



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE INFORMATICA Y ELECTRONICA**

**ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRÓNICA**

**“DISEÑO DE UNA RED DE TELECOMUNICACIONES PARA ENLAZAR EL ILUSTRE  
MUNICIPIO DEL CANTÓN RIOBAMBA CON SIETE PARROQUIAS RURALES”**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y COMPUTACIÓN**

Presentado por:

**MARIA DE LOURDES PALACIOS ROBALINO**

**SILVIA LUCIA QUISHPE VILLAFUERTE**

Riobamba – Ecuador

- 2010 -

*Expresamos nuestro agradecimiento a todas las personas que pusieron su confianza en nosotros, en especial a nuestras familias por su apoyo incondicional. A nuestro director de Tesis Ing Wilson Baldeón por sus valiosas sugerencias y aportes en el desarrollo del proyecto.*

*Al Ing. Alberto Arellano miembro del tribunal, por su generosidad al brindarnos la oportunidad de recurrir a sus capacidades y experiencias fundamentales para el progreso de este trabajo.*

*Ante todo nuestro más profundo agradecimiento al Ing. Javier Villacrés Técnico de proyectos del I. Municipio de Riobamba, por su permanente disposición y desinteresada ayuda, en un marco de confianza, afecto y amistad, ya que sin él estas páginas estarían en blanco.*

***María de Lourdes Palacios Robalino***

***Silvia Lucía Quishpe Villafuerte***

*Primero a Dios por estar conmigo en cada paso que doy, por fortalecer mi corazón e iluminar mi vida*

*A mi querida familia, mi esposo y mi hijo por creer y confiar siempre en mí, por su apoyo y motivación que me brindaron a lo largo de la carrera; gracias por su amor cariñoso y comprensión.*

*A mis amigos por su amistad, confianza y por enseñarnos que no hay límites, que lo que nos proponemos lo podemos lograr con mucha dedicación.*

**Silvia Lucía Quishpe Villafuerte**

*Dedico la presente tesis a los seres que más quiero, en este mundo: mis Padres, por confiar en mi todos estos años, por su comprensión y ayuda en momentos malos y menos malos, por ser la fuente de mi inspiración y motivación para superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depara un futuro mejor.*

**María de Lourdes Palacios Robalino**

**FIRMAS DE RESPONSABLES Y NOTA**

<b>NOMBRES</b>	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Dr. Romeo Rodríguez <b>DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA</b>	_____	_____
Ing. Paúl Romero <b>DIRECTOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA</b>	_____	_____
Ing. Wilson Baldeón <b>DIRECTOR DE TESIS</b>	_____	_____
Ing. Alberto Arellano <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	_____	_____
Tlgo. Carlos Rodríguez <b>DIRECTOR DEL CENTRO DE DOCUMENTACIÓN</b>	_____	_____

**Nota:** \_\_\_\_\_

“Nosotros María de Lourdes Palacios Robalino y Silvia Lucía Quishpe Villafuerte, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenecen a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo”

\_\_\_\_\_

Firma

\_\_\_\_\_

Firma

## INDICE DE ABREVIATURAS

**AP.-** Punto de Acceso

**ASK.-** Modulación de Amplitud

**BU.-** Unidad Backhaul

**DSSS.-** Espectro ensanchado de secuencia directa

**FCC.-** Federal Communications Commissio

**FHSS.-** Espectro ensanchado de salto de frecuencia

**FSK.-** Modulación de Frecuencia

**Fast fh.-** Salto de frecuencia rápido

**IMS.-** Industrial, Scientific and Medical

**PN.-** Secuencia Seudo-Ruido

**PSK.-** Modulación de Fase

**QAM.-** Modulación de Amplitud en Cuadratura

**QAPM.-** Modulación de Amplitud y fase en Cuadratura

**QM.-** Modulaciones Especiales

**QPM.-** Modulación de Fase en Cuadratura

**SM.-** Modulo Suscriptor

**SS.-** Espectro Ensanchado

**Thss.-** Espectro ensanchado de salto de tiempo

## INDICE GENERAL

**PORTADA**

**AGRADECIMIENTO**

**DEDICATORIA**

**FIRMAS RESPONSABLES Y NOTA**

**RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES**

**INDICE DE ABREVIATURAS**

**INDICE GENERAL**

**INDICE DE FIGURAS**

**INDICE DE TABLAS**

**INTRODUCCIÓN**

**CAPITULO I. MARCO REFERENCIAL ..... 20**

1. ANTECEDENTES ..... 20

1.2 JUSTIFICACIÓN ..... 21

1.3 OBJETIVOS ..... 22

1.3.1 OBJETIVO GENERAL ..... 22

1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS ..... 22

1.4 HIPOTESIS ..... 23

**CAPITULO II. MARCO TEORICO ..... 24**

2. ENLACES INALÁMBRICOS ..... 24

2.1 INTRODUCCIÓN ..... 24

2.1.1 TIPOS DE ENLACES INALÁMBRICOS ..... 25

2.1.2 MICROONDAS ..... 27

2.1.2.1 LONGITUD DE ONDA ..... 27

2.1.2.2 CONCEPTOS DE MICROONDAS ..... 27

2.1.3 RADIOENLACE ..... 27

2.1.3.1 VENTAJA DE LOS RADIOENLACES ..... 28

2.1.3.2 DESVENTAJAS DE LOS RADIOENLACES.....	29
2.1.4 ESPECTRO ENSANCHADO .....	30
2.1.4.1 CODIFICACIÓN .....	31
2.1.4.2 CLASIFICACIÓN .....	32
2.1.4.2.1 ESPECTRO ENSANCHADO DE SECUENCIA DIRECTA (DSSS).....	32
2.1.4.2.2 ESPECTRO ENSANCHADO DE SALTO DE FRECUENCIA (FHSS).....	33
2.2. PROPAGACIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS.....	36
2.2.1 PROPAGACIÓN DE ONDAS EN EL ESPACIO LIBRE .....	36
2.2.1.1 PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE .....	37
2.2.1.2 REFRACCIÓN .....	40
2.2.1.3 DIFRACCIÓN .....	45
2.2.1.4 REFLEXIÓN.....	49
2.3 PLANIFICACIÓN DEL RADIOENLACE .....	50
2.3.1 DISEÑO DE LOS PERFILES .....	50
2.3.1.1 ANGULO DE ELEVACIÓN .....	52
2.3.1.2 AZIMUT .....	53
2.3.2 EQUIPOS Y MATERIALES .....	53
2.3.2.1 EQUIPOS DE TRANSMISIÓN .....	53
2.3.2.2 REPETIDORES.....	54
2.3.2.3 ANTENAS .....	55
2.3.2.4 CABLES Y CONECTORES .....	58
2.3.2.5 EQUIPOS DE RECEPCIÓN .....	59
2.3.3 PRESUPUESTO DEL ENLACE .....	60
<b>CAPITULO III. DISEÑO DEL RADIOENLACE I. MUNICIPIO DE RIOBAMBA Y SUS PARROQUIAS RURALES .....</b>	<b>62</b>
3. DISEÑO DE RADIOENLACES .....	62
3.1 ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	62
3.1.1 EQUIPOS EXISTENTE.....	63

3.2 RECOPIACIÓN DE DATOS .....	67
3.3 PERFILES TOPOGRÁFICOS .....	68
3.3.1 PERFIL TOPOGRÁFICO CACHA-LICÁN .....	68
3.3.2 PERFIL TOPOGRÁFICO CACHA-CALPI.....	71
3.3.4 PERFIL TOPOGRÁFICO CANTERAS-CALPI .....	74
3.3.5 PERFIL TOPOGRÁFICO CACHA PUNIN Y CACHA SAN LUIS .....	76
3.3.6 PERFIL TOPOGRÁFICO CACHA-MIRALOMA.....	77
3.3.7 PERFIL TOPOGRÁFICO MIRALOMA SAN LUIS .....	80
3.3.8 PERFIL TOPOGRÁFICO MIRALOMA PUNIN.....	82
3.3.9 PERFIL TOPOGRÁFICO CACHA PUNGALÁ Y CACHA LICTO .....	84
3.3.10 PERFIL TOPOGRÁFICO CACHA-MANGLUL.....	85
3.3.11 PERFIL TOPOGRÁFICO MANGLUL PUNGALÁ .....	87
3.3.12 PERFIL TOPOGRÁFICO MANGLUL LICTO .....	89
3.3.13 PERFIL TOPOGRÁFICO CACHA CUBIJIES .....	91
3.3.14 PERFIL TOPOGRÁFICO CACHA CHINGAZO .....	91
3.3.15 PERFIL TOPOGRÁFICO CHINGAZO CUBIJÍES.....	94
3.4 BALANCE DE POTENCIAS .....	96
3.4.1 POTENCIA CACHA – LICÁN.....	97
3.4.2 POTENCIA CACHA – MIRALOMA .....	98
3.4.3 POTENCIA MIRALOMA – SAN LUIS .....	99
3.4.4 POTENCIA MIRALOMA – PUNIN.....	100
3.4.5 POTENCIA CACHA-CANTERAS.....	101
3.4.6 POTENCIA CANTERAS-CALPI .....	102
3.4.7 POTENCIA CACHA-MANGLUL .....	103
3.4.8 POTENCIA MANGLUL-LICTO .....	104
3.4.9 POTENCIA MANGLUL-PUNGALA.....	105
3.4.10 POTENCIA CACHA-CHINGAZO.....	106
3.4.11 POTENCIA CHINGAZO-CUBIJIES .....	107

<b>CAPITULO IV. DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS .....</b>	<b>109</b>
4.1 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO, FRECUENCIAS DE OPERACIÓN Y CAPACIDADES	109
4.1.1 SISTEMAS REPETIDORES .....	110
4.1.2 SISTEMAS DE RECEPCION .....	111
4.1.3 EQUIPOS DE COMPUTACIÓN .....	111
4.2 DETERMINACIÓN DE LA MARCA DE LOS EQUIPOS .....	112
4.2.1 TECNOLOGÍA CANOPY DE MOTOROLA .....	112
4.2.1.1 VENTAJAS .....	112
4.2.1.2 MODELO DE LOS EQUIPOS .....	115
4.3 ANALISIS PARA QUE LA SENATEL APRUEBE EL USO DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO .....	115
4.4 ESTUDIO ECONOMICO .....	116
4.4.1 UNIDADES SUSCRIPTORAS .....	117
4.4.3 EQUIPOS DE COMPUTACIÓN .....	117
4.4.4 SWITCH.....	117
4.4.5 INSTALACION – CONFIGURACION – PUESTA A PUNTO .....	118
<b>CAPITULO V. IMPLEMENTACIÓN DEL ENLACE CACHA – TUNSHI.....</b>	<b>119</b>
5. INTRODUCCIÓN .....	119
5.1 INSTALACIÓN DE EQUIPOS.....	121
5.1.1 INSTALACIÓN DE SM (MÓDULO SUSCRIPTOR) MOTOROLA CANOPY.....	121
5.2 PROGRAMACIÓN SM (MODULO SUSCRIPTOR CANOPY).....	121
5.2.1 CAMBIAR LA DIRECCIÓN IP DE LA COMPUTADORA .....	121
5.2.2 CONFIGURACIÓN DEL SM CAMBIAR LA DIRECCIÓN IP DEL SM LIBRE.....	122
5.2.3 CONFIGURACIÓN DE CÓDIGO DE COLORES .....	123
5.2.4 CONFIGURACIÓN NOMBRE DEL SITIO, SITIO DE CONTACTO Y LOCALIZACIÓN DE SITIO.....	123

