



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**“ANÁLISIS DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO Y ESTUDIO PARA LA IMPLEMENTACIÓN  
DE UNA RED DE RADIO ENLACES ENTRE LAS UNIDADES DE TURISMO DE LOS 7  
MUNICIPIOS DE LA PROVINCIA DE BOLÍVAR”**

**TESIS DE GRADO**

Previa la obtención del Título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN**

Presentado por:

**FABIAN MARCELO GALLEGOS LÓPEZ**

**GUSTAVO ADOLFO PULLAS REA**

Riobamba – Ecuador

2010

Expresamos nuestro agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, a la Facultad de Informática y Electrónica, a la Escuela de Ingeniería Electrónica por habernos dado la oportunidad de optar por una carrera terminal, la cual nos permitirá seguir superándonos personal y profesionalmente.

A NUESTRAS FAMILIAS:

Por su inigualable amor, comprensión y sacrificio, que con ternura perdurable han sido el pilar fundamental en nuestras vidas.

**NOMBRE**

**FIRMA**

**FECHA**

Dr. Romeo Rodríguez  
**DECANO FACULTAD INFORMÁTICA  
Y ELECTRÓNICA**

.....

.....

Ing. Paúl Romero  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA  
DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

.....

.....

Ing. Edwin Altamirano  
**DIRECTOR DE TESIS**

.....

.....

Ing. Alberto Arrellano  
**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

.....

.....

Ing. Daniel Haro  
**PRESIDENTE DEL  
TRIBUNAL**

.....

.....

Lcdo. Carlos Rodríguez  
**DIRECTOR CENTRO  
DOCUMENTACIÓN**

.....

.....

NOTA DE LA TESIS ESCRITA: .....

“Nosotros, **FABIAN MARCELO GALLEGOS LÓPEZ** y **GUSTAVO ADOLFO PULLAS REA**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta Tesis, y el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO.**”

.....  
**Fabián Marcelo Gallegos López**

.....  
**Gustavo Adolfo Pullas Rea**

## ÍNDICE DE ABREVIATURAS

<b>A.</b>	Antena
<b>A</b>	Factor Topográfico
<b>AM</b>	Amplitud modulada
<b>B</b>	Factor Climático
<b>BB</b>	Banda base
<b>C</b>	Velocidad de la luz
<b>Cal.</b>	Caluma
<b>CALL</b>	Llamar
<b>CCIR</b>	Consejo Consultivo Internacional De Las Comunicaciones De Radio
<b>CENTER</b>	Centro
<b>C.</b>	Chimbo
<b>Cal.</b>	Caluma
<b>Ch.</b>	Chillanes
<b>CONATEL</b>	Consejo Nacional de Telecomunicaciones
<b>DPSK</b>	Differential Phase Shift Keying
<b>D</b>	Distancia
<b>DATA</b>	Dato
<b>dB</b>	Decibelio
<b>dB<sub>i</sub></b>	Decibelio isótropo
<b>dB<sub>m</sub></b>	Decibelio metro
<b>Drop</b>	Extracción
<b>Earth Bulge</b>	Abultamiento de la tierra
<b>EC.</b>	Echeandía
<b>F</b>	Frecuencia
<b>F<sub>0</sub></b>	Frecuencia central de la banda que se utiliza como referencia.
<b>F<sub>1</sub></b>	Primera zona de Fresnel
<b>Fading</b>	Desvanecimiento
<b>Fade margin</b>	Margen de desvanecimiento
<b>F<sub>i</sub></b>	Frecuencia Intermedia
<b>FM</b>	Frecuencia Modulada
<b>F<sub>n</sub></b>	Frecuencia central del canal enésimo en la mitad superior de la banda
<b>F'<sub>n</sub></b>	Frecuencia central del canal enésimo en la mitad inferior de la banda.
<b>FREQUENCY</b>	Frecuencia
<b>FSL</b>	Pérdidas en el Espacio Libre
<b>G.</b>	Guaranda
<b>GHz</b>	Gigahertz
<b>GPS</b>	Global Position System
<b>HP</b>	Hewlett Packard
<b>INPUT</b>	Entrada
<b>Insert</b>	Inserción
<b>ITM</b>	Irregular Terrain Model
<b>K</b>	Curvatura de la tierra
<b>La</b>	Pérdidas en la alimentación
<b>Lat.</b>	Latitud
<b>L<sub>m</sub></b>	Latitud Promedio
<b>L.N.</b>	Las Naves

<b>LINE</b>	Linea
<b>LOS</b>	Line Of Sight
<b>m.</b>	metro
<b>MDF</b>	Multiplexación por división de frecuencia
<b>MHz</b>	Megahertz
<b>MIC</b>	Modulación por impulsos codificados
<b>Min.</b>	Mínima.
<b>MF</b>	Frecuencia Modulada
<b>MKR</b>	Marker
<b>O</b>	Oeste
<b>PEAK</b>	Nivel instantáneo de intensidad de sonido
<b>P.I.R.E.</b>	Potencia isotropa radiada equivalente
<b>PRESET</b>	(Valor   Ajuste   Opción) preestablecido a.
<b>PSK</b>	Phase Shift Keying
<b>PCM</b>	Pulse Code Modulation
<b>QAM</b>	Modulación de amplitud en cuadratura
<b>R</b>	Radio enlace
<b>R.</b>	Factor de confiabilidad
<b>RAM</b>	Random Access memory
<b>RBU</b>	Radio Base Unit
<b>REF LEVEL</b>	Nivel de Referencia
<b>RF</b>	Radio Frecuencia
<b>Rx</b>	Receptor
<b>RBW</b>	Resolution BandWidth
<b>S</b>	Sur
<b>S.M.</b>	San Miguel
<b>SEARCH</b>	Buscar
<b>SIG</b>	Sistema de Información Geográfica
<b>SPAN</b>	Ancho del espectro a analizar
<b>SRTM</b>	Shuttle Terrain Radar Mapping
<b>STEP</b>	Paso
<b>SUPTTEL</b>	Superintendencia de Telecomunicaciones
<b>TDM</b>	Time Division Multiplexing
<b>TV</b>	Televisión
<b>Tx</b>	Transmisor
<b>U.T.</b>	Unidad de Turismo
<b>UHF</b>	Ultra High Frecuency
<b>UIT</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones
<b>VHF</b>	Very High Frecuency

# ÍNDICE GENERAL

PORTADA

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA

RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

INDICE DE ABREVIATURAS

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN

## **CAPÍTULO I: CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO**

1.1. ANTECEDENTES.....	18
1.2. JUSTIFICACION.....	19
1.3. OBJETIVOS.....	20
1.3.1. General.....	20
1.3.2. Específicos.....	20
1.4. HIPOTESIS.....	21
1.5. RECURSOS DEL PROYECTO.....	21
1.5.1. Equipos a Utilizar.....	21
1.5.2. Materiales a Utilizar.....	22
1.5.3. Otros.....	23
1.6. METODOS Y TECNICAS.....	23

## **CAPÍTULO II: REFERENCIA TEÓRICA**

2.1. ESPECTRO RADIOELECTRICO.....	24
2.1.1. DISTRIBUCIÓN DEL ESPECTRO DE FRECUENCIAS.....	25
2.1.2. DIVISION DEL ESPECTRO.....	26
2.1.3. ASIGNACIÓN DE LAS FRECUENCIAS DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO.....	28
2.1.4. USO Y CONTROL DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO.....	28
2.1.5. OBJETIVOS PRINCIPALES PARA LA GESTION EFECTIVA DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO.....	29
2.1.6. USOS COMERCIALES.....	30



2.2. RADIOENLACES.....	30
2.2.1. CONCEPTO.....	31
2.2.2. CONCEPTOS DE DISEÑO:.....	33
2.2.3. ESTRUCTURA DE UN RADIO ENLACE:.....	33
2.2.4. SUPERVISIÓN.....	34
2.3. RADIO ENLACES DIGITALES.....	35
2.3.1. LA TOPOGRAFÍA DIGITAL.....	35
2.3.2. ESTRUCTURA DE UN RADIOENLACE DIGITAL.....	36
2.3.3. BANDAS DE FRECUENCIAS PARA RADIOENLACES DIGITALES.....	40
2.4. QUÉ ES UN PRESUPUESTO DE ENLACE.....	43
2.4.1. ELEMENTOS DE UN RADIOENLACE.....	43
2.4.2. LAS PÉRDIDAS.....	45
2.4.3. LAS GANANCIAS.....	49
2.4.4. ECUACIÓN DEL CALCULO DEL ENLACE.....	50
2.4.5. ZONA DE FRESNEL.....	51
2.4.5.1. LA DIFRACCION DE FRESNEL.....	54
2.4.5.2. DIFRACCIÓN DE FRAUNHOFER.....	55
2.4.5.3. RADIO DE CURVATURA.....	56
2.4.5.4. TRANSMISION CON LINEA DE VISTA.....	57
2.4.5.5. COMPENSACION DE LA ZONA DE FRESNEL POR EL ABULTAMIENTO DE LA TIERRA.....	58

### **CAPITULO III: MEDIDAS DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO**

3.1 EQUIPOS UTILIZADOS.....	59
3.2 LUGAR DONDE SE ANALIZO EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO.....	62
3.3 MONTAJE.....	62
3.4 PARAMETROS EN ANALIZADOR.....	62
3.5 COMO REALIZAR UNA MEDICION.....	63
3.6 MEDIDAS REALIZADAS.....	66
3.6.1 RESULTADOS.....	67

### **CAPÍTULO IV: ESTIMACIÓN DE LOS RADIOENLACES**

4.1. INTRODUCCIÓN.....	72
4.2. ESQUEMA DE LA RED.....	74
4.3. ELECCIÓN DE LA FRECUENCIA.....	75
4.4. SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE RED.....	75
4.5. DISTANCIAS ENTRE LOS PUNTOS DE RED.....	76
4.6. PÉRDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE.....	80
4.7. PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO.....	81
4.8. PRIMERA ZONA DE FRESNEL.....	84
4.9. ALTURA MINIMA DE LAS ANTENAS.....	85
4.10. PERFILES TOPOGRAFICOS DE LAS TRAYECTORIAS.....	86

4.11. PRESUPUESTO DE ENLACE.....	95
----------------------------------	----

## **CAPÍTULO V: RESULTADOS DEL ESTUDIO**

5.1. SOFTWARE DE SIMULACIÓN.....	99
5.1.1. Software Radio Mobile.....	100
5.1.2. Google Earth.....	100
5.2. SIMULACIÓN DE LOS ENLACES.....	100
5.2.1. U.T. Guaranda y Antena Guaranda.....	101
5.2.1.1. Resultados obtenidos.....	102
5.2.2. Antena Guaranda y Antena Chimbo.....	103
5.2.2.1. Resultados obtenidos.....	104
5.2.3. U.T. Chimbo y Antena Chimbo.....	105
5.2.3.1. Resultados obtenidos.....	106
5.2.4. Antena Chimbo y Antena San Miguel.....	107
5.2.4.1. Resultados obtenidos.....	108
5.2.5. U.T. San Miguel y Antena San Miguel.....	110
5.2.5.1. Resultados obtenidos.....	111
5.2.6. Antena San Miguel y Repetidora SM-Ch.....	112
5.2.6.1. Resultados obtenidos.....	113
5.2.7. Repetidora SM-Ch y Antena Chillanes.....	114
5.2.7.1. Resultados obtenidos.....	115
5.2.8. U.T. Chillanes y Antena Chillanes.....	116
5.2.8.1. Resultados obtenidos.....	117
5.2.9. U.T. Las Naves y Antena Las Naves.....	119
5.2.9.1. Resultados obtenidos.....	120
5.2.10. Antena Las Naves y Repetidora LN-E.....	121
5.2.10.1. Resultados obtenidos.....	122
5.2.11. Repetidora LN-E y Antena Echeandía.....	123
5.2.11.1. Resultados obtenidos.....	124
5.2.12. U.T. Echeandía y Antena Echeandía.....	125
5.2.12.1. Resultados obtenidos.....	126
5.2.13. Antena Echeandía y Repetidora E-Cal.....	128
5.2.13.1. Resultados obtenidos.....	129
5.2.14. Repetidora E-Cal y Antena Caluma.....	130
5.2.14.1. Resultados obtenidos.....	131
5.2.15. U.T. Caluma y Antena Caluma.....	132
5.2.15.1. Resultados obtenidos.....	133
5.2.16. Antena Caluma y Repetidora Cal-G.....	134
5.2.16.1. Resultados obtenidos.....	135
5.2.17. Repetidora Cal-G y Antena Guaranda.....	137
5.2.17.1. Resultados obtenidos.....	138
5.3. ESQUEMA FINAL.....	139

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

BIBLIOGRAFIA

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II.1	Distribución de frecuencias por zonas.....	27
Figura II.2	Esquema elemental de una estación terminal.....	37
Figura II.3	Repetidores en radioenlaces.....	38
Figura II.4	Sistema de radioenlace 2 + 1.....	39
Figura II.5	Disposición de la banda de 13 GHz para menos de 450 canales.....	42
Figura II.6	Disposición de la banda de 13 GHz para 750 canales.....	42
Figura II.7	Elementos de un radioenlace.....	44
Figura II.8	Potencia versus distancia.....	44
Figura II.9	Calculo del enlace.....	50
Figura II.10	Primera zona de Fresnel.....	51
Figura II.11	Zonas de Fresnel.....	52
Figura II.12	Efecto de la difracción en la atmósfera.....	54
Figura II.13	Difracción de Fraunhofer.....	55
Figura II.14	Primer radio de Fresnel.....	57
Figura II.15	Compensación de la zona de Fresnel por el abultamiento de la tierra.....	58
Figura III.16	Analizador de espectros HP 8594e.....	60
Figura III.17	Ordenador portátil Hp.....	60
Figura III.18	Antena cónica de Schwarzbeck.....	61
Figura III.19	Relación entre frecuencia y amplitud .....	65
Figura III.20	Lectura de Amplitud y Frecuencia.....	65
Figura III.21	Barrido a 80 MHz.....	67
Figura III.22	Barrido a 120 MHz.....	67
Figura III.23	Barrido a 120 MHz.....	68
Figura III.24	Barrido a 120 MHz.....	68
Figura III.25	Barrido a 120 MHz.....	68
Figura III.26	Barrido a 120 MHz (Marker relativa).....	69
Figura III.27	Barrido a 120 MHz (Marker relativa).....	70
Figura III.28	Barridos en diferentes frecuencias y SPAN .....	71
Figura IV.29	Esquema de la Red.....	74
Figura IV.30	Aproximación lineal de FSL.....	81
Figura IV.31	Perfil topográfico de la trayectoria U.T. Guaranda - Antena Guaranda.....	86
Figura IV.32	Perfil topográfico de la trayectoria Antena Guaranda - Antena Chimbo....	87
Figura IV.33	Perfil topográfico de la trayectoria U.T. Chimbo - Antena Chimbo.....	87
Figura IV.34	Perfil topográfico de la trayectoria Antena Chimbo - Antena San Miguel...	88
Figura IV.35	Perfil topográfico de la trayectoria U.T. San Miguel - Antena San Miguel...	88
Figura IV.36	Perfil topográfico de la trayectoria Antena San Miguel – Repetidora SM_Chillanes.....	89
Figura IV.37	Perfil topográfico de la trayectoria Repetidora SM_Chillanes – Antena Chillanes.....	89
Figura IV.38	Perfil topográfico de la trayectoria U.T. Chillanes – Antena Chillanes.....	90
Figura IV.39	Perfil topográfico de la trayectoria U.T. Las Naves – Antena Las Naves...	90
Figura IV.40	Perfil topográfico de la trayectoria Antena Las Naves –Repetidora Las Naves_Echeandia.....	91
Figura IV.41	Perfil topográfico de la trayectoria Repetidora Las Naves_Echeandia – Antena Echeandía.....	91
Figura IV.42	Perfil topográfico de la trayectoria U.T. Echeandía - Antena Echeandía...	92

Figura IV.43	Perfil topográfico de la trayectoria Antena Echeandía – Repetidora.....	92
Figura IV.44	Perfil topográfico de la trayectoria Repetidora Echeandia_Caluma – Antena Caluma.....	93
Figura IV.45	Perfil topográfico de la trayectoria U.T. Caluma – Antena Caluma.....	93
Figura IV.46	Perfil topográfico de la trayectoria Antena Caluma – Repetidora Caluma_Guaranda.....	94
Figura IV.47	Perfil topográfico de la trayectoria Repetidora Caluma_Guaranda – Antena Guaranda.....	94
Figura V.48	Enlace punto a punto entre la U.T. Guaranda y la Antena Guaranda.....	101
Figura V.49	Gráfica de estadística para el umbral del receptor.....	101
Figura V.50	Gráfica de estadística para éxito del radio enlace .....	101
Figura V.51	Enlace punto a punto entre la Antena Guaranda y la Antena Chimbo.....	103
Figura V.52	Gráfica de estadística para el umbral del receptor.....	103
Figura V.53	Gráfica de estadística para éxito del radio enlace .....	104
Figura V.54	Enlace punto a punto entre la U.T. Chimbo y la Antena Chimbo.....	105
Figura V.55	Gráfica de estadística para el umbral del receptor.....	106
Figura V.56	Gráfica de estadística para éxito del radio enlace.....	106
Figura V.57	Enlace punto a punto entre la Antena Chimbo y la Antena San Miguel.....	108
Figura V.58	Gráfica de estadística para el umbral del receptor.....	108
Figura V.59	Gráfica de estadística para éxito del radio enlace .....	108
Figura V.60	Enlace punto a punto entre la U.T. San Miguel y la Antena San Miguel...	110
Figura V.61	Gráfica de estadística para el umbral del receptor.....	110
Figura V.62	Gráfica de estadística para éxito del radio enlace .....	110
Figura V.63	Enlace punto a punto entre la Antena San Miguel y la Repetidora SM-Ch	112
Figura V.64	Gráfica de estadística para el umbral del receptor.....	112
Figura V.65	Gráfica de estadística para éxito del radio enlace.....	113
Figura V.66	Enlace punto a punto entre la Repetidora SM-Ch y la Antena Chillanes...	114
Figura V.67	Gráfica de estadística para el umbral del receptor.....	115
Figura V.68	Gráfica de estadística para éxito del radio enlace .....	115
Figura V.69	Enlace punto a punto entre la U.T. Chillanes y la Antena Chillanes.....	117
Figura V.70	Gráfica de estadística para el umbral del receptor.....	117
Figura V.71	Gráfica de estadística para éxito del radio enlace .....	117
Figura V.72	Enlace punto a punto entre la U.T. Las Naves y la Antena Las Naves.....	119
Figura V.73	Gráfica de estadística para el umbral del receptor.....	119
Figura V.74	Gráfica de estadística para éxito del radio enlace.....	119
Figura V.75	Enlace punto a punto entre la Antena Las Naves y la Repetidora LN-E....	121
Figura V.76	Gráfica de estadística para el umbral del receptor.....	121
Figura V.77	Gráfica de estadística para éxito del radio enlace.....	122
Figura V.78	Enlace punto a punto entre la Repetidora LN-E y la Antena Echeandía ...	123
Figura V.79	Gráfica de estadística para el umbral del receptor.....	124
Figura V.80	Gráfica de estadística para éxito del radio enlace .....	124
Figura V.81	Enlace punto a punto entre la U.T. Echeandía y la Antena Echeandía.....	126
Figura V.82	Gráfica de estadística para el umbral del receptor.....	126
Figura V.83	Gráfica de estadística para éxito del radio enlace.....	126
Figura V.84	Enlace punto a punto entre la Antena Echeandía y la Repetidora E-Cal...	128
Figura V.85	Gráfica de estadística para el umbral del receptor.....	128
Figura V.86	Gráfica de estadística para éxito del radio enlace .....	128
Figura V.87	Enlace punto a punto entre la Repetidora E-Cal y la Antena Caluma.....	130

Figura V.88	Gráfica de estadística para el umbral del receptor.....	130
Figura V.89	Gráfica de estadística para éxito del radio enlace .....	131
Figura V.90	Enlace punto a punto entre la U.T. Caluma y la Antena Caluma.....	132
Figura V.91	Gráfica de estadística para el umbral del receptor.....	133
Figura V.92	Gráfica de estadística para éxito del radio enlace .....	133
Figura V.93	Enlace punto a punto entre la Antena Caluma y la Repetidora Cal-G.....	135
Figura V.94	Gráfica de estadística para el umbral del receptor.....	135
Figura V.95	Gráfica de estadística para éxito del radio enlace .....	135
Figura V.96	Enlace punto a punto entre la Repetidora Cal-G y la Antena Guaranda.....	137
Figura V.97	Gráfica de estadística para el umbral del receptor.....	137
Figura V.98	Gráfica de estadística para éxito del radio enlace.....	137
Figura V.99	Esquema de la red en 2D.....	140
Figura V.100	Esquema de la red en 3D.....	141
Figura V.101	Esquema de la red generada por el Satélite LANDSAT.....	142
Figura V.102	Esquema de la red generada por el Satélite Terraserver.....	173

## INTRODUCCIÓN

Sin lugar a dudas la comunicación entre las personas ha marcado desde mucho tiempo atrás la pauta para todo tipo de desarrollo, es así que el termino comunicación es sinónimo de progreso.

En muchas ocasiones se hace necesario establecer un enlace entre dos puntos alejados. Un ejemplo muy habitual es el intercambio de datos entre instituciones bancarias y sus sucursales, en esas ocasiones la solución más sencilla y económica es utilizar radioenlaces.

La técnica de radio comunicación consiste en suponer la información que se desea transmitir a una onda electromagnética que se propaga el espacio. La onda soporte y la inserción de la información se producen en el transmisor. La información se extrae de la onda en el receptor la cual recoge una fracción de la energía radio eléctrica transmitida.

Junto a estos elementos básicos se requiere dispositivos de acoplamiento entre los equipos y medios de propagación que son la antena transmisora y receptora. En los sistemas de radiocomunicación el ruido, la interferencia son factores que limitan la calidad, existiendo un límite en el grado de ampliación que puede lograrse, ya que el proceso de ampliación afecta a la señal deseada y a las no deseadas.

Por esta razón, es muy importante para el diseñador de enlaces de radio conocer como trabajan los sistemas de radio porque las características de los equipos afectan dramáticamente el rendimiento total de la red.

Un punto muy importante a tomar en este tipo de proyectos, es la frecuencia en la cual trabajara el enlace, porque a medida que crecen las comunicaciones el factor de uso de una determinada frecuencia crece de forma acelerada, es por eso que el análisis del espectro electromagnético es muy necesario, puesto que atreves de el tendremos datos reales de uso de la frecuencia con la que se pretende trabajar.



# **CAPÍTULO I**

## **CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO**

### **1.1. ANTECEDENTES**

Se denomina radio enlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas. Si los terminales son fijos, el servicio se lo denomina como tal y si algún terminal es móvil, se lo denomina dentro de los servicios de esas características.

Se puede definir al radio enlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz. Los radio enlaces de microondas se realizan sólo si existe una vista

del receptor (LOS, Line Of Sight), proveen conectividad de una manera sencilla y práctica entre dos o más sitios.

En un radioenlace digital, la señal moduladora es un múltiplex digital MIC (PCM) que modula la portadora en fase (PSK) o fase diferencial (DPSK), en forma binaria ó multinivel (polivalente), o hace uso de una modulación combinada en amplitud y en fase (QAM).

Un radio enlace esta constituido por estaciones terminales y repetidoras intermedias, con equipos transceptores, antenas y elementos de supervisión y reserva. Además de las estaciones repetidoras, existen las estaciones nodales donde se de modula la señal y de la baja a banda base y en ocasiones se extraen o se insertan canales. Al tramo terminal estación nodal se lo denomina sección de conmutación y es una entidad de control, protección y supervisión.

## **1.2. JUSTIFICACION**

Debido al proceso de descentralización las unidades de turismo de los distintos cantones de la provincia de Bolívar como son: Guaranda, Chimbo, San Miguel, Chillanes, Echeandía, Caluma y Las Naves, ya no cuentan con una forma directa de comunicación, para poder compartir datos turísticos (planificación, promoción, catastro), estadísticas de carácter turístico local, regional y nacional, lo que los hace vulnerables en este ámbito.

Además las barreras climáticas y terrestres que tiene la provincia no permiten que los directores de estas unidades puedan reunirse e intercambiar esta información continuamente. Una forma de tener una comunicación rápida y fluida entre todas las unidades turísticas, es una red de radio enlaces, la cual permitirá eliminar barreras climáticas y terrestres con las que cuenta la provincia.

Conociendo la variada climatología con la que cuenta la provincia de Bolívar, se hace muy necesario trabajar con frecuencias superiores a 1 GHz, por tal motivo se hace muy indispensable realizar un análisis del espectro Radio Eléctrico, puesto que el mismo nos ayudara a determinar cual es grado de utilización de la frecuencia con la que se tendrá que trabajar en los distintos cantones.

Es por eso que nuestro proyecto tiene como finalidad el análisis del espectro radio eléctrico para determinar el grado de utilización, de la frecuencia de trabajo, así como la interconexión de la red de radio enlaces, para el intercambio de información entre las unidades de turismo de los municipios de la provincia de Bolívar.

### **1.3. OBJETIVOS**

#### **1.3.1. General**

- Realizar el análisis del Espectro Radio Eléctrico y el estudio para la implementación de una red de radio enlaces entre las unidades de turismo de los 7 municipios de la provincia Bolívar

#### **1.3.2. Específicos**

- Asegurar que el espectro radioeléctrico sea apto para nuevos proyectos, servicios y que se preserve la flexibilidad para la adaptación de los nuevos requerimientos del mercado en el área de las telecomunicaciones.
- Asegurar la disponibilidad del espectro de radio para beneficios relevantes en lo social y público (por ejemplo, seguridad y salud).

- Diseñar una red de radio enlaces que provean comunicación a las unidades de turismo pertenecientes a las municipalidades de los distintos cantones de la provincia.
- Dar a conocer a los directores de las unidades de turismo de los 7 municipios de la provincia Bolívar acerca de las ventajas que tiene este estudio.
- Descentralizar los procesos de gestión de las unidades de turismo de cada cantón.

#### 1.4. HIPOTESIS

Con el presente trabajo de investigación se pretende tener una medición real del espectro radioeléctrico para determinar la capacidad de uso y disponibilidad de la frecuencia de trabajo en cada uno de los cantones; así como la realización del estudio para la implementación de una red de radio enlaces, para poder integrar las unidades de turismo de los 7 municipios de la provincia de Bolívar descentralizando los procesos de gestión mediante la utilización de equipos y tecnologías de punta en el ámbito de las telecomunicaciones.

#### 1.5. RECURSOS DEL PROYECTO

##### 1.5.1. Equipos a Utilizar

- **Hardware Existente**

**Tabla I.** Hardware existente

<b>Cantidad</b>	<b>Nombre</b>
1	Computadora Pentium 4
1	Impresora Canon IP1700
1	GPS
1	Analizador de Frecuencias

**Elaborado Por:** Autores de Tesis.

➤ **Software Existente**

**Tabla II.** Software existente

<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
Windows XP	Sistema Operativo (Pre instalado)
Microsoft Word	Procesador de Texto (Pre instalado)
Microsoft Project	Diseño de proyectos (Pre instalado)

**Elaborado Por:** Autores de Tesis.

➤ **Software Requerido**

**Tabla III.** Software Requerido

<b>Nombre</b>	<b>Descripción</b>
Radio Mobile	Simulador de Enlaces (Pre instalado)

**Elaborado Por:** Autores de Tesis.

**1.5.2. Materiales a Utilizar**

**Tabla IV.** Lista de materiales a utilizar

<b>Material</b>	<b>Descripción</b>
Artículos Técnicos	Información actualidad
Cartuchos de tinta	Impresiones
CD	Almacenamiento de información
Copias	Sustento de información
DVD	Almacenamiento de información
GPS	Equipo de Posicionamiento Global
Hojas	Impresiones
Libros	Información
Memoria Flash	Almacenamiento de información
Revistas	Información

**Elaborado Por:** Autores de Tesis.

### 1.5.3. Otros

#### ➤ Recursos Humanos

En este estudio vamos a necesitar de la colaboración de

- Los Investigadores
- El tutor
- Colaboradores

## 1.6. METODOS Y TECNICAS

### **Método Científico:**

Porque la esencia del método científico consiste en el planteamiento de preguntas y búsqueda de respuestas, las cuales deben ser susceptibles de comprobación, es una manera de recopilar información y comprobar ideas, y dentro de nuestro estudio se lo utilizara principalmente para comprobar la hipótesis planteada.

### **Método Experimental:**

Con el realizaremos los siguientes pasos:

1. Proposición de un problema muy concreto, extraído de la observación cuidadosa de los fenómenos conexos ha dicho problema;

2. Formulación de hipótesis capaces de explicarlo, y
3. Proposición y realización de un experimento con el fin de verificar tales hipótesis.

También se utilizara técnicas para la recolección de información como:

- Observación
- Simulaciones

## **CAPÍTULO II**

### **REFERENCIA TEÓRICA**

#### **2.5. ESPECTRO RADIOELECTRICO**

El espectro electromagnético se concibe como la dispersión de radiaciones diferenciadas entre sí por la frecuencia. El espectro radioeléctrico es un subconjunto del anterior y abarca todas las frecuencias capaces de ser emitidas por osciladores discretos.



Según UIT el espectro radioeléctrico es el conjunto de ondas electromagnéticas, cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin guía artificial.

Es de propiedad exclusiva del estado y como tal constituye un bien de dominio público, inajenable e imprescriptible, cuya gestión, administración y control corresponden a la superintendencia de comunicaciones.

Por espectro radioeléctrico, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (U.I.T.) define las frecuencias del espectro electromagnético usadas para los servicios de difusión, 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, corresponde al estado de avance tecnológico."

Ampliando el concepto de Espectro Radioeléctrico podemos decir que es el medio o espacio por donde se propagan las ondas radioeléctricas, se trata de un conjunto de radiofrecuencias cuyo límite se fija convencionalmente por debajo de 3,000 GHz

### **2.5.1. DISTRIBUCIÓN DEL ESPECTRO DE FRECUENCIAS**

El espectro electromagnético está conformado por radiaciones en forma de ondas y fotones, donde se incluye el espectro de luz visible, las radiaciones ultravioleta, rayos infrarrojos, rayos X y rayos gama.

El espectro electromagnético es un recurso natural de dimensiones limitadas que forma parte del patrimonio de la nación.

La distribución de las bandas de frecuencias son divisiones del espectro radioeléctrico que por convención se han hecho para distribuir los distintos servicios de telecomunicaciones, donde cada uno de los rangos de frecuencias tiene características particulares que permiten diferentes maneras de recepción.

En la Tabla V. se muestra el rango de frecuencias del espectro radioeléctrico:

**Tabla V.** Rango de frecuencias del espectro radioeléctrico.

<u>FREC.</u>	<u>RANGO</u>	<u>TIPO ONDA</u>	<u>SIMBOLO</u>
VLF	3 a 30 KHz	Ondas miriamétricas	B.mam
LF	30 a 300 KHz	Ondas kilométricas	B.km
MF	300 a 3.000 KHz	Ondas hectométricas	B.hm
HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas	B.dam
VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas	B.m
UHF	300 a 3.000 MHz	Ondas decimétricas	B.dm
SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas	B.cm
EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas	B.mm
-----	300 a 3.000 GHz	Ondas decimétricas	---

**Fuente:** Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Lamentablemente, en nuestro país se ha abusado de las potestades en cuanto a la asignación de frecuencias, facilitando a algunos grupos sociales o económicos, donde dirigentes de partidos políticos del gobierno han concentrado los medios de comunicación (Televisión y Radiodifusión), mientras las grandes mayorías han quedado excluidas o ven limitado su acceso.

### 2.5.2. DIVISION DEL ESPECTRO

La división del espectro de frecuencias fue establecida por el CONSEJO CONSULTIVO INTERNACIONAL DE LAS COMUNICACIONES DE RADIO (CCIR) en el año 1953.

Según el reglamento de Radiocomunicaciones de la UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (UIT), existen 3 regiones a nivel mundial donde se distribuyen las frecuencias por zonas.

La región 1 está conformada por Europa, África, Medio Oriente, Mongolia y las Repúblicas de la ex-Unión Soviética.

La región 2 está conformada por los países de América y la región 3 la conforman el resto del Mundo, Oceanía y algunos países del continente Asiático, en la Figura 1. se puede observar cada una de las regiones en el mundo.

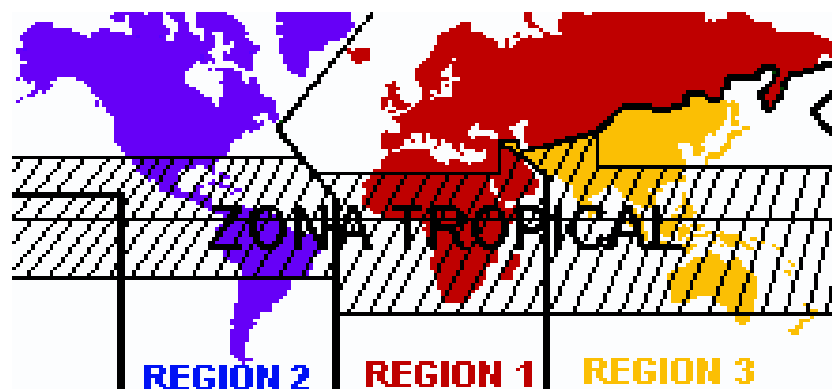


Figura 1. Distribución de frecuencias por zonas.

**Fuente:** Unión Internacional de Telecomunicaciones.

Según la distribución de frecuencias nuestro país se encuentra en la región 2, por tal razón el rango de frecuencias utilizadas para la radiodifusión sonora se indica en la tabla VI.

**Tabla VI.** Gama de frecuencias (FM) de las regiones

<u>DESIGNACIÓN</u>	<u>REGIÓN 1</u>	<u>REGIÓN 2</u>	<u>REGIÓN 3</u>
I	47 – 68 [MHz]	54 – 68 [MHz]	47 – 68 [MHz]
II	87,5 – 108 [MHz]	88 – 108 [MHz]	87 – 108 [MHz]
III	174 – 230 [MHz]	174 – 216 [MHz]	174 – 230 [MHz]
IV	470 – 582 [MHz]	470 – 582 [MHz]	470 – 582 [MHz]
V	582 – 960 [MHz]	582 – 890 [MHz]	582 – 960 [MHz]

**Fuente:** Unión Internacional de Telecomunicaciones.

### 2.5.3. ASIGNACIÓN DE LAS FRECUENCIAS DEL ESPECTRO RADIOELÉCTRICO

Cada emisora de radio o de televisión, por ejemplo, tiene asignada una frecuencia fija a la que transmite y se recibe su señal en el radiorreceptor o televisor. De no ser así sería un caos, porque si varias estaciones de radio o televisión transmitieran arbitrariamente en la misma frecuencia cada una, se interferirían unas con otras, escuchándose o viéndose todas al mismo tiempo.

