proyecto que fueron concesionados con oficio No. SNT - 2013-0124” del 31 de enero de 2013.
- Se estableció el tráfico de datos hasta el 2017 que se transmitirán a través de las principales estaciones repetidoras de CNT EP, para determinar la capacidad de flujo de datos que requiere la red microonda propuesta.
- El diseño de la red propuesta así como los estudios de propagación como cálculos del enlace realizados determinaron que la banda de 3.8 a 4.2 GHz es la que presenta la mejor condiciones de operación y disponibilidad anual siendo la mejor opción para esta red.
- Se concluye que la hipótesis planteada para este proyecto fue acertada, ya que se obtuvo la concesión de banda de frecuencias propuesta por el ente regulador con la cual se proporcionará la capacidad necesaria para satisfacer los requerimientos de CNT EP (2.4 Gbps) con una disponibilidad de enlace de 99.999% anual.
- Considerando los convenios de confidencialidad entre CNT EP y sus proveedores, del análisis técnico se determinó que los equipos de radio full-indoor propuestos por los fabricantes están en capacidad de transportar el tráfico requerido utilizando las frecuencias asignadas para este proyecto. De igual manera del análisis económico se determinó que la propuesta en la banda de 4 GHz es más costosa que utilizar las bandas de 6 y 8 GHz, bandas que no pueden ser utilizadas por saturación de espectro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.H. System. (28 de julio de 2014). Obtenido de <http://www.ahsystems.com/catalog/SAS-571.php>
- A.H. System. (28 de julio de 2014). Obtenido de <http://www.ahsystems.com/catalog/PAM-0118P.php>
- A.H. System. (28 de julio de 2014). Obtenido de http://www.ahsystems.com/catalog/Low-Loss_Cables.php
- ANDINATEL S.A. (s.f.). *Anteproyecto Técnico para la adquisición e implementación de la Red Troncal de Fibra Óptica*. Quito.
- CERAGON. (s.f.). Manual de Descripción Técnica del Evolution Long Haul.
- CNT E.P. (s.f.). *Demanda Comercial proyectada para poblaciones rurales*. Quito.
- CNT EP. (s.f.). *Antecedentes Históricos*. Obtenido de http://www.cnt.gob.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=177:antehistorq&catid=50:porqacernoso?Itemid=23
- CONATEL. (noviembre de 2010). *Estadísticas de Portadores*. Obtenido de www.conatel.gob.ec
- CONATEL. (s.f.). *Historia de las telecomunicaciones del Ecuador*. Obtenido de http://www.conatel.gob.ec/site_conatel/index.php?option=com_content&view=article&catid=25%3Ainformacion-corporativa&id=20%3Ahistoria-de-las-telecomunicaciones-en-el-ecuador&Itemid=339
- CONATEL. (s.f.). *Resolución TEL-406-10-CONATEL-2011*. Obtenido de www.conatel.gob.ec
- CONATEL, & SENATEL. (2011). *Plan Nacional de Frecuencias, Dirección General de Gestión del Espectro Radioeléctrico*. Quito.
- Diario de Loja Crónica. (18 de abril de 2012). *Noticias de Diarios y Periódicos sobre cortes de fibra óptica*. Obtenido de http://www.cronica.com.ec/index.php?option=com_content&view=article&id=19658:corte-de-fibra-ocasiono-irregularidad-en-servicio-de-internet&catid=38:nacionales&Itemid=53
- Diario El Mercurio. (26 de febrero de 2012). Deslizamientos e inundaciones.

- Diario El Universo. (5 de febrero de 2011). *Ruta Estratégica está en riesgo por deslaves*. Obtenido de <http://www.eluniverso.com/2011/02/05/1/1447/ruta-estrategica-esta-riesgo-deslaves.html>
- HP. (28 de julio de 2014). Obtenido de <http://www.used-line.com/spectrum-analyzer/agilent/agilent-hp-8592a/item-9660503>
- IngvarHenne, & Thorvaldsen, P. (2002). *Planificación de radioenlaces de visibilidad directa*. Bergen: Nera, segunda edición.
- Institu de Recherche pour le Developpment (IRD), Oxfam . (s.f.). *Amenazas, Vulnerabilidad, Capacidades y Riesgo en el Ecuador. Los desastres, un reto para el desarrollo*. Cooperazione Internazionale.
- Naranjo Godoy, F. (s.f.). *PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO, CONSTRUCCIÓN, MANTENIMIENTO Y AMPLIACIÓN DE LA RED TRONCAL DE FIBRA ÓPTICA DEL ECUADOR*. SANGLOQUI: ESPE.
- Pathloss 5.0. (s.f.). *Pathloss 5.0*. Obtenido de <http://www.pathloss.com/index.php#!p5prod>
- Rábanos J., H. (2008). *Transmisión por Radio*. Editorial Universitaria Ramón Areces S.A.
- RFS. (2 de diciembre de 2013). *RFS Microwave antenas, a comprehensive selection guide*. Obtenido de http://www.rfsworld.com/assets/php/restricted_downloads_wrapper.php?sid=3476e7d1ed0f303d60fd840e1ef35b32&id=20
- RFS Microwave antenas, a comprehensive selection guide*. (2 de diciembre de 2013). Obtenido de http://www.rfsworld.com/assets/php/restricted_downloads_wrapper.php?sid=3476e7d1ed0f303d60fd840e1ef35b32&id=20
- Rivera, C. (s.f.). *Servicios Portadores. Definición de servicio portador*. Quito, Pichincha, Ecuador: SENATEL.
- SEMPLADES. (2009). *Plan Nacional del Buen Vivir 2009-2013*. Obtenido de <http://www.senplades.gob.ec/web/18607/plan-nacional-para-el-buen-vivir-2009-2013>
- SENATEL. (noviembre de 2010). *Empresas que prestan el servicio portador a nivel nacional*. Quito, Pichincha, Ecuador.
- SENATEL. (2010). *Resolución No. SNT.2010-0048*. Quito.

SENATEL. (28 de octubre de 2011). Índices de calidad de las redes de acceso universal de internet con infraestructura propia. Quito, Pichincha, Ecuador.

SENATEL. (2012). *Resolución No. SNT.2012-0321*. Quito.

SIAEMIC. (2 de diciembre de 2013). *Radio Full indoor TL Trunk Link IP/SDH*.
Obtenido de <https://www.siaemic.com/index.php/products-services/telecomsystems/mwsys/25-inside-articles/54-trunk-link>

SRTM. (s.f.). *Shuttle Radar Topography Mission*. Obtenido de <http://www2.jpl.nasa.gov/srtm>

Trujillo Sánchez, C. F. (2005). Diseño de normas técnicas y jurídicas para el posicionamiento de una estación radioeléctrica utilizada en la explotación de servicios de telecomunicaciones. Sangolquí, Pichincha, Ecuador: ESPE.