**BIBLIOGRAFIA**

**CONCLUSIONES**

**RECOMENDACIONES**

**RESUMEN**

**SUMMARY**

**ANEXOS**

## INDICE DE FÍGURAS

FIGURA II.1. ENLACES INALÁMBRICOS .....	24
FIGURA.II.2. ENLACES PUNTO A PUNTO.....	25
FIGURA.II.3. ENLACES PUNTO –MULTIPUNTO .....	26
FIGURA.II.4. ELEMENTOS DE UN RADIOENLACE .....	28
FIGURA.II.5. MODELO GENERAL DE UN SISTEMA DIGITAL CON ESPECTRO ENSANCHADO.....	30
FIGURA.II.6. COMPARACIÓN ENTRE LA SEÑAL DE DATOS, LA SECUENCIA PN Y LA SEÑAL TRANSMITIDA .....	31
FIGURA.II.7. SISTEMA SS MEDIANTE SECUENCIA DIRECTA .....	32
FIGURA.II.8. EJEMPLO DE ESPECTRO ENSANCHADO POR SECUENCIA DIRECTA.....	33
FIGURA.II.9. SISTEMA SS MEDIANTE SALTO DE FRECUENCIA .....	33
FIGURA.II.10. VISUALIZACIÓN EN 3D DE LAS SEÑALES FHSS .....	34
FIGURA.II.11. TRANSMISOR FSK Y MODULACIÓN FSK.....	35
FIGURA.II.12. MODULACIÓN COHERENTE Y NO COHERENTE .....	36
FIGURA.II.13. REFRACCIÓN EN UNA FRONTERA PLANA ENTRE DOS MEDIOS.....	41
FIGURA.II.14. EFECTO DE LA REFRACCIÓN EN LA ATMÓSFERA.....	42
FIGURA.II.15. EFECTO DE LA DIFRACCIÓN EN LA ATMÓSFERA. ....	49
FIGURA.II.16. EFECTO DE REFLEXIÓN .....	49
FIGURA.II.17. TRAYECTORIA DEL ENLACE.....	51
FIGURA.II.18. ANGULO DE ELEVACIÓN .....	52
FIGURA.II.19. ACCESS POINT CLUSTER CON AP .....	54
FIGURA.II.20. REPETIDOR PASIVO A ESPEJO.....	55
FIGURA.II.21. ARRAY DE ANTENAS .....	57
FIGURA II.22. DIAGRAMA PATRÓN ANTENA SECTORIAL.....	58
FIGURA.II.23. POTENCIA EN DBM EN EL ENLACE EN FUNCIÓN A LA DISTANCIA. ....	60
FIGURA.III.24. ESQUEMA DE CONEXIÓN ACTUAL DEL ENLACE .....	62

FIGURA.III.25. ACCESS POINT.....	64
FIGURA.III.26. SUBSCRIBER MODULE (SM).....	65
FIGURA.III.27. BACKHAUL UNIT (BU) .....	66
FIGURA.III.28. MÓDULO ADMINISTRADOR DE CLÚSTERES .....	67
FIGURA III.29. PERFIL CACHA-LICÁN .....	70
FIGURA.III.30. ANGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT A) CACHA B) LICÁN .....	70
FIGURA.III.31. PERFIL CACHA-CALPI.....	72
FIGURA.III.32. PERFIL CACHA-CANTERAS .....	73
FIGURA.III.33. ANGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT A) CACHA B) CANTERAS .....	74
FIGURA.III.34. PERFIL CACHA-CANTERAS .....	75
FIGURA.III.35. ANGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT A) CANTERAS B) CALPI.....	76
FIGURA.III.36. PERFIL CACHA-PUNIN .....	76
FIGURA.III.37. PERFIL CACHA-SAN LUIS .....	77
FIGURA.III.38. PERFIL CACHA-MIRALOMA.....	79
FIGURA.III.39. ANGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT A) CACHA B) MIRALOMA.....	79
FIGURA.III.40. PERFIL MIRALOMA SAN LUIS .....	81
FIGURA.III.41. ANGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT A) MIRALOMA B) SAN LUIS .....	81
FIGURA.III.42. PERFIL MIRALOMA PUNIN.....	83
FIGURA.III.43. ANGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT A) MIRALOMA B) PUNIN.....	83
FIGURA.III.44. PERFIL CACHA-LICTO .....	84
FIGURA.III.45. PERFIL CACHA-LICTO .....	84
FIGURA.III.46. PERFIL CACHA-MANGLUL .....	86
FIGURA.III.47. ANGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT A) CACHA B) MANGLUL.....	86
FIGURA.III.48. PERFIL MANGLUL PUNGALÁ .....	88
FIGURA.III.49. ANGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT A) MANGLUL B) PUNGALÁ .....	88
FIGURA.III.50. PERFIL MANGLUL PUNGALÁ .....	90
FIGURA.III.51. ANGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT A) MANGLUL B) LICTO.....	90
FIGURA.III.52. PERFIL CACHA CUBIJÍES .....	91

FIGURA.III.53. PERFIL CACHA CHINGAZO .....	93
FIGURA.III.54. ANGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT A)CACHA B) CHINGAZO.....	93
FIGURA.III.56. ANGULOS DE ELEVACIÓN Y AZIMUT A)CACHA B) CHINGAZO.....	95
FIGURA.III.57. SIMULACIÓN DEL ENLACE CACHA-LICÁN EN RADIOMOBILE .....	97
FIGURA.III.58. SIMULACIÓN DEL ENLACE CACHA-MIRALOMA EN RADIOMOBILE.....	98
FIGURA.III.59. SIMULACIÓN DEL ENLACE MIRALOMA – SAN LUIS EN RADIOMOBILE	99
FIGURA.III.60. SIMULACIÓN DEL ENLACE MIRALOMA – PUNÍN EN RADIOMOBILE..	100
FIGURA.III.61. SIMULACIÓN DEL ENLACE CACHA-CANTERAS EN RADIOMOBILE ...	101
FIGURA.III.62 SIMULACIÓN DEL ENLACE CANTERAS-CALPI EN RADIOMOBILE .....	102
FIGURA.III.63 SIMULACIÓN DEL ENLACE CACHA-MIRALOMA EN RADIOMOBILE.....	103
FIGURA.III.64 SIMULACIÓN DEL ENLACE MANGLUL-LICTO EN RADIOMOBILE.....	104
FIGURA.III.65 SIMULACIÓN DEL ENLACE MANGLUL-PUNGALÁ EN RADIOMOBILE ...	105
FIGURA.III.66 SIMULACIÓN DEL ENLACE CACHA-CHINGAZO EN RADIOMOBILE.....	106
FIGURA.III.67 SIMULACIÓN DEL ENLACE CHINGAZO-CUBIJIES EN RADIOMOBILE .	107
FIGURA.V.68 SM INSTALADO EN TUNSHI.....	119
FIGURA.V.69 SIMULACIÓN ENLACE TUNSHI .....	120
FIGURA.V.70 ANGULO DE ELEVACIÓN Y AZIMUT A) CACHA B) TUNSHI.....	120
FIGURA.V.71 CONFIGURACIÓN SM.....	122

## INDICE DE TABLAS

TABLA.II.1. ATENUACIÓN PARA VARIOS CABLES UTP DE TRANSMISIÓN EN (DB/100 M) .....	59
TABLA.III.2. TABLA DE TOPOGRAFÍA DE CACHA-LICÁN.....	69
TABLA.III.3. TABLA DE TOPOGRAFÍA DE CACHA-CALPI .....	71
TABLA4. TABLA DE TOPOGRAFÍA DE CACHA-CANTERAS.....	73
TABLA.III.5. TABLA DE TOPOGRAFÍA DE CANTERAS-CALPI.....	75
TABLA.III.6. TABLA DE TOPOGRAFÍA DE CACHA MIRALOMA .....	78
TABLA.III.7. TABLA DE TOPOGRAFÍA DE MIRALOMA SAN LUIS .....	80
TABLA.III.9. TABLA DE TOPOGRAFÍA DE CACHA MANGLUL.....	85
TABLA.III.10. TABLA DE TOPOGRAFÍA DE MANGLUL-PUNGALÁ .....	87
TABLA.III.11. TABLA DE TOPOGRAFÍA DE MANGLUL-LICTO .....	89
TABLA.III.12. TABLA DE TOPOGRAFÍA DE CACHA CHINGAZO .....	92
TABLA.III.13. TABLA DE TOPOGRAFÍA DE CHINGAZO CUBIJIES .....	94
TABLA.III.14. TABLA DE CALCULO DE POTENCIA CACHA-LICÁN.....	97
TABLA.III.15. TABLA DE CALCULO DE POTENCIA CACHA-MIRALOMA .....	98
TABLA.III.16. TABLA DE CALCULO DE POTENCIA MIRALOMA-SAN LUIS .....	99
TABLA.III.17. TABLA DE CALCULO DE POTENCIA MIRALOMA-PUNIN.....	100
TABLA.III.19 TABLA DE CALCULO DE POTENCIA CANTERAS-CALP .....	102
TABLA.III.20. TABLA DE CALCULO DE POTENCIA CACHA-MANGLUL.....	103
TABLA.III.21. TABLA DE CALCULO DE POTENCIA MANGLUL-LICTO .....	104
TABLA.III.22. TABLA DE CALCULO DE POTENCIA MANGLUL-PUNGALÁ .....	105
TABLA.III.23. TABLA DE CALCULO DE POTENCIA CACHA-CHINGAZO .....	106
TABLA.III.24. TABLA DE CALCULO DE POTENCIA CHINGAZO-CUBIJIES.....	107
TABLA.IV.25 ESPECIFICACIONES BACKAUL .....	110
TABLA.IV.26. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SUBSCRIBER MODULE .....	111
TABLA.IV.27. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS EQUIPOS DE COMPUTACIÓN.....	111
TABLA.IV.28. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS SWITCH .....	112

TABLA.IV.29. EQUIPOS REQUERIDOS .....	115
TABLA.IV.30. COSTO DE LOS MODULOS SUSCRIPTORES .....	117
TABLA.IV.31. COSTO DE BACKHOLES .....	117
TABLA.IV.32. PRECIOS DE LOS EQUIPOS DE COMPUTACIÓN .....	117
TABLA.IV.33. COSTO DEL SWITCH .....	117
TABLA.IV.34. COSTO DE LA INSTALACIÓN .....	118
TABLA.IV.35. GASTOS DE IMPLEMENTACIÓN TOTAL.....	118

## **INTRODUCCIÓN**

La tendencia entre informática, microelectrónica, tecnologías inalámbricas e Internet ha originado una nueva preferencia en el mercado de las telecomunicaciones, los servicios de datos en movilidad en banda ancha. Ninguna tecnología hasta el momento ha pasado tan rápidamente de su puesta en marcha inicial a su utilización masiva por millones de personas en todo el planeta.

El auge que ha tenido el Internet a hecho que las empresas e instituciones descubran que disponer de Internet, aparte de proporcionarles un nuevo canal para el negocio e información, también les ha abierto un flujo directo de comunicación con sus clientes.

En este sentido, a través del internet las empresas pueden mantener informados a sus clientes, de una manera simple, rápida y sobre todo dinámica, de las últimas novedades sobre sus productos, estableciendo políticas de campañas y promociones de ámbito general. De igual manera las instituciones educativas pueden poner al alcance de sus estudiantes información relevante para los mismos.

Es debido a esto que el Ilustre Municipio de Riobamba al servicio de la ciudadanía, observo la necesidad de diseñar e implementar una red de telecomunicaciones con la finalidad de interconectar el INFOCENTRO del ilustre Municipio del cantón Riobamba con las parroquias rurales siendo este el mecanismo de comunicación e información

de la población, a través de la publicación de la información más relevante de cada parroquia rural.

El Ilustre Municipio de Riobamba inicio de este proyecto mediante la interconexión del INFOCENTRO del Ilustre Municipio de Riobamba con cuatro de las parroquias rurales del cantón, así como la capacitación técnica y especializada del Talento Humano que en su conjunto integre la Agencia y cada uno de sus productos y servicios.