La asignación de las frecuencias del espectro radioeléctrico para las transmisiones de radio y televisión generalmente la realiza el Ministerio de Comunicaciones de cada país (La asignación de frecuencias para la radiodifusión y televisión en nuestro país lo realiza el CONATEL, previo un informe técnico por parte de la SUPTEL, analizando la disponibilidad de los canales y de acuerdo al Plan Nacional de Distribución de Frecuencias).

La asignación de otras frecuencias utilizadas en las comunicaciones por radio se establece por acuerdos internacionales entre los diferentes países

#### **2.5.4. USO Y CONTROL DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO**

El uso y control de este recurso, o gestión de frecuencias, está definida como la combinación de los procedimientos administrativos y técnicos para garantizar el funcionamiento de las estaciones radioeléctricas de los distintos servicios de radiocomunicaciones en cualquier momento dado sin producir ni recibir interferencia perjudicial.

Según la Unión Internacional de Telecomunicaciones UIT, tres son los documentos normativos de importancia nacional que coadyuvan a la eficiente Administración del espectro:

- El cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias.
- El Régimen Nacional de Gestión del Espectro.
- Las tasas de Frecuencias Radioeléctricas.

En el artículo 44 de la constitución de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) se establece que los estados miembros tendrán en cuenta que las frecuencias y las órbitas asociadas, incluida la de los satélites geoestacionarios, son recursos naturales limitados que deben utilizarse de forma racional, eficaz y económica.

El Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT reconoce los servicios: de fijo, móvil aeronáutico, móvil terrestre, radiodifusión, fijo por satélite, móvil marítimo, radioastronomía, radionavegación, aficionados y aficionados por satélite

Cada uno de los servicios enumerados opera a una frecuencia específica, que lleva como onda portadora a otra onda modulada sobre si, la que realmente contiene la información. Cada sistema emite una radiación. Podrá ser del tipo broadcasting, es decir distribuida a todos como es una radioemisora o una emisora de TV abierta al aire (o no aire porque también obran en el espacio externo a la atmósfera). También podrá ser del tipo en una transmisión punto a punto, o a una red particular restringida.

#### **2.5.5. OBJETIVOS PRINCIPALES PARA LA GESTION EFECTIVA DEL ESPECTRO**

##### **RADIOELECTRICO:**

- Maximizar el uso eficiente del espectro de radio.
- Asegurar que el espectro radioeléctrico sea apto para nuevas tecnologías y servicios y que se preserve la flexibilidad para la adaptación de los nuevos requerimientos del mercado.
- Desarrollar un proceso equitativo, transparente oportuno y eficiente en la autorización de licencias.
- Basar las asignaciones y las licencias teniendo en cuenta la demanda del mercado.
- Promover la sana competencia.
- Asegurar la disponibilidad del espectro de radio para beneficios relevantes en lo social y público (por ejemplo, seguridad y salud).

### 2.5.6. USOS COMERCIALES

Los usos del Espectro de la Radio VHF y UHF más comunes son:

- La radio y la televisión AM, FM, la TELEVISIÓN,
- Radio móvil
- Taxi, mensajeros, el transporte, celular,
- Compañías de seguridad
- Tráfico aéreo, policía, bomberos, la marina, etc.

### 2.6. RADIOENLACES

Los radioenlaces de microondas fueron desarrollados ya antes de la 2da Guerra Mundial, y aunque durante ésta, su evolución se interrumpió por la prioridad que se dio a los sistemas de radar, se beneficiaron de la aparición de dispositivos destinados a tales sistemas como el Klystron, el tubo de ondas progresivas, el magnetrón, etc.; así como de la tecnología de guías de ondas y de antenas muy directivas.

Subsiguientemente, fue la TV el primer usuario de los radioenlaces para la conexión entre estudios y centros transmisores y redes de transmisión de TV. En esta aplicación se apreció la ventaja de utilizar MF y la experiencia adquirida facilitó la aplicación a la transmisión telefónica múltiple.

La red de radioenlaces de microondas ha registrado una expansión notable en todos los países, estimulada, en parte por la automatización progresiva de la red telefónica y por la necesidad de disponer de más canales de TV de color.

Esta expansión ha venido acompañada de una importante evolución tecnológica que utiliza los nuevos componentes de microondas, lo que conduce a equipos que presentan dimensiones mínimas, gran facilidad de montaje, comodidad en el control particular de los equipos y general de los sistemas y emplea tecnologías modernas con circuitos de micro línea (Microstrip) sustituyendo con ellas gran parte o bien la totalidad de grupos y componentes realizados hasta la actualidad en guía de ondas, consiguiéndose mayor fiabilidad, fluidez y rapidez en el mantenimiento.

#### 2.6.1. CONCEPTO

Se denomina radio enlace a cualquier interconexión entre los terminales de telecomunicaciones efectuados por ondas electromagnéticas.

Si los terminales son fijos, el servicio se lo denomina como tal y si algún terminal es móvil, se lo denomina dentro de los servicios de esas características. Se puede definir al radio enlace del servicio fijo, como sistemas de comunicaciones entre puntos fijos situados sobre la superficie terrestre, que proporcionan una capacidad de información, con características de calidad y disponibilidad determinadas. Típicamente estos enlaces se explotan entre los 800 MHz y 42 GHz.

Los radio enlaces, establecen un concepto de comunicación del tipo dúplex, de donde se deben transmitir dos portadoras moduladas: una para la Transmisión y otra para la recepción. Al par de frecuencias asignadas para la transmisión y recepción de las señales, se lo denomina radio



canal. Los enlaces se hacen básicamente entre puntos visibles, es decir, puntos altos de la topografía.

De un modo general, los radioenlaces se clasifican en: Analógicos y Digitales, atendiendo a la naturaleza de la señal de la banda base moduladora.

En un Radioenlace Analógico Típico, la señal moduladora es un múltiplex telefónico MDF que modula a la portadora en frecuencia MF, un conjunto de señales radiofónicas o una señal de TV. La gama de capacidades de los radioenlaces para telefonía se extiende de 12 a 10800 canales telefónicos. Para TV, la carga típica del radioenlace es la señal de video frecuencia (banda base de 0 - 5.5 MHz).

En un radioenlace digital, la señal moduladora es un múltiplex digital MIC (PCM) que modula la portadora en fase (PSK) o fase diferencial (DPSK), en forma binaria ó multinivel (polivalente), o hace uso de una modulación combinada en amplitud y en fase (QAM).

#### 2.6.2. **CONCEPTOS DE DISEÑO:**

Los radio enlaces de microondas se realizan sólo si existe una vista del receptor (LOS, Line Of Sight), proveen conectividad de una manera sencilla y práctica entre dos o más sitios. La línea de visión (LOS) implica que la antena en un extremo del radio enlace debe poder "ver" la antena del otro extremo.

El diseño de un radio enlace de microondas LOS involucra cuatro pasos básicos:

- Elección del sitio de instalación.

- Relevamiento del perfil del terreno y cálculo de la altura del mástil para la antena.
- Cálculo completo del radio enlace, estudio de la trayectoria del mismo y los efectos a los que se encuentra expuesto.
- Prueba posterior a la instalación del radio enlace, y su posterior puesta en servicio con tráfico real.

### 2.6.3. ESTRUCTURA DE UN RADIO ENLACE:

Un radio enlace está constituido por estaciones terminales y repetidoras intermedias, con equipos transceptores, antenas y elementos de supervisión y reserva.

Además de las estaciones repetidoras, existen las estaciones nodales donde se demodula la señal y de la baja a banda base y en ocasiones se extraen o se insertan canales. Al tramo terminal estación nodal se lo denomina sección de conmutación y es una entidad de control, protección y supervisión. En cuanto a los repetidores se los puede clasificar en activos o pasivos.

- **Activos:** En ellos se recibe la señal en la frecuencia de portadora y se la baja a una frecuencia intermedia (FI) para amplificarla y retransmitirla en la frecuencia de salida. No hay demodulación y son transceptores.
- **Pasivos:** Se comportan como espejos que reflejan la señal y se los puede dividir en pasivos convencionales, que son una pantalla reflectora y los pasivos back-back, que están constituidos por dos antenas espalda a espalda. Se los utiliza en ciertos casos para salvar obstáculos aislados y de corta distancia. Los enlaces son estructuralmente sistemas en serie, de tal manera que si uno falla se corta todo el enlace. Por ello se le

exige una alta disponibilidad y confiabilidad utilizándose la redundancia de equipos frente a las averías y técnicas de diversidad frente a los desvanecimientos. Esto también implica que es necesario sistemas de supervisión y control que realice automáticamente la aplicación de estas técnicas.

Como además las estaciones funcionan en forma no atendida, para la ejecución de la supervisión y conmutación al equipo de reserva, junto con la información útil se transmiten señales auxiliares de telemando y tele supervisión.

#### 2.6.4. SUPERVISIÓN

Es el conjunto de medios que se ponen a disposición de la adecuada explotación en las condiciones definidas como operativas, que pretende obtener la máxima información posible sobre el estado del radio enlace en un momento determinado y facilitar las operaciones de mantenimiento, se ha generalizado el telecontrol y el telemando puesto que por economía las estaciones funcionan de manera no atendida.

Comprende el sistema de supervisión canales telefónicos de servicio utilizables por el personal de mantenimiento, así como cierto número de señales que proporcionan información del estado de los equipos.

Las informaciones que se transmiten deberán permitir localizar con exactitud el equipo que ha sufrido averías y además debe existir la posibilidad de telemando es decir, enviar señales desde la central al equipo en cuestión. También se hace necesario transmitir las señales de control del sistema de conmutación.

Esto implica disponer de varios circuitos equivalentes a cuatro hilos, utilizándose un radio canal

bidireccional que opera en la frecuencia de los equipos de reserva y que normalmente se aprovechan parte de las instalaciones del equipo principal.

## **2.7. RADIO ENLACES DIGITALES**

### **2.7.1. LA TOPOGRAFÍA DIGITAL**

La topografía digital no es más que la determinación de puntos georeferenciados, obtenidos de mediciones a través de GPS's y/o fotos satelitales, con ubicación precisa de información específica de la zona (elevaciones, poblados, hidrografía, sembríos, etc.).

Cabe señalar que puede preverse una amplia gama de utilización de las bases de datos topográficos y también que puede identificarse una amplia gama de información superficies del terreno. Es este el caso de la planificación de radioenlaces donde, el uso de topografía y climatología es muy importante a la hora de realizar los cálculos de propagación.

Las base de datos topográficos digitales establecidas para predicciones de la propagación deben contener información relacionada con el tipo de predicción que va a llevarse a cabo. En frecuencias superiores a unos 30 MHz, se necesita normalmente información sobre la altura del terreno y la superficie del mismo. Para realizar predicciones de la propagación detalladas en frecuencias superiores a unos 1000 MHz, especialmente en zonas urbanas, además de la información relativa a la altura del terreno se necesita generalmente conocer el emplazamiento, el tamaño y la orientación de las edificaciones.

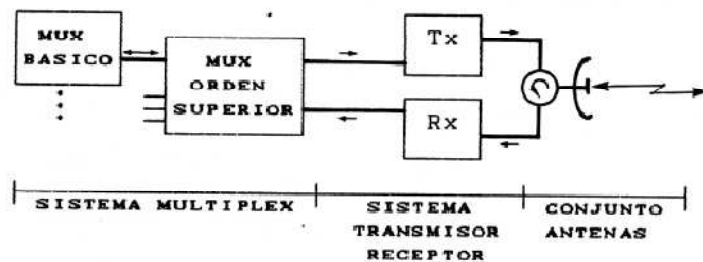
### 2.7.2. ESTRUCTURA DE UN RADIOENLACE DIGITAL

Un Radioenlace digital tiene, básicamente, la misma estructura que uno analógico. En su disposición más simple, un radioenlace digital esté compuesto por dos estaciones terminales salvando un solo vano.

Cada estación terminal debe constar, mínimamente:

- Un sistema transmisor.
- Un sistema receptor.
- Un sistema múltiplex MIC/TDM
- Un conjunto de antenas.
- Un conjunto de energía de alimentación

En la Figura 2. Se muestra un esquema de bloques de un sistema MIC de transmisión radio elemental.



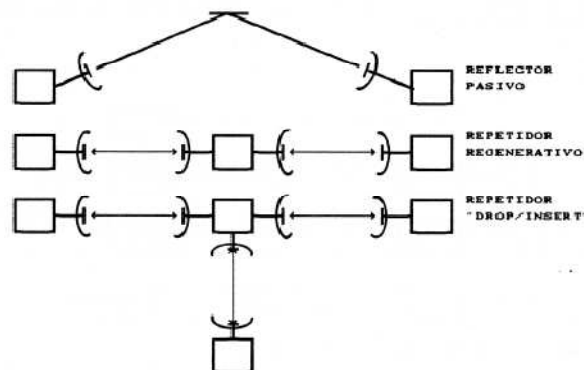
**Figura 2.** Esquema elemental de una estación terminal.

**Fuente:** [www.wikipedia.org/estructura\\_digital.html](http://www.wikipedia.org/estructura_digital.html)

Cuando la longitud del vano a cubrir, la falta de visibilidad (los obstáculos) o la configuración propia de la red lo hacen necesario, se intercalan, entre los terminales, estaciones repetidoras; (Figura 3.) que pueden ser:

- **Simplex reflectores pasivos**, que consisten en superficies metálicas que reflejan la onda recibida de un terminal en dirección a otro. No implican ganancia ni regeneración de la señal de salida respecto a la de entrada. Por el contrario presentan un determinado nivel de pérdidas.
- **Repetidores regenerativos**, que reciben la señal RF, la demodulan, regeneran los pulsos que forman la señal BB/MIC y los retransmiten previa modulación. Implican ganancia y regeneración de pulsos.
- **Repetidores no-regenerativos**, que reciben la señal RF y la amplifican para retransmitirla, demodulando, normalmente, sólo hasta el nivel de FI.
- **Repetidores de inserción/extracción (Drop/insert)**, que permiten insertar canales y/o extraerlos para su retransmisión por otra vía.

Cada radioenlace constituye una vía bidireccional de transmisión-recepción.



**Figura 3.** Repetidores en radioenlaces.

**Fuente:** [www.wikipedia.org/estructura\\_digital.html](http://www.wikipedia.org/estructura_digital.html)

En una vía se tienen normalmente una o varias cadenas transceptoras de reserva, cuya entrada en funcionamiento se hace, bien de forma automática, bien de forma manual; para sustituir a otra cadena en caso de fallo o de realizar acciones de mantenimiento.

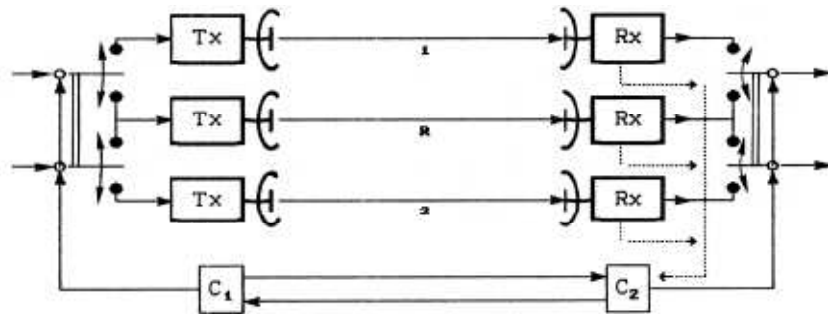
Cuando N radioenlaces principales activos tienen m de reserva, se denominan Sistemas N+m.

La conmutación de un radioenlace al de reserva en un sistema N+m suele hacerse en FI o en BB. La primera es de instrumentación más simple, la segunda permite incluir en las causas de conmutación los fallos del modulador.

Cuando no se trata de una conmutación manual, en cuyo caso se establecen criterios de conmutación de carácter operativo, se establecen criterios de conmutación automática, basados normalmente en el análisis de la TEB de la señal recibida.

En la Figura 4. se muestra un sistema 2+1 en el que dos radioenlaces (1y 2) comparten una reserva común formada por un tercero (radioenlace R)

Dado que el radioenlace de reserva R, puede sustituir a cualquiera de los otros dos, es necesario un dispositivo que conmute de uno a otro radioenlace, tanto en transmisión C1, como en recepción C2. Cuando se dan las condiciones previstas en los criterios de conmutación (por ejemplo, aumento no tolerable de la TEB) en uno de los radioenlaces 1 ó 2, el receptor que las detecta informa al conmutador C2 el cual, en comunicación con C1 activa, en principio con carácter de prueba, el radioenlace R.



**Figura 4.** Sistema de radioenlace 2 + 1

**Fuente:** [www.wikipedia.org/estructura\\_digital.html](http://www.wikipedia.org/estructura_digital.html)

A partir de este momento, la BB que se transmitía por el radioenlace afectado pasa a transmitirse también por el de reserva. Tras comprobar que la transmisión/recepción por R es correcta y estable, se establece la conmutación de forma definitiva por R, quedando desactivando el primitivo.

Cuando los radioenlaces 1/2 y R utilizan frecuencias distintas, el sistema se denomina "Heterofrecuencial" y permite mantener la comunicación en caso de fading selectivo o, desde el punto de vista de las telecomunicaciones militares, cuando se produce una perturbación. Cuando utilizan la misma frecuencia se denomina "isofrecuencial" e introducen una protección relativa a las averías que pueda sufrir el sistema.

Considerados como parte de la Red de Telecomunicaciones, los radioenlaces digitales, al igual que los analógicos, son supervisados y telecontrolados desde el sistema de control y supervisión de la red.

### 2.7.3. BANDAS DE FRECUENCIAS PARA RADIOENLACES DIGITALES



La gestión y organización de la distribución de frecuencias constituye hoy en día uno de las tareas más importantes que lleva a cabo el CCIR. Nacionalmente, cada país dispone de un organismo que adapta y aplica las normas, resoluciones y recomendaciones del CCIR.

En general, los radioenlaces digitales suelen ocupar las zonas más altas del espectro que actualmente se dedica a este tipo de servicio. Estas bandas alcanzan hasta los 23 GHz., si bien el empleo de las bandas en torno a los 1, 5, 10 y 15 GHz es ampliamente utilizada.

Como ejemplo, proporcionaremos la disposición recomendada por el CCIR para la banda 12,75 - 13,25 GHz.

➤ **Para radioenlaces de hasta 480 canales (Figura 5.)(32 Mbps):**

Se distribuye la banda de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$F_n = F_0 - 259 + 28n \text{ en MHz.} \quad (1)$$

$$F'_n = F_0 + 7 + 28n \text{ en MHz.} \quad (2)$$

donde :

**F<sub>n</sub>** Es la frecuencia central del canal enésimo en la mitad superior de la banda. (Para Tx ó Rx)

**F'<sub>n</sub>** Es la frecuencia central del canal enésimo en la mitad inferior de la banda. (Para Rx ó Tx)

**F0** Es la frecuencia central de la banda que se utiliza como referencia: 12,996 GHz.

Cuando se trata de radioenlaces de baja capacidad (30 canales máximo) se utiliza la disposición de canales anterior, subdividida según dos disposiciones opcionales:

#### **Disposición A para 30 canales**

$$F_m = F_0 - 276,5 + 28n + 7m \text{ en MHz.}$$

$$F'_m = F_0 - 10,5 + 28n + 7m \text{ en MHz.}$$

para  $m = 1, 2, 3, 4$

#### **Disposición B para 30 canales**

$$F_m = F_0 + 66,5 + 7m \text{ en MHz.}$$

$$F'_m = F_0 + 3,5 + 7m \text{ en MHz.}$$

para  $m = 3, 4, 5, 6$

#### ➤ **Para radioenlaces de 750 canales:**

Se distribuye la banda 12,75 a 13,25 de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$F_n = F_0 - 259 + 35n \text{ en MHz.} \quad (3)$$

$$F'_n = F_0 + 21 + 35n \text{ en MHz.} \quad (4)$$

Los canales para Tx deben hallarse en una mitad de la banda, en tanto que los empleados en Rx ocupan la otra mitad, como se muestra en la Figura 6.

Por lo general, se utilizan además polarizaciones distintas para los canales adyacentes.

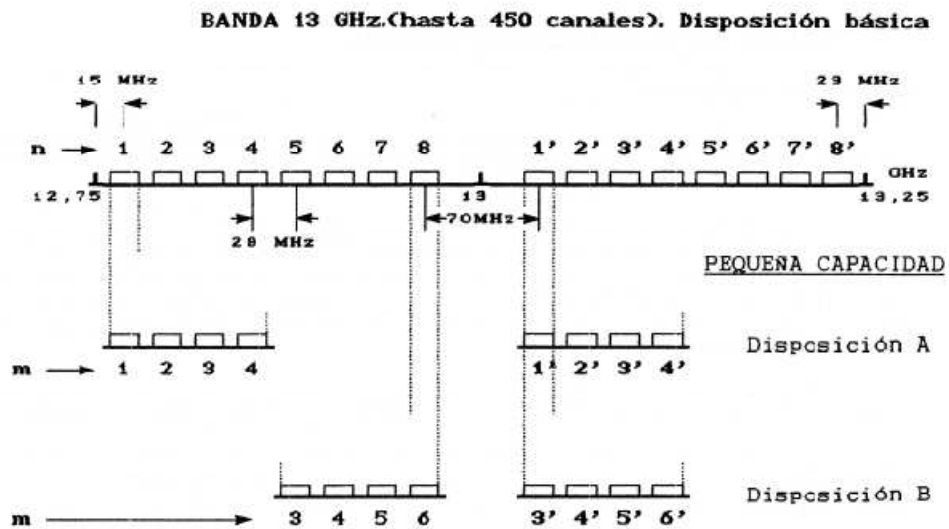
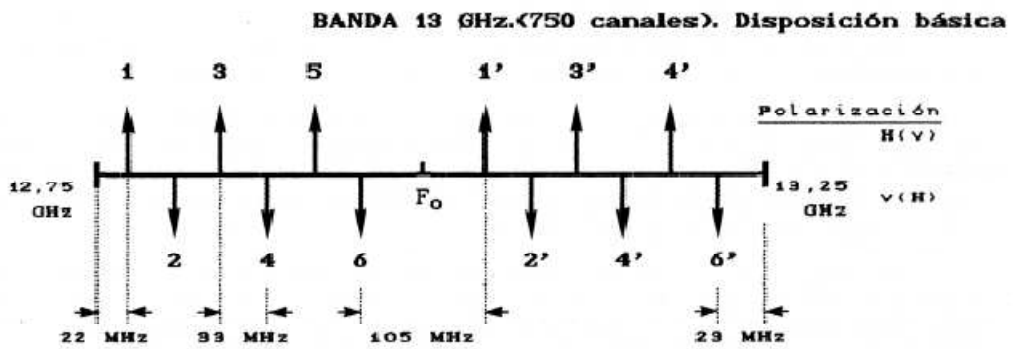


Figura 5. Disposición de la banda de 13 GHz para menos de 450 canales.

Fuente: CCIR.



**Figura 6.** Disposición de la banda de 13 GHz para 750 canales.

**Fuente:** CCIR.

## 2.8. QUÉ ES UN PRESUPUESTO DE ENLACE

En un sistema de comunicaciones lo ideal es que la señal enviada desde el transmisor hasta el receptor tenga un nivel aceptable después de sufrir todas las pérdidas a las que estará sometida.

Por suerte, no todas son pérdidas: puesto que las antenas tienen la función de actuar como amplificadores primitivos.

Por lo tanto, para analizar si una instalación es viable debemos realizar un presupuesto de enlace, el que consiste en tomar la potencia de transmisión en términos de ganancia absoluta,

sumarle las ganancias, restarle las pérdidas y ver si el resultado alcanza para sensibilizar al receptor.

### 2.8.1. ELEMENTOS DE UN RADIOENLACE

- Lado de Transmisión
  - ✓ Potencia de Transmisión, pérdidas en el cable, ganancia de antena
  
- Lado de Propagación
  - ✓ FSL, zona de Fresnel
  
- Lado Receptor
  - ✓ Ganancia de antena, pérdidas en el cable, sensibilidad del receptor

En la Figura 7. Podemos mirar los elementos que forman parte de un radioenlace, mientras que en la Figura 8. Observamos la relación potencia versus distancia.

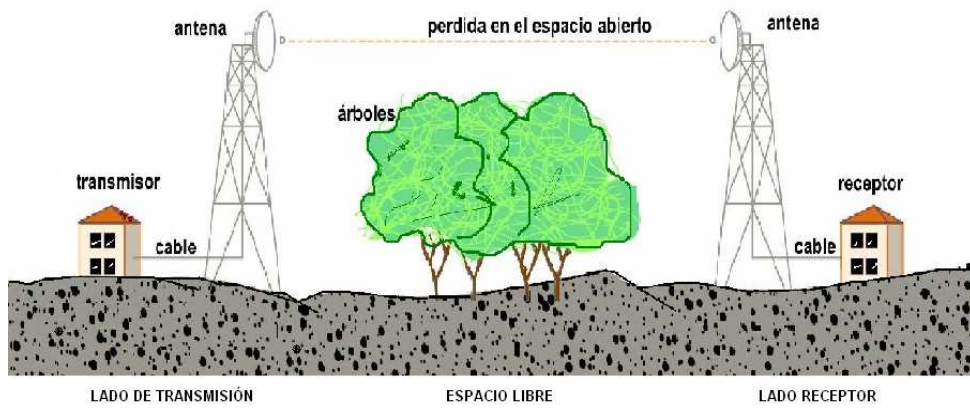


Figura 7. Elementos de un radioenlace.

Fuente: Sebastian Buettrich, wire.less.dk

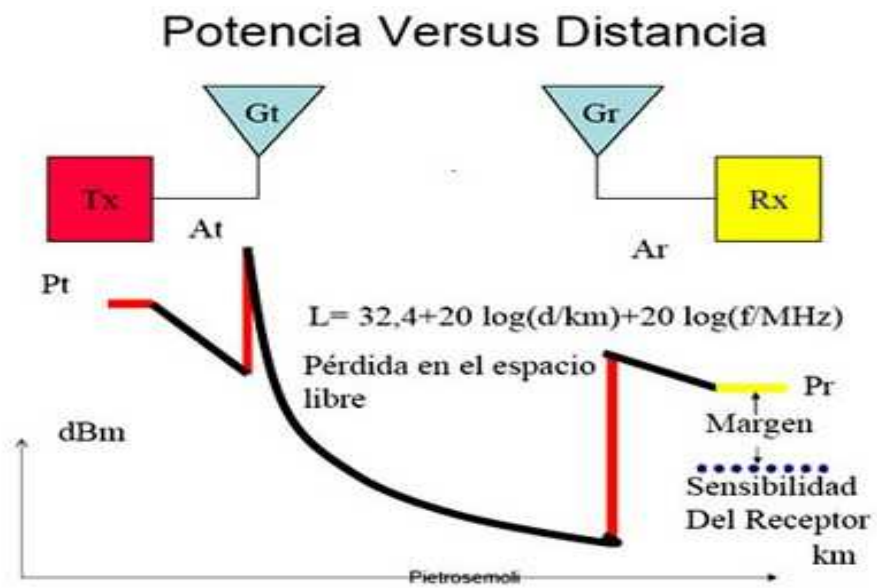


Figura 8. Potencia versus distancia.

Fuente: Sebastian Buettrich, wire.less.dk

## 2.8.2. LAS PÉRDIDAS

Las pérdidas a las que estará sometida una señal desde que es emitida son:

- a) **Pérdidas en la alimentación:** El alimentador se comporta como un atenuador con pérdida ( $L_a$ ) específica conocida en función de la frecuencia que usara en la transmisión y del tipo de alimentador.

Además, necesita estar conectado o acoplado a las interfaces de la Unidad de Radio Base (RBU- Radio Base Unit) y del radiante. Estos acoples tienen una pérdida cuya variabilidad puede despreciarse y trabajar con pérdida por acople tabulada, que incluye las pérdidas en el par de acoples del alimentador, uno en el lado RBU y uno en el lado radiante. Finalmente, en el alimentador la señal puede descomponerse en un conjunto de modos y frecuencias que se pueden ver como una pérdida por diversidad.

Como se ve en la Tabla VII. , las pérdidas en el alimentador se tabulan en pérdidas cada 100 metros.

La correcta medida de los alimentadores es importante. Cuando no se puede medir, se estima:

- ✓ 20 metros + la altura de torre, para torres puestas en tierra,

- ✓ 5 metros + 1,2 veces la altura del edificio sobre el que está la torre + la altura de torre en si.

**Tabla VII.** Pérdidas en el Alimentador.

<b>Aliment.</b>	<b>Banda de Operación GHz</b>	<b>Atenuación Específica dB/100m</b>	<b>Pérdida Por Diversidad dB</b>	<b>Pérdida Por par De acoples dB</b>
Coaxial	Hasta 0,9	3,00	2	1,2
	0,9 – 1,5	4,80		
	1,5 – 1,9	5,00		
	1,9 – 2,2	5,40		
	2,2 – 2,4	5,80		
Guía Onda	2,4 – 3,1	1,40	4	0,6
	3,1 – 4,4	2,10		
	4,4 – 6,2	3,60		

**Fuente:** Recomendación ITU-R P. 1058-2: Bases de datos Topográficos Digitales para Estudios de Propagación

Para la transmisión y recepción los cálculos se realizan por separado dependiendo del tipo de alimentador en cada extremo, para obtener la pérdida total  $L_{at}$  se suman las dos.



**b) Pérdidas de trayectoria (perdidas en el espacio libre):** Cuando la señal ya es enviada al espacio, esta sufre una atenuación en el medio hasta alcanzar el receptor en el destino. Las pérdidas que se producen en este tramo son función de la frecuencia  $f$  (Hz) y la distancia  $D$  (m), relacionadas con la velocidad de la luz en el vacío  $c$  (m/s). Para condiciones ideales se considera que la señal viaja de modo rectilíneo y con condiciones ideales en el medio; por tal razón recibe el nombre de Pérdida de trayectoria del espacio libre  $FSL$ , y queda expresada por:

$$FSL = \left( \frac{4\pi f D}{c} \right)^2 \quad (5)$$

Si aplicamos el concepto de ganancia logarítmica en decibeles, obtenemos:

$$FSL(dB) = 20 \log \left( \frac{4\pi f D}{c} \right) \quad (6)$$

Para normalizar las unidades en GHz para la frecuencia, por tratarse de microondas y en Km para la distancia, tendríamos la expresión:

$$FSL(dB) = 92.44 + 20 \log f(GHz) + 20 \log D(Km) \quad (7)$$

**c) Pérdidas por desvanecimiento:** en condiciones reales, la propagación se produce en un espacio no ideal y mediante una trayectoria no libre de interferencias, además de la

atenuación vista se produce un efecto llamado *fading* o desvanecimiento que depende de las condiciones puntuales a la que esta sometida cada transmisión, por tanto se mide como una atenuación adicional, pudiendo ser prevenida si se asocia un margen para este. De allí que se lo llame *fade margin*.

Factores como el tipo de suelo, tipo de clima y el entorno que rodea la trayectoria y que produce diversidad modal tienen una influencia directa en el cálculo del desvanecimiento.

Interviene además, el objetivo o factor de confiabilidad ( $R$ ) que nuestro enlace requiere, como el error de transmisión en un periodo de tiempo específico.

De tal forma que:

$$L_D (dB) = 30 \log D + 10 \log(6ABf) - 70 - 10 \log(1 - R) \quad (8)$$

La tabla VIII. Muestra el significado y los valores tabulados habituales de cada término.

**Tabla VIII.** Composición y valores del Margen de desvanecimiento.

Término	Pondera	Factores
---------	---------	----------

$30 \log D$	La diversidad modal	D distancia visual entre Antenas en Km
$10 \log(6ABf)$	El entorno de propagación	A Factor de rugosidad
		B Factor climático
		F frecuencia GHz
$10 \log(1-R)$	El objetivo de confiabilidad	R Confiabilidad La Confiabilidad esperada o Convenida, como un decimal

**Fuente:** Recomendación ITU-R P. 1058-2: Bases de datos Topográficos Digitales para Estudios de Propagación

#### d) Pérdidas en el Cable

- ✓ Las pérdidas se dan debido a la atenuación.
- ✓ El cable de la antena debe ser lo más corto posible
- ✓ Depende mucho de la Frecuencia de trabajo.
- ✓ Los valores típicos de pérdidas varían entre 1 dB/m hasta < 0.1 dB/m.
- ✓ Menores pérdidas => cable más costoso.

En la Tabla IX. Se puede observar las pérdidas que se presentan en los cables coaxiales.

**Tabla IX.** Perdidas en cables coaxiales (dB/ 100 m).

Cable Type	144 MHz	220 MHz	450 MHz	915 MHz	1.2 GHz	2.4 GHz	5.8 GHz
RG-58	(20.3)	(24.3)	(34.8)	(54.1)	(69.2)	(105.6)	(169.2)

RG-8X	(15.4)	(19.7)	(28.2)	(42.0)	(52.8)	(75.8)	(134.2)
LMR-240	(9.8)	(12.1)	(17.4)	(24.9)	(30.2)	(42.3)	(66.9)
RG-213/214	(9.2)	(11.5)	(17.1)	(26.2)	(33.1)	(49.9)	(93.8)
9913	(5.2)	(6.2)	(9.2)	(13.8)	(17.1)	(25.3)	(45.3)
LMR-400	(4.9)	(5.9)	(8.9)	(12.8)	(15.7)	(22.3)	(35.4)
3/8" LDF	(4.3)	(5.2)	(7.5)	(11.2)	(13.8)	(19.4)	(26.6)
LMR-600	(3.1)	(3.9)	(5.6)	(8.2)	(10.2)	(14.4)	(23.9)
1/2" LDF	(2.8)	(3.6)	(4.9)	(7.2)	(8.9)	(12.8)	(21.6)
7/8" LDF	(1.5)	(2.1)	(2.7)	(3.9)	(4.9)	(7.5)	(12.5)
1 1/4" LDF	(1.1)	(1.4)	(2.0)	(3.0)	(3.6)	(5.6)	(9.2)
1 5/8" LDF	(0.92)	(1.1)	(1.7)	(2.5)	(3.1)	(4.6)	(8.2)

**Fuente:** Sebastian Buettrich, wire.less.dk

#### e) Pérdidas en los Conectores

- ✓ Pérdidas en los conectores  $\approx 0.25$  dB por conector.
- ✓ Dependiendo de la frecuencia y tipo de conector.
- ✓ Pérdidas en protectores contra descarga eléctrica. ( $\approx 1$  dB)

### 2.8.3. LAS GANANCIAS

Como se menciona antes, la ganancia (dB) proviene de las antenas y se determina de acuerdo a la frecuencia  $f$  (GHz) de transmisión y al tipo de antena utilizada, sea esta sólida de panel y parabólica o de grilla, con dimensiones en metros.

La ganancia directiva de una antena parabólica para transmisiones Punto a punto (Tabla X.), se indican a continuación:

**Tabla X.** Valores de ganancia en dB de La antena parabólica sólida.

Diámetro		Frecuencias de operación en GHz				
(m)	(pies)	1,9 – 2,3	2,3 – 2,5	2,5 – 2,7	3,4 – 4,2	4,0 – 6,4
1,2	4	24,2	25,0	25,9		
1,8	6	28,1	28,6	29,4	33,1	36,4
2,4	8	30,6	31,3	31,9	35,4	38,9
3,0	10	32,5	33,2	33,9	37,4	40,8
3,7	12	34,1	34,8	35,5	39,0	42,44
4,6	15				40,9	44,6

**Fuente:** Recomendación ITU-R P. 1058-2: Bases de datos Topográficos Digitales para Estudios de Propagación

Para las antenas de rejillas o de tipo *grid*, las ganancias directivas son menores (Tabla XI.), y además se puede ver que la industria las provee para una banda limitada del espectro:

**Tabla XI.** Valores de ganancia en dB de La antena parabólica de rejilla.

Diámetro		Frecuencias de operación en GHz				
(m)	(pies)	0,8-0,96	1,3-1,5	1,5-1,8	1,8-2,3	2,3-2,7
1,2	4	16,7	20,6	22,9	24,8	25,9
1,8	6	19,2	23,8	25,8	27,7	29,1

**Fuente:** Recomendación ITU-R P. 1058-2: Bases de datos Topográficos Digitales para Estudios de Propagación

Finalmente tenemos las antenas no directivas (Tabla XII.), las que en general varían mucho en función de la tecnología y el uso y el tipo de sectorización.

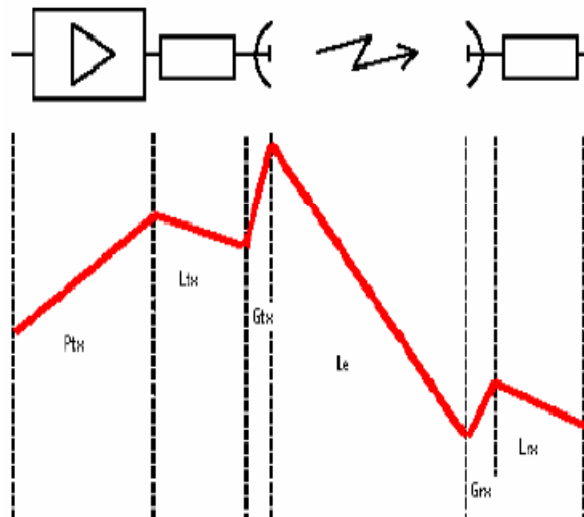
**Tabla XII.** Valores de ganancia en dB De la no directiva sectorizada.

Frecuencia (GHz)	Sectorizada 60°	Sectorizada 90°	Sectorizada 120°
2,1 – 3,4	16	15	13
3,4 – 3,6	14	13	12

**Fuente:** Recomendación ITU-R P. 1058-2: Bases de datos Topográficos Digitales para Estudios de Propagación

#### 2.8.4. ECUACIÓN DEL CALCULO DEL ENLACE

En la Figura 9. Apreciamos todos los parámetros que se utilizaran para el cálculo final del enlace.



**Figura 9.** Calculo del enlace

**Fuente:** Recomendación ITU-R P. 1058-2: Bases de datos Topográficos Digitales para Estudios de Propagación

**+ Potencia del Transmisor [dBm]**

**- Pérdidas en el Cable TX [dB]**

**+ Ganancia de Antena TX [dBi]**

**- Pérdidas en la trayectoria en el espacio libre [dB] (9)**

**+ Ganancia de Antena RX [dBi]**

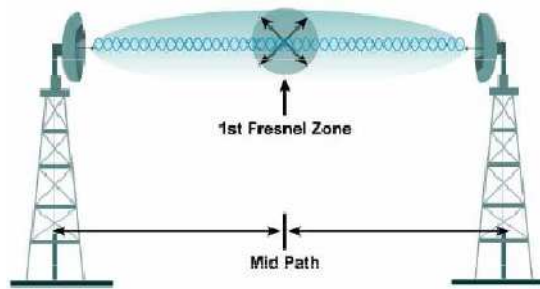
**- Pérdidas en el Cable RX [dB]**

**= Margen – Sensibilidad del receptor [dBm]**

#### **2.8.5. ZONA DE FRESNEL**

La Zona de Fresnel examina a la línea desde la antena A hasta la antena B, es una zona de despeje adicional que hay que tener en consideración además de haber una visibilidad directa entre las dos antenas.

Algunas ondas viajan directamente desde A hasta B, mientras que otras lo hacen en trayectorias indirectas, en la Figura 10. Se muestra la 1ra zona de Fresnel.



**Figura 10.** Primera zona de Fresnel

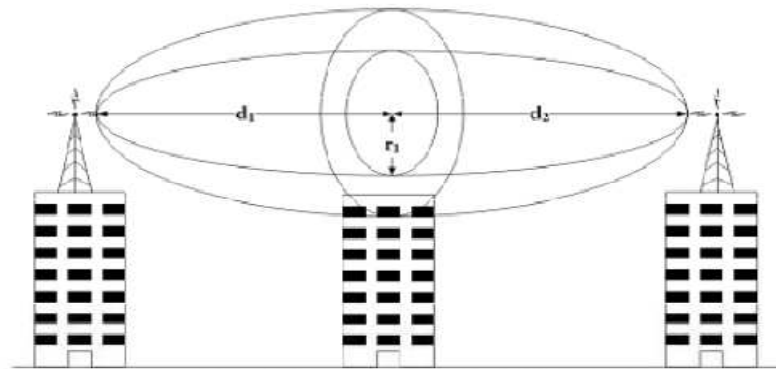
**Fuente:** Ing. Willian Calvopiña, ZONA DE FRESNEL\_W.pdf

Este factor deriva de la teoría de ondas electromagnéticas respecto de la expansión de las mismas al viajar en el espacio libre. Esta expansión resulta en reflexiones y cambios de fase al pasar sobre un obstáculo. El resultado es un aumento o disminución en el nivel de intensidad de señal recibido. Debiendo considerar la curvatura de la tierra ( $K$ ), que generalmente puede tomar valores de  $K=2/3$  (peor caso) y  $K=4/3$  (caso óptimo).

En la óptica y comunicaciones por radio es uno de los elipsoides de revolución concéntricos teóricamente infinitos (en realidad en 3D) que definen volúmenes en el patrón de radiación de la abertura circular (generalmente). Fresnel divide resultado en zonas de la difracción por la abertura circular.

La sección transversal de la primera zona de Fresnel es circular. Las zonas subsecuentes de Fresnel son anulares en la sección transversal, y concéntricas con las primeras. El concepto de las zonas de Fresnel (Figura 11.), se puede también utilizar para analizar interferencia por obstáculos cerca de la trayectoria de una viga (antena) de radio. Esta zona se debe determinar primero, para mantenerla libre de obstrucciones.





**Figura 11.** Zonas de Fresnel

**Fuente:** Ing. Willian Calvopiña, ZONA DE FRESNEL\_W.pdf

La obstrucción máxima permisible para considerar que no hay obstrucción es el 40% de la primera zona de Fresnel. La obstrucción máxima recomendada es el 20%. Para el caso de radiocomunicaciones depende del valor de K (curvatura de la tierra) considerando que para un  $K=4/3$  la primera zona de Fresnel debe estar despejada al 100% mientras que para un estudio con  $K=2/3$  se debe tener despejado el 60% de la primera zona de Fresnel.

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel es:

$$r_n = 547.723 \sqrt{\frac{n d_1 d_2}{fd}} \quad (10)$$

Donde:

$m$  = radio de la enésima zona de Fresnel.

$d_1$  = distancia desde el transmisor al objeto en km.

$d_2$  = distancia desde el objeto al receptor en km.

$d$  = distancia total del enlace en km. ( $d_1 + d_2$ )

$f$  = frecuencia en MHz.

Un caso especial surge cuando el obstáculo está exactamente en el medio ( $d_1=d_2$ ).

Para el cálculo del primer radio se utiliza la fórmula:

$$r = 547.723 \sqrt{\frac{d}{4f}} \quad (11)$$

Donde:

$r$  = radio en metros (m).

$d$  = distancia en kilómetros (km).

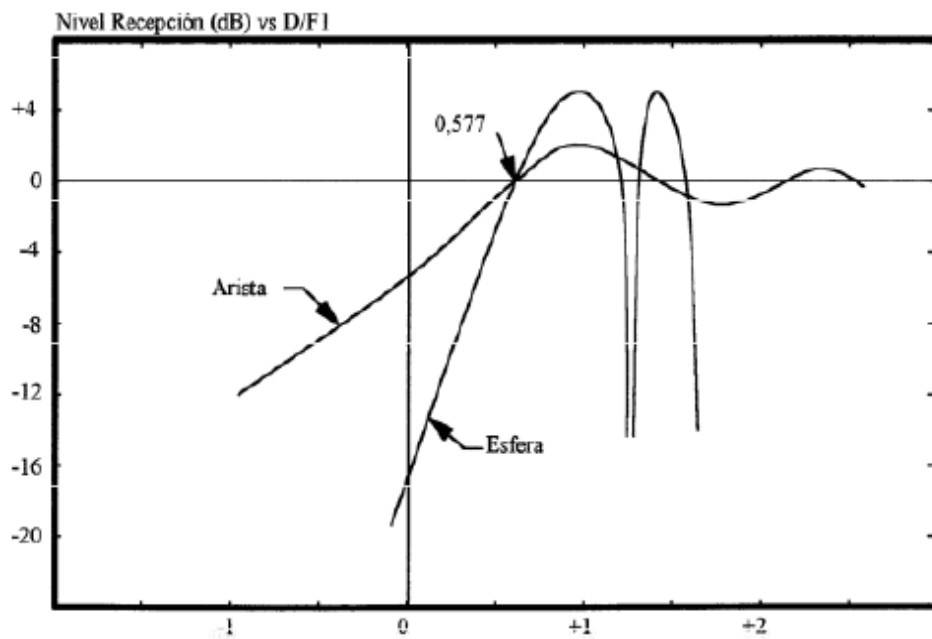
$f$  = frecuencia transmitida en megahercios (MHz).

El radio que contiene el 60% del total de la potencia:

$$r(60\text{percen}) = 10,4 * \frac{d}{4f} \quad (12)$$

### 2.8.5.1. LA DIFRACCION DE FRESNEL

La condición de validez es algo débil y permite que los parámetros de dimensión del obstáculo tengan valores comparables: la apertura es pequeña comparada con el camino óptico. De esta forma es interesante investigar en el comportamiento del campo eléctrico sólo en una pequeña porción de área cercana al origen de la fuente luminosa, es decir para valores de  $x$  e  $y$  mucho más pequeños que  $z$ , en este caso se puede asumir que  $\theta=0$ , esto viene a significar que  $\text{Cos } \theta \approx 1$ . En la Figura 12. Se muestra el efecto de la difracción en la atmósfera.



**Figura 12.** Efecto de la difracción en la atmósfera.

**Fuente:** [www.wikipedia.org/difraccion\\_de\\_fresnel.html](http://www.wikipedia.org/difraccion_de_fresnel.html).

La difracción de Fresnel ocurre debido a la curvatura del frente de onda. Para la difracción Fresnel el campo eléctrico en un punto ubicado en  $(x,y,z)$  está dado por:

$$E(x, y, z) = -\frac{i}{\lambda} \frac{e^{ikz}}{z} \iint E(x', y', 0) e^{\frac{ik}{2z}[(x-x')^2 + (y-y')^2]} dx' dy' \quad (13)$$

Esta es la integral de difracción de Fresnel; y viene a significar que si la aproximación de Fresnel es válida, el campo propagado es una onda esférica, originada en la apertura y moviéndose a lo largo del eje Z.

La integral modula la amplitud y la fase de una onda esférica. La solución analítica de esta expresión es sólo posible en casos muy raros. Para casos muy simples, en los que hay distancias muchos más grandes debe verse la difracción de Fraunhofer.

#### 2.8.5.2. DIFRACCIÓN DE FRAUNHOFER

**Figura 13.** Difracción de Fraunhofer

**Fuente:** [www.wikipedia.org/difracción\\_fraunhofer.html](http://www.wikipedia.org/difracción_fraunhofer.html).

La Difracción de Fraunhofer (Figura 13.) o también difracción del campo lejano es un patrón de difracción de una onda electromagnética cuya fuente (al igual que la pantalla) se encuentran infinitamente alejadas del obstáculo, por lo que sobre éste y sobre la pantalla incidirán ondas

planas. La difracción de Fraunhofer es, de esta manera, un caso particular de la difracción de Fresnel, y que también resulta más sencillo de analizar.

Este tipo de fenómeno es observado a distancias más lejanas que las del campo cercano de la difracción de Fresnel y ocurre solamente cuando el número de Fresnel es mucho menor que la unidad y se puede realizar la aproximación de rayos paralelos.

La difracción de Fresnel ocurre cuando:

$$(14)$$

La difracción de Fraunhofer ocurre cuando:

$$(15)$$

#### 2.8.5.3. RADIO DE CURVATURA

El radio de curvatura es una medida de la forma local de un frente de onda de luz. La abreviatura de radio de curvatura es "R". El R depende de la posición de la fuente de luz y el lugar desde donde la estamos midiendo. Por ejemplo, en una posición muy cercana a un punto de fuente de luz, los frentes de onda son muy curvados y, por lo tanto, tienen un radio de curvatura pequeño. Sin embargo, en una posición alejada de la misma fuente, el frente de onda se aplanan y poseen un radio de curvatura grande.

Fuentes convergentes tiene un radio de cobertura positivo  $R > 0$

#### 2.8.5.4. TRANSMISION CON LINEA DE VISTA

- Hay que distinguir entre la línea de vista óptica y la línea de vista para radio;

- La de radio requiere también estar libre de obstáculos para considerar el comportamiento de las ondas.
- Si la frecuencia disminuye, el tamaño de la zona de Fresnel se incrementa.
- Si la longitud del camino se incrementa, el tamaño de la zona de Fresnel se incrementa.
- Mientras más grande sea la separación entre las antenas, mayor debe ser la altura de las antenas.
- El radio de la zona de Fresnel es mayor a la mitad del camino, el gráfico se refiere al primer radio de Fresnel (Figura 14.):

**Figura 14.** Primer radio de Fresnel.

**Fuente:** Ing. Willian Calvopiña, ZONA DE FRESNEL\_W.pdf

- El punto medio requiere estar libre de obstáculos
- La curvatura de la Tierra se convierte en una preocupación para enlaces mayores a 11Km.
- La línea de vista desaparece a los 25 Km, por lo tanto la curvatura de la Tierra debe considerarse cuando se calcula la altura de montaje de las antenas.
- Para considerar la obstrucción por el “abultamiento” de la Tierra (en inglés Earth Bulge), las antenas deben elevarse más en comparación con la situación en la cual la Tierra fuese plana (ver gráfico en la siguiente diapositiva)

- La altura adicional se calcula:  $D^2/8$ ; donde D es la distancia en millas y la altura añadida está en pies.

#### 2.8.5.5. COMPENSACION DE LA ZONA DE FRESNEL POR EL ABULTAMIENTO DE LA TIERRA

**Figura 15.** Compensación de la zona de Fresnel por el abultamiento de la tierra

**Fuente:** Ing. Willian Calvopiña, ZONA DE FRESNEL\_W.pdf

En la Figura 15. Se muestra la compensación la zona de Fresnel por el abultamiento de la tierra

Donde:

H1= Altura añadida a la antena para zona de Fresnel libre

H2= Altura añadida a la antena por abultamiento de la Tierra

D= Distancia en millas

## **CAPITULO III**

### **MEDIDAS DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO**

La finalidad del análisis del espectro radioeléctrico es determinar la capacidad de uso de la banda de trabajo (2.4Ghz) del estudio de modo que podamos identificar posibles señales que interfieran en la banda de interés.

Seguidamente se describen los equipos que empleamos para la toma de medidas, el lugar donde se realizaron, el montaje de los equipos y las consideraciones que se han de tener en cuenta a la hora de realizar las medidas.

#### **3.7 EQUIPOS UTILIZADOS**



- **Analizador de espectros y de redes Hewlett Packard 8594E** (Figura 16.), cuyo rango de frecuencias de trabajo es de: 9 KHz a 6GHz.



**Figura 16.** Analizador de espectros HP 8594e

**Fuente:** Suptel.

- **Ordenador portátil HP Intel Core 2 Duo a 2,5 GHz** (Figura 17.), 2 GB de memoria RAM que permite la representación y análisis de las medidas.



**Figura 17.** Ordenador portátil Hp.

**Fuente:** [www.encarta.com](http://www.encarta.com).

Para el análisis y representación de los datos obtenidos con el analizador de espectro se ha utilizado el software incluido en dicho analizador.

➤ **Antena cónica de Schwarzbeck**

Características:

- ✓ Rango frecuencial de trabajo: 500-3000 MHz
- ✓  $P < 20W$
- ✓ Impedancia:  $50 \Omega$
- ✓ Su diagrama de radiación es casi omnidireccional, es decir, una antena de Schwarzbeck (Figura 18.) tiene la capacidad de recibir radiación desde casi cualquier dirección, de esta forma no es necesario realizar ningún apuntamiento de la misma.



**Figura 18.** Antena cónica de Schwarzbeck

**Fuente:** Suptel

- **Cable coaxial** de altas prestaciones, bajas pérdidas y  $50 \Omega$  de impedancia característica.
- **Trípode** que da soporte a la antena.

### 3.8 LUGAR DONDE SE ANALIZO EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

La antena se colocará en la esquina del edificio del Ilustre Municipio del cantón Guaranda, para buscar el mejor emplazamiento.

### 3.9 MONTAJE

El montaje para realizar las mediciones es sencillo, se ha de conectar la antena bicónica al analizador de espectros a través del cable coaxial de altas prestaciones.

La antena se coloca sobre un trípode que permite su enfoque a distintos puntos. La siguiente imagen ilustra el montaje.

### 3.10 PARAMETROS EN ANALIZADOR

A la hora de la toma de medidas con el analizador de espectros (en nuestro caso el Hp 8594e), es muy importante tener en cuenta una serie de parámetros que marcaran la calidad de las mismas. Por un lado, se ha de tener en cuenta el ancho de banda de resolución ("*Resolution BandWidth*", RBW), que determina la separación frecuencial de dos muestras adyacentes (nuestro analizador permite un RBW mínimo de 300 Hz).

Por otro lado, se tiene el ancho del espectro a analizar (SPAN), nuestro analizador permite trabajar en un rango de 9 kHz a 6GHz. Si se quiere realizar medidas con una gran resolución, en las que sea posible discernir estrechas emisiones, es necesario emplear un RBW pequeño. En contraparte, elegir un RBW pequeño supone un elevado tiempo de procesado, por lo que existe un férreo compromiso entre tiempo de procesado y la resolución de las medidas.

Además, se ha de tener en cuenta que los ficheros de salida del analizador contienen un número finito de muestras, por lo que si se elige un SPAN demasiado grande, la resolución de la medida no vendrá dada por el RBW, sino por el cociente entre el SPAN y el número de muestras del fichero de salida. Por lo tanto, para obtener una fina resolución, se ha llevado a cabo un

enventanado del espectro, es decir, se ha ido analizando “a trozos”, empleando pequeños SPAN de 5 a 200 MHz con un valor del RBW de 10 KHz.

### 3.11 COMO REALIZAR UNA MEDICION

1. En primer lugar, encienda el instrumento pulsando la tecla (LINE). Espere a que finalice el proceso de puesta bajo tensión.
2. Pulse la tecla verde [PRESET]
3. Conecte la salida CALL OUT del analizador de espectros al conectar INPUT 50 $\Omega$  utilizando un cable apropiado.
4. Seleccione la frecuencia.

Pulse la tecla [FREQUENCY]. Aparecerá CENTER en el lado izquierdo de la pantalla, indicando que es activa la función de la frecuencia central. El rótulo de la tecla de programación CENTER FREQ aparecerá en vídeo inverso, para indicar que la frecuencia central es la función activa. El bloque o sección de la función activa es el espacio de la pantalla situado dentro de la retícula, en donde aparecen los mensajes sobre la frecuencia central. Las funciones que aparecen dentro de este bloque son activas: se pueden cambiar sus valores, utilizando el botón selector, las teclas STEP o el teclado numérico. Seleccione 300 MHz como frecuencia central, utilizando las teclas de entrada de datos (DATA), es decir, pulsando 300 (MHz). Se pueden utilizar también las teclas STEP y el botón selector para seleccionar la frecuencia central.

5. Seleccione el span.

Pulse la tecla [SPAN]. En el bloque de la función activa aparecerá ahora visualizado SPAN y el rótulo de la tecla de programación SPAN aparecerá en vídeo inverso,

indicando que es la función activa. Reduzca el span a 20 MHz, utilizando el botón selector, pulsando la tecla (↓), o bien pulsando 20 (MHz).

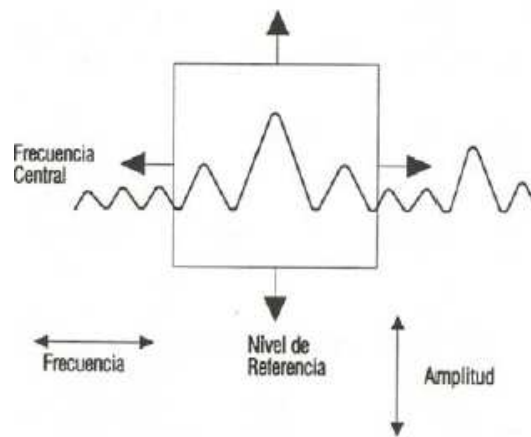
6. Seleccione la amplitud.

Cuando el pico de una señal no aparece sobre la pantalla, puede ser necesario ajustar el nivel de amplitud en la misma. Pulse [AMPLITUDE] y aparecerá REF LEVEL. O dBm en el bloque de la función activa. El rótulo de la tecla de programación REF LVL aparecerá en vídeo inverso, indicando que el nivel de referencia es la función activa.

El nivel de referencia es la línea superior de la retícula de la pantalla y está establecido, ahora en 0,0 dBm. Cambiando el valor del nivel de referencia, varía el nivel de la amplitud de la línea superior de la retícula.

Si lo desea, utilice la función del nivel de referencia para situar el pico de la señal sobre la pantalla, utilizando el botón selector, las teclas STEP o el teclado numérico. (Las funciones de los marcadores determinan la frecuencia y la amplitud de una señal).

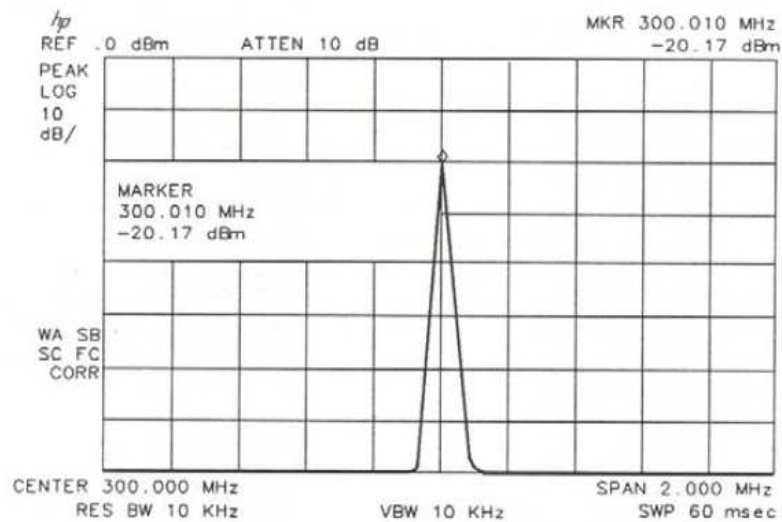
La Figura 19. Muestra la relación existente entre la frecuencia central y el nivel de referencia. El recuadro de la finura representa la pantalla del analizador de espectros. Variando la frecuencia central, varía la posición horizontal de la señal en la pantalla. Variando el nivel de referencia, varía la posición vertical de la señal en la pantalla. Incrementando el span, aumenta el rango de frecuencias que aparece horizontalmente sobre la pantalla.



**Figura 19.** Relación entre frecuencia y amplitud

**Fuente:** User's Guide HP 8590 E-Series and L-Series Spectrum Analyzers.pdf

El Resultado de una lectura de amplitud y frecuencia será similar a lo que se muestra en la figura 20.



**Figura 20.** Lectura de Amplitud y Frecuencia

**Fuente:** User's Guide HP 8590 E-Series and L-Series Spectrum Analyzers.pdf

## 7. Seleccione el marcador.

Se puede situar un marcador, en forma de rombo, sobre el pico de una señal, para determinar la frecuencia y la amplitud de la misma.

Para activar un marcador pulse la tecla [MKR] (situada en la sección MARKER del panel frontal). El rótulo MARKER NORMAL aparecerá en vídeo inverso, para indicar que el marcador es la función activa. Gire el botón selector para situar el marcador en el pico de la señal. También se puede utilizar la tecla [PEAK SEARCH], que sitúa automáticamente un marcador en el punto más alto de la traza.

Las lecturas de la amplitud y de la frecuencia del marcador aparecen en el bloque de la función activa y en el vértice superior derecho de la visualización. Vea la lectura del marcador para determinar la amplitud de la señal.

Aunque, se active otra función, la frecuencia y la amplitud se pueden determinar, no obstante, viendo la lectura del marcador en el vértice superior derecho de la pantalla.

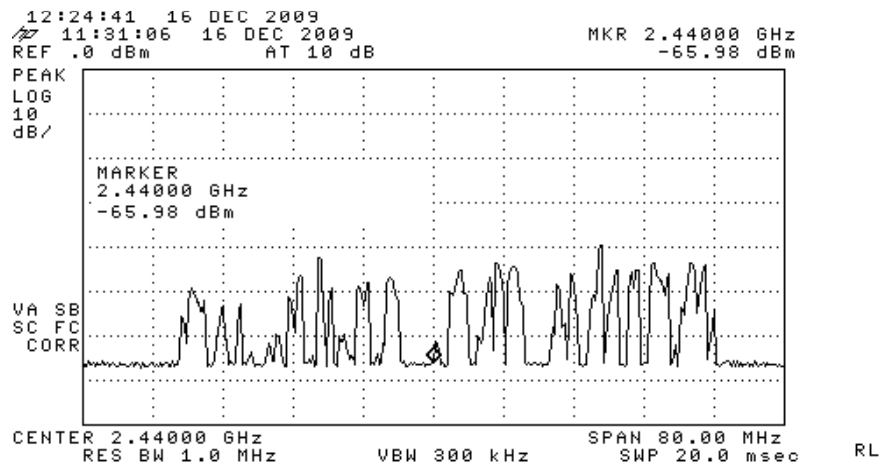
### **3.12 MEDIDAS REALIZADAS**

El análisis del espectro se ha realizado empleando un SPAN variable, con anchos de banda que van de los 5Mhz a los 200Mhz. La frecuencia central será de 2.4Ghz, el Sweep Time o tiempo de barrido en todos los casos será de 20 mseg.



### 3.12.1 RESULTADOS

En la Figura 21. Se representa la medición en frecuencia y amplitud del espectro radioeléctrico para una frecuencia central de 2.44000 GHz con un VBW de 300KHz, SPAN de 80MHz y SWAP 20mseg.



**Figura 21.** Barrido a 80 MHz

**Fuente:** Suptel

Teniendo un barrido de  $\pm 40$  MHz, se puede observar que el marker se posiciona a 2.44 GHz y tiene un valor de -65.98 dBm, a los lados existe la presencia de varios pulsos que nos indican la presencia de señales pasajeras, señales permanentes o señales a causa del ruido.

En las Figuras 22., 23., 24., 25., Corrobora lo expuesto anteriormente, pues los pulsos que se mostraban en la Figura 21 ya han desaparecido, y al aumentar el SPAN a 120 MHz solamente tenemos la presencia de unos pocos pulsos, los cuales nos permiten deducir que estos no representaban señales permanentes, esta frecuencia no se encuentra totalmente saturada, por lo que se puede aprovechar y trabajar dentro de esta frecuencia

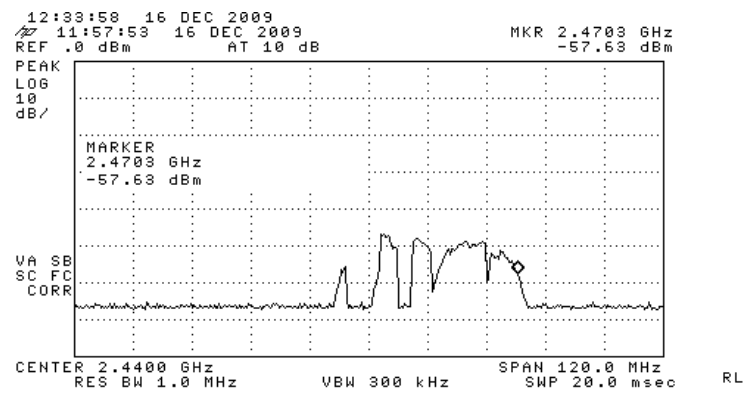


Figura 22. Barrido a 120 MHz

Fuente: Suptel

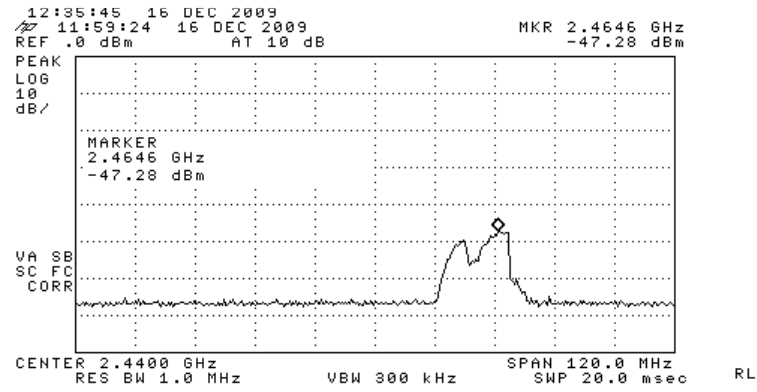


Figura 23. Barrido a 120 MHz

Fuente: Suptel

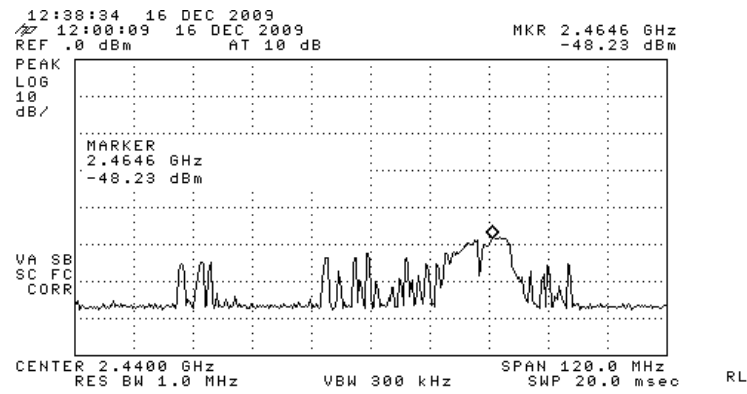
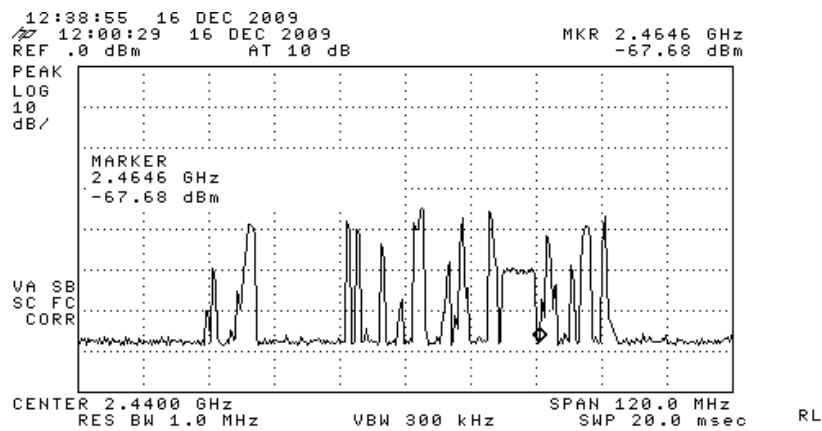


Figura 24. Barrido a 120 MHz

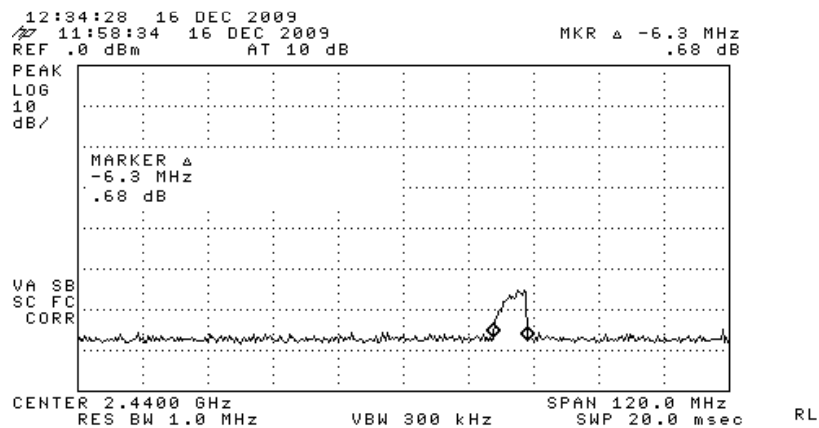
Fuente: Suptel



**Figura 25.** Barrido a 120 MHz

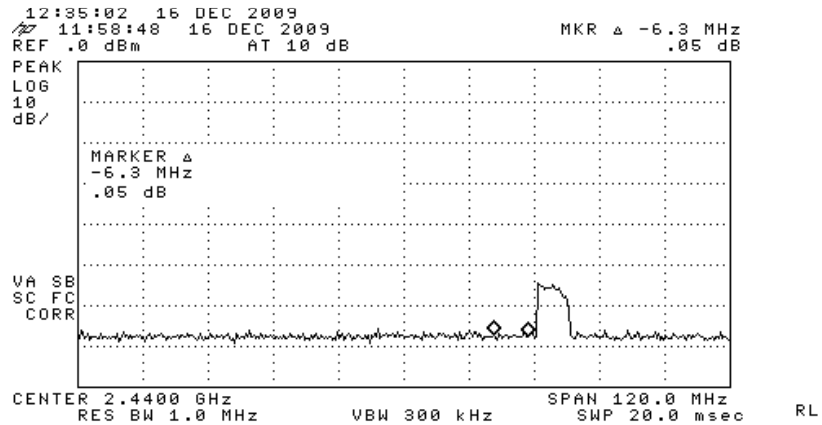
**Fuente:** Suptel

Un marker o marcador indica el valor de potencia de la gráfica a una determinada frecuencia. La búsqueda de pico posiciona un marker de forma automática en el valor con mayor potencia dentro de nuestra ventana de representación, estos pueden ser utilizados de forma absoluta (entregan la medida directa de la gráfica) o relativa (devuelven la diferencia entre dos puntos de la gráfica), las Figuras (26, 27) muestran el funcionamiento de los markers en forma relativa y nos dan a conocer el ancho del único pulso que ha sido captado por el analizador, el cual demuestra que la frecuencia analizada no esta totalmente ocupada.