El objetivo de esta tesis es ampliar la cobertura de la interconexión entre el INFOCENTRO del I. Municipio de Riobamba con los sitios asignados por el Ilustre Municipio de Riobamba que se encuentran en las respectivas parroquias rurales que son: Calpi, Punín, Cubijíes, Licán, San Luis, Licto, Pungalá con el objetivo de intercambiar información social, económica y la que sea necesaria para el desarrollo y fomento de la inversión e investigación entre cada una de las parroquias del cantón Riobamba.

El presente capítulo está orientado básicamente a un estudio de los elementos que intervienen en el desarrollo de la red de telecomunicaciones.

# **CAPITULO I**

## **MARCO REFERENCIAL**

### **1. ANTECEDENTES**

El Ilustre Municipio de Riobamba sintiéndose en la necesidad de tener información georeferenciada cantonal para el desarrollo económico de Riobamba y sus parroquias rurales realiza un convenio con el Excelentísimo Ayuntamiento de Madrid, donde aprobó el Proyecto de la creación de la Agencia de Desarrollo Local.

El INFOCENTRO es un componente importante de la Agencia de Desarrollo Local cuya implementación arrancó en Enero del 2006. La base de información con la que inicia el INFOCENTRO es la elaborada en el Diagnóstico de Necesidades Básicas, Información Georeferenciada cantonal que son los productos del primer convenio que fueron fundamentales para la elaboración del Plan de Desarrollo Estratégico del cantón.

En esa primera etapa el INFOCENTRO inició su servicio a través de un centro especializado de información para el fomento de la inversión en el cantón y la Provincia, dotado de bases de datos sectoriales, financieras y de cada uno de los sectores económicos de la localidad.

La Segunda etapa del INFOCENTRO tuvo como perspectiva la interconexión del INFOCENTRO del Ilustre Municipio de Riobamba con cuatro de las parroquias rurales del cantón, así como la capacitación técnica y especializada del Talento Humano que en su conjunto integre la Agencia y cada uno de sus productos y servicios.

En esta tercera Etapa tiene como objetivo la ampliación de la cobertura de la interconexión entre el INFOCENTRO del Ilustre Municipio de Riobamba con las siete restantes parroquias rurales del cantón.

Con la finalidad de potenciar el desarrollo local en los ámbitos sociales, económicos, agroindustriales, turísticos, culturales, etc., a través de la publicación de la información más relevante de cada parroquial rural.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN**

Se requiere diseñar una red de telecomunicaciones con la finalidad de interconectar el INFOCENTRO del ilustre Municipio del cantón Riobamba con los sitios asignados que se encuentran en las respectivas parroquias rurales que son: Calpi, Punín, Cubijíes, Licán, San Luis, Licto, Pungalá con el objetivo de intercambiar información social, económica y la que sea necesaria para el desarrollo y fomento de la inversión e investigación entre cada una de las parroquias del cantón Riobamba.

### **1.3 OBJETIVOS**

#### **1.3.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar el diseño de una red de telecomunicaciones para interconectar el INFOCENTRO del Ilustre Municipio del Cantón Riobamba con los sitios asignados en las diferentes parroquias rurales de Riobamba.

#### **1.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Recopilar y analizar información que permita diseñar una Red de Telecomunicaciones
- Identificar los puntos de los lugares estratégicos para la interconexión entre el INFOCENTRO y las parroquias rurales restantes del cantón Riobamba que son: Calpí, Punín, Cubijfes, Licán, San Luis, Licto, Pungalá.
- Realizar el estudio del perfil topográfico, determinar la zona de Fresnel, que permita enlazar los sitios indicados a través de radioenlaces.
- Seleccionar los equipos más adecuados para la implementación de la Red de Telecomunicaciones.
- Realizar el presupuesto de implementación de la Red de Telecomunicaciones.
- Implementación del radioenlace para la interconexión entre Licto y el INFOCENTRO del IMR con el presupuesto asignado para este proyecto por parte del Municipio de Riobamba.

- Analizar la disponibilidad para que la SENATEL apruebe el uso del espectro Radioeléctrico

#### **1.4 HIPOTESIS**

El diseño de la Red de telecomunicaciones permitirá interconectar las parroquias Calpi, Punín, Cubijés, Licán, San Luis, Licto, Pungalá con el INFOCENTRO del Ilustre Municipio de Riobamba usando enlaces inalámbricos de bajo costo.

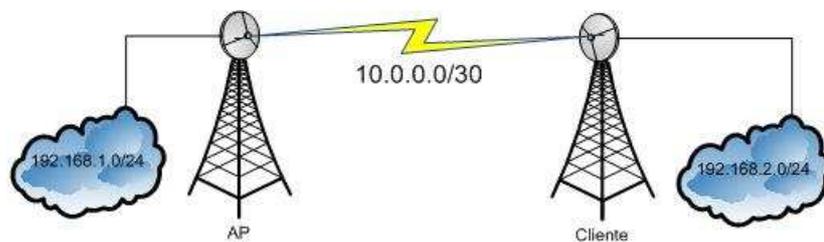
## CAPITULO II

### MARCO TEORICO

#### 2. ENLACES INALÁMBRICOS

##### 2.1 INTRODUCCIÓN

Los enlaces inalámbricos ofrecen la posibilidad de conectar a internet, lugares de difícil acceso donde no existen otras posibilidades de servicios de telecomunicaciones, como se muestra en la Figura.II.1.



**Figura II.1. Enlaces Inalámbricos**

A través de los enlaces inalámbricos se puede transportar voz, datos y video con una calidad y velocidad muy superior a las conexiones Internet vía satélite, por un medio de transmisión no guiado (sin cables) mediante ondas electromagnéticas.

La transmisión y la recepción se realizan a través de antenas y tienen menos costos de mantenimiento que una red convencional.

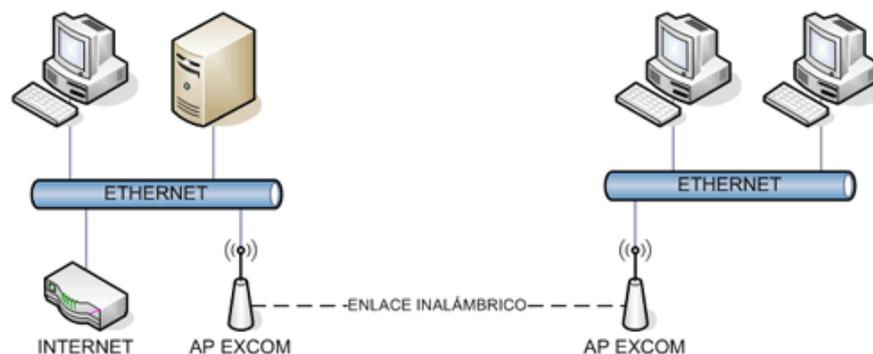
### 2.1.1 TIPOS DE ENLACES INALÁMBRICOS

- **Distribución de Acceso Inalámbrico (Hotspot)**

El HOT SPOT consiste en la colocación de puntos de conexión en zonas públicas o privadas como aeropuertos, mineras, hoteles, cafés, restaurantes, etc, dando la posibilidad al usuario que disponga de un dispositivo con conexión wifi a tener acceso a internet Banda Ancha es decir una red sin cable.

- **Enlace Punto a Punto**

Un enlace punto a punto, alcanzara distancias mayores (10 km) y podrá disfrutar de una conexión segura y eficiente. Como se muestra en la Figura.II.2.



**Figura.II.2. Enlaces Punto a Punto**

Su instalación consiste en una base con mástil mínimo de 6 mts en el cual se instala un primer equipo mismo que estará conectado a una salida de internet llamado también Gateway, del otro lado se instala un mástil de 6 mts mínimo con otro equipo recipiente que será el encargado de captar la señal y bajarla a la red o PC al cual se desea conectar a internet, ya teniendo la señal en este lugar en fácil poderlo

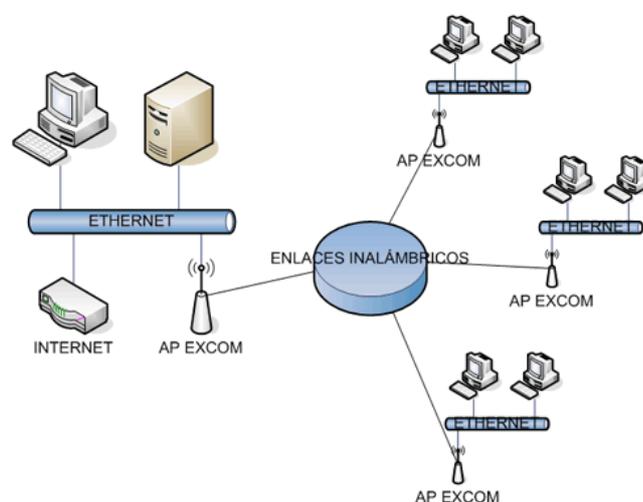
distribuir a demás sitios en un rango no mayor a los 500mts pudiendo ser estos, hoteles, casas de campañas, cabañas, escuelas, ranchos, etc.

- **Enlace Punto-Multipunto**

Los enlaces Multipunto Punto permiten establecer áreas de cobertura de gran capacidad para enlazar diferentes puntos remotos hacia una central que sirven para implementar redes de datos voz y videos.

Son equipos instalados en cualquier parte de una zona rural, urbana, escuelas, ranchos, en donde hay un equipo base (Gateway) el cual mediante antenas de 360° emite señal a distancias cortas y largas para mandar señal a demás equipos que se pueden encontrar en rangos de 500 mts o mas, hasta kilómetros de distancia de la base (GW).

Estos tipos de enlaces son utilizados para proveedores de internet en lugares donde el servicio de internet cableado no llega, o por el simple hecho de compartir el internet entre amigos o datos, como se observa en la figura.II.3.



**Figura.II.3. Enlaces Punto –Multipunto**

## **2.1.2 MICROONDAS**

### **2.1.2.1 LONGITUD DE ONDA**

La longitud de onda es la distancia que ocupa en el espacio un ciclo de una onda electromagnética, es decir la distancia entre los puntos correspondientes en una onda repetitiva. La longitud de onda es inversamente proporcional a la frecuencia de onda, y directamente proporcional a su velocidad de propagación de energía electromagnética en el espacio libre es de  $3 \times 10^8$  m/s

### **2.1.2.2 CONCEPTOS DE MICROONDAS**

Las microondas son ondas electromagnéticas cuyas frecuencias van desde unos 300MHz hasta 300GHz o más. Por lo tanto, a causa de sus altas frecuencias, tienen longitudes de onda de una señal relativamente cortas, de ahí su nombre "micro" ondas. Por ejemplo, la longitud de onda de una señal microondas de 100GHz es de 0.03cm, mientras una señal de 100MHz, como la banda comercial de FM, tiene una longitud de 3m. Las longitudes de onda microondas se pueden considerar menores a 60cm, un poco menores que la energía infrarrojo.