**Figura 26.** Barrido a 120 MHz (Marker relativa)

**Fuente:** Suptel



**Figura 27.** Barrido a 120 MHz (Marker relativa)

**Fuente:** Suptel

En las figuras 28.A y 28.B se muestra un barrido similar a los anteriores, si nos fijamos en el marker este se sitúa en la misma posición en las dos graficas, en la Figura 28.A se puede notar la presencia varios pulsos pero el valor con mayor potencia señalado por el marker esta a 2.463 GHz, la Figura 28.B también muestra a el marker situado a 2.462Ghz, pese a que en esta figura aparentemente solo existe un pulso continuo.

La figura 28.C, 28.D y 28.E, representan barridos de SPAN a 20 MHz, en frecuencias aledañas a la frecuencia central (2.4Ghz) , donde se observa la disponibilidad de la misma y en el caso de la figura 28.D con el Marker fuera de la posición central observamos que el pico no sobrepasa los 73 dBm's. En estas imágenes a causa del bajo SPAN que se utiliza no se puede comprobar de manera adecuada si la frecuencia esta o no saturada.

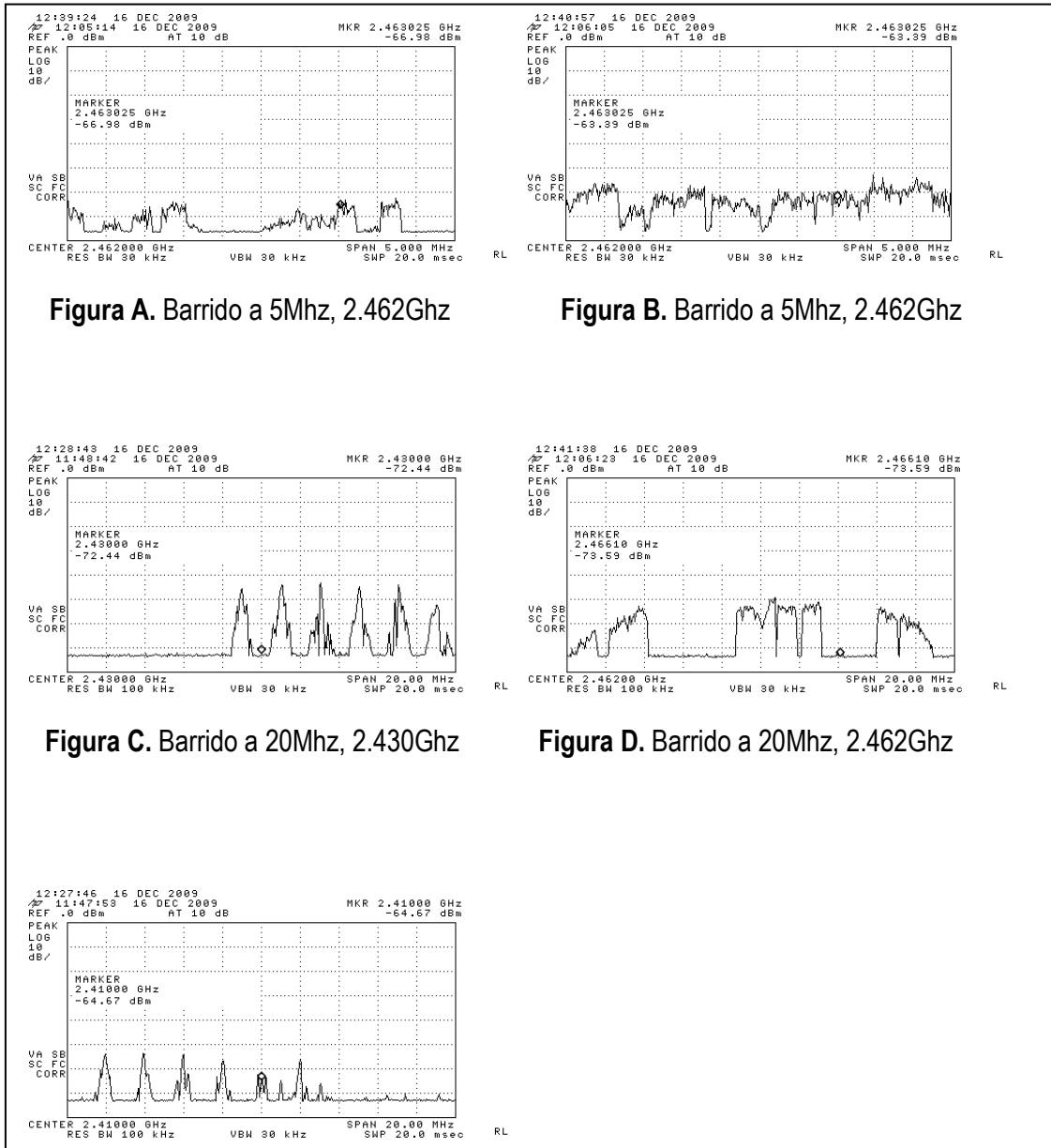


Figura A. Barrido a 5Mhz, 2.462Ghz

Figura B. Barrido a 5Mhz, 2.462Ghz

Figura C. Barrido a 20Mhz, 2.430Ghz

Figura D. Barrido a 20Mhz, 2.462Ghz

## **CAPÍTULO IV**

### **ESTIMACIÓN DE LOS RADIOENLACES**

#### **4.12. INTRODUCCIÓN**

Un radioenlace terrestre establece la comunicación bidireccional entre dos transreceptores ubicados en dos puntos fijos con coordenadas geográficas específicas mediante la emisión de radiofrecuencias de microondas. Las estaciones de microondas constan de un par de antenas con línea de vista que se conectan a un radio transmisor cuya frecuencia de radiación se encuentra en el rango de 1 GHz a 58 GHz. Las frecuencias utilizadas comúnmente están entre los 18 y 26 GHz. La única limitante de estos enlaces es la curvatura de la tierra, aunque con el uso de repetidores puede extender su cobertura a miles de kilómetros.

El término línea de vista (LOS Line of Sight) no significa una línea de transmisión en línea recta, ya que la estructura de la atmósfera terrestre es tal que su índice de refracción varía con la altura, lo que causa un efecto de curvatura en la trayectoria de transmisión. El término LOS se refiere a que la onda es captada por el receptor directamente desde el transmisor. Este tipo de onda solo se recibe dentro del horizonte visual. En un enlace debe existir línea de vista, esto es que no existan obstrucciones y se debe evitar el efecto del factor de curvatura de la tierra ( $k$ ), así como obstrucciones que permitan una claridad de al menos el 60% del libramiento de la primera zona de Fresnel. Esta es la región que encierra el primer elipsoide que rodea la trayectoria entre el transmisor y el receptor, la cual contiene la mayor cantidad de potencia destinada al receptor. El análisis de un radioenlace terrestre relaciona algebraicamente la potencia del transmisor, con las ganancias, pérdidas, y efectos de propagación de línea de vista como lo son el porcentaje de desvanecimiento por trayectorias múltiples y la atenuación por lluvia. El cómputo de radioenlaces terrestres utiliza estos métodos de cuantificación de esos parámetros para que en base a una evaluación se determine que variables deberán ser modificadas para optimizar el diseño.



## 4.13. ESQUEMA DE LA RED

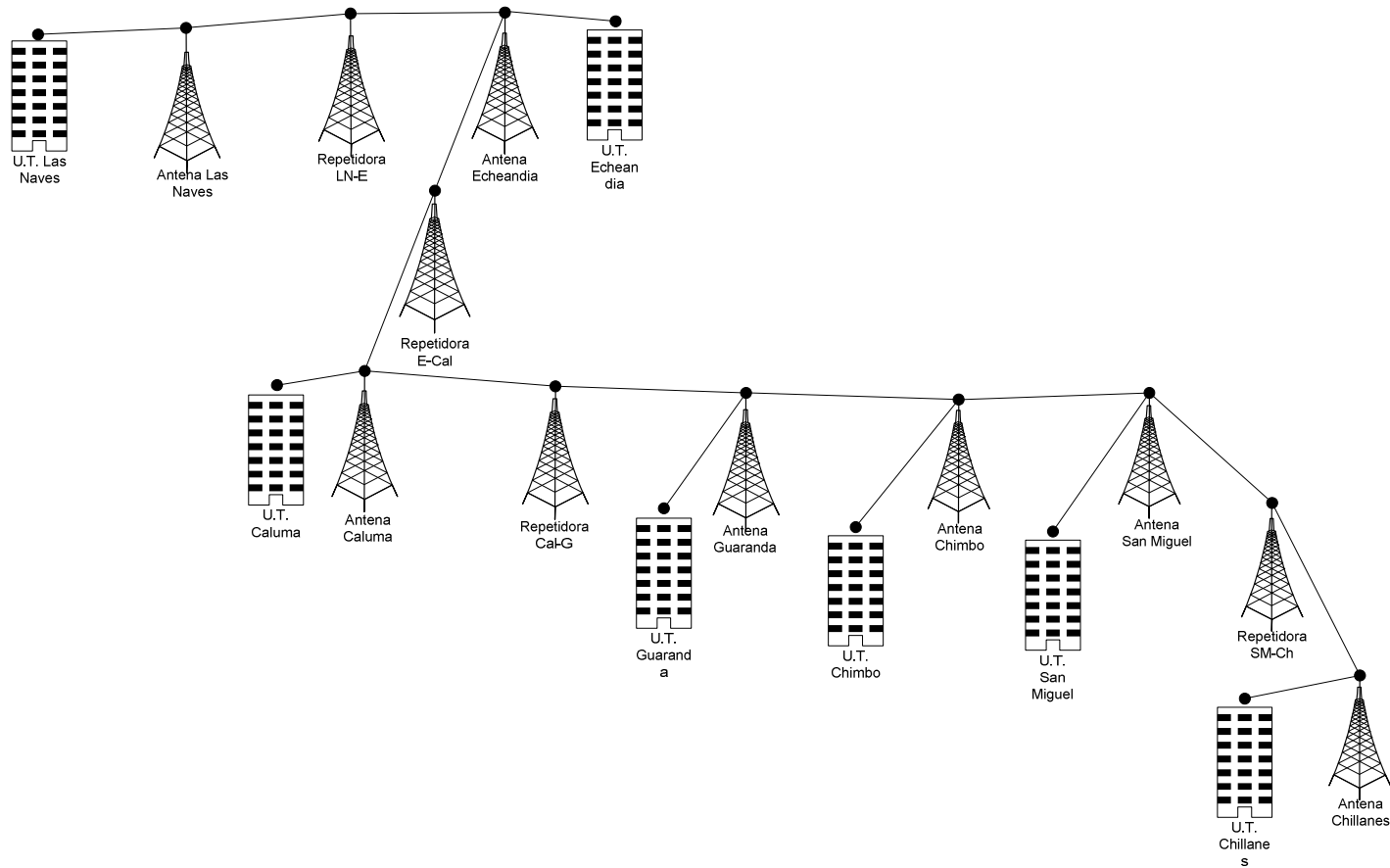


Figura 29. Esquema de la Red.

Elaborado Por: Autores de Tesis.

En Figura 29. Observamos el esquema de red que se va a utilizar en el estudio tanto para los cálculos como para las simulaciones.

#### 4.14. **ELECCIÓN DE LA FRECUENCIA**

La frecuencia que ha sido seleccionada en el presente trabajo es 2.4 GHz, debido principalmente a las condiciones climáticas que presentan los distintos cantones de la provincia de Bolívar, así como la disponibilidad de esta frecuencia, la cual es corroborada por el análisis del espectro radio eléctrico que se realizó.

Una sus características más importante es su espectro ensanchado, gracias a esto podemos trabajar con varios canales a la vez, lo cual es de gran ayuda en el momento de transmisiones simultaneas.

#### 4.15. **SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE RED.**

Es uno de los primeros pasos que se van a seguir en el diseño de la red de radio enlaces, una adecuada selección de los puntos de red, nos ayudaran a realizar cálculos correctos, estos serán de gran ayuda en el diseño final de la red.

En un mapa topográfico de la provincia de Bolívar se seleccionaron los puntos que formaran parte de la red, y con la ayuda de un GPS y Google se tomaron lecturas de las coordenadas geográficas de los puntos seleccionados, estos se muestran en la Tabla XIII.

Cabe destacar que los puntos que formaran parte de la red se seleccionaron tomando en cuenta muchos factores como son: la altura, línea de vista, antenas existentes.

**Tabla XIII.** Coordenadas Geográficas de los puntos de la red.

NOMBRE	COORDENADAS		
	LATITUD	LONGITUD	ELEVACIÓN (m)
U. Turismo-Guaranda	1° 35' 30.7" S	79° 0' 4.8" O	2679
Antena-Guaranda	1° 35' 6.8" S	78° 59' 44.2" O	2813.2
U. Turismo -Chimbo	1° 41' 0.3" S	79° 1' 31.9" O	2457.2
Antena-chimbo	1° 40' 21.8" S	79° 1' 10.6" O	2852.4
U. Turismo -San Miguel	1° 42' 29.6" S	79° 2' 33.1" O	2443.5
Antena-San Miguel	1° 42' 22.1" S	79° 4' 46.4" O	3240.8
Repetidora SM-Ch	1° 49' 22" S	79° 2' 28" O	3153.6
U. Turismo -Chillanes	1° 56' 49.4" S	79° 3' 39.7" O	2289.4
Antena-Chillanes	1° 55' 44.2" S	79° 4' 51.5" O	2903.1
U. Turismo -Las naves	1° 17' 5" S	79° 18' 2" O	399.7
Antena-Las naves	1° 19' 24" S	79° 18' 45" O	737.8
Repetidora LN-E	1° 23' 44" S	79° 17' 13" O	782.6
U. Turismo -Echeandía	1° 26' 0" S	79° 16' 1" O	341.8
Antena-Echeandía	1° 26' 48" S	79° 16' 7" O	701.7
Repetidora EC-Cal	1° 31' 10.2" S	79° 12' 46.5" O	1761.2
U. Turismo -caluma	1° 34' 42" S	79° 11' 15" O	975.7
Antena-caluma	1° 34' 14" S	79° 11' 39" O	1086.7
Repetidora Cal-G	1° 35' 25.8" S	79° 3' 32.4" O	3304

**Elaborado Por:** Autores de Tesis

#### 4.16. DISTANCIAS ENTRE LOS PUNTOS DE RED.

Una vez localizado los puntos que formaran parte de la red, procedemos a calcular la distancia de separación entre las antenas, empleando para esto datos como: latitud promedio  $lat_p$ ,

diferencia de longitudes  $\Delta\text{long}$  y diferencia de latitudes. Los pasos a seguir se resumen a continuación:

- Lo primero que tenemos que tener antes de empezar los cálculos son las coordenadas geográficas de los 2 puntos del enlace, en este caso el punto A representa las a la U.T. de Guaranda y el punto B representa a la Antena Guaranda.

Punto A:  $1^{\circ} 35' 30.7''$  S  $79^{\circ} 0' 4.8''$  O

Punto B:  $1^{\circ} 35' 6.8''$  S  $78^{\circ} 59' 44.2''$  O

- Utilizando la ecuación 16 procedemos a calcular la latitud promedio,

$$L_m = \text{latitud promedio} = \frac{\text{LatA} + \text{LatB}}{2} \quad (16)$$

LatA = latitud del punto A en km.

LatB = latitud del punto B en km.

$$L_m = \frac{176.697 + 175.96}{2} = 1.5885415 = 1^{\circ} 35' 18.75''$$

- El resultado obtenido lo reemplazamos en la ecuación 17.

$$P = \Delta\text{Longitud}(\text{Km})\cos L_m \quad (17)$$

Donde:

$\Delta$ Longitud = diferencia entre la longitud del punto A y la longitud del punto B en km.

$$P = \Delta\text{Long}(\text{Km})\cos (1^\circ 35' 18.75)$$

$$P = 0.6578556\text{Km}$$

➤ Finalmente reemplazamos  $P$  en la ecuación 18, la cual nos dará el resultado final.

$$d = \sqrt{P^2 + (\Delta\text{Latitud})^2} \quad (18)$$

Donde:

$\Delta$ Latitud= diferencia entre la latitud de el punto A y la latitud del punto B en km.

$$d = \sqrt{P^2 + (\Delta\text{Latitud})^2} = 0.973\text{Km}$$

Siguiendo el mismo procedimiento fueron calculadas las demás distancias, estas se resumen en la Tabla XIV.

Tabla XIV. Distancias entre los puntos de red

PUNTO A	LATITUD A	LONGITUD A	PUNTO B	LATITUD B	LONGITUD B	D (Km)
U. Turismo-Guaranda	1° 35' 30.7" S	79° 0' 4.8" O	Antena-Guaranda	1° 35' 6.8" S	78° 59' 44.2" O	0.973
Antena-Guaranda	1° 35' 6.8" S	78° 59' 44.2" O	Antena-Chimbo	1° 40' 21.8" S	79° 1' 10.6" O	10.711
U. Turismo -Chimbo	1° 41' 0.3" S	79° 1' 31.9" O	Antena-Chimbo	1° 40' 21.8" S	79° 1' 10.6" O	1.357
Antena-chimbo	1° 40' 21.8" S	79° 1' 10.6" O	Antena-San Miguel	1° 42' 22.1" S	79° 4' 46.4" O	7.616
U. Turismo -San miguel	1° 42' 29.6" S	79° 2' 33.1" O	Antena-San miguel	1° 42' 22.1" S	79° 4' 46.4" O	4.114
Antena-San Miguel	1° 42' 22.1" S	79° 4' 46.4" O	Repetidora SM-Ch	1° 49' 22" S	79° 2' 28" O	13.631
Repetidora SM-Ch	1° 49' 22" S	79° 2' 28" O	Antena-Chillanes	1° 55' 44.2" S	79° 4' 51.5" O	12.587
U. Turismo -Chillanes	1° 56' 49.4" S	79° 3' 39.7" O	Antena-Chillanes	1° 55' 44.2" S	79° 4' 51.5" O	2.769
U. Turismo -Las naves	1° 17' 5" S	79° 18' 2" O	Antena-las naves	1° 19' 24" S	79° 18' 45" O	4.486
Antena-Las naves	1° 19' 24" S	79° 18' 45" O	Repetidora LN-E	1° 23' 44" S	79° 17' 13" O	8.504
Repetidora LN-E	1° 23' 44" S	79° 17' 13" O	Antena-Echeandia	1° 26' 48" S	79° 16' 7" O	6.027
U. Turismo -Echeandia	1° 26' 0" S	79° 16' 1" O	Antena-Echeandia	1° 26' 48" S	79° 16' 7" O	1.496
Antena-Echeandia	1° 26' 48" S	79° 16' 7" O	Repetidora E-Cal	1° 31' 10.2" S	79° 12' 46.5" O	10.175
Repetidora EC-Cal	1° 31' 10.2" S	79° 12' 46.5" O	Antena-caluma	1° 34' 14" S	79° 11' 39" O	6.038
U. Turismo -caluma	1° 34' 42" S	79° 11' 15" O	Antena-caluma	1° 34' 14" S	79° 11' 39" O	1.137
Antena-caluma	1° 34' 14" S	79° 11' 39" O	Repetidora Cal-G	1° 35' 25.8" S	79° 3' 32.4" O	15.16
Repetidora Cal-g	1° 35' 25.8" S	79° 3' 32.4" O	Antena-Guaranda	1° 35' 6.8" S	78° 59' 44.2" O	7.06

Elaborado Por: Autores de Tesis.

#### 4.17. PÉRDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE

Cuando una señal viaja por el espacio está expuesta a muchos factores los cuales hacen que esta señal presente pérdidas, esta atenuación que sufre la señal en el espacio hasta alcanzar el receptor en el destino, se la conoce como FSL (Pérdidas en el Espacio Libre).

Su cálculo depende mucho de la frecuencia y la distancia a la cual trabajará el enlace. Cabe mencionar que la frecuencia a la cual se trabajara en este estudio es 2.4 GHz, y los cálculos se realizaron con la ayuda de la siguiente ecuación:

$$FSL(dB) = 92.44 + 20 \log f(GHz) + 20 \log D(Km) \quad (7)$$

Los resultados obtenidos los podemos mirar en Tabla XV.

**Tabla XV.** Pérdidas en el Espacio Libre

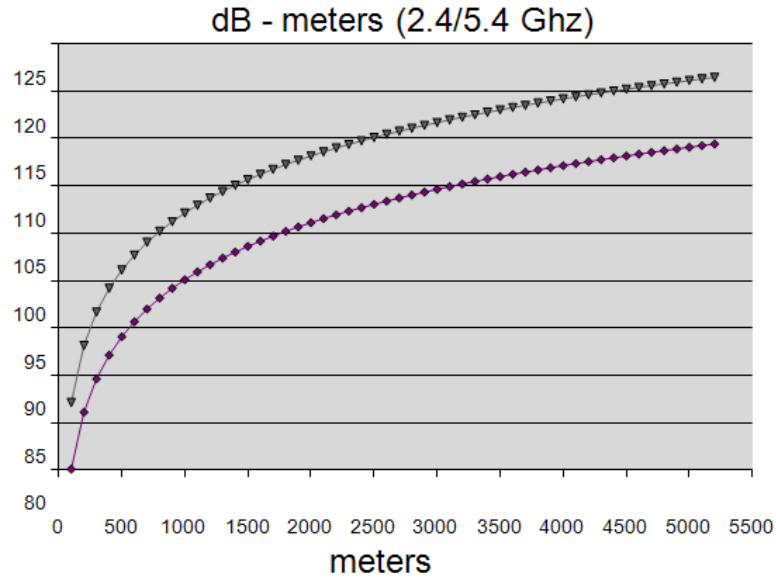
PUNTO A	PUNTO B	D (Km)	FSL(dB)
U. Turismo-Guaranda	Antena-Guaranda	0.973	100
Antena-Guaranda	Antena-Chimbo	10.711	120
U. Turismo -Chimbo	Antena-Chimbo	1.357	103
Antena-chimbo	Antena-San Miguel	7.616	118
U. Turismo -San miguel	Antena-san miguel	4.114	112
Antena-San Miguel	Repetidora SM-Ch	13.631	123
Repetidora SM-Ch	Antena-Chillanes	12.587	122
U. Turismo -Chillanes	Antena-Chillanes	2.769	109
U. Turismo -las naves	Antena-las naves	4.486	113
Antena-las naves	Repetidora LN-E	8.504	119
Repetidora LN-E	Antena-Echeandia	6.027	116
U. Turismo -Echeandia	Antena-Echeandia	1.496	104
Antena-Echeandia	Repetidora E-Cal	10.175	120
Repetidora EC-Cal	Antena-caluma	6.038	116
U. Turismo -caluma	Antena-caluma	1.137	101

Antena-caluma	Repetidora Cal-G	15.16	124
Repetidora Cal-g	Antena-Guaranda	7.06	117

**Elaborado Por:** Autores de Tesis

Una vez calculado las pérdidas en el espacio libre claramente nos damos cuenta que a medida que la distancia entre las Antenas aumenta el FSL también lo hace, esta relación la podemos mirar en la Figura 30.





**Figura 30.** Aproximación lineal de FSL

**Fuente:** Sebastián Buettrich, wire.less.dk

#### 4.18. PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO

Toda señal de radio que viaja por el espacio libre no solo sufre atenuación, en ella también se produce un efecto llamado fading o desvanecimiento que depende de las condiciones puntuales a las que está sometida cada transmisión.

Para el cálculo de las pérdidas por desvanecimiento utilizamos la expresión:

$$L_D(dB) = 30 \log D + 10 \log(6ABF) - 10 \log(1 - R) - 70 \quad (19)$$

Donde debemos tomar muy en cuenta los factores topográficos y climáticos (Ver Tabla XVI.), para de esta manera poder realizar un buen cálculo adecuado.

**Tabla XVI.** Factor Topográfico(A) y Factor Climático (B)

<b>A</b>		<b>B</b>	
1	Propagación en zona plana	1	Buenas condiciones todo el año
0.5	Terreno Montañoso	0.5	Zonas Cálidas y Húmedas
0.25	Terreno Promedio	0.25	Zonas Montañosas y Secas

**Fuente:** Andrés Calvillo Téllez, Carelia Gaxiola, Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital, IPN, Tijuana BC CP 22510. Cómputo de Radioenlaces Terrestres en Java.pdf

Realizadas las respectivas sustituciones se obtuvo la siguiente Tabla XVII.

Tabla XVII. Perdidas por Desvanecimiento

PUNTO A	PUNTO B	D (Km)	A	B	F(GHz)	R	L <sub>D</sub> (dB)
U. Turismo-Guaranda	Antena-Guaranda	0.973	0.25	0.25	2.4	0.9998	-33.824
Antena-Guaranda	Antena-Chimbo	10.711	0.25	0.25	2.4	0.9998	-2.573
U. Turismo -Chimbo	Antena-Chimbo	1.357	0.25	0.25	2.4	0.9998	-29.490
Antena-Chimbo	Antena-San Miguel	7.616	0.25	0.25	2.4	0.9998	-7.016
U. Turismo -San Miguel	Antena-San Miguel	4.114	0.25	0.25	2.4	0.9998	-15.04
Antena-San Miguel	Repetidora SM-Ch	13.631	0.25	0.25	2.4	0.9998	0.57
Repetidora SM-Ch	Antena-Chillanes	12.587	0.25	0.25	2.4	0.9998	-0.170
U. Turismo -Chillanes	Antena-Chillanes	2.769	0.25	0.25	2.4	0.9998	-20.20
U. Turismo -Las Naves	Antena-Las Naves	4.486	0.5	0.5	2.4	0.9998	--7.891
Antena-Las Naves	Repetidora LN-E	8.504	0.5	0.5	2.4	0.9998	0.441
Repetidora LN-E	Antena-Echeandía	6.027	0.5	0.5	2.4	0.9998	-4.044
U. Turismo -Echeandía	Antena-Echeandía	1.496	0.5	0.5	2.4	0.9998	-22.20
Antena-Echeandía	Repetidora E-Cal	10.175	0.5	0.5	2.4	0.9998	2.779
Repetidora EC-Cal	Antena-Caluma	6.038	1	0.5	2.4	0.9998	-1.010
U. Turismo -Caluma	Antena-Caluma	1.137	1	0.5	2.4	0.9998	-22.7641
Antena-Caluma	Repetidora Cal-G	15.16	0.5	0.5	2.4	0.9998	7.974
Repetidora Cal-G	Antena-Guaranda	7.06	0.5	0.25	2.4	0.9998	-4.993

Realizado Por: Autores de Tesis.

#### 4.19. PRIMERA ZONA DE FRESNEL

Conocida la distancia de separación entre antenas y la frecuencia de operación es necesario estimar cual será el nivel de atenuación que sufrirá la señal debido a obstrucciones de la línea de vista dentro de la trayectoria de propagación es decir se requiere estimar cual será el libramiento de la señal sobre los obstáculos que encontrará en el camino para alcanzar el extremo del punto receptor. Por ello se obtiene el libramiento del obstáculo más elevado denominado primera zona de Fresnel. Esta debe mantenerse alrededor del 60-70% libre de cualquier obstáculo.

Los resultados del cálculo de la primera zona de Fresnel, se obtuvieron simplemente reemplazando los datos necesarios en la ecuación 9, los resultados se resumen en la Tabla XVIII.

**Tabla XVIII.** Primera Zona de Fresnel

PUNTO A	PUNTO B	d1 (Km)	d2 (Km)	1ra ZONA DE FRESNEL	0.7*1ra ZONA DE FRESNEL
U. Turismo-Guaranda	Antena-Guaranda	0.9	0.076	2.96	2.07
Antena-Guaranda	Antena-Chimbo	10	0.1	3.52	2.46
U. Turismo –Chimbo	Antena-Chimbo	1.2	0.161	4.21	2.95
Antena-Chimbo	Antena-San Miguel	4.75	2.87	14.95	10.47
U. Turismo -San Miguel	Antena-San Miguel	3.79	0.33	6.16	4.31
Antena-San Miguel	Repetidora SM-Ch	12	1.671	13.54	9.48
Repetidora SM-Ch	Antena-Chillanes	1.15	11.45	11.43	8.00
U. Turismo –Chillanes	Antena-Chillanes	2.36	0.41	6.61	4.63
U. Turismo -Las Naves	Antena-Las Naves	1.94	2.55	11.74	8.21
Antena-Las Naves	Repetidora LN-E	8.10	0.41	6.98	4.89
Repetidora LN-E	Antena-Echeandia	0.3	5.74	5.97	4.18
U. Turismo –Echeandia	Antena-Echeandia	1.4	0.1	3.41	2.39
Antena-Echeandia	Repetidora E-Cal	8.18	2.01	14.20	9.94
Repetidora EC-Cal	Antena-Caluma	0.33	5.71	6.24	4.37
U. Turismo –Caluma	Antena-Caluma	1.1	0.04	2.20	1.54
Antena-Caluma	Repetidora Cal-G	14.64	0.54	8.07	5.65

Repetidora Cal-G	Antena-Guaranda	1.2	5.88	11.16	7.81
------------------	-----------------	-----	------	-------	------

**Elaborado Por:** Autores de Tesis

#### 4.20. ALTURA MINIMA DE LAS ANTENAS

El cálculo de las alturas mínimas de las antenas depende mucho de la elevación más alta entre los dos puntos a conectarse, así como de la primera zona de Fresnel. Los resultados obtenidos nos serán de gran ayuda para poder decidir cual es la mejor altura a la que se deben encontrar las antenas el momento de realizar el diseño final de la red de radio enlaces.

Para obtener la altura mínima de las antenas utilizamos la siguiente expresión:

$$h_{Tx} = h_{Rx} = h_o + h + 0.6F_1 \quad (20)$$

Donde:

$h_o$  = altura del obstáculo mas alto

$F_1$  = primera zona de Fresnel

$$h = \frac{d_1 d_2}{1.5k} \quad (21)$$

De la cual

$k$  = factor de curvatura de la tierra =  $4/3$  ( $d < 80$  mi)

$d_1$  = distancia del obstáculo mas alto al punto A

$d_2$  = distancia del obstáculo mas alto al punto B

La altura mínima para la antena de transmisión y recepción es igual.

Una vez sustituido los valores ya conocidos obtuvimos la siguiente Tabla XIX.

**Tabla XIX.** Altura mínima de las Antenas

PUNTO A	PUNTO B	d1(Km)	d2(Km)	$h_{Tx}=h_{Rx}$ (m)
U. Turismo-Guaranda	Antena-Guaranda	0.9	0.076	2785.810
Antena-Guaranda	Antena-Chimbo	10	0.1	2865.811
U. Turismo –Chimbo	Antena-Chimbo	1.2	0.16	2814.924
Antena-Chimbo	Antena-San Miguel	4.75	2.87	2784.789
U. Turismo -San Miguel	Antena-San Miguel	3.79	0.33	3137.021

**Tabla XIX.** Altura mínima de las Antenas(Continuación)

Antena-San Miguel	Repetidora SM-Ch	12	1.67	3132.850
Repetidora SM-Ch	Antena-Chillanes	1.15	11.45	2969.041
U. Turismo –Chillanes	Antena-Chillanes	2.36	0.41	2760.548
U. Turismo -Las Naves	Antena-Las Naves	1.94	2.55	349.715
Antena-Las Naves	Repetidora LN-E	8.10	0.41	772.851
Repetidora LN-E	Antena-Echeandia	0.3	5.74	774.143
U. Turismo –Echeandia	Antena-Echeandia	1.4	0.1	679.619
Antena-Echeandia	Repetidora E-Cal	8.18	2.01	1302.442
Repetidora EC-Cal	Antena-Caluma	0.33	5.71	1721.489
U. Turismo –Caluma	Antena-Caluma	1.1	0.04	1069.24
Antena-Caluma	Repetidora Cal-G	14.64	0.54	3222.894
Repetidora Cal-G	Antena-Guaranda	1.2	5.88	3231.725

**Elaborado Por:** Autores de Tesis

#### 4.21. PERFILES TOPOGRAFICOS DE LAS TRAYECTORIAS

Para poder tener una idea clara del terreno donde estarán colocadas cada una de las antenas que formaran parte de la red de radio enlaces, es importante conocer los perfiles topográficos de cada enlace, los mismos se presentan a continuación:

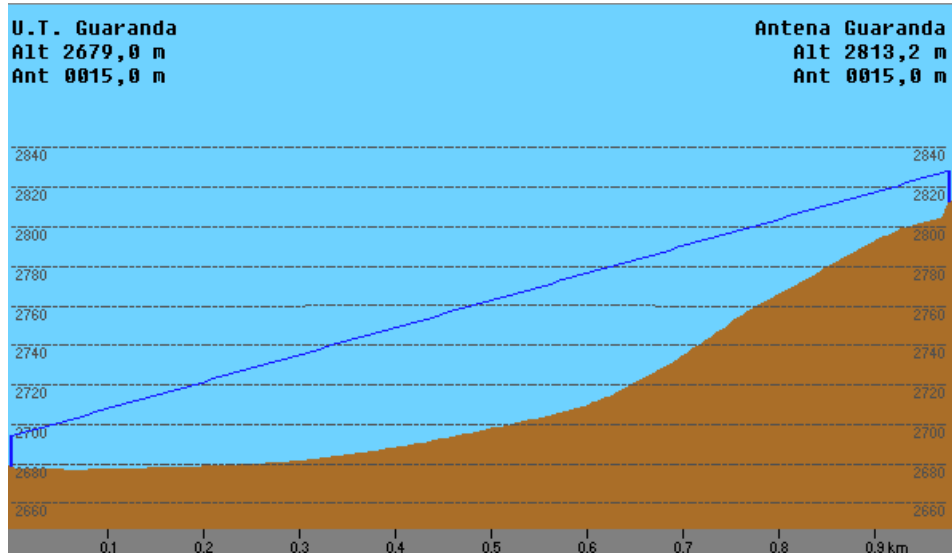


Figura 31. Perfil topográfico de la trayectoria U.T. Guaranda - Antena Guaranda

Fuente: Radio Mobile.

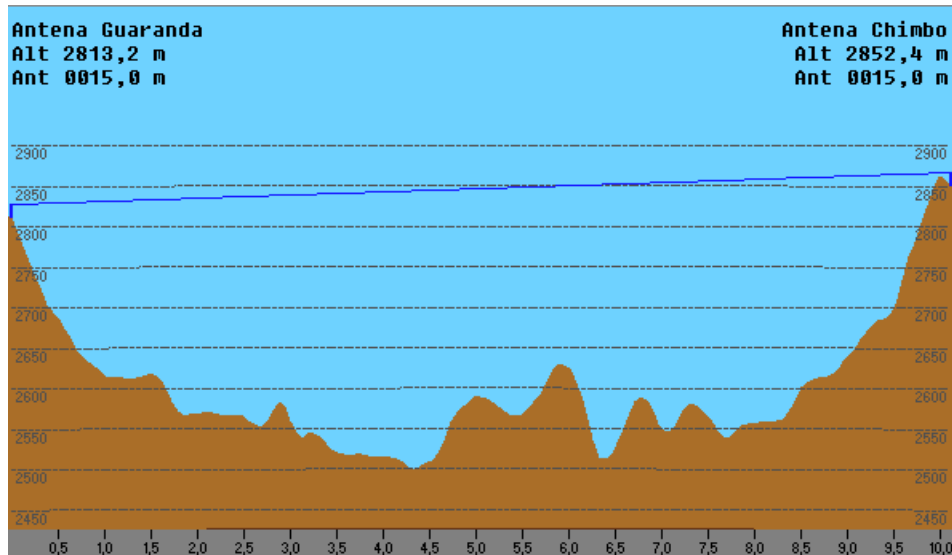
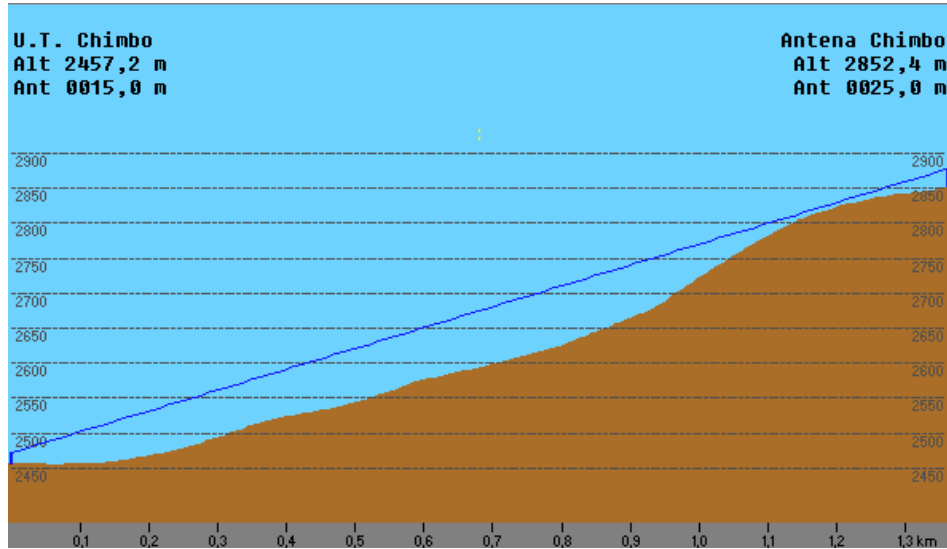


Figura 32. Perfil topográfico de la trayectoria Antena Guaranda - Antena Chimbo

Fuente: Radio Mobile.



**Figura 33.** Perfil topográfico de la trayectoria U.T. Chimbo - Antena Chimbo

**Fuente:** Radio Mobile.



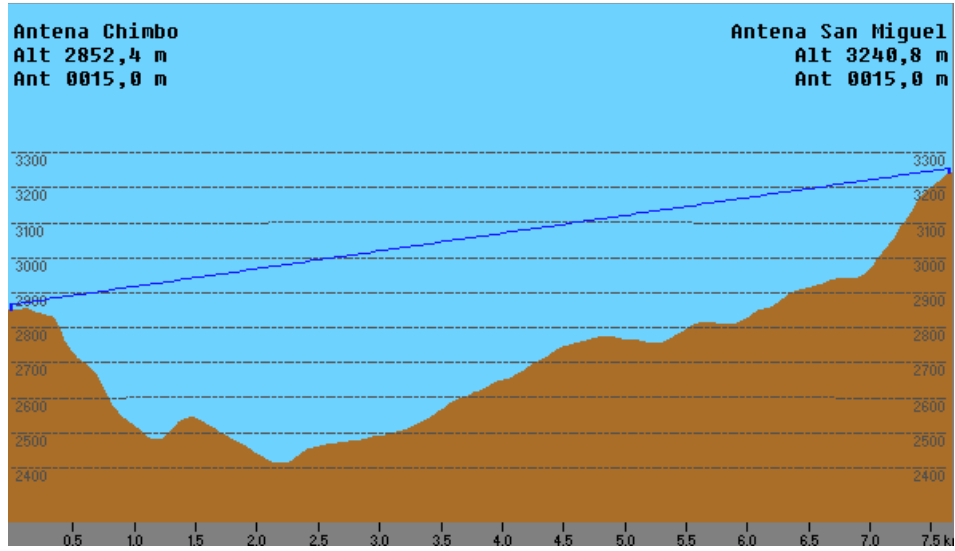


Figura 34. Perfil topográfico de la trayectoria Antena Chimbo - Antena San Miguel

Fuente: Radio Mobile.

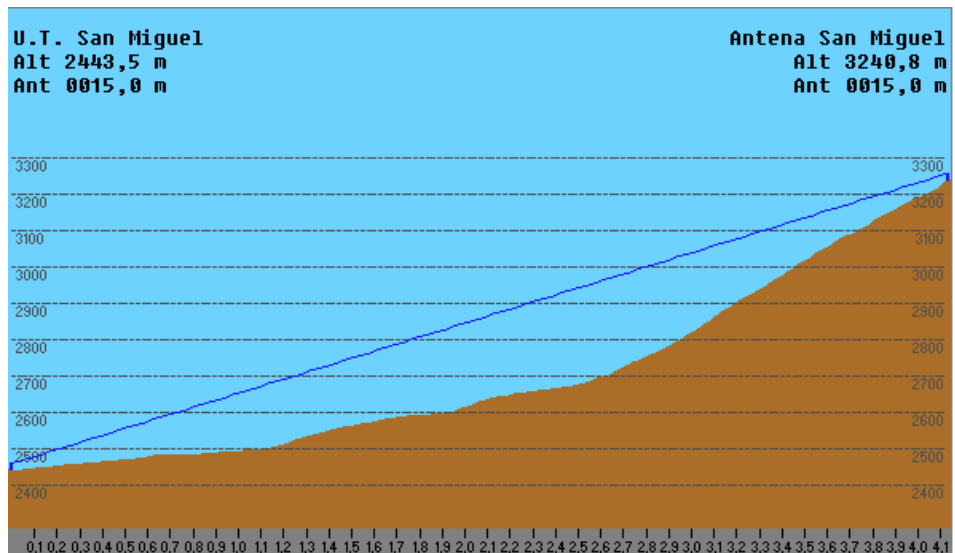
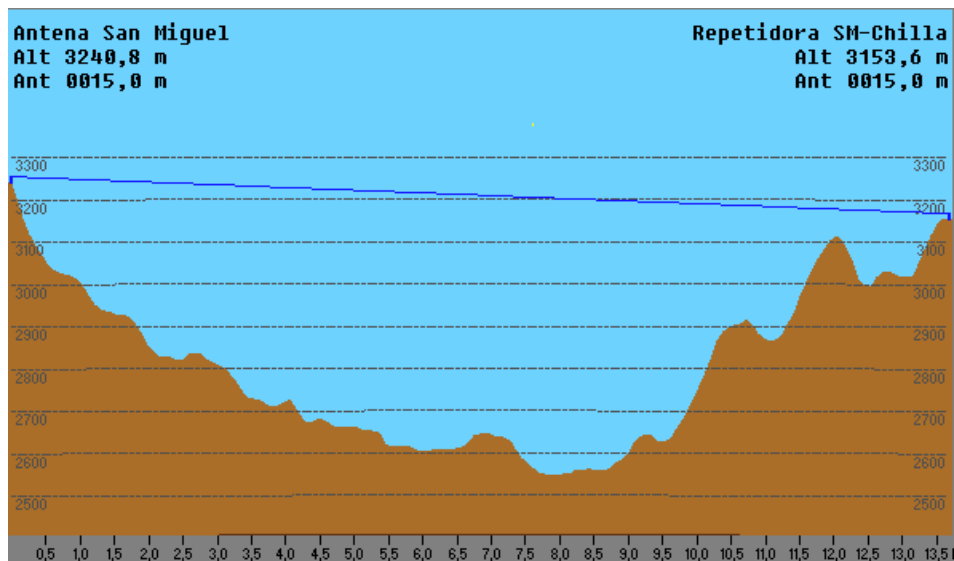


Figura 35. Perfil topográfico de la trayectoria U.T. San Miguel - Antena San Miguel

Fuente: Radio Mobile.



**Figura 36.** Perfil topográfico de la trayectoria Antena San Miguel – Repetidora SM\_Chillanes

**Fuente:** Radio Mobile.

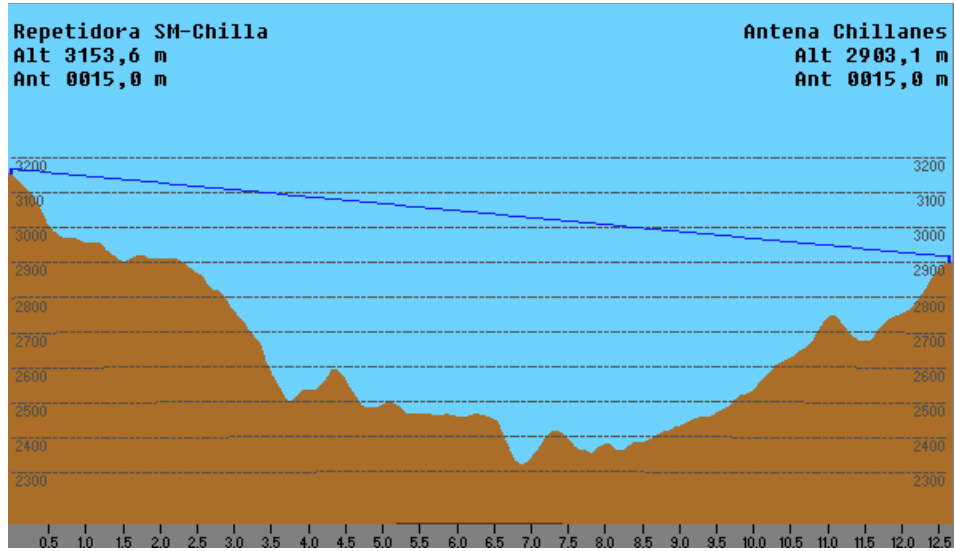
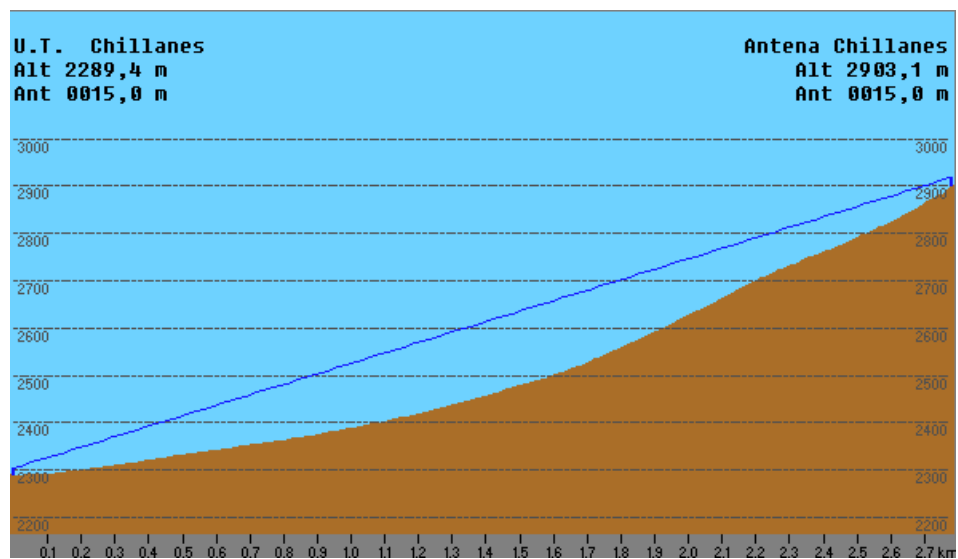


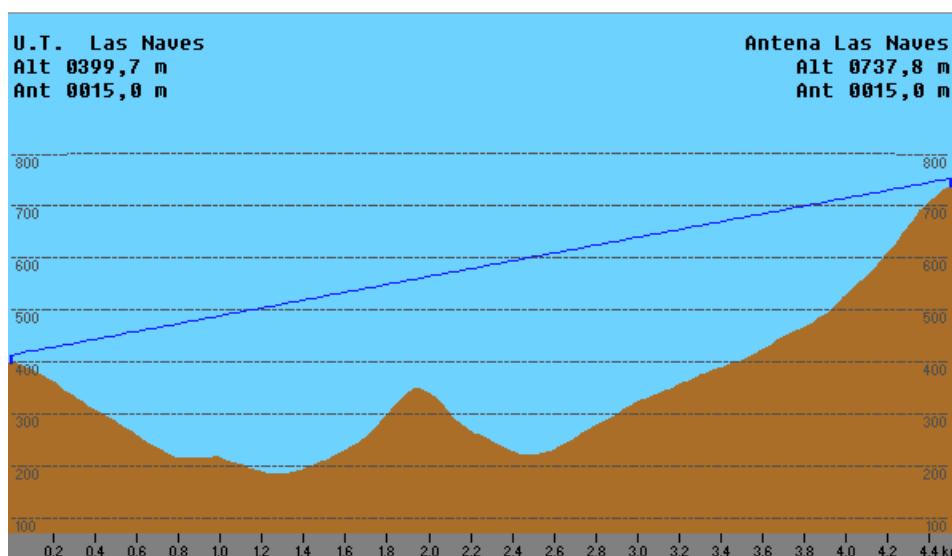
Figura 37. Perfil topográfico de la trayectoria Repetidora SM\_Chillanes – Antena Chillanes

Fuente: Radio Mobile.



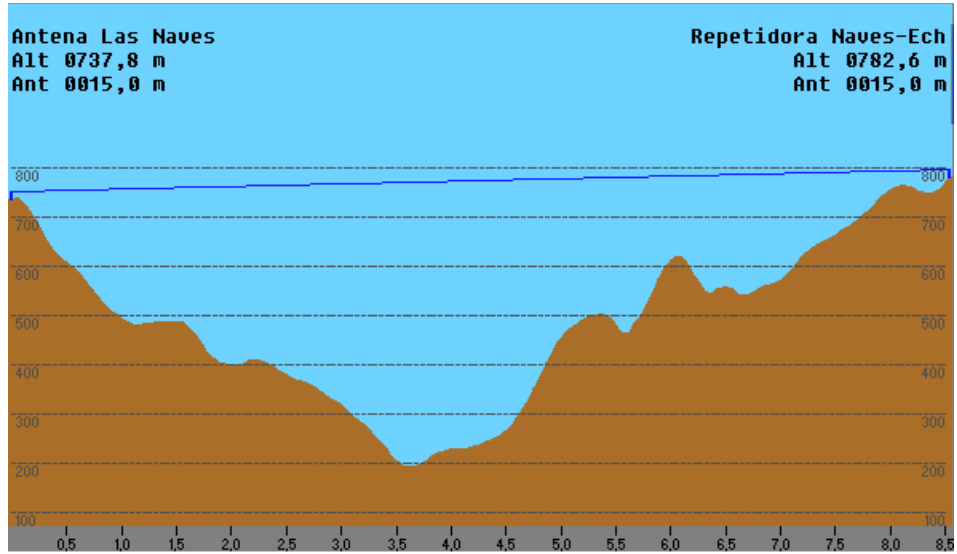
**Figura 38.** Perfil topográfico de la trayectoria U.T. Chillanes – Antena Chillanes

**Fuente:** Radio Mobile.



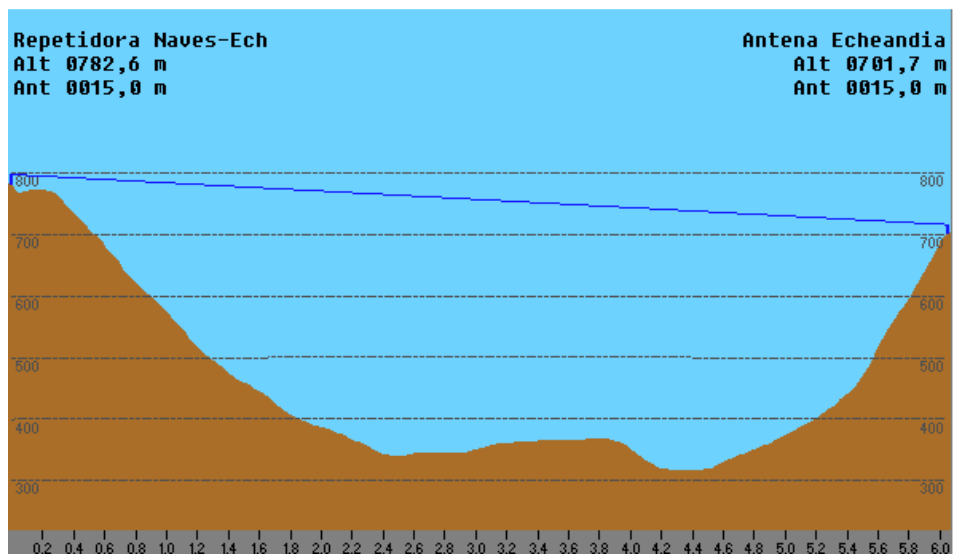
**Figura 39.** Perfil topográfico de la trayectoria U.T. Las Naves – Antena Las Naves

**Fuente:** Radio Mobile.



**Figura 40.** Perfil topográfico de la trayectoria Antena Las Naves –Repetidora Las Naves\_Echeandia

**Fuente:** Radio Mobile.



**Figura 41.** Perfil topográfico de la trayectoria Repetidora Las Naves\_Echeandia – Antena Echeandia

Fuente: Radio Mobile.

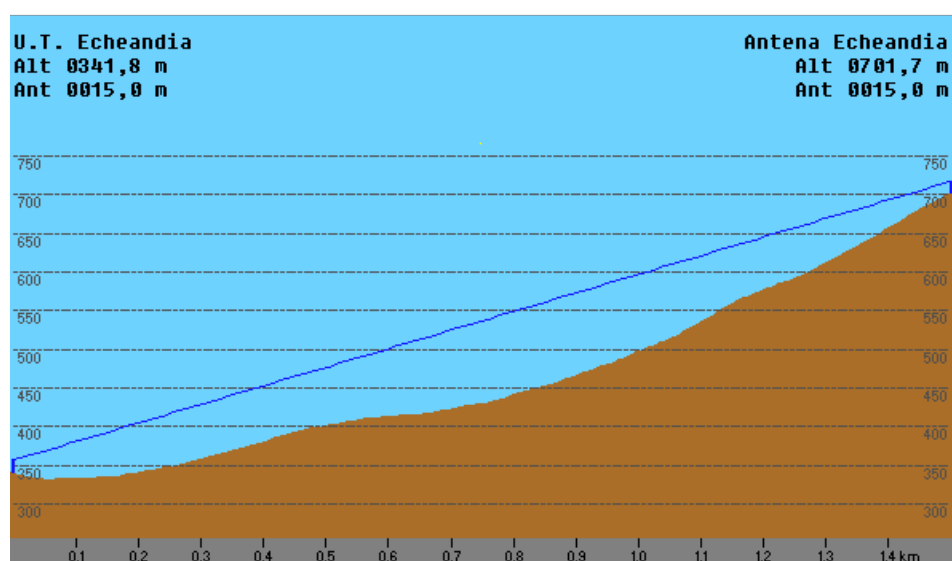
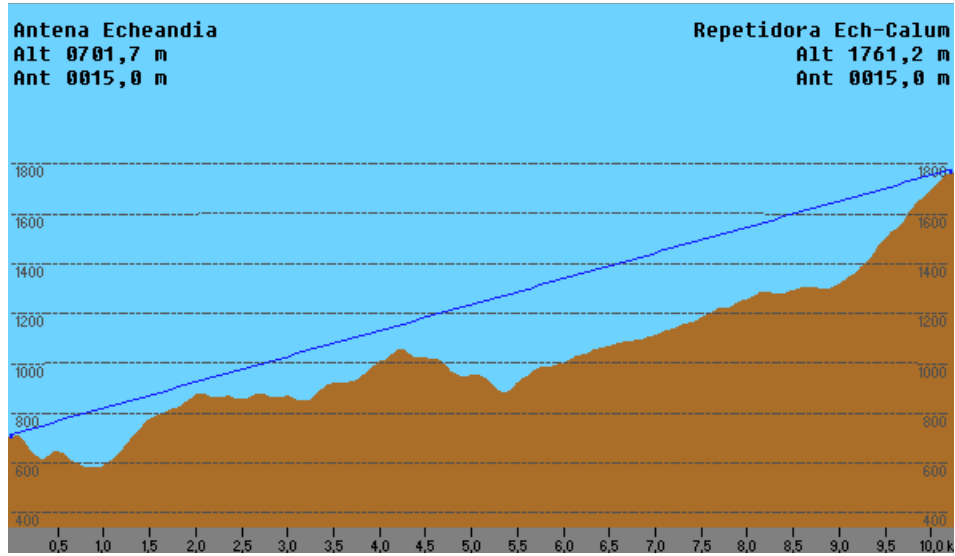


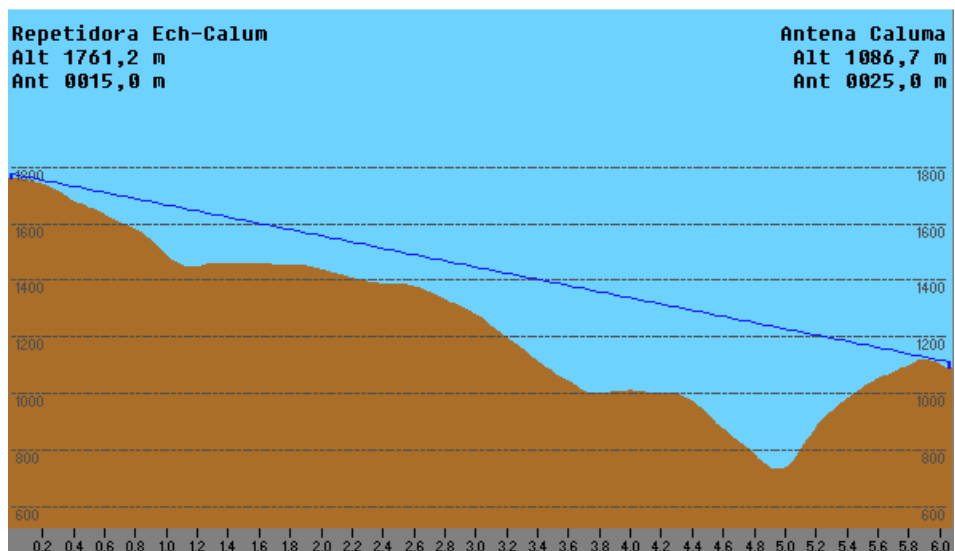
Figura 42. Perfil topográfico de la trayectoria U.T. Echeandia - Antena Echeandia

Fuente: Radio Mobile.



**Figura 43.** Perfil topográfico de la trayectoria Antena Echeandia – Repetidora Echeandia\_Caluma

**Fuente:** Radio Mobile.



**Figura 44.** Perfil topográfico de la trayectoria Repetidora Echeandia\_Caluma – Antena Caluma

Fuente: Radio Mobile.

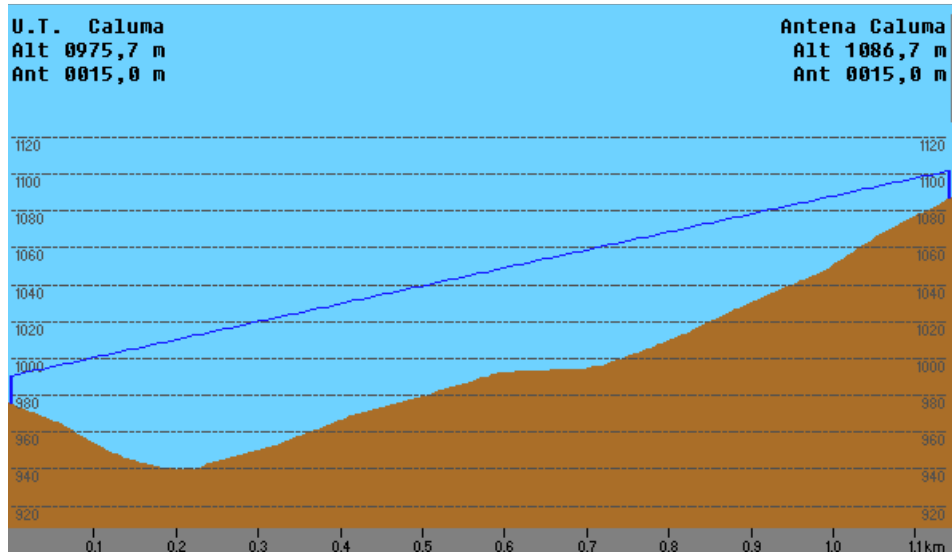
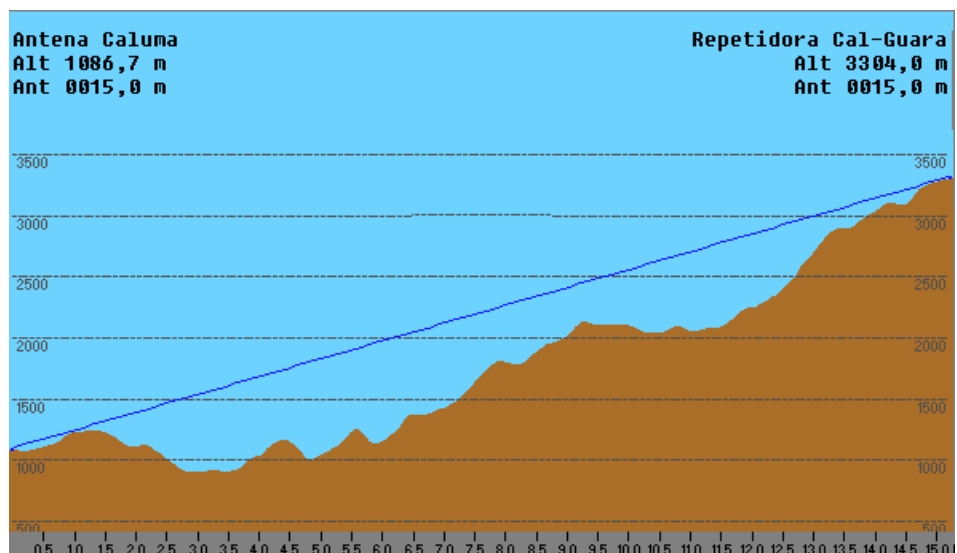


Figura 45. Perfil topográfico de la trayectoria U.T. Caluma – Antena Caluma

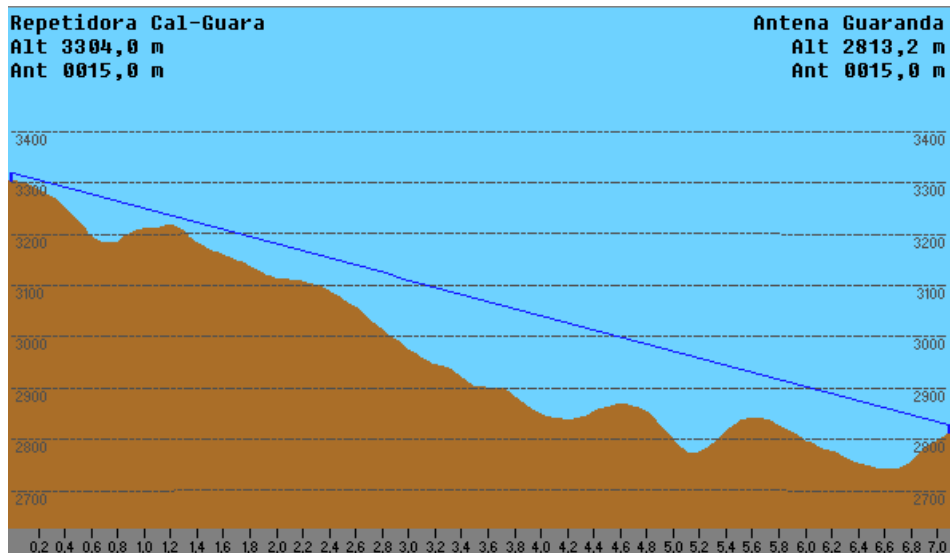
Fuente: Radio Mobile.





**Figura 46.** Perfil topográfico de la trayectoria Antena Caluma – Repetidora Caluma\_Guaranda

**Fuente:** Radio Mobile.



**Figura 47.** Perfil topográfico de la trayectoria Repetidora Caluma\_Guaranda – Antena Guaranda

**Fuente:** Radio Mobile.

#### 4.22. PRESUPUESTO DE ENLACE

Para poder analizar si una instalación es viable o no, realizamos un presupuesto de enlace (Utilizando la formula 9.), para nuestro estudio hemos utilizado como potencias en los transmisores 21 dBm para distancia comprendidas entre 1-4 Km, 25 dBm para distancia comprendidas entre 5-9 Km, y 32 dBm para distancias comprendidas entre 10-15 Km. El tipo de

cable utilizado fue el LMR -600 el cual presentaba una pérdida de 14.4 dB/100m, este valor se lo tuvo que transformar de acuerdo a la distancia del cable que utilizamos, se asumió que en la mayoría de casos la distancia de cable utilizado fue de 17 metros, pero hubo casos en que la distancia asumida fue de 27 metros, a la pérdida del cable se le sumo la pérdida de 2 conectores y 2 protectores de descarga eléctrica. Todos estos resultados, así como el margen del presupuesto, las potencias de los transmisores, las ganancias de las antenas, y demás elementos necesarios para el cálculo se muestran en Tabla XX.

**Tabla XX.** Presupuesto del enlace

N° Enlace	Terminal	Potencia del Transmisor (dBm)	Perdidas en el cable(Tx-Rx) (dB)	Ganancia de la antena(Tx-Rx) (dBi)	Perdidas en el espacio libre(dB)	Sensibilidad del receptor (dBm)	Margen(dB)
1	U. T. Guaranda	21	-5	8	-100	-90	17
	Antena Guaranda	21	-5	8		-90	
2	Antena Guaranda	32	-5	12	-120	-90	16
	Antena Chimbo	32	-5	12		-90	
3	U. T Chimbo	21	-5	8	-103	-90	13
	Antena Chimbo	21	-6	8		-90	
4	Antena Chimbo	25	-5	8	-118	-90	3
	Antena San Miguel	25	-5	8		-90	
5	U.T. San Miguel	21	-5	8	-112	-90	5
	Antena San Miguel	21	-5	8		-90	
6	Antena San Miguel	32	-5	12	-123	-90	13
	Rep. SM-Ch	32	-5	12		-90	
7	Rep. SM-Ch	32	-5	12	-122	-90	14
	Antena Chillanes	32	-5	12		-90	
8	U.T Chillanes	21	-5	8	-109	-90	8
	Antena Chillanes	21	-5	8		-90	
9	U.T. Las Naves	21	-5	8	-113	-90	4
	Antena Las Naves	21	-5	8		-90	
10	Antena Las Naves	25	-5	8	-119	-90	2
	Rep. LN-E	25	-5	8		-90	

11	Rep. LN-E	25	-5	8	-116	-90	5
	Antena Echeandia	25	-5	8		-90	
12	U.T. Echenadia	21	-5	8	-104	-90	13
	Antena Echeandia	21	-5	8		-90	
13	Antena Echeandia	32	-5	12	-120	-90	16
	Repetidora E-Cal.	32	-5	12		-90	
14	Repetidora E-Cal.	25	-5	8	-116	-90	4
	Antena Caluma	25	-6	8		-90	

**Tabla XX.** Presupuesto del enlace (Continuación)

15	U.T. Caluma	21	-5	8	-101	-90	16
	Antena Caluma	21	-5	8		-90	
16	Antena Caluma	32	-5	12	-124	-90	12
	Rep. Cal-G	32	-5	12		-90	
17	Rep. Cal-G	25	-5	8	-117	-90	4
	Antena Guaranda	25	-5	8		-90	

**Elaborado Por:** Autores de Tesis.

Un punto muy importante a recordar es que para los cálculos del presupuesto de enlace se considero como sensibilidad del receptor -90 dBm, pero este valor tendrá un margen de error en las simulaciones que se realizaran de +15 dBm y -15 dBm.