### **2.1.3 RADIOENLACE**

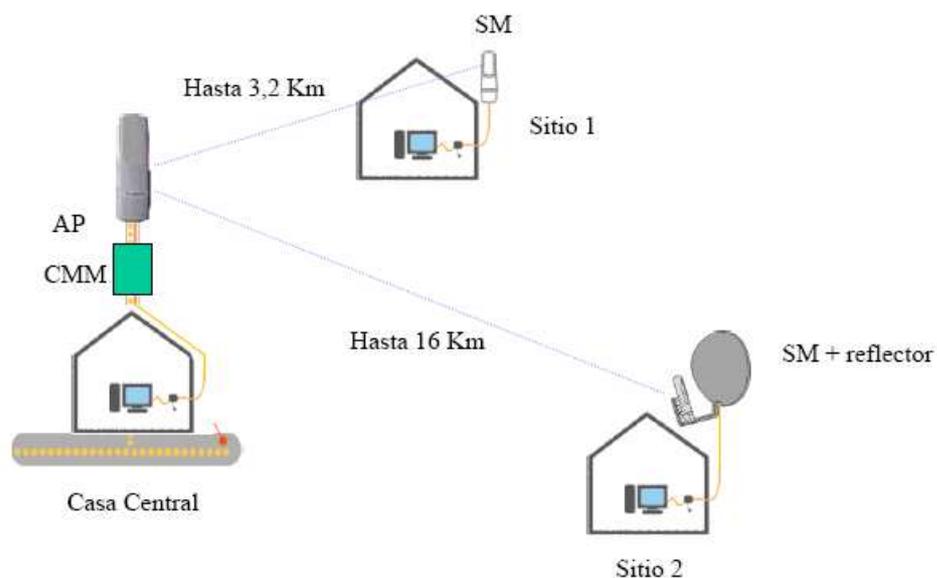
Un radioenlace terrestre provee conectividad entre dos sitios en línea de vista usando equipo de radio con frecuencias de portadora altas. La red inalámbrica ofrece a sus clientes o cualquier empresa la transmisión de datos de manera flexible y segura sin la necesidad de la instalación de cableado tradicional.

La red inalámbrica envía todos los datos necesarios a través de ondas de radio cifradas, lo que elimina la posibilidad de interceptación e interferencias en la señal.

Gracias a esta tecnología se puede llegar hasta donde el cable no llega, o este es demasiado costoso o complicado de instalar. También proporciona una plataforma para la interconexión en red local de equipos en constante movimiento, portátiles o en instalaciones meramente temporales como para salas de exposiciones, congresos, etc.

### 2.1.3.1 VENTAJA DE LOS RADIOENLACES

Observe la figura.II.4



**Figura.II.4. Elementos de un radioenlace**

El costo de instalación siempre ha sido un problema muy común en la tecnología alámbrica o cableada. Como por ejemplo se debe realizar el estudio de instalación, la instalación de: canaletas, conectores, cables y otros no mencionados suman costos muy elevados; mientras tanto que en las redes inalámbricas la instalación es más rápida, sencilla y barata, ya que no se necesita tendido de cableado entre los Módulos

Suscriptores y el Punto de acceso o Access Point de enlace sino simplemente en los puntos terminales.

- En el caso de que se necesite cambiar de oficina o edificio con redes cableadas se necesitaría hacer una nueva instalación, mientras que con las redes inalámbricas simplemente basta con redireccionar las antenas y reconfigurar los equipos.
- La actualización y mantenimiento es rápida, solo basta con actualizar los equipos por lo tanto es más económica.
- Puede superarse las irregularidades del terreno, ya que puede llegar hasta donde el cable no llega. Además se puede incrementar la altura de las torres para mejorar el enlace.
- La regulación solo debe aplicarse al equipo, puesto que las características del medio de transmisión son esencialmente constantes en el ancho de banda de trabajo.
- Los radio enlaces trabajan en un rango de frecuencias altas, dicho rango no es licenciado por lo que resultan económicos.

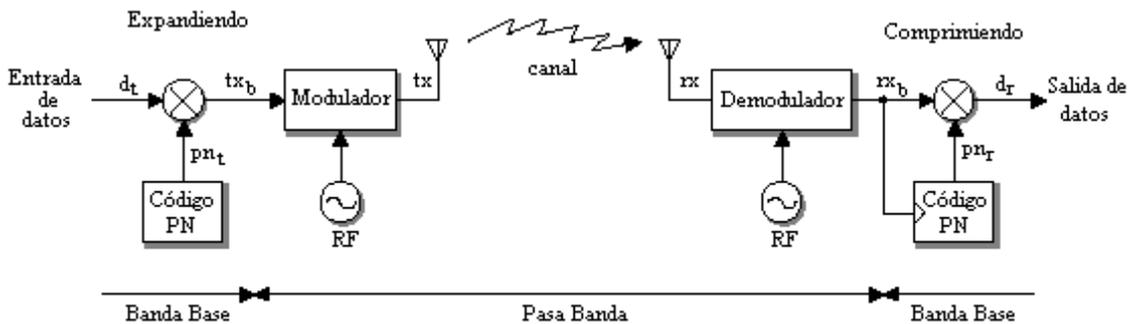
#### **2.1.3.2 DESVENTAJAS DE LOS RADIOENLACES**

- Necesidad de visibilidad directa para los enlaces (línea de vista).
- Necesidad de acceso adecuado a las estaciones repetidoras.

- Las condiciones atmosféricas pueden ocasionar desvanecimientos intensos y desviaciones del haz, lo que implica utilizar sistemas de diversidad y equipo auxiliar requerida, supone un importante problema en diseño.

### 2.1.4 ESPECTRO ENSANCHADO

En mayo de 1985, y tras cuatro años de estudios, el FCC; agencia Federal del Gobierno de Estados Unidos encargada de regular y administrar en materia de telecomunicaciones, asignó las bandas IMS (Industrial, Scientific and Medical) 902-928 MHz, 2,400-2,4835 GHz, 5,725-5,850 GHz a las redes inalámbricas basadas en espectro ensanchado. En la figura.II.5 se muestra un diagrama de bloques de un sistema SS simplificado.



Fuente: [www.denayer.be](http://www.denayer.be) (spread spectrum [ss] introduction.pdf)

**Figura.II.5. Modelo General de un Sistema Digital con Espectro Ensanchado**

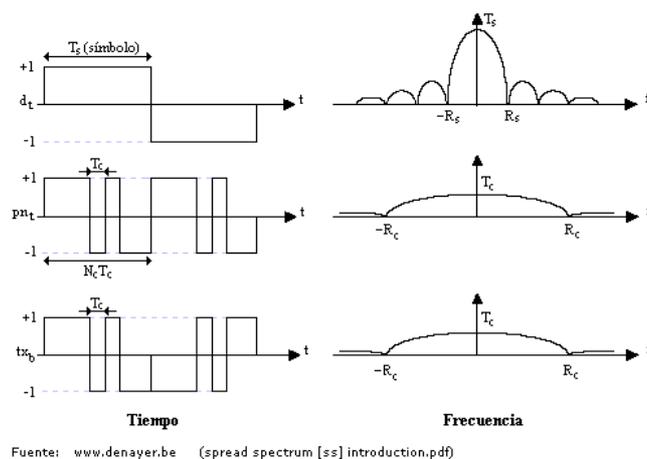
La tecnología de Espectro Ensanchado (SS) es una técnica cada vez más popular, que maximiza el uso del ancho de banda del canal permitiendo a múltiples señales utilizar el mismo canal sin colisiones, siendo altamente resistente a la interferencia y el bloqueo. Se genera independientemente de la señal un código pseudoaleatorio,

denominado secuencia de pseudo-ruido (PN), que se emplea para modular los datos entrantes.

Esta modulación expande la información sobre un ancho de banda mayor de tal forma que se minimizan las interferencias y se dificulta su interceptación. En el receptor se demodula la señal de espectro ensanchado empleando el mismo código PN generado en el emisor.

### 2.1.4.1 CODIFICACIÓN

En este tipo de codificación, los bits de datos ( $d_t$ ) se combinan con ruido determinístico (la secuencia  $pnt$ ) para producir un flujo de bits codificados ( $txb$ ), los cuales parecen ser muy ruidosos porque no presentan una estructura aparente. Esto permite que los bits utilicen completamente el ancho de banda del canal durante la transmisión. En la figura.II.6 se muestran las diferentes señales en tiempo y en frecuencia; se puede apreciar que tanto la señal transmitida como la secuencia pseudo-aleatoria ocupan todo el ancho de banda, mientras que la señal de datos original se concentra en un menor rango de frecuencia.



**Figura.II.6. Comparación entre la señal de datos, la secuencia PN y la señal transmitida**

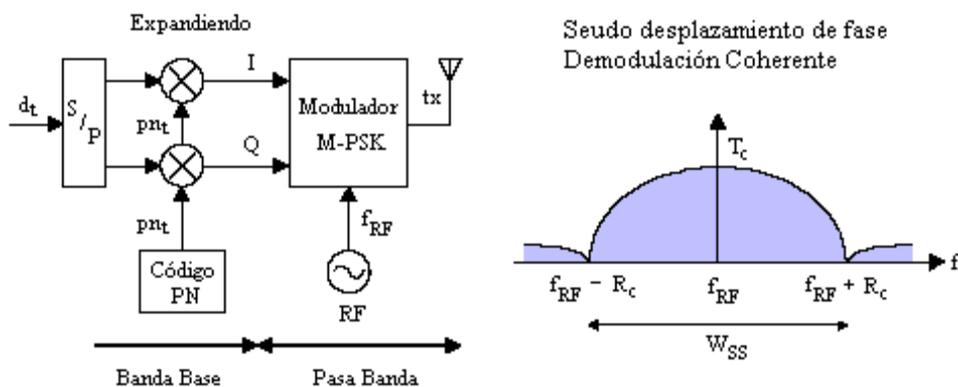
### 2.1.4.2 CLASIFICACIÓN

Los sistemas SS nacieron para aplicaciones militares, pero han sido adoptados para aplicaciones civiles en sistema de telefonía inalámbrica, en radioenlaces, etc. La señal ensanchada puede ser conseguida a través de técnicas como :

- Secuencia Directa
- Salto de Frecuencia

#### 2.1.4.2.1 ESPECTRO ENSANCHADO DE SECUENCIA DIRECTA (DSSS)

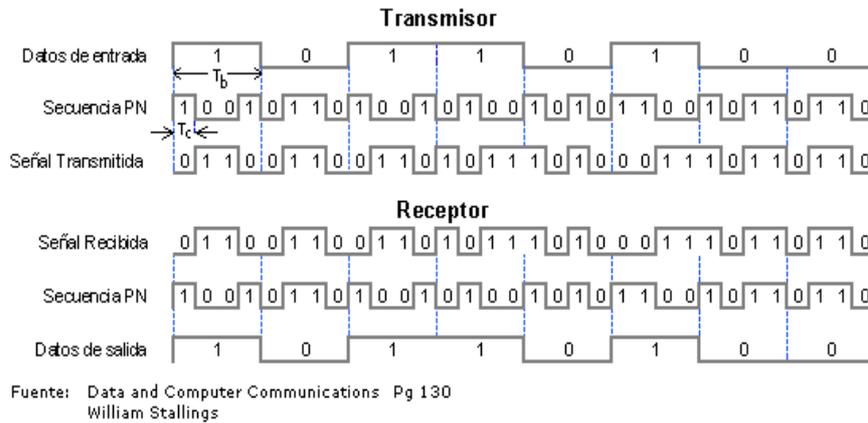
Sistema de espectro ensanchado en el cual la portadora esta modulada por un código de dispersión de alta velocidad y una corriente de datos de información. El proceso de espectro ensanchado de secuencia directa (DSSS) se ejecuta multiplicando efectivamente una portadora RF (datos de información) y una señal digital de pseudo-ruido (PN). Esta secuencia pnt generada en el modulador, es utilizada en conjunto con una modulación PSK M-aria (BPSK, QPSK) para desplazar la fase de la señal pseudo-aleatoria, a la tasa de chip  $R_c$ , como se ilustra en la figura.II.7.



Fuente: [www.denayer.be](http://www.denayer.be) (spread spectrum [ss] introduction.pdf)

**Figura.II.7. Sistema SS mediante Secuencia Directa**

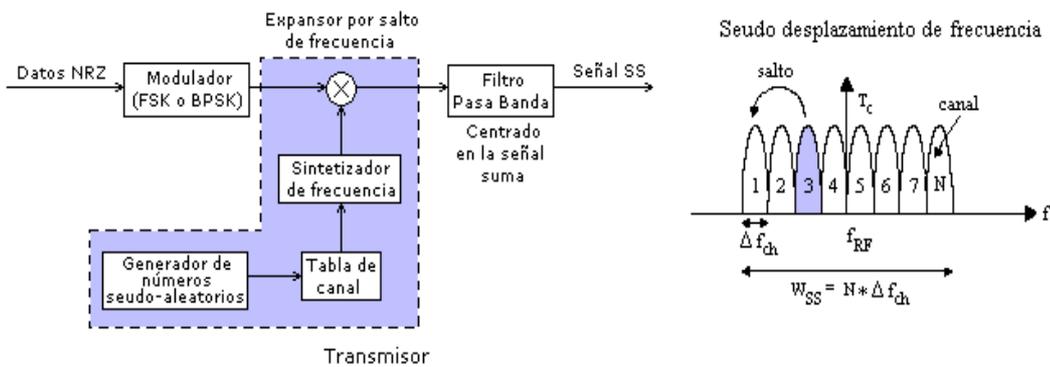
Cada bit de la señal se representa mediante varios bits de la señal transmitida; a este procedimiento se le denomina chip code (señal de chip genera un patrón de bits redundantes), el cual expande la señal a una banda de frecuencia mayor, directamente proporcional al número de bits que se usen. Como se ilustra en la figura.II.8.



**Figura.II.8. Ejemplo de Espectro Ensanchado por Secuencia Directa**

El ancho de banda transmitido es determinado por la tasa de chip y por el filtrado banda base. La implementación limita la máxima tasa RC (tasa de reloj) y de este modo la máxima expansión.

### 2.1.4.2.2 ESPECTRO ENSANCHADO DE SALTO DE FRECUENCIA (FHSS)



Fuentes: Data and Computer Communications Pg 129  
William Stallings

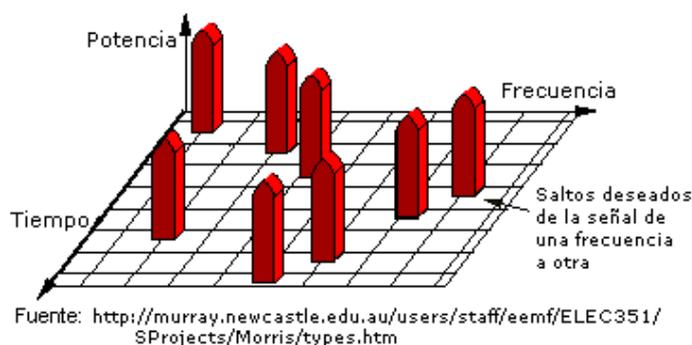
www.denayer.be (spread spectrum [ss] introduction.pdf)

**Figura.II.9. Sistema SS mediante Salto de Frecuencia**

La tecnología de espectro ensanchado por salto en frecuencia consiste en transmitir una parte de la información en una **determinada frecuencia durante un intervalo de tiempo** llamada *dwell time* e inferior a 400 ms. Pasado este tiempo se cambia la frecuencia de emisión y se sigue transmitiendo a otra frecuencia. De esta manera cada tramo de información se va transmitiendo en una frecuencia distinta durante un **intervalo muy corto de tiempo**.

Este sistema SS cuenta con diversidad de frecuencias para combatir la interferencia. Se consigue por frecuencia múltiple y codificación seleccionada FSK, BPSK o M-FSK. En FHSS la señal transmitida ocupa N frecuencias (canales) en el tiempo, saltando entre estos canales de acuerdo con la secuencia PN.

En cada salto de frecuencia, el generador PN emplea una secuencia de n bits para seleccionar en el FW (Tabla de Canal) una de las 2n posiciones de frecuencia ( $f_{hi}$ ) que alimentara al sintetizador. El transmisor y el receptor siguen el mismo patrón de salto de frecuencia. Para un salto dado, el ancho de banda instantáneo es mucho menor que WSS. Por lo tanto, instantáneamente la señal FHSS es de banda angosta, toda la potencia de transmisión se concentra en un solo canal; pero promediando sobre un conjunto de saltos, el espectro ocupa todo el ancho de banda SS, como se ilustra en la figura.II.10.



**Figura.II.10. Visualización en 3D de las señales FHSS**

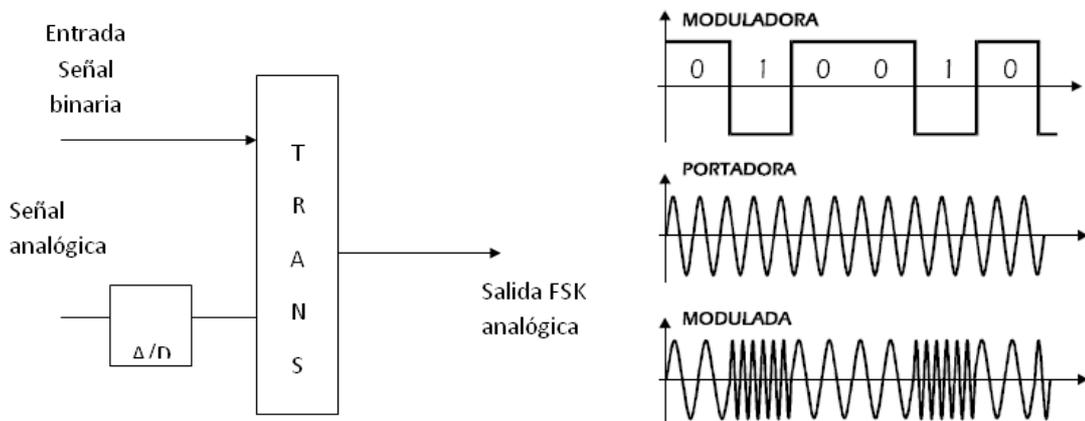
## MODULACIÓN DE FRECUENCIA POR DESPLAZAMIENTO DE FRECUENCIA

En modulación por desplazamiento de frecuencia, la frecuencia de la portadora se cambia entre los valores discretos. Si se usan solo dos frecuencias entonces a esto se le llamara BFSK que es el FSK más simple.

En FSK binario hay un cambio en la frecuencia de salida cada vez que la condición lógica de la entrada cambia. La razón de la salida de cambio es igual a la razón de entrada de cambio.

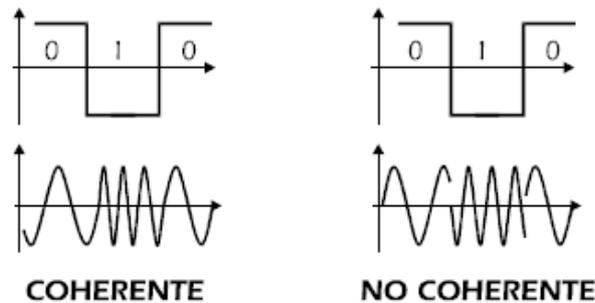
En modulación digital la razón de cambio a la entrada del modulador se llama razón de bit y su unidad es el bps y la razón de cambio a la salida del modulador se conoce como Baudio y es igual al recíproco del tiempo de un elemento de señalización de la salida.

En FSK la razón de bit y el baudio son iguales, como se ilustra en la figura.II.11.



**Figura.II.11. Transmisor FSK y modulación FSK**

La frecuencia de la portadora varía en función de la moduladora, como se ilustra en la figura.II.11.



**Figura.II.12. Modulación coherente y no coherente**

La modulada se puede obtener utilizando un único oscilador de frecuencia variable (modulación coherente) o con dos osciladores conmutados (modulación no coherente), como se ilustra en la figura.II.12.

## **2.2. PROPAGACIÓN DE ONDAS ELECTROMAGNÉTICAS**

### **2.2.1 PROPAGACIÓN DE ONDAS EN EL ESPACIO LIBRE**

La propagación de ondas se refiere a la propagación de ondas electromagnéticas en el espacio libre. Aunque el espacio libre realmente implica en el vacío, con frecuencia la propagación por la atmósfera terrestre se llama propagación por el espacio libre y se puede considerar siempre así. La principal diferencia es que la atmósfera de la tierra introduce pérdidas de la señal que no se encuentran en el vacío.

Las ondas electromagnéticas se propagan a través de cualquier material dieléctrico incluyendo el aire pero no se propagan bien a través de conductores con pérdidas

como el agua de mar ya que los campos eléctricos hacen que fluyan corrientes en el material disipando con rapidez la energía de las ondas.

Las ondas de radio se consideran ondas electromagnéticas como la luz al igual que ésta, viaja a través del espacio libre en línea recta con la velocidad de 300 000 000 metros por segundo. Otras ondas electromagnéticas son los rayos infrarrojos, los ultravioletas, los rayos X y los rayos gama.

Las ondas de radio se propagan por la atmósfera terrestre con energía transmitida por la fuente, posteriormente la energía se recibe del otro lado de la antena receptora. La radiación y la captura de esta energía son funciones de las antenas y de la distancia entre ellas.

#### **2.2.1.1 PERDIDAS EN EL ESPACIO LIBRE**

El espacio libre puede ser considerado como vacío y no se consideran pérdidas.

Cuando las ondas electromagnéticas se encuentran en el vacío, se llegan a disipar y se reduce la densidad de la potencia a lo que se llama atenuación. La atenuación se presenta tanto en el espacio como en la atmósfera. La atmósfera terrestre no se le considera vacío debido a que contiene partículas que pueden absorber la energía electromagnética y a este tipo de reducción de potencia se le llama pérdidas por absorción la cual no se presenta cuando las ondas viajan afuera de la atmósfera terrestre.

#### **Atenuación**

La atenuación es descrita matemáticamente por la ley del cuadrado inverso que describe como se reduce la densidad de potencia con la distancia a la fuente que

produce la onda. El campo electromagnético continuo se dispersa a medida que el frente de la onda se aleja de la fuente que la genera, lo que hace que las ondas electromagnéticas se alejen cada vez más entre si. En consecuencia, la cantidad de ondas por unidad de área es menor.

Cabe destacar que no se pierde ni se disipa nada de la potencia irradiada por la fuente a medida que la onda se aleja, sino que el frente se extiende cada vez más sobre un área mayor lo que hace una pérdida de potencia que se suele llamar atenuación de la onda. La atenuación de la onda se debe a la disipación esférica de la onda, a veces se le llama atenuación espacial de la onda.

Para calcular las perdidas, suponemos un equipo transmisor con una potencia denominada  $P_t$ . Además suponemos que las antenas de dicho equipo radian igual en todas las direcciones del espacio, si el medio no posee pérdidas, no se produce absorción de energía.