Además los valores de las ganancias de las antenas, potencias de los transmisores, sensibilidad del receptor, utilizados en estos cálculos son valores mínimos, y estos variaran de acuerdo a los requerimientos de la empresa o institución que hiciere uso de este estudio, en el cual hemos querido dar a conocer cuáles son los pasos a seguir si se desea implementar a futuro esta red de radioenlaces.

## **CAPÍTULO V**

### **RESULTADOS DEL ESTUDIO**

#### **5.4. SOFTWARE DE SIMULACIÓN**

Existen numerosas herramientas que ayudan a predecir el comportamiento de una red inalámbrica, algunas de las cuales con precios considerables que en este caso no están al alcance. Dado esto se ha decidido utilizar el software Radio Mobile para la simulación de la red, puesto que es una herramienta gratuita y muy poderosa en lo que se refiere a simulaciones, cálculos y perfiles topográficos, que serán de gran ayuda para el estudio.



Además se ha utilizado el software Google Earth este programa nos ayudó a localizar parte de los puntos de la red.

#### **5.4.1. Software Radio Mobile**

Radio Mobile es un programa de simulación de radio propagación gratuito desarrollado por Roger Coudé para predecir el comportamiento de sistemas radio, simular radioenlaces y representar el área de cobertura de una red de radiocomunicaciones, entre otras funciones.

El software trabaja en el rango de frecuencias entre 20 MHz y 20 GHz y está basado en el modelo de propagación ITM (Irregular Terrain Model) o modelo Longley-Rice. Radio Mobile utiliza datos de elevación del terreno que se descargan gratuitamente de Internet para crear mapas virtuales del área de interés, vistas estereoscópicas, vistas en 3-D y animaciones de vuelo.

Los datos de elevación se pueden obtener de diversas fuentes, entre ellas del proyecto de la NASA Shuttle Terrain Radar Mapping Misión (SRTM) que provee datos de altitud con una precisión de 3 segundos de arco (100m).

#### **5.4.2. Google Earth**

Google Earth es un programa informático similar a un Sistema de Información Geográfica (SIG), creado por la empresa Keyhole Inc., que permite visualizar imágenes en 3D del planeta,

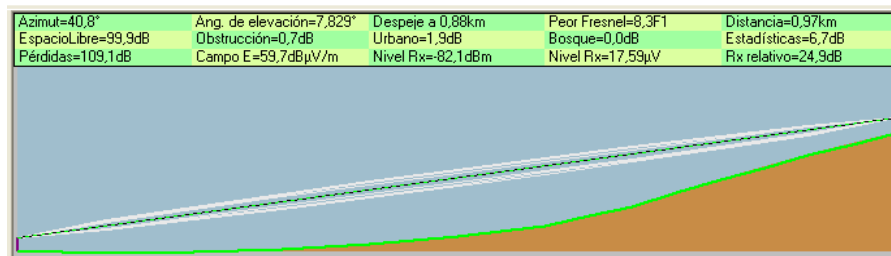
combinando imágenes de satélite, mapas y el motor de búsqueda de Google que permite ver imágenes a escala de un lugar específico del planeta.

## 5.5. SIMULACIÓN DE LOS ENLACES

Concluido todos los cálculos necesarios para los radios enlaces, empezaremos a realizar las simulaciones, estas se detallaran en los siguientes ítems.

### 5.2.1. U.T. Guaranda y Antena Guaranda

Utilizando el programa radio Mobile se simulo el enlace punto a punto entre la U.T. Guaranda y la Antena Guaranda, este se muestra en la Figura 48, además las Figuras 49 y 50, muestran graficas correspondientes al umbral del receptor, y las estadísticas de éxito para este radio enlace.



**Figura 48.** Enlace punto a punto entre la U.T. Guaranda y la Antena Guaranda

**Fuente:** Radio Mobile

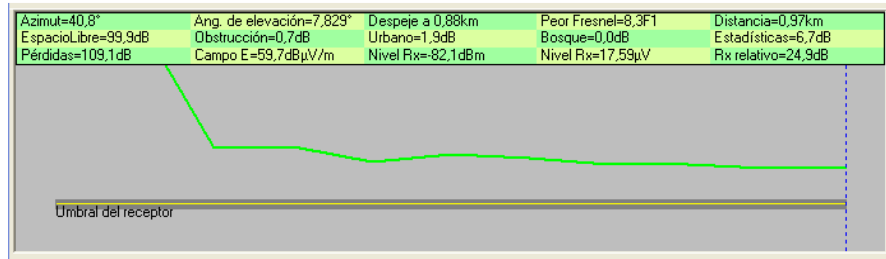


Figura 49. Gráfica de estadística para el umbral del receptor

Fuente: Radio Mobile

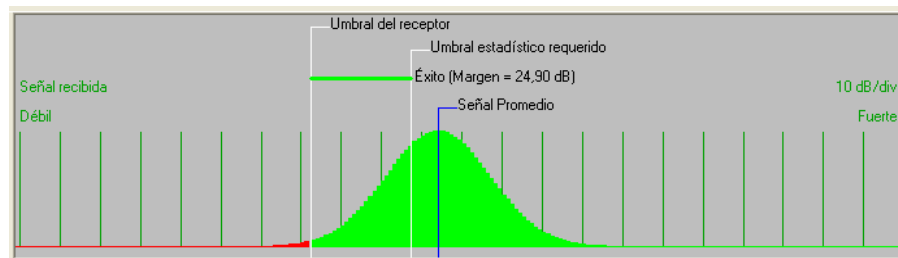


Figura 50. Gráfica de estadística para éxito del radio enlace

Fuente: Radio Mobile

### 5.5.1.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los cálculos previos a la simulación así como los resultados obtenidos después de la simulación (características de las antenas Tabla XXI.), los hemos resumido a continuación:

DISTANCIA: 1,0 km (0,6 miles)

FRECUENCIA: 2.4 GHz

PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE: -100dB

PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO: -33.8 dB

POTENCIA DE TRANSMISION: 21 dBm

P.I.R.E.: 0.25W

PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES: 0.5 dB

NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA: -82.1dBm

**Tabla XXI.** Características de las antenas (UT.G. - A.G.)

<b>Antena U.T. Guaranda</b>	<b>Antena Guaranda</b>
Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 40,8° Azimut Norte Magnético: 42,3° Angulo de elevación: 7,8289° Altura S.N.M 2679 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 35' 30.7" S Longitud :79° 0' 4.8" O	Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 220,8° Azimut Norte Magnético: 223,3° Angulo de elevación: -7,8289° Altura S.N.M 2813.2 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 35' 6.8" S Longitud : 78° 59' 44.2" O

**Fuente:** Tabla XX, Radio Mobile.

- La región de libramiento de la primera zona de Fresnel se encuentra a 2.07 m.
- La altura mínima de las antenas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel es de 2785.810 m
- Variación de altitud del terreno 129,1 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 8,3F1
- Espacio Libre = 99,9 dB, Obstrucción = 0,7 dB, Urbano = 1,9 dB, Bosque = 0,0 dB, Estadísticas = 6,7 dB
- Ganancia del sistema de U.T. Guaranda a Antena Guaranda es de 134,0 dB
- Ganancia del sistema de Antena Guaranda a U.T. Guaranda es de 134,0 dB

- Peor recepción es 24.9 dB sobre la señal requerida a encontrar 70,000% de situaciones

### 5.5.2. Antena Guaranda y Antena Chimbo

Utilizando el programa radio Mobile se simulo el enlace punto a punto entre la Antena Guaranda y la Antena Chimbo, este se muestra en la Figura 51, además las Figuras 52 y 53, muestran graficas correspondientes al umbral del receptor, y las estadísticas de éxito para este radio enlace.

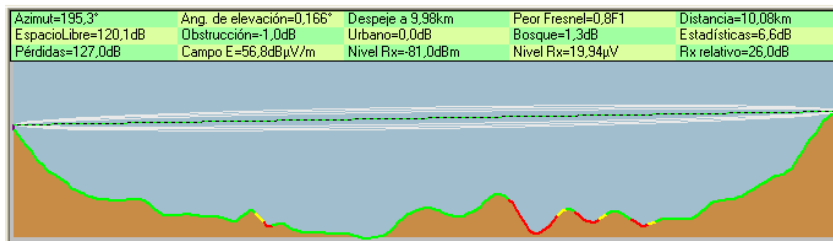


Figura 51. Enlace punto a punto entre la Antena Guaranda y la Antena Chimbo

Fuente: Radio Mobile

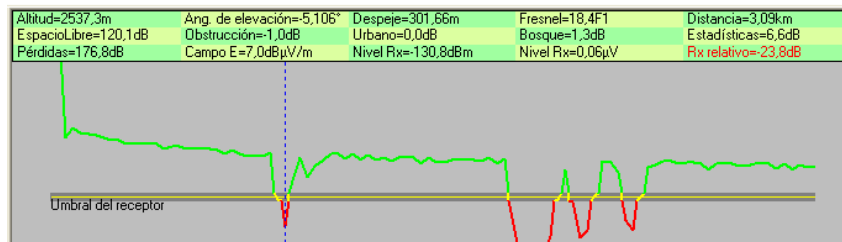
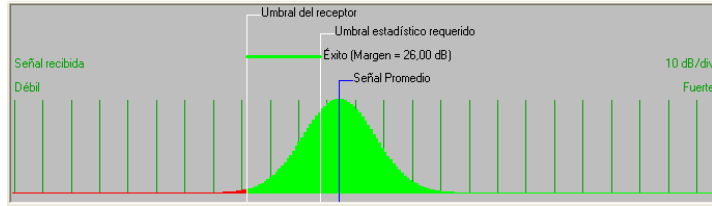


Figura 52. Gráfica de estadística para el umbral del receptor

Fuente: Radio Mobile



**Figura 53.** Gráfica de estadística para éxito del radio enlace

**Fuente:** Radio Mobile

### 5.5.2.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los cálculos previos a la simulación así como los resultados obtenidos después de la simulación (características de las antenas Tabla XXII.), los hemos resumido a continuación:

DISTANCIA: 10.1 km (6.3 miles)

FRECUENCIA: 2.4 GHz

PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE: -120dB

PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO: -2.57 dB

POTENCIA DE TRANSMISION: 32 dBm

P.I.R.E.: 7.94W

PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES: 0.5 dB

NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA: -81 dBm

**Tabla XXII.** Características de las antenas (A.G. – A.C.)

<b>Antena Guaranda</b>	<b>Antena Chimbo</b>
Ganancia: 12 dBi min.	Ganancia: 12 dBi min.
Azimut Norte verdadero: 195.3°	Azimut Norte verdadero: 15.3°
Azimut Norte Magnético: 196.8°	Azimut Norte Magnético: 16.8°
Angulo de elevación: 0.1663°	Angulo de elevación: -0.2571°
Altura S.N.M 2813.2 m	Altura S.N.M 2852.4 m

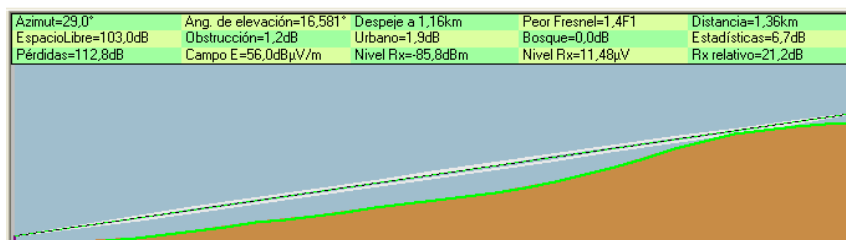
Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 35' 6.8" S Longitud :79° 59' 44.2" O	Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 40' 21.8" S Longitud : 79° 1' 10.6" O
---	--

**Fuente:** Tabla XX, Radio Mobile.

- La región de libramiento de la primera zona de Fresnel se encuentra a 2.46 m.
- La altura mínima de las antenas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel es de 2865.811 m.
- Variación de altitud del terreno 363 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 0.8F1
- Espacio Libre = 120.1 dB, Obstrucción = -1 dB, Urbano = 0 dB, Bosque = 1.3 dB, Estadísticas = 6.6 dB
- Ganancia del sistema de Antena Guaranda a Antena Chimbo es de 153.0 dB
- Ganancia del sistema de Antena Chimbo a Antena Guaranda es de 153.0 dB
- Peor recepción es 26.0 dB sobre la señal requerida a encontrar 70,000% de situaciones

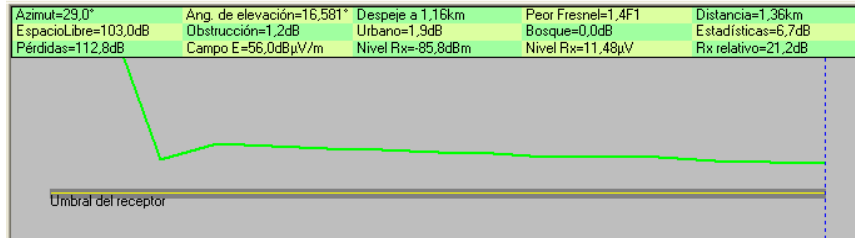
### 5.5.3. U.T. Chimbo y Antena Chimbo

Utilizando el programa radio Mobile se simulo el enlace punto a punto entre la U.T. Chimbo y la Antena Chimbo, este se muestra en la Figura 54, además las Figuras 55 y 56, muestran graficas correspondientes al umbral del receptor, y las estadísticas de éxito para este radio enlace.



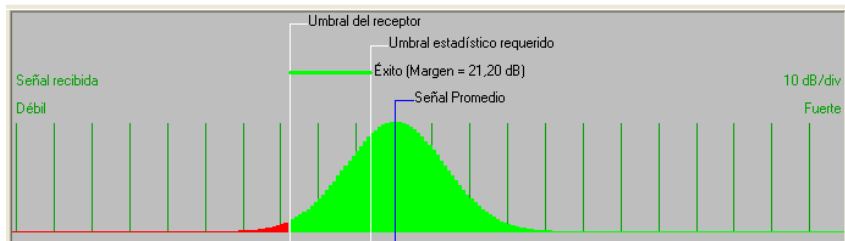
**Figura 54.** Enlace punto a punto entre la U.T. Chimbo y la Antena Chimbo

**Fuente:** Radio Mobile



**Figura 55.** Gráfica de estadística para el umbral del receptor

**Fuente:** Radio Mobile



**Figura 56.** Gráfica de estadística para éxito del radio enlace

**Fuente:** Radio Mobile

### 5.5.3.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los cálculos previos a la simulación así como los resultados obtenidos después de la simulación (características de las antenas Tabla XXIII.), los hemos resumido a continuación:

DISTANCIA: 1.4 km (0.8 miles)

FRECUENCIA: 2.4 GHz



PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE: -103dB

PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO: -29.49dB

POTENCIA DE TRANSMISION: 21 dBm

P.I.R.E.: 0.25W

PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES: 0.5 dB

NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA: -85.3 dBm

**Tabla XXIII.** Características de las antenas (A.U.T.C. – A.C.)

<b>Antena U.T. Chimbo</b>	<b>Antena Chimbo</b>
Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 29° Azimut Norte Magnético: 30.5° Angulo de elevación: 16.58° Altura S.N.M 2457 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 41' 0.3" S Longitud :79° 1' 31.9" O	Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 209° Azimut Norte Magnético: 210.5° Angulo de elevación: -16.59° Altura S.N.M 2852.4 m Altura S.T. 25 m Latitud: 1° 40' 21.8" S Longitud : 79° 1' 10.6" O

**Fuente:** Tabla XX, Radio Mobile.

- La región de libramiento de la primera zona de Fresnel se encuentra a 2.95 m.
- La altura mínima de las antenas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel es de 2814.924 m
- Variación de altitud del terreno 396.7 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 1.4F1
- Espacio Libre = 103 dB, Obstrucción = 1.2 dB, Urbano = 1.9 dB, Bosque = 0.0 dB, Estadísticas = 6.7 dB
- Ganancia del sistema de U.T. Chimbo a Antena Chimbo es de 134.0 dB
- Ganancia del sistema de Antena Chimbo a U.T. Chimbo es de 134.0 dB

- Peor recepción es 21.7 dB sobre la señal requerida a encontrar 70,000% de situaciones

#### 5.5.4. Antena Chimbo y Antena San Miguel

Utilizando el programa radio Mobile se simulo el enlace punto a punto entre la Antena Chimbo y la Antena San Miguel, este se muestra en la Figura 57, además las Figuras 58 y 59, muestran graficas correspondientes al umbral del receptor, y las estadísticas de éxito para este radio enlace

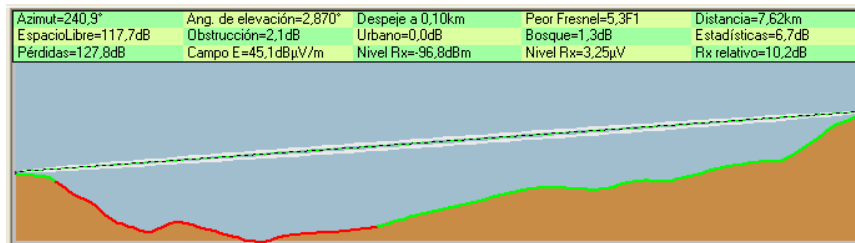


Figura 57. Enlace punto a punto entre la Antena Chimbo y la Antena San Miguel

Fuente: Radio Mobile

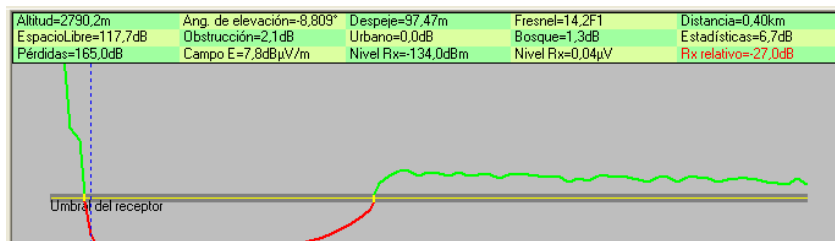
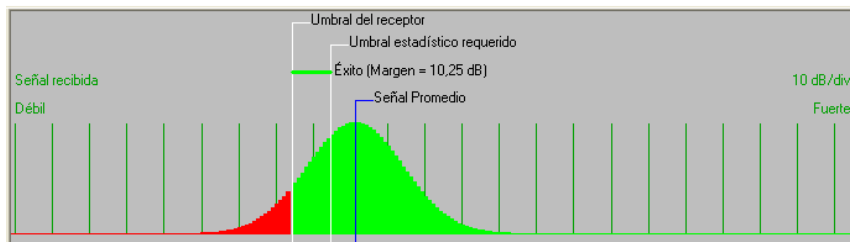


Figura 58. Gráfica de estadística para el umbral del receptor

Fuente: Radio Mobile



**Figura 59.** Gráfica de estadística para éxito del radio enlace

**Fuente:** Radio Mobile

#### 5.5.4.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los cálculos previos a la simulación así como los resultados obtenidos después de la simulación (características de las antenas Tabla XXIV.), los hemos resumido a continuación:

DISTANCIA: 7.6 km (4.7 miles)

FRECUENCIA: 2.4 GHz

PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE: -118dB

PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO: -7.016dB

POTENCIA DE TRANSMISION: 25 dBm

P.I.R.E.: 0.63 W

PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES: 0.5 dB

NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA: -95.4 dBm

**Tabla XXIV.** Características de las antenas (A.C. – A.SM.)

Antena Chimbo	Antena San Miguel
---------------	-------------------

Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 240.9° Azimut Norte Magnético: 242.3° Angulo de elevación: 2.87° Altura S.N.M 2852.4 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 40' 21.8" S Longitud :79° 1' 10.6" O	Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 60.9° Azimut Norte Magnético: 62.3° Angulo de elevación: -2.94° Altura S.N.M 3240.8 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 42' 22.1" S Longitud : 79° 4' 46.4" O
--	--

**Fuente:** Tabla XX, Radio Mobile.

- La región de libramiento de la primera zona de Fresnel se encuentra a 10.47 m.
- La altura mínima de las antenas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel es de 2784.79 m
- Variación de altitud del terreno 818.7 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 5.3F1
- Espacio Libre = 117.7 dB, Obstrucción = 2.1 dB, Urbano = 0 dB, Bosque = 1.3 dB, Estadísticas = 6.7 dB
- Ganancia del sistema de Antena Chimbo a Antena San Miguel es de 138.0 dB
- Ganancia del sistema de Antena San Miguel a Antena Chimbo es de 138.0 dB
- Peor recepción es 10.2 dB sobre la señal requerida a encontrar 70,000% de situaciones

#### 5.5.5. U.T. San Miguel y Antena San Miguel

Utilizando el programa radio Mobile se simulo el enlace punto a punto entre la U.T. San Miguel y la Antena San Miguel, este se muestra en la Figura 60, además las Figuras 61 y 62, muestran graficas correspondientes al umbral del receptor, y las estadísticas de éxito para este radio enlace.

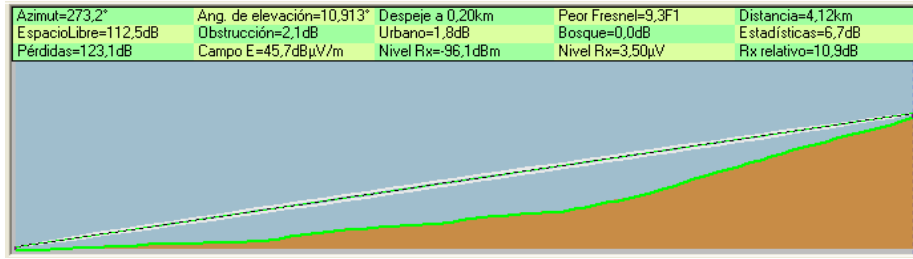


Figura 60. Enlace punto a punto entre la U.T. San Miguel y la Antena San Miguel

Fuente: Radio Mobile

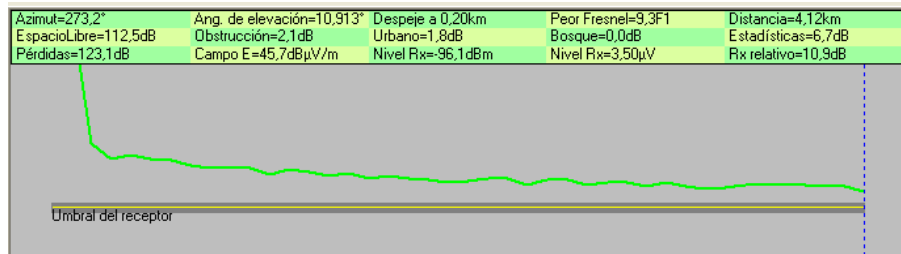


Figura 61. Gráfica de estadística para el umbral del receptor

Fuente: Radio Mobile

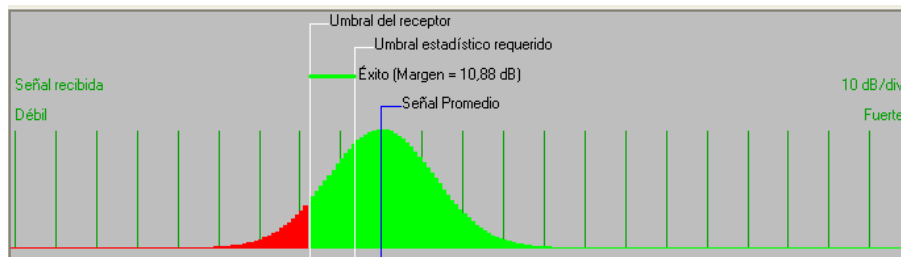


Figura 62. Gráfica de estadística para éxito del radio enlace

Fuente: Radio Mobile

### 5.5.5.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los cálculos previos a la simulación así como los resultados obtenidos después de la simulación (características de las antenas Tabla XXV.), los hemos resumido a continuación:

DISTANCIA: 4.1 km (2.6 miles)

FRECUENCIA: 2.4 GHz

PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE: -112 dB

PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO: -15.4 dB

POTENCIA DE TRANSMISION: 21 dBm

P.I.R.E.: 0.25 W

PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES: 0.5 dB

NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA: -96.1 dBm

**Tabla XXV.** Características de las antenas (A.UT.SM. – A.SM.)

<b>Antena U.T. San Miguel</b>	<b>Antena San Miguel</b>
Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 273.2° Azimut Norte Magnético: 274.7° Angulo de elevación: 10.91° Altura S.N.M 2852.4 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 42' 29.6" S Longitud :79° 2' 33.1" O	Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 93.2° Azimut Norte Magnético: 94.7° Angulo de elevación: -10.95° Altura S.N.M 3240.8 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 42' 22.1" S Longitud : 79° 4' 46.4" O

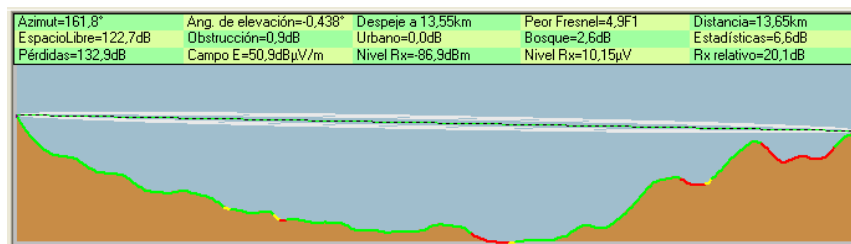
**Fuente:** Tabla XX, Radio Mobile.

- La región de libramiento de la primera zona de Fresnel se encuentra a 4.31 m.

- La altura mínima de las antenas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel es de 3137.02 m
- Variación de altitud del terreno 789.2 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 9.3F1
- Espacio Libre = 112.5 dB, Obstrucción = 2.1 dB, Urbano = 1.8 dB, Bosque = 0 dB, Estadísticas = 6.7 dB
- Ganancia del sistema de U.T. San Miguel a Antena San Miguel es de 134.0 dB
- Ganancia del sistema de Antena San Miguel a U.T. San Miguel es de 134.0 dB
- Peor recepción es 10.9 dB sobre la señal requerida a encontrar 70,000% de situaciones

#### 5.5.6. Antena San Miguel y Repetidora SM-Ch

Utilizando el programa radio Mobile se simulo el enlace punto a punto entre la Antena San Miguel y la Repetidora SM-Ch, este se muestra en la Figura 63, además las Figuras 64 y 65, muestran graficas correspondientes al umbral del receptor, y las estadísticas de éxito para este radio enlace.



**Figura 63.** Enlace punto a punto entre la Antena San Miguel y la Repetidora SM-Ch

**Fuente:** Radio Mobile

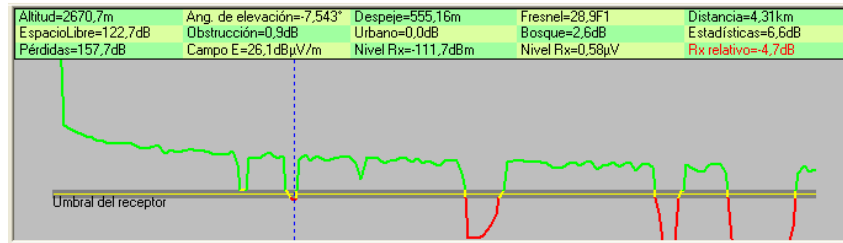


Figura 64. Gráfica de estadística para el umbral del receptor

Fuente: Radio Mobile

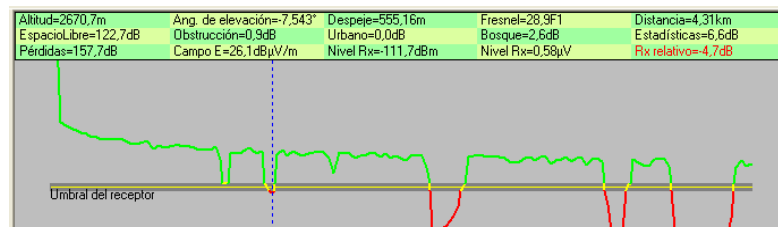


Figura 65. Gráfica de estadística para éxito del radio enlace

Fuente: Radio Mobile

### 5.5.6.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los cálculos previos a la simulación así como los resultados obtenidos después de la simulación (características de las antenas Tabla XXVI.), los hemos resumido a continuación:

DISTANCIA: 13.6 km (8.5 miles)

FRECUENCIA: 2.4 GHz

PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE: -123 dB

PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO: 0.57 dB

POTENCIA DE TRANSMISION: 32 dBm

P.I.R.E.: 7.94 W



PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES: 0.5 dB

NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA: -86.9 dBm

**Tabla XXVI.** Características de las antenas (A.SM. – A.R.SM.CH.)

<b>Antena San Miguel</b>	<b>Antena Repetidora SM-Ch</b>
Ganancia: 12 dBi min. Azimut Norte verdadero: 161.8° Azimut Norte Magnético: 163.2° Angulo de elevación: -0.438° Altura S.N.M 3240.8 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 42' 22.1" S Longitud :79° 4' 46.4" O	Ganancia: 12 dBi min. Azimut Norte verdadero: 341.8° Azimut Norte Magnético: 343.2° Angulo de elevación: 0.32° Altura S.N.M 3153.6 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 49' 22" S Longitud : 79° 2' 28" O

**Fuente:** Tabla XX, Radio Mobile.

- La región de libramiento de la primera zona de Fresnel se encuentra a 9.48 m.
- La altura mínima de las antenas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel es de 3132.85 m
- Variación de altitud del terreno 681.6 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 4.9F1
- Espacio Libre = 122.7 dB, Obstrucción = 0.9 dB, Urbano = 0 dB, Bosque = 2.6 dB, Estadísticas = 6.6 dB
- Ganancia del sistema de Antena San Miguel a Repetidora SM-Ch es de 153.0 dB
- Ganancia del sistema de Repetidora SM-Ch a Antena San Miguel es de 153.0 dB
- Peor recepción es 20.1 dB sobre la señal requerida a encontrar 70,000% de situaciones

### 5.5.7. Repetidora SM-Ch y Antena Chillanes

Utilizando el programa radio Mobile se simulo el enlace punto a punto entre la Repetidora SM-Ch y la Antena Chillanes, este se muestra en la Figura 66, además las Figuras 67 y 68, muestran graficas correspondientes al umbral del receptor, y las estadísticas de éxito para este radio enlace.

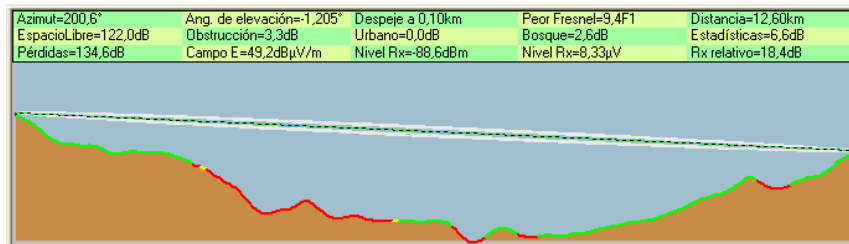


Figura 66. Enlace punto a punto entre la Repetidora SM-Ch y la Antena Chillanes

Fuente: Radio Mobile

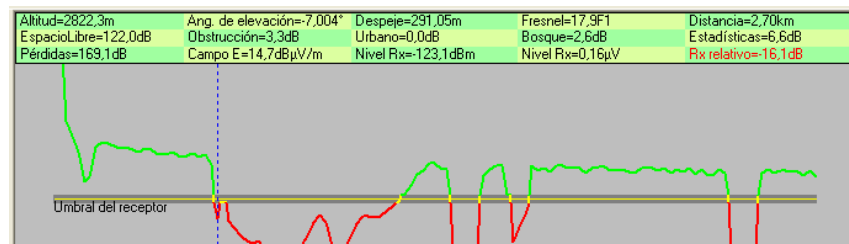


Figura 67. Gráfica de estadística para el umbral del receptor

Fuente: Radio Mobile

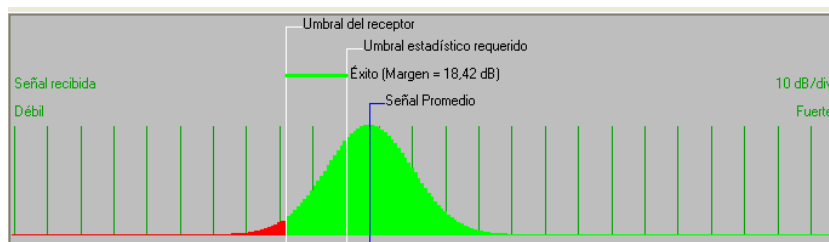


Figura 68. Gráfica de estadística para éxito del radio enlace

Fuente: Radio Mobile

### 5.5.7.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los cálculos previos a la simulación así como los resultados obtenidos después de la simulación (características de las antenas Tabla XXVII.), los hemos resumido a continuación:

DISTANCIA: 12.6 km (7.8 miles)

FRECUENCIA: 2.4 GHz

PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE: -122 dB

PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO: -0.17 dB

POTENCIA DE TRANSMISION: 32 dBm

P.I.R.E.: 7.94 W

PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES: 0.5 dB

NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA: -88.6 dBm

**Tabla XXVII.** Características de las antenas (A.R.SM.CH. – A.CH.)

<b>Antena Repetidora SM-Ch</b>	<b>Antena Chillanes</b>
Ganancia: 12 dBi min.	Ganancia: 12 dBi min.
Azimet Norte verdadero: 200.6°	Azimet Norte verdadero: 20.6°
Azimet Norte Magnético: 202.0°	Azimet Norte Magnético: 22°
Angulo de elevación: -1.20°	Angulo de elevación: 1.09°
Altura S.N.M 3153.6 m	Altura S.N.M 2903.1 m
Altura S.T. 15 m	Altura S.T. 15 m
Latitud: 1° 49' 22" S	Latitud: 1° 55' 44.2" S
Longitud :79° 2' 28" O	Longitud : 79° 4' 51.5" O

**Fuente:** Tabla XX, Radio Mobile.

- La región de libramiento de la primera zona de Fresnel se encuentra a 8.00 m.

- La altura mínima de las antenas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel es de 2969.04 m
- Variación de altitud del terreno 828.3m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 9.4F1
- Espacio Libre = 122 dB, Obstrucción = 3.3 dB, Urbano = 0 dB, Bosque = 2.6 dB, Estadísticas = 6.6 dB
- Ganancia del sistema de Repetidora SM-Ch a Antena Chillanes es de 153.0 dB
- Ganancia del sistema de Antena Chillanes a Repetidora SM-Ch es de 153.0 dB
- Peor recepción es 18.4 dB sobre la señal requerida a encontrar 70,000% de situaciones

### 5.5.8. U.T. Chillanes y Antena Chillanes

Utilizando el programa radio Mobile se simulo el enlace punto a punto entre la U.T. Chillanes y la Antena Chillanes, este se muestra en la Figura 69, además las Figuras 70 y 71, muestran graficas correspondientes al umbral del receptor, y las estadísticas de éxito para este radio enlace.