Por lo tanto cualquier superficie esférica centrada e la antena serán constantes, con lo que la densidad de potencia  $S$  en cualquiera de las esferas centradas en la antena será proporcional al inverso del cuadrado de la distancia  $R$  a la antena. Y se tiene la siguiente ecuación.

$$P_t = 4\pi SR^2$$

Debido a que las antenas no son omnidireccionales, sino concentran la energía en determinadas direcciones y esta dirección de máxima radiación es la que apuntamos hacia el equipo receptor, entonces denominaremos  $G_t$  (ganancia) al incremento de radiación en la dirección preferente con lo que en dicha dirección tenemos:

$$P_t = 4\pi SR^2$$

$$S = \frac{P_t G_t}{4\pi R^2}$$

El equipo receptor poseerá una antena que captará parte de esta densidad de potencia y la entregará al receptor. Para calcular cuanto es dicha energía definimos el

área efectiva o apertura  $A_e$  de la antena receptora como la relación de potencia captada por la antena receptora y la densidad de potencia incidente sobre ella. Por lo tanto la potencia recibida  $P_r$  será.

$$P_r = S \cdot A_e$$

$$P_r = \frac{P_t}{4\pi R^2} G_t \cdot A_e$$

Si tenemos en cuenta otros factores como la polarización (CP) y las posibles pérdidas en el medio (CM), llegamos a la ecuación:

$$P_r = \frac{P_t}{4\pi R^2} G_t \cdot A_e \cdot C_M \cdot C_P$$

Además existe una expresión que relaciona la apertura efectiva con la directividad de la antena receptora. Dicha expresión es:

$$A_e = \frac{\lambda^2}{4\pi} \cdot D$$

En la ecuación tenemos en cuenta la eficiencia de las antenas, sustituyendo la directividad por la ganancia (La directividad y la ganancia difieren solo en términos de eficiencia de antena), podemos calcular la atenuación como el coeficiente entre la potencia recibida y transmitida. Siendo igual a:

$$A = \frac{p_t}{p_r} = \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 \cdot \frac{1}{G_r G_t}$$

Se denomina atenuación en el espacio libre a la atenuación sin tener en cuenta la ganancia de las antenas receptora  $G_r$  y transmisora  $G_t$  .:

$$A_{EL} = \frac{p_t}{p_r} = \left( \frac{4\pi d}{\lambda} \right)^2 ; \text{ En dB será } 10 \log (A_{EL})$$

Podemos expresar la relación anterior en unidades más prácticas, quedando:

$$A_{EL} [dB] = 92.4 + 20 \cdot \log(f [GHz]) + 20 \cdot \log(d [Km])$$

Como podemos observar la atenuación del espacio libre depende únicamente de la frecuencia y la distancia de separación de los equipos.

Conforme aumenta la frecuencia aumenta además la atenuación

Si consideramos la ganancia  $G_t$  y  $G_r$  en dB, tendremos la fórmula de la transmisión de Friis.

$$A_{EL} [dB] = 92.4 + 20 \cdot \log(f [GHz]) + 20 \cdot \log(d [Km]) - G_t - G_r$$

Considerando el valor de la atenuación en el espacio, y suponiendo que no existe otro fenómeno, dado que nos encontramos en un medio ideal, podemos fácilmente calcular la potencia recibida:

$$10 \log P_r = 10 \log P_t - A(dB)$$

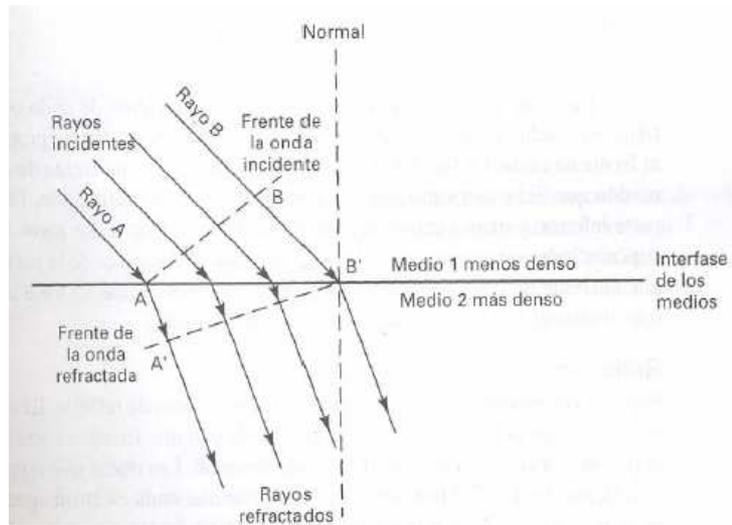
La atenuación en el espacio libre es únicamente debido a la expansión de las ondas electromagnéticas en el espacio y al tamaño físico limitado de las antenas y no a ningún otro fenómeno.

### **2.2.1.2 REFRACCIÓN**

La refracción se refiere al cambio de la dirección de un rayo al pasar en dirección oblicua de un medio a otro con distintas velocidades de propagación.

La velocidad a la que se propaga una onda electromagnética es inversamente proporcional a la densidad del medio en el que lo hace.

Por lo tanto, Hay refracción siempre que una onda de radio pasa de un medio a otro con distinta densidad como se muestra en la figura.II.13.



**Figura.II.13. Refracción en una frontera plana entre dos medios**

En la figura II.13 se muestra como el rayo A se propaga del medio 1 al medio 2 siendo el medio 1 menos denso que el medio 2. El rayo A proveniente del medio 1 con menos densidad experimenta un cambio de direcciones al propagarse dentro del medio 2.

El ángulo de incidencia es llamado al ángulo que forma la onda incidente y la normal y el ángulo de refracción es el formado por la onda propagada en el medio y la normal, entonces el índice de refracción no es más que la relación entre la velocidad de la propagación de la luz en el espacio vacío y la velocidad de propagación de la luz en determinado material.

### **Índice de refracción**

La variación del índice de refracción  $n$  es una función de la altura sobre el nivel del mar, de las condiciones atmosféricas y de la época del año. Se ha determinado la siguiente ley de variación:

$$n(h) = 1 + a^{(-b \cdot h)}$$

Donde, a y b son constantes que se determinan por métodos estadísticos y h es la altura sobre el nivel del mar en Km. El índice de refracción se define como el cociente entre la velocidad de propagación de la onda radioeléctrica en el vacío y la velocidad de la onda a la altura h en la atmósfera. Como referencia se ha determinado el valor:

$$n(h) = 1 + 315^{(-0,136 \cdot h)} \cdot 10^{-6}$$

Entonces a la altura del nivel del mar (h= 0km) el índice de refracción es 1,000315. Como el índice n disminuye desde 1,000315 en forma exponencial con el incremento de la altura se dice que en una atmósfera normal la derivada del índice respecto de la altura ( $\delta n / \delta h$ ) o gradiente, es negativa. Como se ve en la figura.II.14

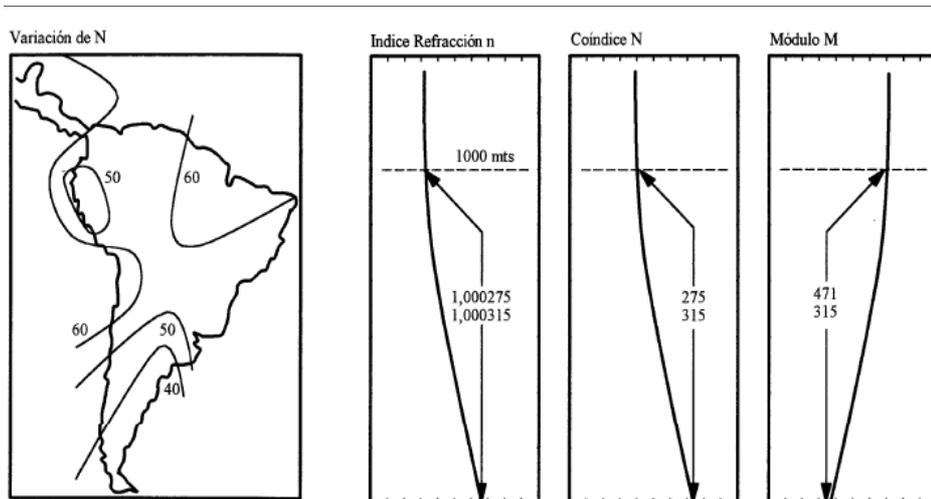


Figura.II.14. Efecto de la refracción en la atmósfera.

**Coincide de refracción.** Como el valor de n es cercano a la unidad se prefiere definir el coincide de refracción N como:  $N = (n - 1) \cdot 10^6$

Es decir, para n=1,000315 el N=315, lo cual resulta en una valor más cómodo. En la figura2 se muestra un ejemplo. El valor de N y n es una función climática:

$$N = 77,6 \frac{P + 4810 \cdot \frac{e}{T}}{T}$$

$$P = 216,7$$

Donde P es la presión atmosférica en milibares, e es la presión del vapor de agua en mb y T la temperatura en grados Kelvin. La relación  $\frac{e}{T}$  da lugar a la concentración del vapor de agua p en  $\frac{\text{gr}}{\text{m}^3}$

**Modulo de refracción.** Es el exceso del índice modificado con relación a la unidad:

$$M = \left( n + \frac{h}{R_o} - 1 \right) \cdot 10^6$$

Donde  $\left( n + \frac{h}{R_o} \right)$  se denomina índice de refracción modificado y está determinado por la altura h y el radio de la tierra  $R_o = 6370 \text{ Km}$ . Cuando h corresponde al nivel del mar el valor de M corresponde a N, es decir:

$$M = \left( N + \frac{h}{R_o} \right) \cdot 10^6$$

Entonces el valor de M se incrementa con la altitud. Como el índice de refracción n disminuye con la altura se tiene que la onda radioeléctrica se curva hacia abajo debido a la ley de Snell.

Por ello es importante el valor del gradiente entre el índice y la altura cercana a la superficie de la Tierra.

### **Gradiente del Índice de refracción.**

Se ha definido el gradiente normal del índice de refracción al valor mediano del gradiente en los primeros 1000 m de altura para zonas templadas. El mismo corresponde a N(h):

h= 0 Km	n(0)= 1,000315	N(0)= 315	
h= 1 Km	n(1)= 1,000275	N(1)= 275	$\delta N/\delta h = -40 \text{ N/Km}$

Una atmósfera se define como subnormal (subestándar) cuando el gradiente supera el umbral de  $-40/\text{Km}$  y como súper normal (súper-estándar) si es inferior a  $-40/\text{Km}$ . Como se trata de un valor normal el 50% del tiempo se está por encima o por debajo de este umbral. Los valores de  $\delta N/\delta h$  dependen del clima y en la figura 2 se muestra la información para América.

### **Radio ficticio de la Tierra**

Como la onda radioeléctrica se curva hacia abajo en una atmósfera normal, se define el factor de radio ficticio de la Tierra  $K$  que permite suponer a la onda en una propagación rectilínea y a la Tierra con un radio aparente  $R_a$  distinto al radio real  $R_o$  :

$$R_a = K.R_o \quad \text{Donde } R_o \text{ es } 6370 \text{ Km.}$$

La curvatura del rayo en la atmósfera se relaciona con el gradiente del índice mediante:

$$1/\sigma = - \delta n/\delta h$$

Con  $\sigma$  el radio de curvatura del rayo. La curvatura de la Tierra respecto de la

curvatura del rayo es: 
$$\frac{1}{R_o} - \frac{1}{\sigma} = \frac{1}{KR_o}$$

Por lo tanto, el valor de  $K$  se relaciona con el índice de la siguiente forma de acuerdo:

$$K = \left(1 + R_o \frac{\partial n}{\partial h}\right)^{-1} = \left(1 + 0,00637 \cdot \frac{\partial N}{\partial h}\right)^{-1}$$

El valor de  $K$  sigue las estadísticas de  $N$ . Se dice que el horizonte de la Tierra se "levanta" cuando  $K$  es inferior al valor promedio. Para  $\frac{\partial N}{\partial h} = -40/\text{Km}$ . el valor de  $K$  es de 1,34 (4/3); esto corresponde a un radio aparente de la Tierra de 8500 Km.

La curvatura del rayo depende del gradiente y los cambios de éste pueden producir conductos y propagación por caminos múltiples o desenfoque de las antenas. Además pueden producirse atenuaciones por obstrucción. En la propagación por el espacio libre la energía se dispersa en dos direcciones ortogonales respecto al sentido de propagación. Por ello la atenuación del espacio libre es una función cuadrática de la distancia. Según **ITU-R I.718-2** en el caso de altos valores de gradiente del índice se produce una reflexión en un conducto atmosférico y la atenuación es menor pudiendo llegar a ser proporcional a la primer potencia de la distancia. En el caso extremo de un conducto continuo entre antenas emisora y receptora la atenuación del espacio es:

$$A_0 = 32,5 \text{ dB} + 20 \cdot \log f + 10 \cdot \log d$$

Que para una distancia de 50 Km. corresponde a una diferencia de nivel de 17 dB.

La propagación normal es favorecida por la baja presión creada por turbulencias y el cielo cubierto. Generalmente provocadas en terreno rugoso o montañoso. El valor de  $K = 4/3$  corresponde a una región de clima tropical templado. En regiones árticas el valor estándar corresponde a 1,2 mientras que en el trópico se incrementa a 1,6. Esta conclusión puede obtenerse de los valores presentados en la figura 2

El valor estándar de K se debe completar con el valor de K para el "peor caso". En **ITU-R I.338-5** se indica el comportamiento de K en un clima tropical templado en función de la longitud del enlace para una atmósfera subnormal en el 99,9% del tiempo. Por ejemplo, para una longitud del enlace de 50Km el valor de  $K = 0,8$  es superado el 99,9% del tiempo.

### **2.2.1.3 DIFRACCIÓN**

Una antena se asimila a un emisor de un frente de onda en expansión. De acuerdo con el principio de Huygen cada elemento del frente de la onda produce un frente de onda secundario. Es decir que, a la antena receptora llega señal desde cada punto del

frente de onda (señal difractada); existen entonces infinitos caminos que unen las antenas. Como los rayos así difractados recorren un camino más extenso llegan con un cierto retardo que puede producir una interferencia que se suma o se resta de acuerdo con la fase relativa. El efecto queda determinado por una familia de elipsoides de Fresnel con focos en las antenas. En la figura 3 se observa un elipsoide genérico correspondiente a dicha familia.

### **Zonas de Fresnel**

Se denominan zonas de Fresnel a las coronas circulares concéntricas determinadas por los rayos difractados que se suman en fase y en contrafase en forma alternada. Dentro del elipsoide de revolución la primera zona de Fresnel se caracteriza por el radio  $F_1$  a una determinada distancia de la antena.

En ITU-R I.715 se indica la relación entre los distintos elementos que interviene:

$$F_N = 550 \cdot \left\{ \frac{N \cdot d_1 \cdot d_2}{f \cdot (d_1 + d_2)} \right\}^{\frac{1}{2}}$$

Donde  $d_1$  y  $d_2$  corresponden a las distancias desde las antenas en km.  $f$  es la frecuencia en MHz y  $N$  es el número del elipsoide. El valor de  $F_N$  resulta en metros.

Las zonas pares ( $N= 2, 4, 6,$  etc.) tienen una contribución sustractiva de potencia pues el rayo directo y el difractado se suman en contrafase y las zonas impares tienen una contribución aditiva. La potencia de recepción es la suma de todas las contribuciones; las amplitudes de estas contribuciones disminuyen en la medida que se incrementa el orden  $N$ . Las zonas de Fresnel aportan una intensidad de campo proporcional a la superficie de la zona y a un factor de oblicuidad. A causa de este factor el aporte de cada zona disminuye con el orden de la zona. En conjunto el aporte combinado desde la zona 2 en adelante es solo la mitad del aporte de la primera zona.

El principio de Huygen es una interpretación teórica que responde a un efecto determinado de las leyes de Maxwell con las condiciones de contorno correspondientes a la presencia de un obstáculo. El resultado de la difracción producida por un obstáculo es como si ocurriera dicho principio. El despejamiento  $D$  indicado en la figura 4 determina la separación entre el obstáculo y el rayo directo entre antenas. Es natural que el valor de  $D$  sea finito y por lo tanto se produzca una obstrucción de alguna parte de las zonas de Fresnel.

### **Atenuación por obstrucción**

En la figura 4 se muestra la atenuación introducida por el obstáculo en función de la relación entre el despejamiento y el primer radio de Fresnel  $D/F_1$  expresada en la misma unidad.

El valor mostrado en la figura 16 es válido cuando se trata de una atmósfera estándar. Cuando el valor de  $K$  es inferior a  $4/3$  el rayo se curva hacia la Tierra y la obstrucción aumenta. Un horizonte representado por una esfera homogénea produce mayor atenuación por difracción que una arista (filo de cuchillo). La Tierra plana tiene una curva igual a la esfera homogénea por encima de  $D/F_1=0,2$ ; por debajo la atenuación es mayor a la esfera. La esfera o Tierra plana produce una inversión de fase de  $180^\circ$  en la reflexión; la cual varía de acuerdo con las imperfecciones del terreno.

La expresión para la arista se aproxima, para valores de  $D/F_1$  inferiores a  $-1$ , mediante:

$$At = 6,9 \text{ dB} + 20 \log \left\{ \frac{D}{F_1} + \left[ \left( \frac{D}{F_1} \right)^2 + 1 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}$$

Téngase en cuenta que con  $D/F1=0$  la atenuación es de 6 dB para una arista. En ITU-R I.338 se indica el valor para un obstáculo promedio:

$$A_t = 10 + 20 \cdot \log \frac{D}{F_1} \quad \text{Cuando el valor de } D/F1 \text{ es inferior a } -0,5.$$

Cuando el valor de  $D/F1$  es positivo, es decir cuando el rayo pasa sobre el obstáculo se produce zonas de ganancia y atenuación sucesivas.

Las mismas corresponden a obstaculizar las zonas pares e impares respectivamente. Un valor muy interesante corresponde a  $D/F1$  cercano a 0,6. En este valor se compensa la atenuación producida sobre las zonas pares con las impares y el nivel de recepción es equivalente al obtenido en el espacio libre de obstáculos.

En otras palabras, si se dispone de un despejamiento equivalente a  $D= 0,6.F1$  se puede aplicar la teoría desarrollada en la ecuación del enlace.

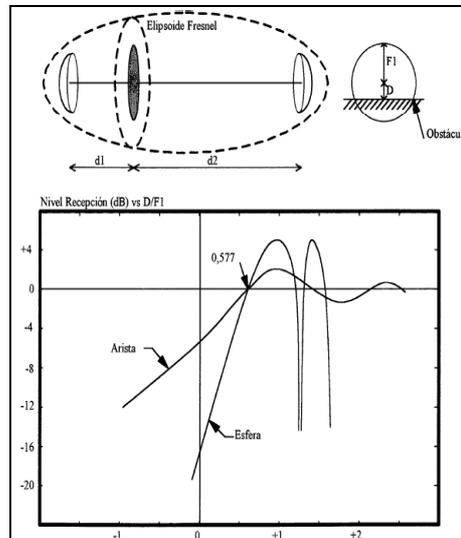
Este valor se denomina criterio de planificación o despejamiento. El ITU-R I.136 indica la atenuación promedio que introduce una arboleda como obstáculo cuando se encuentra cerca de la antena hasta una distancia de 400 m:

$$A = 0,2 \cdot f^{0,3} \cdot L^{0,6}$$

Donde, la frecuencia se expresa en MHz (válida hasta 10 GHz) y la longitud  $L$  de la arboleda en m. El valor real es función de la densidad de la vegetación, la humedad de las hojas, la presencia de nieve acumulada en el follaje, etc.

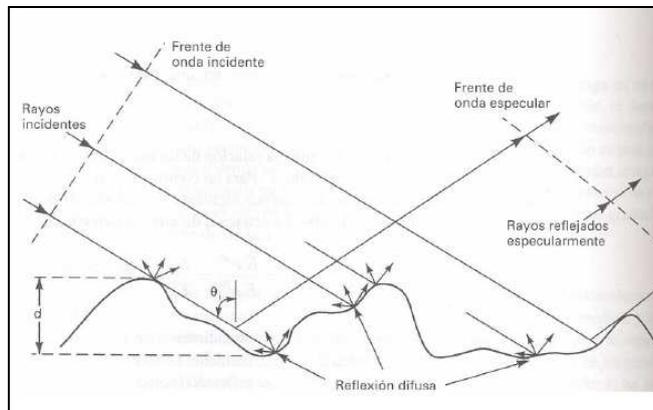
Cuando la arboleda se encuentra cerca de la antena la onda se propaga en su interior y sufre una atenuación por absorción. En cambio, si la arboleda se encuentra lejos de

la antena se comporta como un obstáculo del tipo filo de cuchillo (arista) y produce difracción, ver figura.II.15.



**Figura.II.15. Efecto de la difracción en la atmósfera.**

#### 2.2.1.4 REFLEXIÓN



**Figura.II.16. Efecto de reflexión**

La reflexión refiere al choque de la onda electromagnética con la frontera entre dos medios y parte o toda la potencia de la onda no se propagan en el medio si no que es reflejada en dirección opuesta al segundo medio como se muestra en la figura.II.16 en donde el frente de onda incidente choca con el medio 2 con un ángulo de

incidencia  $\vartheta_i$ . Este frente de onda es reflejado en su totalidad con un cambio de dirección llamado  $\vartheta_r$ .

## **2.3 PLANIFICACIÓN DEL RADIOENLACE**

Las frecuencias utilizadas habitualmente por los radioenlaces fijos exceden de 1 GHz. Por lo tanto, estos sistemas se incluyen dentro de la categoría de sistemas terrenales con visión directa (LOS, Line-Of-Sight). La característica de visibilidad directa o LOS proviene de la dificultad de las señales de radio de alta frecuencia para propagarse bordeando esquinas o para difractarse en torno a obstáculos. Es decir, debe existir un camino directo sin obstáculos para la propagación de la señal radio entre las antenas transmisora y receptora. Si desde el emplazamiento de una de las antenas puede verse la otra, entonces se dice que existe visión directa. Entonces lo siguiente será hacer el perfil topográfico del terreno en donde va a estar el enlace.

### **2.3.1 DISEÑO DE LOS PERFILES**

La base principal sobre la que van a fundamentar todos los cálculos efectuados para evaluar las pérdidas que afectan a un radioenlace, es el perfil levantado entre los dos extremos del mismo, es decir entre el transmisor y receptor.

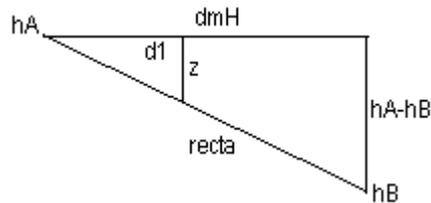
Para esto utilizaremos cartas topográficas, en las cuales ubicaremos los dos extremos del enlace y se los unirá mediante una recta para proceder a tomar los datos de las alturas sobre el nivel del mar de la topografía del terreno cada cierta distancia .

Para el gráfico de perfiles del terreno se considera la curvatura de la tierra con la ecuación. Donde radio de la tierra  $R= 6370\text{Km}$

$$h_{corr} = h + h_k \quad \text{Ec 2.1}$$

$$h_k = \frac{d_1 d_2}{K(2R)} \quad \text{Ec 2.2}$$

La recta que une el transmisor y el receptor, es decir la trayectoria que seguira la señal en el enlace estará determinada por los puntos resultantes de la Ec.2.3 la cual está en función de la distancia como se ve en la figura.II.17.



**Figura.II.17. Trayectoria del enlace**

$$\frac{Z}{d_1} = \frac{h_A - h_B}{d_{mH}}$$

$$Z = \frac{h_A - h_B}{d_{mH}} \cdot d_1$$

$$recta = h_A - Z$$

$$recta = \frac{h_B - h_A}{d_{mH}} \cdot d_1 + h_A \quad \text{Ec.2.3}$$

Junto con el perfil se presenta la primera zona de Fresnel la cual está determinada por las ecuaciones 2.4 y 2.5 que nos indicarán el punto inferior y superior respectivamente.