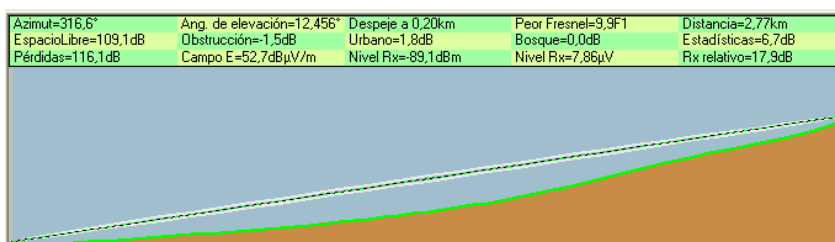


Figura 69. Enlace punto a punto entre la U.T. Chillanes y la Antena Chillanes

Fuente: Radio Mobile

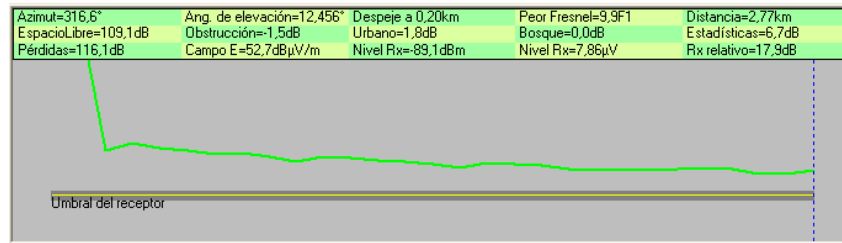


Figura 70. Gráfica de estadística para el umbral del receptor

Fuente: Radio Mobile

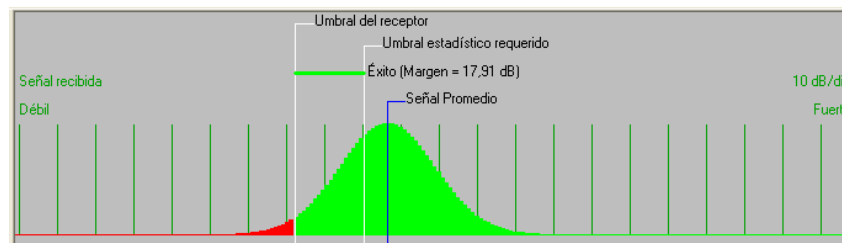


Figura 71. Gráfica de estadística para éxito del radio enlace

Fuente: Radio Mobile

### 5.5.8.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los cálculos previos a la simulación así como los resultados obtenidos después de la simulación (características de las antenas Tabla XXVIII.), los hemos resumido a continuación:

DISTANCIA: 2.8 km (1.7 miles)

FRECUENCIA: 2.4 GHz

PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE: -109 dB

PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO: -20.2 dB

POTENCIA DE TRANSMISION: 21 dBm

P.I.R.E.: 0.25 W

PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES: 0.5 dB

NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA: -89.1 dBm

**Tabla XXVIII.** Características de las antenas (A.UT.CH. – A.CH.)

<b>Antena U.T. Chillanes</b>	<b>Antena Chillanes</b>
Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 316.6° Azimut Norte Magnético: 318° Angulo de elevación: 12.46° Altura S.N.M 2289.4 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 56' 49.4" S Longitud :79° 3' 39.7" O	Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 136.6° Azimut Norte Magnético: 137.9° Angulo de elevación: -12.48° Altura S.N.M 2903.1 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 55' 44.2" S Longitud : 79° 4' 51.5" O

**Fuente:** Tabla XX, Radio Mobile.

- La región de libramiento de la primera zona de Fresnel se encuentra a 4.63 m.
- La altura mínima de las antenas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel es de 2760.55 m.
- Variación de altitud del terreno 602.3m.
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 9.9F1.
- Espacio Libre = 109.1 dB, Obstrucción = -1.5 dB, Urbano = 1.8 dB, Bosque = 0 dB, Estadísticas = 6.7 dB.
- Ganancia del sistema de U.T. Chillanes a Antena Chillanes es de 134.0 dB.
- Ganancia del sistema de Antena Chillanes a U.T. Chillanes es de 134.0 dB.
- Peor recepción es 17.9 dB sobre la señal requerida a encontrar 70,000% de situaciones.

### 5.5.9. U.T. Las Naves y Antena Las Naves

Utilizando el programa radio Mobile se simulo el enlace punto a punto entre la U.T. Las Naves y la Antena Las Naves, este se muestra en la Figura 72, además las Figuras 73 y 74, muestran graficas correspondientes al umbral del receptor, y las estadísticas de éxito para este radio enlace.

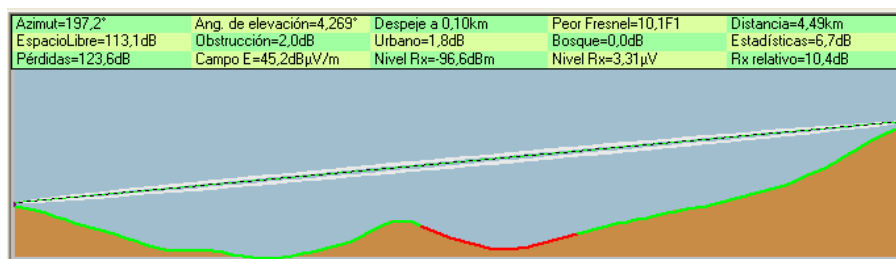


Figura 72. Enlace punto a punto entre la U.T. Las Naves y la Antena Las Naves

Fuente: Radio Mobile

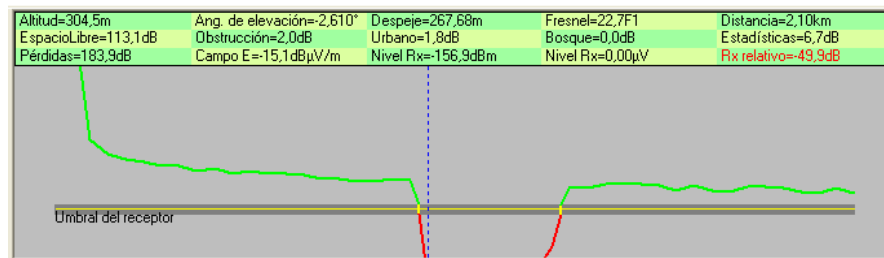
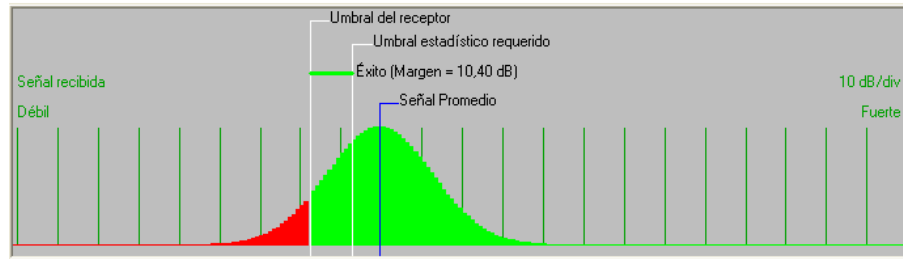


Figura 73. Gráfica de estadística para el umbral del receptor

Fuente: Radio Mobile



**Figura 74.** Gráfica de estadística para éxito del radio enlace

**Fuente:** Radio Mobile

#### 5.5.9.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los cálculos previos a la simulación así como los resultados obtenidos después de la simulación (características de las antenas Tabla XXIX.), los hemos resumido a continuación:

DISTANCIA: 4.5 km (2.8 miles)

FRECUENCIA: 2.4 GHz

PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE: -113 dB

PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO: -7.9 dB

POTENCIA DE TRANSMISION: 21 dBm

P.I.R.E.: 0.25 W

PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES: 0.5 dB

NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA: -96.1 dBm

**Tabla XXIX.** Características de las antenas (A.UT.LN. – A.LN.)

Antena U.T. Las Naves	Antena Las naves
-----------------------	------------------



Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 197.2° Azimut Norte Magnético: 198.5° Angulo de elevación: 4.27° Altura S.N.M 399.7 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 17' 5" S Longitud :79° 18' 2" O	Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 172.2° Azimut Norte Magnético: 18.5° Angulo de elevación: -4.31° Altura S.N.M 737.8 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 19' 24" S Longitud : 79° 18' 45" O
--	---

**Fuente:** Tabla XX, Radio Mobile.

- La región de libramiento de la primera zona de Fresnel se encuentra a 8.21 m.
- La altura mínima de las antenas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel es de 349.72 m
- Variación de altitud del terreno 553.2m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 10.1F1
- Espacio Libre = 113.1 dB, Obstrucción = 2.0 dB, Urbano = 1.8 dB, Bosque = 0.0 dB, Estadísticas = 6.7 dB
- Ganancia del sistema de U.T. Las Naves a Antena Las Naves es de 134.0 dB
- Ganancia del sistema de Antena Las Naves a U.T. Las Naves es de 134.0 dB
- Peor recepción es 10.4 dB sobre la señal requerida a encontrar 70,000% de situaciones

#### 5.5.10. Antena Las Naves y Repetidora LN-E

Utilizando el programa radio Mobile se simulo el enlace punto a punto entre la Antena Las Naves y la Repetidora LN-E, este se muestra en la Figura 75, además las Figuras 76 y 77, muestran graficas correspondientes al umbral del receptor, y las estadísticas de éxito para este radio enlace.

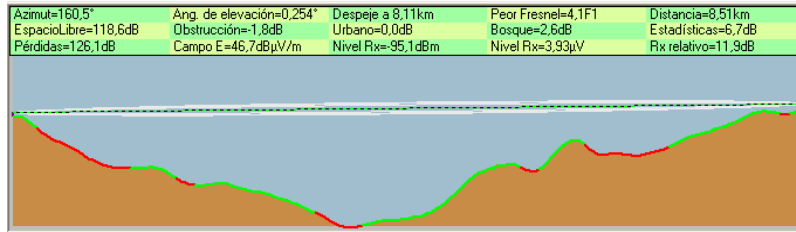


Figura 75. Enlace punto a punto entre la Antena Las Naves y la Repetidora LN-E

Fuente: Radio Mobile

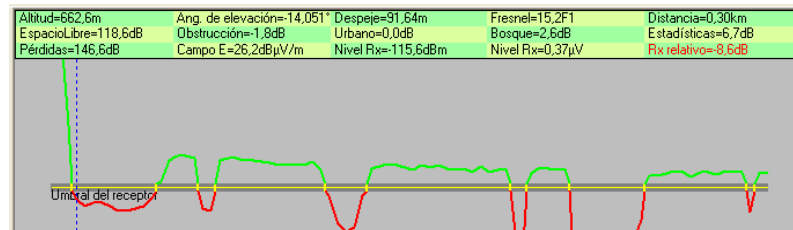


Figura 76. Gráfica de estadística para el umbral del receptor

Fuente: Radio Mobile

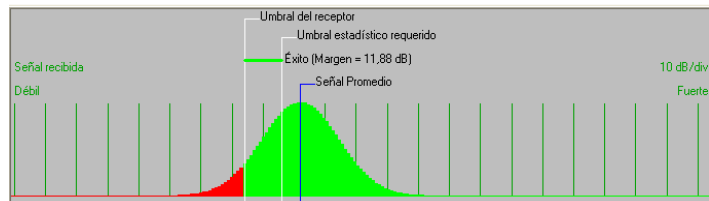


Figura 77. Gráfica de estadística para éxito del radio enlace

Fuente: Radio Mobile

### 5.5.10.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los cálculos previos a la simulación así como los resultados obtenidos después de la simulación (características de las antenas Tabla XXX.), los hemos resumido a continuación:

DISTANCIA: 8.5 km (5.3 miles)

FRECUENCIA: 2.4 GHz

PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE: -119 dB

PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO: 0.44 dB

POTENCIA DE TRANSMISION: 25 dBm

P.I.R.E.: 0.63 W

PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES: 0.5 dB

NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA: -95.1 dBm

**Tabla XXX.** Características de las antenas (A.LN. – A.R.LN.E.)

<b>Antena Las Naves</b>	<b>Antena Repetidora LN-E</b>
Ganancia: 8 dBi min.	Ganancia: 8 dBi min.
Azimut Norte verdadero: 160.5°	Azimut Norte verdadero: 340.5°
Azimut Norte Magnético: 161.9°	Azimut Norte Magnético: 341.9°
Angulo de elevación: 0.25°	Angulo de elevación: -0.33°
Altura S.N.M 737.8 m	Altura S.N.M 782.6 m
Altura S.T. 15 m	Altura S.T. 15 m
Latitud: 1° 19' 24" S	Latitud: 1° 23' 44" S
Longitud :79° 18' 42" O	Longitud : 79° 17' 13" O

**Fuente:** Tabla XX, Radio Mobile.

- La región de libramiento de la primera zona de Fresnel se encuentra a 4.89 m.
- La altura mínima de las antenas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel es de 772.85 m
- Variación de altitud del terreno 574.2m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 4.1F1

- Espacio Libre = 118.6 dB, Obstrucción = -1.8 dB, Urbano = 0 dB, Bosque = 2.6 dB, Estadísticas = 6.7 dB
- Ganancia del sistema de Antena Las Naves a Repetidora LN-E es de 138.0 dB
- Ganancia del sistema de Repetidora LN-E a Antena Las Naves es de 138.0 dB
- Peor recepción es 11.9 dB sobre la señal requerida a encontrar 70,000% de situaciones

### 5.5.11. Repetidora LN-E y Antena Echeandia

Utilizando el programa radio Mobile se simulo el enlace punto a punto entre la Repetidora LN-E y la Antena Echeandia, este se muestra en la Figura 78, además las Figuras 79 y 80, muestran graficas correspondientes al umbral del receptor, y las estadísticas de éxito para este radio enlace.

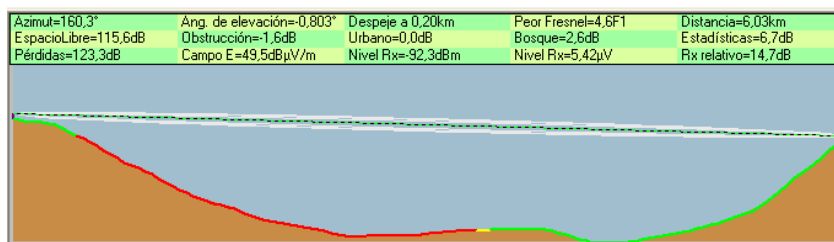


Figura 78. Enlace punto a punto entre la Repetidora LN-E y la Antena Echeandia

Fuente: Radio Mobile

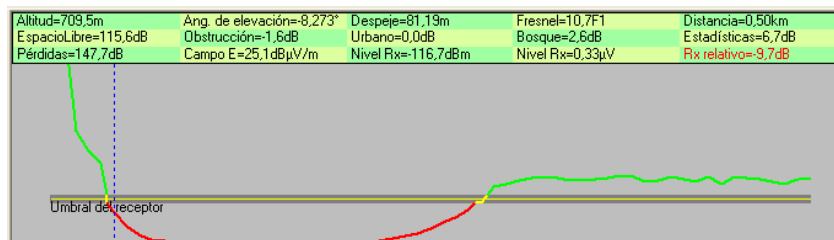
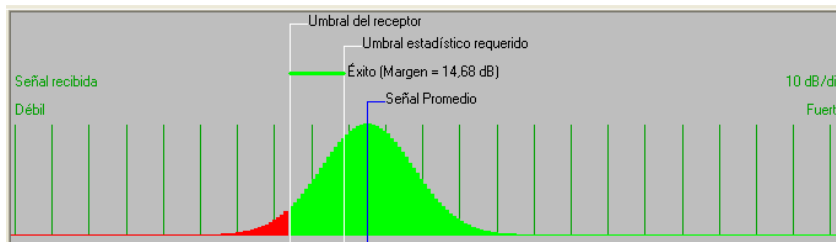


Figura 79. Gráfica de estadística para el umbral del receptor

Fuente: Radio Mobile



**Figura 80.** Gráfica de estadística para éxito del radio enlace

**Fuente:** Radio Mobile

### 5.5.11.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los cálculos previos a la simulación así como los resultados obtenidos después de la simulación (características de las antenas Tabla XXXI.), los hemos resumido a continuación:

DISTANCIA: 6.0 km (3.7 miles)

FRECUENCIA: 2.4 GHz

PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE: -116 dB

PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO: -4.044 dB

POTENCIA DE TRANSMISION: 25 dBm

P.I.R.E.: 0.63 W

PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES: 0.5 dB

NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA: -92.3 dBm

**Tabla XXXI.** Características de las antenas (A.R.LN.E. – A.E.)

<b>Antena Repetidora LN-E</b>	<b>Antena Echeandía</b>
-------------------------------	-------------------------

Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 160.3° Azimut Norte Magnético: 161.6° Angulo de elevación: -0.803° Altura S.N.M 782.6 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 23' 44" S Longitud :79° 17' 13" O	Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 340.3° Azimut Norte Magnético: 341.6° Angulo de elevación: 0.75° Altura S.N.M 701.7 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 26' 48" S Longitud : 79° 16' 7" O
--	--

**Fuente:** Tabla XX, Radio Mobile.

- La región de libramiento de la primera zona de Fresnel se encuentra a 4.18 m.
- La altura mínima de las antenas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel es de 774.143 m
- Variación de altitud del terreno 457.0m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 4.6F1
- Espacio Libre = 115.6 dB, Obstrucción = -1.6 dB, Urbano = 0.0 dB, Bosque = 2.6 dB, Estadísticas = 6.7 dB
- Ganancia del sistema de Repetidora LN-E a Antena Echenadia es de 138.0 dB
- Ganancia del sistema de Antena Echenadia a Repetidora LN-E es de 138.0 dB
- Peor recepción es 14.7 dB sobre la señal requerida a encontrar 70,000% de situaciones

#### 5.5.12. U.T. Echenadia y Antena Echeandia

Utilizando el programa radio Mobile se simulo el enlace punto a punto entre la U.T. Echenadia y la Antena Echeandia, este se muestra en la Figura 81 además las Figuras 82 y 83, muestran graficas correspondientes al umbral del receptor, y las estadísticas de éxito para este radio enlace.

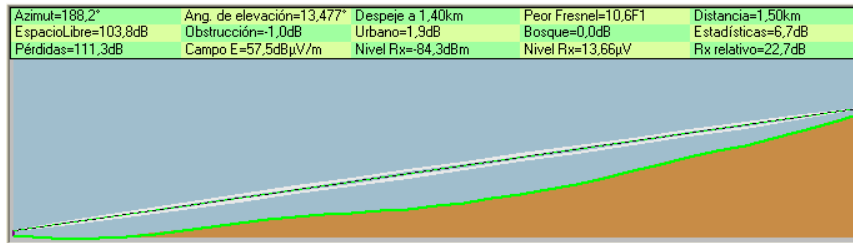


Figura 81. Enlace punto a punto entre la U.T. Echenadia y la Antena Echeandia

Fuente: Radio Mobile

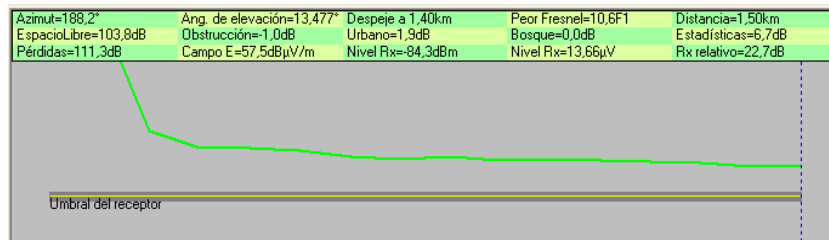


Figura 82. Gráfica de estadística para el umbral del receptor

Fuente: Radio Mobile

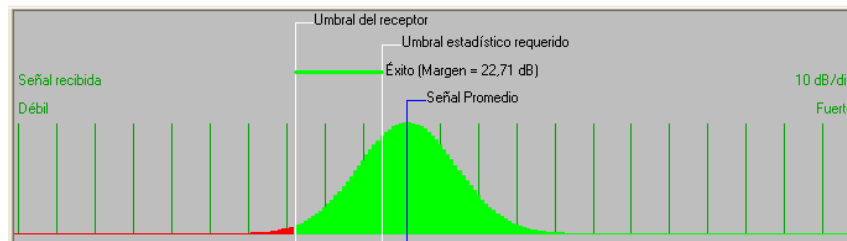


Figura 83. Gráfica de estadística para éxito del radio enlace

Fuente: Radio Mobile

### 5.5.12.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los cálculos previos a la simulación así como los resultados obtenidos después de la simulación (características de las antenas Tabla XXXII.), los hemos resumido a continuación:

DISTANCIA: 1.5 km (0.9 miles)

FRECUENCIA: 2.4 GHz

PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE: -104 dB

PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO: -22.20 dB

POTENCIA DE TRANSMISION: 21 dBm

P.I.R.E.: 0.25 W

PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES: 0.5 dB

NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA: -84.3 dBm

**Tabla XXXII.** Características de las antenas (A.U.T.E. – A.E.)

<b>Antena U.T. Echeandía</b>	<b>Antena Echeandía</b>
Ganancia: 8 dBi min.	Ganancia: 8 dBi min.
Azimut Norte verdadero: 188.2°	Azimut Norte verdadero: 8.2°
Azimut Norte Magnético: 189.5°	Azimut Norte Magnético: 9.5°
Angulo de elevación: 13.48°	Angulo de elevación: -13.49°
Altura S.N.M 341.8 m	Altura S.N.M 701.7 m
Altura S.T. 15 m	Altura S.T. 15 m
Latitud: 1° 26' 0" S	Latitud: 1° 26' 48" S
Longitud :79° 16' 1" O	Longitud : 79° 16' 7" O

**Fuente:** Tabla XX, Radio Mobile.

- La región de libramiento de la primera zona de Fresnel se encuentra a 2.39 m.
- La altura mínima de las antenas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel es de 679.62 m



- Variación de altitud del terreno 368.6 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 10.6F1
- Espacio Libre = 103.8 dB, Obstrucción = -1.0 dB, Urbano = 1.9 dB, Bosque = 0.0 dB, Estadísticas = 6.7 dB
- Ganancia del sistema U.T. Echeandía a Antena Echeandía es de 134.0 dB
- Ganancia del sistema de Antena Echeandía a U.T. Echeandía es de 134.0 dB
- Peor recepción es 22.7 dB sobre la señal requerida a encontrar 70,000% de situaciones

### 5.5.13. Antena Echeandía y Repetidora E-Cal

Utilizando el programa radio Mobile se simulo el enlace punto a punto entre la Antena Echeandia y la Repetidora E-Cal, este se muestra en la Figura 84, además las Figuras 85 y 86, muestran graficas correspondientes al umbral del receptor, y las estadísticas de éxito para este radio enlace.

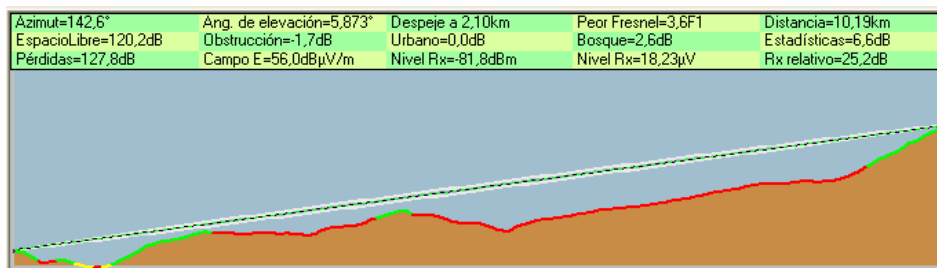
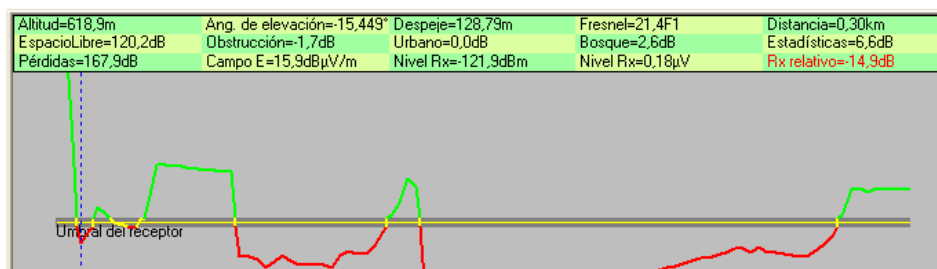


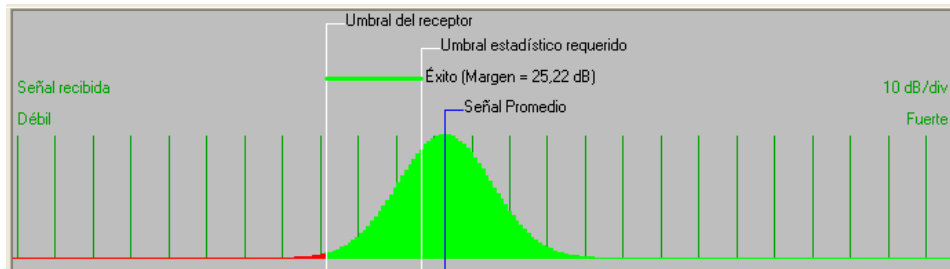
Figura 84. Enlace punto a punto entre la Antena Echeandia y la Repetidora E-Cal

Fuente: Radio Mobile



**Figura 85.** Gráfica de estadística para el umbral del receptor

**Fuente:** Radio Mobile



**Figura 86.** Gráfica de estadística para éxito del radio enlace

**Fuente:** Radio Mobile

### 5.5.13.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los cálculos previos a la simulación así como los resultados obtenidos después de la simulación (características de las antenas Tabla XXXIII.), los hemos resumido a continuación:

DISTANCIA: 10.2 km (6.3 miles)

FRECUENCIA: 2.4 GHz

PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE: -120 dB

PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO: 2.78 dB

POTENCIA DE TRANSMISION: 32 dBm

P.I.R.E.: 7.94 W

PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES: 0.5 dB

NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA: -81.8 dBm

**Tabla XXXIII.** Características de las antenas (A.E. – A.R.E.CAL.)

<b>Antena Echeandía</b>	<b>Antena Repetidora E-cal</b>
Ganancia: 12 dBi min. Azimut Norte verdadero: 142.6° Azimut Norte Magnético: 144.0° Angulo de elevación: 5.87° Altura S.N.M 701.7 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 26' 48" S Longitud :79° 16' 7" O	Ganancia: 12 dBi min. Azimut Norte verdadero: 322.6° Azimut Norte Magnético: 324.0° Angulo de elevación: -5.96° Altura S.N.M 1761.2 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 31' 10.2" S Longitud : 79° 12' 46.5" O

**Fuente:** Tabla XX, Radio Mobile.

- La región de libramiento de la primera zona de Fresnel se encuentra a 9.94 m.
- La altura mínima de las antenas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel es de 1302.44 m
- Variación de altitud del terreno 1182.8 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 3.6F1
- Espacio Libre = 120.2 dB, Obstrucción = -1.7 dB, Urbano = 0.0 dB, Bosque = 2.6 dB, Estadísticas = 6.6 dB
- Ganancia del sistema Antena Echeandía a Repetidora E-Cal es de 153.0 dB
- Ganancia del sistema de Repetidora E-Cal a U.T. Antena Echeandía es de 153.0 dB
- Peor recepción es 25.2 dB sobre la señal requerida a encontrar 70,000% de situaciones

#### 5.5.14. Repetidora E-Cal y Antena Caluma

Utilizando el programa radio Mobile se simulo el enlace punto a punto entre la Repetidora E-Cal y la Antena Caluma, este se muestra en la Figura 87, además las Figuras 88 y 89, muestran graficas correspondientes al umbral del receptor, y las estadísticas de éxito para este radio enlace.

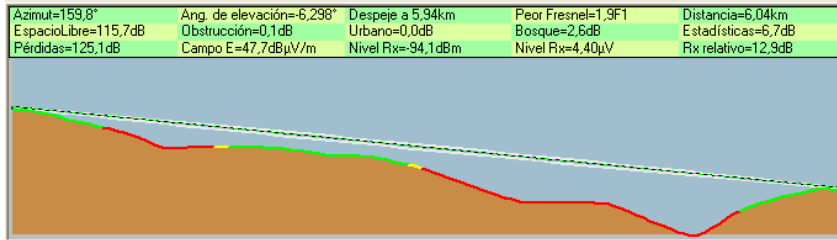


Figura 87. Enlace punto a punto entre la Repetidora E-Cal y la Antena Caluma

Fuente: Radio Mobile

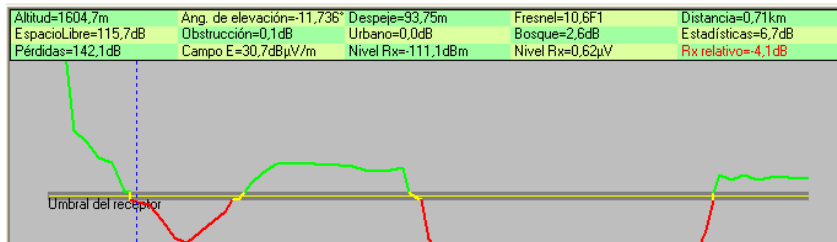


Figura 88. Gráfica de estadística para el umbral del receptor

Fuente: Radio Mobile

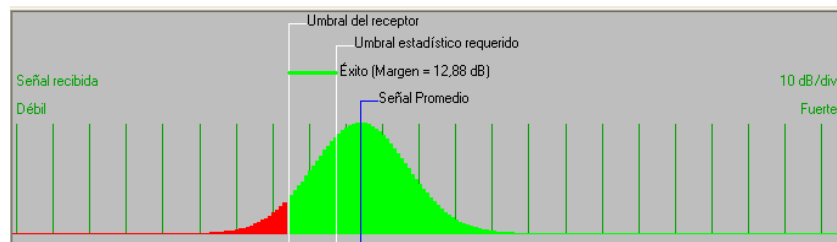


Figura 89. Gráfica de estadística para éxito del radio enlace

**Fuente:** Radio Mobile

### 5.5.14.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los cálculos previos a la simulación así como los resultados obtenidos después de la simulación (características de las antenas XXXIV.), los hemos resumido a continuación:

DISTANCIA: 6.0 km (3.8 miles)  
FRECUENCIA: 2.4 GHz  
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE: -116 dB  
PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO: -1.01 dB  
POTENCIA DE TRANSMISION: 25 dBm  
P.I.R.E.: 0.63 W  
PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES: 0.5 dB  
NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA: -94.1 dBm

**Tabla XXXIV.** Características de las antenas (A.R.E.CAL. – A.CAL.)

<b>Antena Repetidora E-cal</b>	<b>Antena Caluma</b>
Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 159.8° Azimut Norte Magnético: 161.2° Angulo de elevación: -6.39° Altura S.N.M 701.7 m Altura S.T. 25 m Latitud: 1° 31' 10.2" S Longitud :79° 12' 46.5" O	Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 339.8° Azimut Norte Magnético: 341.2° Angulo de elevación: 6.34° Altura S.N.M 1086.7 m Altura S.T. 25 m Latitud: 1° 34' 14" S Longitud : 79° 11' 39" O

**Fuente:** Tabla XX, Radio Mobile.

- La región de libramiento de la primera zona de Fresnel se encuentra a 4.37 m.

- La altura mínima de las antenas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel es de 1721.19 m
- Variación de altitud del terreno 1030.2 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 1.9F1
- Espacio Libre = 115.7 dB, Obstrucción = 1.2 dB, Urbano = 0.0 dB, Bosque = 2.6 dB, Estadísticas = 6.7 dB
- Ganancia del sistema de Repetidora E-Cal a Antena Caluma es de 138.0 dB
- Ganancia del sistema de Antena Caluma a Repetidora E-Cal es de 138.0 dB
- Peor recepción es 11.8 dB sobre la señal requerida a encontrar 70,000% de situaciones

#### 5.5.15. U.T. Caluma y Antena Caluma

Utilizando el programa radio Mobile se simulo el enlace punto a punto entre la U.T. Caluma y la Antena Caluma, este se muestra en la Figura 90, además las Figuras 91 y 92, muestran graficas correspondientes al umbral del receptor, y las estadísticas de éxito para este radio enlace.

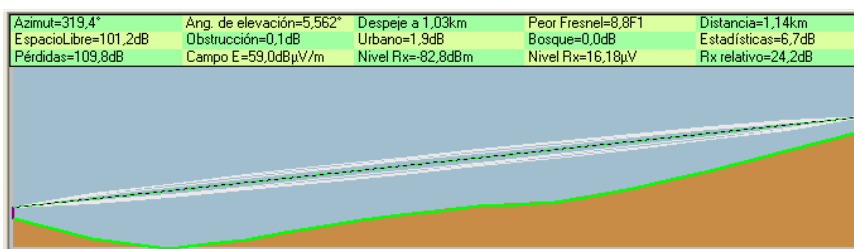
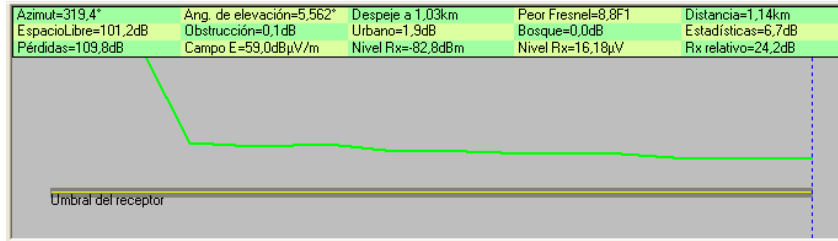


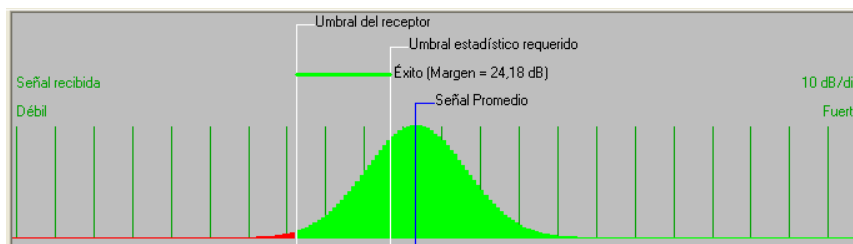
Figura 90. Enlace punto a punto entre la U.T. Caluma y la Antena Caluma

Fuente: Radio Mobile



**Figura 91.** Gráfica de estadística para el umbral del receptor

**Fuente:** Radio Mobile



**Figura 92.** Gráfica de estadística para éxito del radio enlace

**Fuente:** Radio Mobile

### 5.5.15.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los cálculos previos a la simulación así como los resultados obtenidos después de la simulación (características de las antenas Tabla XXXV.), los hemos resumido a continuación:

DISTANCIA: 1.1 km (0.7 miles)

FRECUENCIA: 2.4 GHz

PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE: -101 dB

PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO: -22.76 dB

POTENCIA DE TRANSMISION: 21 dBm

P.I.R.E.: 0.25 W

PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES: 0.5 dB

NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA: -82.8 dBm

**Tabla XXXV.** Características de las antenas (A.UT.CAL. – A.CAL.)

<b>Antena U.T. Caluma</b>	<b>Antena Caluma</b>
Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 139.4° Azimut Norte Magnético: 140.8° Angulo de elevación: -5.57° Altura S.N.M 975.7 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 34' 42" S Longitud :79° 11' 15" O	Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 319.4° Azimut Norte Magnético: 320.8° Angulo de elevación: 5.56° Altura S.N.M 1086.7 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 34' 14" S Longitud : 79° 11' 39" O

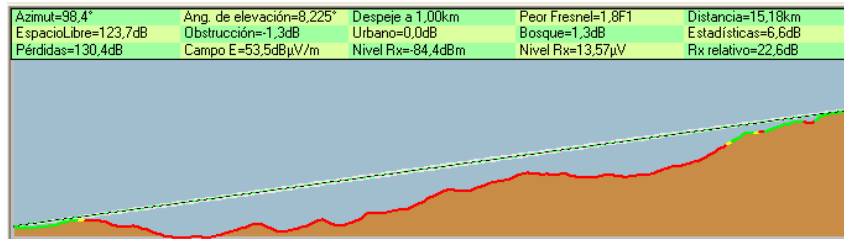
**Fuente:** Tabla XX, Radio Mobile.

- La región de libramiento de la primera zona de Fresnel se encuentra a 1.54 m.
- La altura mínima de las antenas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel es de 1069.24 m
- Variación de altitud del terreno 146.8 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 8.8F1
- Espacio Libre = 101.2 dB, Obstrucción = 0.1 dB, Urbano = 1.9 dB, Bosque = 0.0 dB, Estadísticas = 6.7 dB
- Ganancia del sistema de U.T. Caluma a Antena Caluma es de 134.0 dB
- Ganancia del sistema de Antena Caluma a U.T. Caluma es de 134.0 dB
- Peor recepción es 24.2 dB sobre la señal requerida a encontrar 70,000% de situaciones

#### 5.5.16. Antena Caluma y Repetidora Cal-G

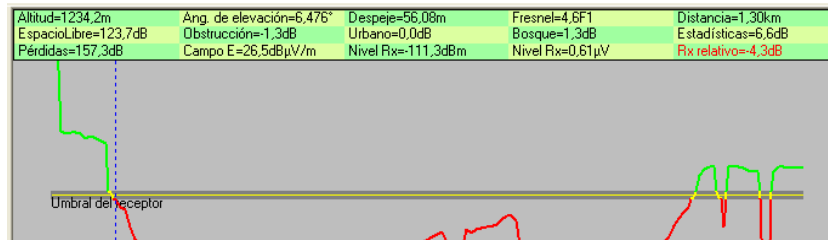


Utilizando el programa radio Mobile se simulo el enlace punto a punto entre la Antena Caluma y la Repetidora Cal-G, este se muestra en la Figura 93, además las Figuras 94 y 95, muestran graficas correspondientes al umbral del receptor, y las estadísticas de éxito para este radio enlace.



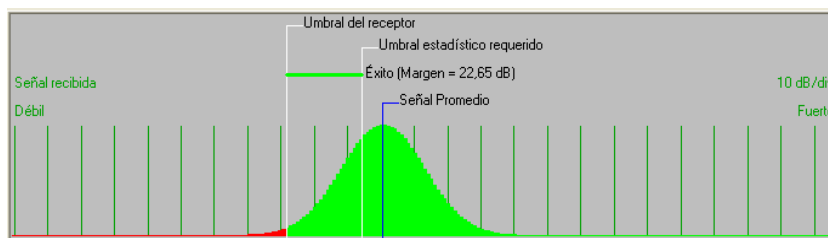
**Figura 93.** Enlace punto a punto entre la Antena Caluma y la Repetidora Cal-G

**Fuente:** Radio Mobile



**Figura 94.** Gráfica de estadística para el umbral del receptor

**Fuente:** Radio Mobile



**Figura 95.** Gráfica de estadística para éxito del radio enlace

**Fuente:** Radio Mobile

### 5.5.16.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los cálculos previos a la simulación así como los resultados obtenidos después de la simulación (características de las antenas Tabla XXXVI.), los hemos resumido a continuación:

DISTANCIA: 15.2 km (9.4 miles)  
FRECUENCIA: 2.4 GHz  
PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE: -124 dB  
PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO: 7.97 dB  
POTENCIA DE TRANSMISION: 32 dBm  
P.I.R.E.: 7.94 W  
PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES: 0.5 dB  
NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA: -84.4 dBm

**Tabla XXXVI.** Características de las antenas (A.CAL. – A.R.CAL.G.)

<b>Antena Caluma</b>	<b>Antena Repetidora Cal-G</b>
Ganancia: 12 dBi min. Azimut Norte verdadero: 98.4° Azimut Norte Magnético: 99.8° Angulo de elevación: 8.23° Altura S.N.M 1086.7 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 34' 14" S Longitud :79° 11' 39" O	Ganancia: 12 dBi min. Azimut Norte verdadero: 278.4° Azimut Norte Magnético: 279.9° Angulo de elevación: -8.36° Altura S.N.M 3304 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 35' 25.8" S Longitud : 79° 3' 32.4" O

**Fuente:** Tabla XX, Radio Mobile.

- La región de libramiento de la primera zona de Fresnel se encuentra a 5.65 m.

- La altura mínima de las antenas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel es de 3222.89 m
- Variación de altitud del terreno 2410 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 1.8F1
- Espacio Libre = 123.7 dB, Obstrucción = -1.3 dB, Urbano = 0.0 dB, Bosque = 1.3 dB, Estadísticas = 6.6 dB
- Ganancia del sistema de Antena Caluma a Repetidora Cal-G es de 153.0 dB
- Ganancia del sistema de Repetidora Cal-G a Antena Caluma es de 153.0 dB
- Peor recepción es 22.6dB sobre la señal requerida a encontrar 70,000% de situaciones

### 5.5.17. Repetidora Cal-G y Antena Guaranda

Utilizando el programa radio Mobile se simulo el enlace punto a punto entre la Repetidora Cal-G y la Antena Guaranda, este se muestra en la Figura 96, además las Figuras 97 y 98, muestran graficas correspondientes al umbral del receptor, y las estadísticas de éxito para este radio enlace.

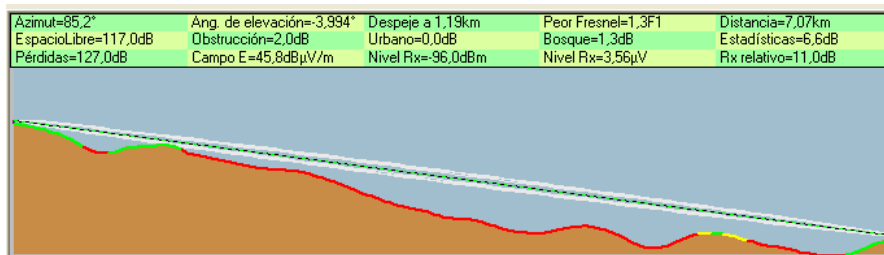


Figura 96. Enlace punto a punto entre la Repetidora Cal-G y la Antena Guaranda

Fuente: Radio Mobile

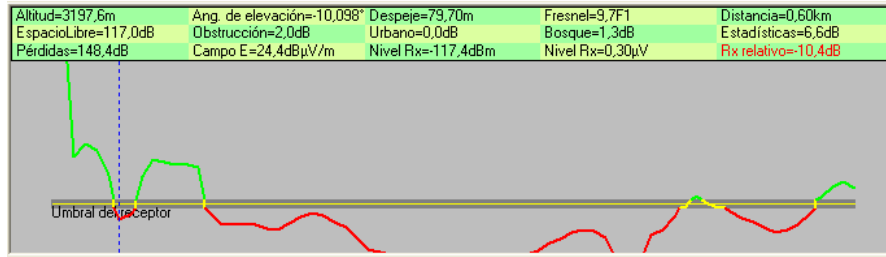


Figura 97. Gráfica de estadística para el umbral del receptor

Fuente: Radio Mobile



Figura 98. Gráfica de estadística para éxito del radio enlace

Fuente: Radio Mobile

### 5.5.17.1. Resultados obtenidos

Los resultados obtenidos en los cálculos previos a la simulación así como los resultados obtenidos después de la simulación (características de las antenas Tabla XXXVII.), los hemos resumido a continuación:

DISTANCIA: 7.1 km (4.4 miles)

FRECUENCIA: 2.4 GHz

PÉRDIDAS EN ESPACIO LIBRE: -117 dB

PÉRDIDAS POR DESVANECIMIENTO: -4.99 dB

POTENCIA DE TRANSMISION: 25 dBm

P.I.R.E.: 0.63 W

PÉRDIDAS EN LOS CONECTORES: 0.5 dB

NIVEL DE SEÑAL RECIBIDA: -96.0 dBm

**Tabla XXXVII.** Características de las antenas (A.R.CAL.G. – A.G.)

<b>Antena Repetidora Cal-G</b>	<b>Antena Guaranda</b>
Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 85.2° Azimut Norte Magnético: 86.7° Angulo de elevación: -3.99° Altura S.N.M 3304 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 35' 25.8" S Longitud :79° 3' 32.4" O	Ganancia: 8 dBi min. Azimut Norte verdadero: 265.2° Azimut Norte Magnético: 266.7° Angulo de elevación: 3.93° Altura S.N.M 2813.2 m Altura S.T. 15 m Latitud: 1° 35' 6.8" S Longitud : 79° 59' 44.2" O

**Fuente:** Tabla XX, Radio Mobile.

- La región de libramiento de la primera zona de Fresnel se encuentra a 7.81 m.
- La altura mínima de las antenas para librar el 60% de la primera zona de Fresnel es de 3231.73 m
- Variación de altitud del terreno 2410 m
- El modo de propagación es línea de vista, mínimo despeje 1.3F1
- Espacio Libre = 117.0 dB, Obstrucción = 2.0 dB, Urbano = 0.0 dB, Bosque = 1.3 dB, Estadísticas = 6.6 dB
- Ganancia del sistema de Repetidora Cal-G a Antena Guaranda es de 138.0 dB
- Ganancia del sistema de Antena Guaranda a Repetidora Cal-G es de 138.0 dB
- Peor recepción es 11.0 dB sobre la señal requerida a encontrar 70,000% de situaciones

Terminadas todas las simulaciones claramente nos damos cuenta que todos los enlaces que forman parte de la red son factibles, en todas las simulaciones claramente se nota que la zona de Fresnel está completamente despejada, la recepción de la señal se da sin ningún tipo de inconveniente, cabe resaltar que para los cálculos y simulaciones se utilizaron valores mínimos, los cuales son susceptibles a cambios futuros del estudio.

#### **5.6. ESQUEMA FINAL**

Simulado y realizado los cálculos correspondientes para cada uno de los enlaces, podemos ya mostrar el esquema final de la red de radioenlaces.

En Figura 99, 100, 101 y 102 podemos mirar el esquema de la red, en 2D, en 3D, generada por el satélite LANDSAT, y generada por el satélite Terraserver respectivamente.

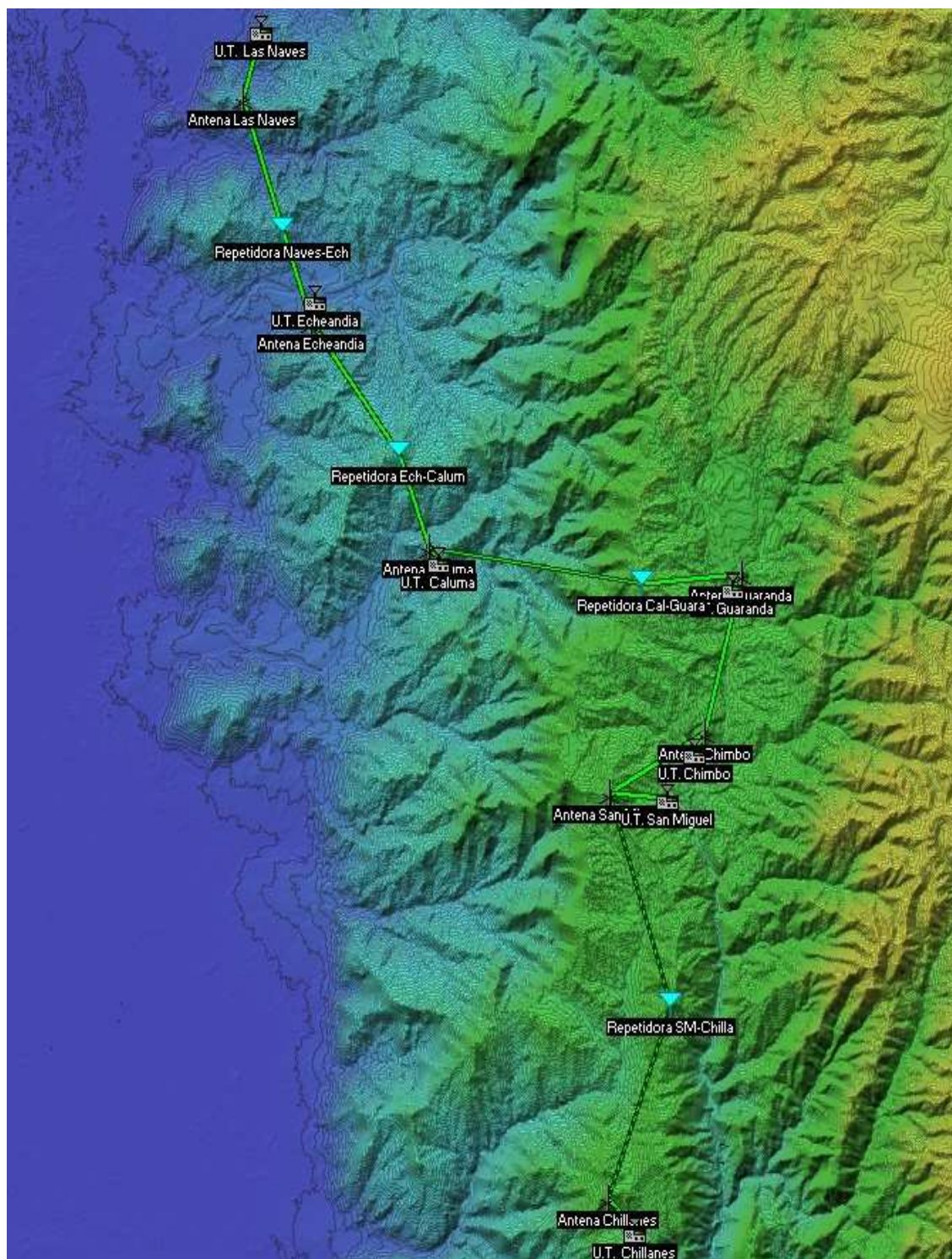


Figura 99. Esquema de la red en 2D

Fuente: Radio Mobile



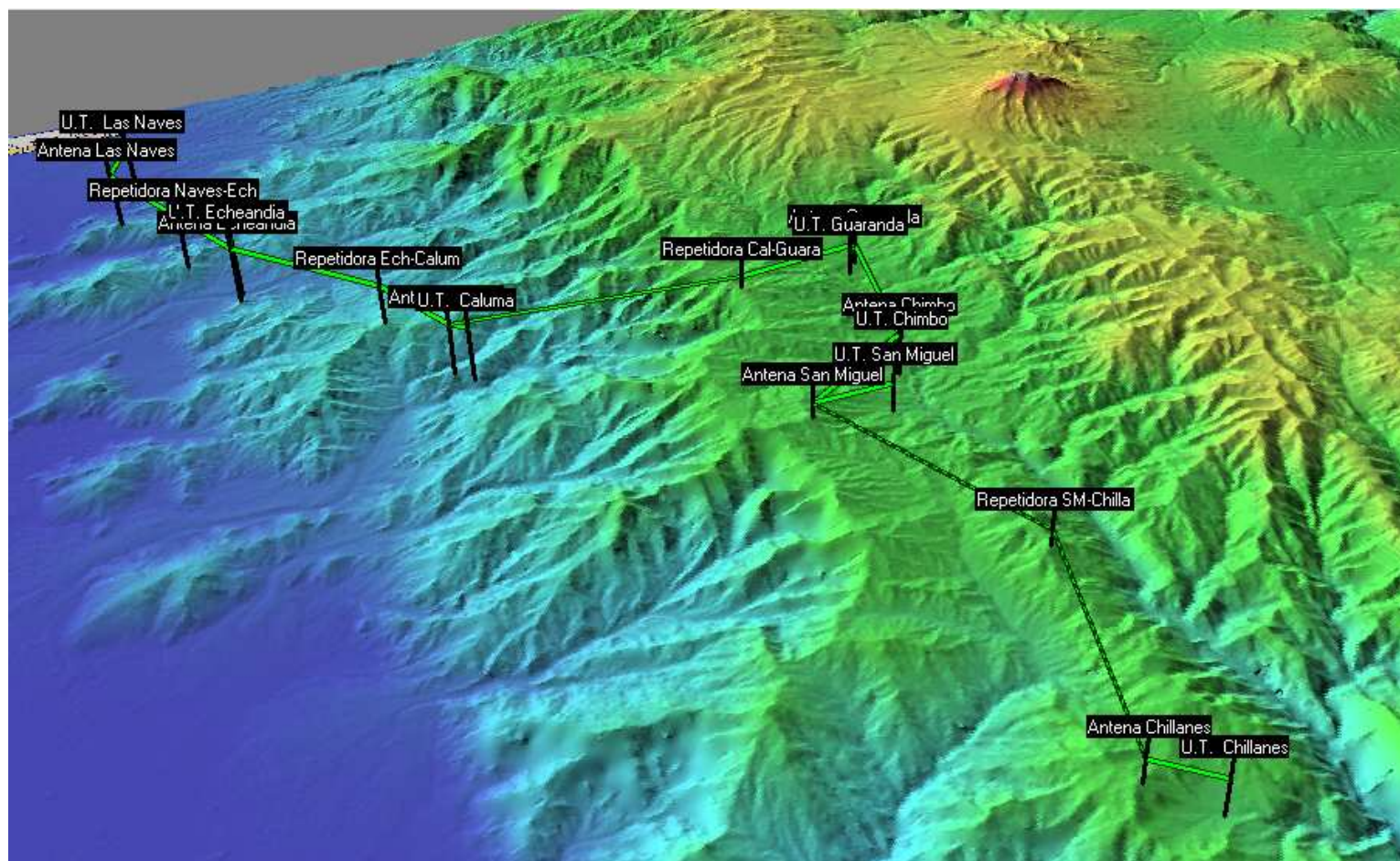


Figura 100. Esquema de la red en 3D

Fuente: Radio Mobile



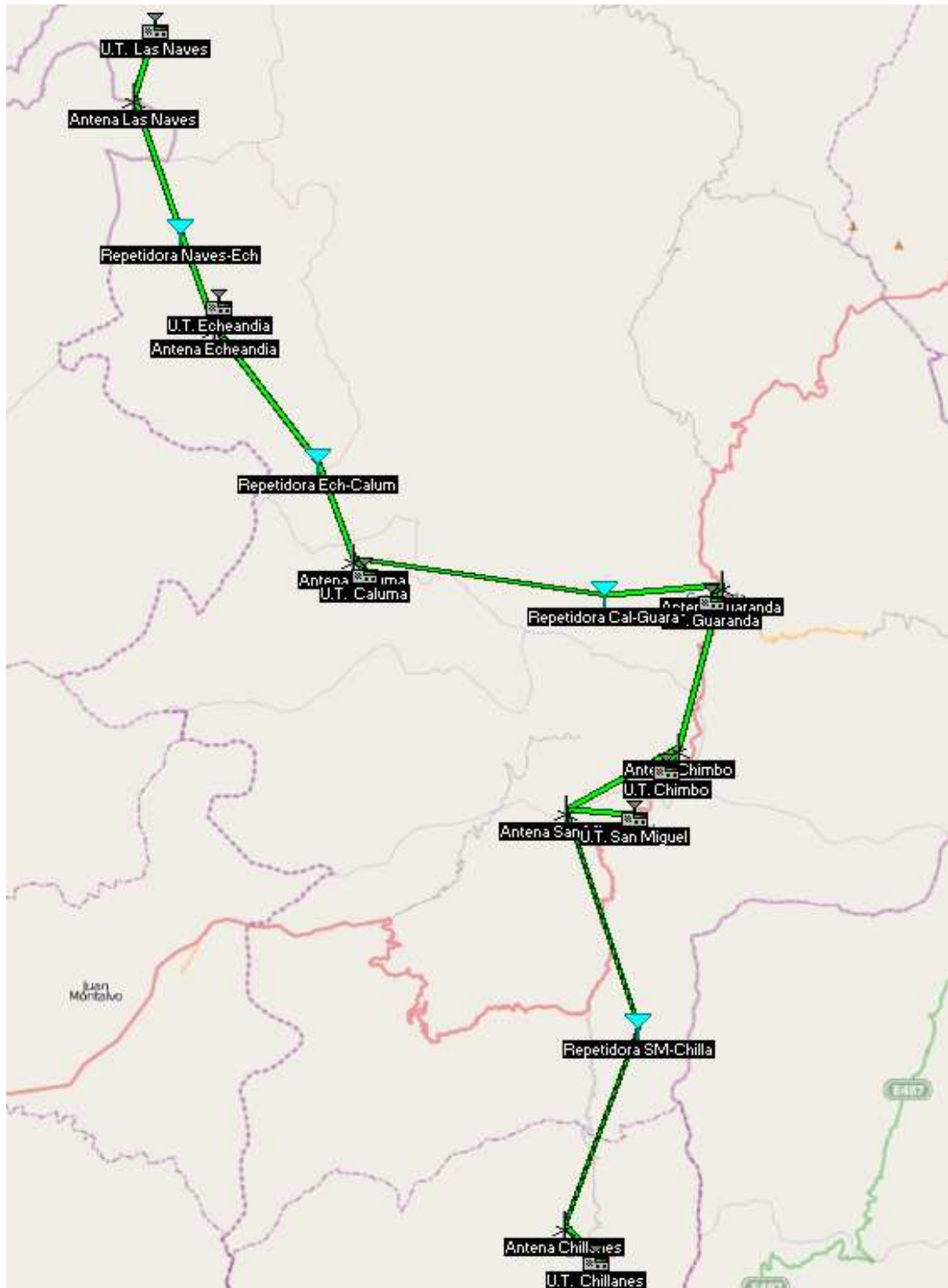


Figura 101. Esquema de la red generada por el Satélite LANDSAT

Fuente: Radio Mobile

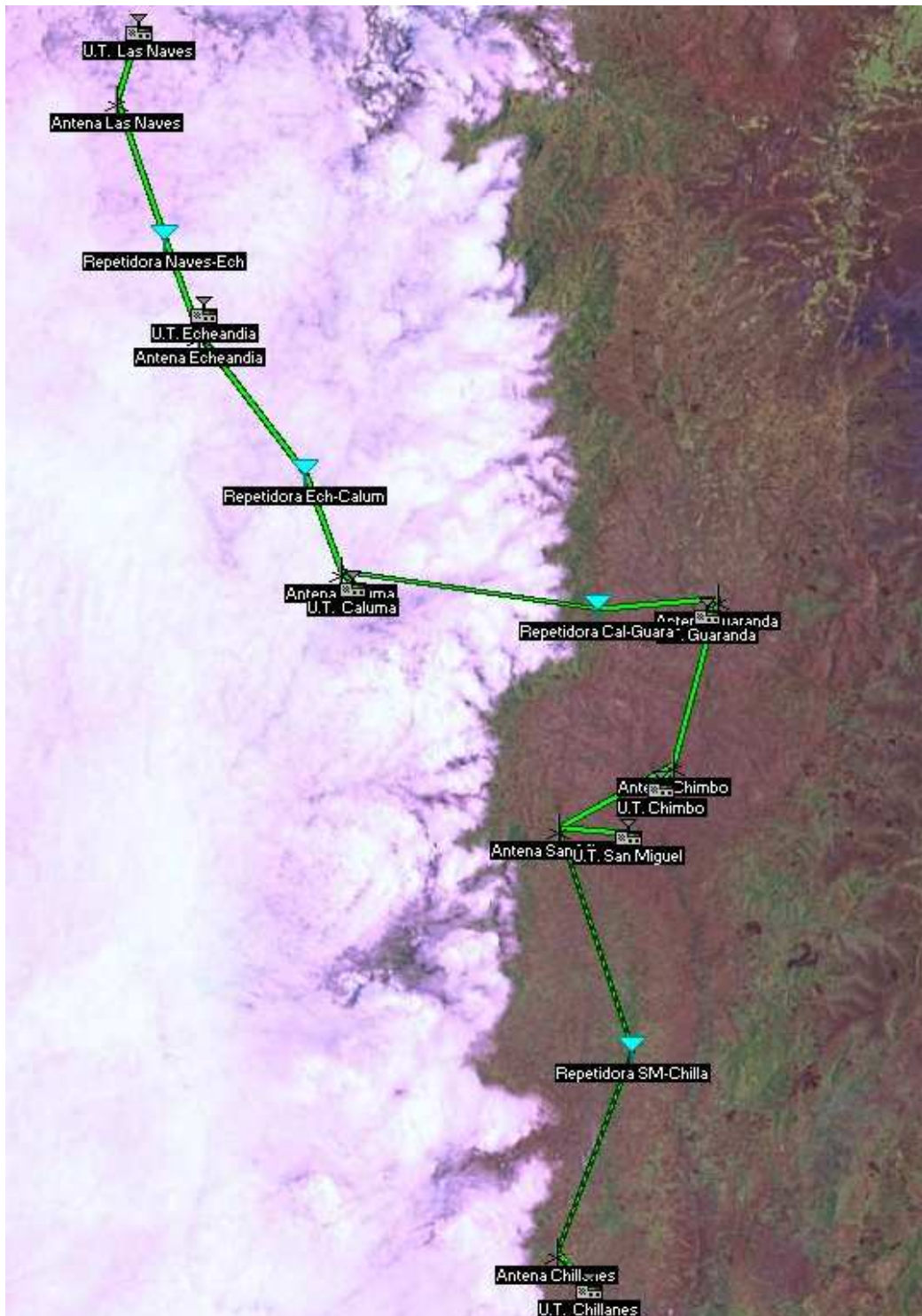


Figura 102. Esquema de la red generada por el Satélite Terraserver

Fuente: Radio Mobile

## RESUMEN

El objetivo de la presente investigación es realizar un análisis del espectro radioeléctrico y un estudio para la implementación de una red de radioenlaces entre los 7 municipios de la provincia de Bolívar, con la finalidad de integrar sus unidades turísticas, descentralizando de esta manera los procesos de gestión mediante la utilización de equipos de punta en el ámbito de las telecomunicaciones.

Para el análisis del espectro radioeléctrico se utilizó imágenes del barrido del espectro, realizadas por la SUPTEL, para la verificación de la disponibilidad de la frecuencia de trabajo.

En la elaboración de los radioenlaces se utilizó cartas topográficas de donde se obtuvo datos como latitud, longitud y altura, previo al estudio de fenómenos que afectan al dimensionamiento tales como: curvatura de la tierra, zonas de Fresnel, refracción, difracción e interferencia. Para poder cubrir cada una de las zonas requeridas se realizaron 17 enlaces punto a punto, todas las estaciones transmisoras constan de un sistema radiante unidireccional.

Finalizando el análisis del espectro radioeléctrico y el correspondiente estudio técnico se determinó que la frecuencia utilizada está disponible, que existe línea de vista entre los puntos enlazados es decir no hay obstrucción y la cobertura de la señal se da en un 100% a las zonas requeridas...

Por tanto se puede concluir que la red de radioenlaces garantizará la descentralización de los procesos de gestión de cada una de las unidades turísticas, es por eso que se recomienda a los 7

municipios de la provincia la ejecución inmediata de este proyecto, pues presenta características técnicas adecuadas para su implementación.

## BIBLIOGRAFÍA

1. CALVILLO TELLEZ, Andrés, Factibilidad de un Radio Enlace de UHF, Centro de Investigación y Desarrollo de Tecnología Digital, CITEDI, IPN, Tijuana B. C., 2004, pp. 2-4.  
[www.uaz.edu.mx/cippublicaciones/eninvie/Corr1\\_CITEDI.pdf](http://www.uaz.edu.mx/cippublicaciones/eninvie/Corr1_CITEDI.pdf)  
(10-10-2009)
2. CALVILLO TELLEZ, Andrés y GAXIOLA, Carelia, Computo de Radioenlaces Terrestres en Java, Centro de investigaciones y Desarrollo de Tecnología Digital, IPN, Tijuana BC CP 22510, 2006, pp. 1-4.  
[unitec.moodle4free.com/course/view.php?id=2](http://unitec.moodle4free.com/course/view.php?id=2)  
(10-10-2009)
3. LUDUEÑA G., Patricia, Planificación de Radioenlaces con Base en Topología Digital, UTPL, s.f., pp. 1-6  
[https://ws.edu.isoc.org/trac/wirelessu/.../calculo%20de%](https://ws.edu.isoc.org/trac/wirelessu/.../calculo%20de%20)  
(21-10-2009)

4. BUETRICH, S., ESCUDERO PASCUAL, A., Cálculo de Radioenlace, s.l., 2007, pp. 10-23.

[wilac.net/doc/...es/06\\_es\\_calculo-de-radioenlace\\_presentacion\\_v02.pdf](http://wilac.net/doc/...es/06_es_calculo-de-radioenlace_presentacion_v02.pdf)

(30-11-2008)

5. CALVOPIÑA, William, Ing., Zona de Fresnel, Radiocomunicaciones Espaciales, ESPOCH, 2008, pp. 1-5.

[radioepoch.galeon.com/MATERIA/ZONA DE FRESNEL\\_w.pdf](http://radioepoch.galeon.com/MATERIA/ZONA DE FRESNEL_w.pdf)

(30-11-2008)

6. Difracción de Fraunhofer

[www.wikipedia.com/difracción\\_de\\_fraunhofer.html](http://www.wikipedia.com/difracción_de_fraunhofer.html)

(25-09-2009)

7. Difracción de Fresnel

[www.wikipedia.com/difraccion\\_de\\_fresnel.html](http://www.wikipedia.com/difraccion_de_fresnel.html)

(25-09-2009)

8. Estructura de los Radioenlaces Digitales

[www.wikipedia.com/estructura\\_digital.html](http://www.wikipedia.com/estructura_digital.html)

(25-09-2009)

## SUMMARY

The objective of the present investigation is to carry out an analysis of the radioelectric spectrum and the study for the implementation a net of radioconnet among the 7 municipalities of province of Bolívar, with the purpose of integrating its tourist units, decentralizing the administration processes by means of the use of .advanced equipment of the telecommunications.

For the analysis of the radioelectric spectrum it was used images of the sweeping of the spectrum, carried out by SUPTEL, for the verification of the work availability frequency.

In the elaboration of the radioconnet it was used topographical carts, of these it was obtained data such us: latitude, longitude and height, previous to the study of phenomena that affect to dimensioning such as: earth curvature, areas of Fresnel, refraction, diffraction and interference. For cover each required areas it were carried out 17 connects point to point, all the transmission stations consist of a unidirectional radiant system.

Finally the analysis of the radioelectric spectrum and the corresponding technical study it was determinate that the used frequency is available, that the view line exists between the points connected, that mean there was not obstruction and the sign covering 100% the required areas. Therefore it was conclude that the radioconnect guaranteed the decentralization of the administration processes of the tourist units, for that reason is recommended that the 7 municipalities of the province the execute immediately this project, because it presents appropriate technical characteristics for its implementation.

## CONCLUSIONES

1. Se ha dado cumplimiento al estudio, al realizar el análisis del Espectro Radio Eléctrico para la implementación de una red de radio enlaces entre las unidades de turismo de los 7 municipios de la provincia Bolívar
2. El estudio del espectro radioeléctrico es muy importante, ya que los resultados que se obtienen después del análisis son primordiales tanto para los diseñadores del proyecto, como para la empresa involucrada, pues con esta información podemos determinar la capacidad de uso de la frecuencia elegida para realizar el radioenlace, mas los niveles de ruido que puedan existir.
3. Partiendo de los cálculos de pérdidas de propagación, nivel de intensidad de la señal de recepción, margen de desvanecimiento y el criterio de la primera zona de Fresnel se establece que el radioenlace punto a punto de frecuencia de operación de 2.4 GHz tiene el nivel de señal adecuado para garantizar la demodulación en el equipo de recepción.
4. El análisis efectuado al perfil del proyecto de los enlaces con ayuda de las cartas topográficas y la ayuda del cálculo del radio de la primera zona de Fresnel nos garantizan que no existe obstrucción.
5. Este proyecto nos da a conocer el proceso necesario para la transmisión de audio a través de medios de comunicación inalámbricos.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la utilización de diferentes tipos de equipos de transmisión y recepción con la finalidad de inhibir interferencias en las zonas en las que el cambio climático es evidente.
2. Se debe conocer con exactitud las coordenadas donde se ubicaran las antenas, puesto que de esto dependen los demás cálculos que garantizaran el correcto funcionamiento de cada uno de los enlaces.
3. Para diseñar un radioenlace se debe tener la ayuda de un diagrama topográfico con los perfiles del terreno para la cobertura de la señal de radio en condiciones estándar.
4. En caso de que una distancia entre transmisor – receptor sea demasiado extensa se debe considerar la utilización de un número reducido de estaciones repetidoras, que prevenga las pérdidas en el espacio libre y los niveles de señal se mantengan dentro de los parámetros adecuados, tanto en potencia del transmisor como en la sensibilidad del receptor.
5. El equipo de recepción, deberá ser suficientemente sensible para percibir el nivel de señal que llega al punto de recepción, de manera que el proceso de demodulación se pueda llevar a cabo para la recuperación de la información transmitida.