La frecuencia de trabajo para el enlace microonda será 5.7Ghz, debido a que es una banda libre.

$$Fresnel(-) = recta - \sqrt{\frac{300d_1d_2}{d_{mH} f (Ghz)}} \quad \text{Ec 2.4}$$

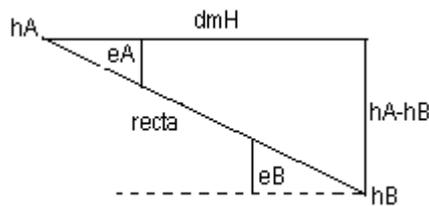
$$Fresnel(+)=recta + \sqrt{\frac{300d_1d_2}{d_{mH}f(Ghz)}}$$

Ec 2.5

### 2.3.1.1 ANGULO DE ELEVACIÓN

El ángulo de elevación por definición es el ángulo formado entre la línea de viaje de la onda radiada desde la antena y el plano horizontal.

En la figura.II.18 se muestra Loma Cebada Pamba representado por el punto A y Guaranda por el punto B.



**Figura.II.18. Angulo de Elevación**

Mediante la función trigonométrica en el ángulo correspondiente a la antena B podemos despejar su valor, y el ángulo de A se encontrará restando el ángulo anterior de 360°.

$$\tan(e_B) = \frac{h_A - h_B}{d_{mH}} \quad \text{Ec. 2.6}$$

$$e_B = \arctan\left(\frac{h_A - h_B}{d_{mH}}\right) \quad \text{Ec.2.7}$$

$$e_A = 360^\circ - e_B \quad \text{Ec 2.8}$$

### **2.3.1.2 AZIMUT**

El azimut es el ángulo horizontal al que hay que girar la antena, desde el polo norte terrestre hasta encontrar la otra antena, es el ángulo de apuntamiento horizontal de una antena. Se toma como referencia el Norte como cero grados, y si continuamos girando en el sentido de las agujas del reloj, hacia el este, llegamos a los 90° azimut, hacia el oeste 270° y por último llegamos al punto inicial donde los 360° coincide con los 0° del norte. Para el cálculo del azimut utilizamos el Software Radiomobile.

### **2.3.2 EQUIPOS Y MATERIALES**

#### **2.3.2.1 EQUIPOS DE TRANSMISIÓN**

Un sistema de radiocomunicación consta fundamentalmente de un sistema emisor y otro receptor, estando el emisor compuesto por un generador un medio de transmisión de la onda hasta la antena emisora, mientras que el receptor será otra antena, medio de transmisión y detector adecuado.

Además de estos elementos existirán otras componentes como pueden ser atenuadores, desfasadores, frecuencímetros, medidores de onda estacionaria, etc.

La potencia de transmisión es la potencia de salida del radio. El límite superior depende de las regulaciones vigentes en cada país. En general, los radios con mayor potencia de salida son más costosos.

La potencia de transmisión del radio, normalmente se encuentra en las especificaciones técnicas del vendedor, estos valores son ideales, los valores reales pueden variar con factores como la temperatura y la tensión de alimentación.

En el enlace se ocupará un arreglo de AP o llamado Access Point Cluster (ver figura.II.19.) existente en el enlace Infocentro 2da etapa. Tiene las siguientes características: Modelo Canopy Part Number 5750AP de Motorola trabaja en la frecuencia 5.725GHz. Ganancia de la antena 25 dBi, Potencia de transmisión de 23dBm. La hoja de característica se muestra en el Anexo 1.



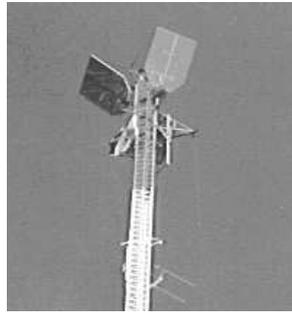
**Figura.II.19. Access Point Cluster con AP**

### **2.3.2.2 REPETIDORES**

La distancia máxima entre el transmisor y el receptor de un sistema microondas depende de factores como la potencia de transmisión, el umbral del receptor, la frecuencia de trabajo, el tipo de terreno, las condiciones atmosféricas, la capacidad del sistema y los objetivos de desempeño (calidad y confiabilidad). Generalmente esta distancia se mantiene entre 30 y 80 Km. Sin embargo, usualmente las localidades que se desean comunicar mediante enlaces de microondas están ubicadas a distancias mayores, por lo que es necesario ubicar repetidores.

También es necesario colocar repetidores para evitar obstrucciones que interfieren en la línea directa. Los repetidores se dividen en activos y pasivos. Los repetidores pasivos hay dos tipos: el repetidor espejo y el repetidor con antenas espalda-espalda no dispone de elementos activos por lo tanto no tienen amplificación de la señal, pero si ganancia de antenas. Ver figura.II.20.

Los repetidores pasivos solo son útiles cerca de una de las antenas y para enlaces relativamente cortos debido a la suma de atenuaciones de espacio libre.



**Figura.II.20. Repetidor pasivo a espejo**

Los repetidores activos consisten en un receptor y un transmisor colocados espalda contra espalda. La estación repetidora recibe la señal, la amplifica y la acondiciona, para luego retransmitir al próximo repetidor o estación Terminal.

En nuestro estudio utilizaremos repetidores activos Marca Canopy de Motorola Modelo 5210BHRFDD con reflecto, la frecuencia de operación la misma que el Cluster 5.7 GHz y potencia de transmisión de 23 dBm. La hoja de características técnicas se muestra en el anexo 2.

### **2.3.2.3 ANTENAS**

Una antena es un dispositivo diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre. Una antena transmisora transforma voltajes en ondas electromagnéticas, y una receptora realiza la función inversa.

Existe varios tipos de antenas, dependiendo del uso a que van a ser destinadas. En unos casos deben expandir en lo posible la potencia radiada, es decir, no deben ser directivas como las antenas de las emisoras de radio comercial, otras deben servir

para canalizar la potencia en una dirección y no interferir a otros servicios como las antenas de estaciones de radioenlaces.

Las características de las antenas dependen de la relación entre sus dimensiones y la longitud de onda de la señal de radiofrecuencia transmitida o recibida. Si las dimensiones de la antena son mucho más pequeñas que la longitud de onda las antenas se denominan elementales, si tienen dimensiones del orden de media longitud de onda se llaman resonantes, y si su tamaño es mucho mayor que la longitud de onda son directivas. Existen tres tipos básicos de antenas: antenas de hilo, antenas de apertura y antenas planas. Asimismo, las agrupaciones de estas antenas (arrays) se suelen considerar en la literatura como otro tipo básico de antena.

### **Antenas de Array**

Las antenas de array están formadas por un conjunto de dos o más antenas idénticas distribuidas y ordenadas, ver figura 10, de tal forma que en su conjunto se comportan como una única antena con un diagrama de radiación propio.

La característica principal de los arrays de antenas es que su diagrama de radiación es modificable, pudiendo adaptarlo a diferentes aplicaciones/necesidades.

Esto se consigue controlando de manera individual la amplitud y fase de la señal que alimenta a cada uno de los elementos del array. Atendiendo a la distribución de las antenas que componen un array podemos hacer la siguiente clasificación:

Arrays lineales. Los elementos están dispuestos sobre una línea.

Arrays Planos: Los elementos están dispuestos bidimensionalmente sobre un plano.

Arrays conformados: Los elementos están dispuestos sobre una superficie curva, ver figura.II.21



**Figura.II.21. Array de Antenas**

A nivel de aplicación los arrays de antenas se utilizan para la construcción de antenas inteligentes. Una definición básica de un sistema de antenas inteligentes es cualquier configuración adaptativa de múltiples antenas que mejoran el rendimiento de un sistema de comunicaciones inalámbricas.

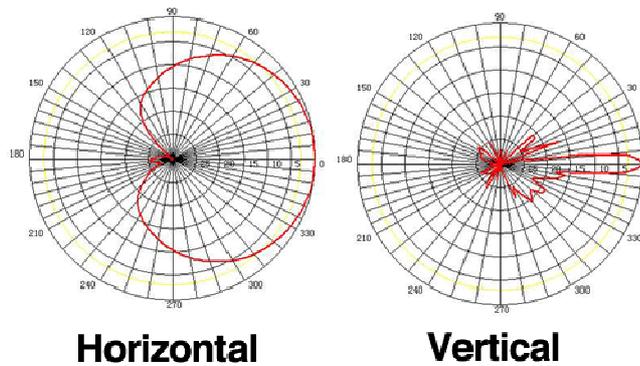
### **Antenas Sectoriales**

Son la mezcla de las antenas direccionales y las omnidireccionales. Es una solución tecnológica ideal para la planificación de redes móviles celulares.

Las antenas sectoriales emiten un haz más amplio que una direccional pero no tan amplio como una omnidireccional. La intensidad (alcance) de la antena sectorial es mayor que la omnidireccional pero algo menor que la direccional.

Para tener una cobertura de 360° (como una antena omnidireccional) y un largo alcance (como una antena direccional) deberemos instalar tres antenas sectoriales de 120° ó 4 antenas sectoriales de 80°.

Las antenas sectoriales suelen ser más costosas que las antenas direccionales u omnidireccionales. En la figura.II.22 podemos ver el diagrama patrón de una antena sectorial:



**Figura II.22. Diagrama patrón antena sectorial**

En nuestro caso utilizaremos los AP con una Ganancia de la antena 25 dBi, especificada en su hoja de datos técnicos, ver Anexo1.

#### **2.3.2.4 CABLES Y CONECTORES**

##### **Atenuación de Cables**

Las pérdidas en la señal de radio se pueden producir en los cables que conectan el transmisor y el receptor a las antenas. Las pérdidas dependen del tipo de cable y la frecuencia de operación y normalmente se miden en dB/m o dB/pies.

Independientemente de lo bueno que sea el cable, siempre tendrá pérdidas. Por lo tanto el cable de la antena debe ser lo más corto posible. La pérdida típica en los cables está entre 0,1 dB/m y 1 dB/m, mientras más grueso y más rígido sea el cable menor atenuación presentará.

Las pérdidas en los cables dependen de la frecuencia como se ve en la TABLA.II.1.

**Tabla.II.1. Atenuación para varios cables UTP de transmisión en (dB/100 m)**

Frecuencia MHz	NEXT (dB)	PS-NEXT (dB)	Atenuación (dB)	EL-FEXT (dB)	PS-ELFEXT (dB)	Pérdida de retorno (dB)
10	56.6	53.9	6.4	43.2	40.3	19.0
62.5	43.4	40.6	16.5	27.3	24.3	14.1
100	39.9	37.1	21.3	23.2	20.2	12.0
200	34.8	31.8	31.6	17.2	14.2	9.0
250	33.1	30.2	36.0	15.3	12.3	8.0

**Fuente.** Internet **Elaborado por:** el autor del proyecto

### **Pérdida en los conectores**

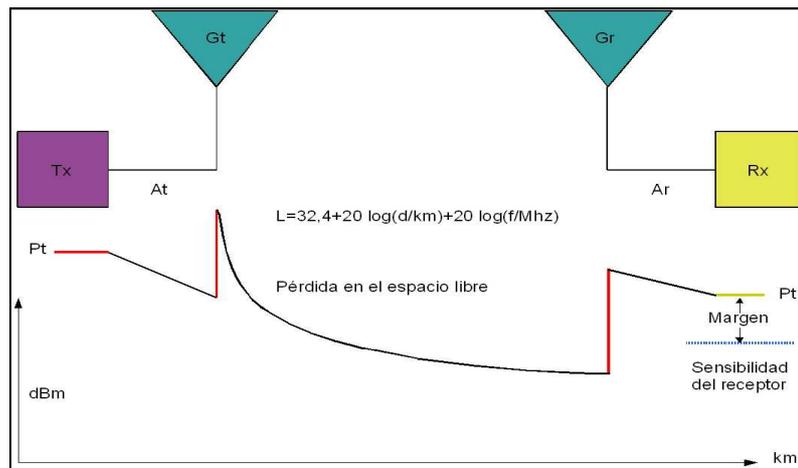
Se estima por lo menos 0,15 dB de pérdida para cada conector en el cableado, estos valores pueden variar si los conectores están mal soldados y pueden implicar pérdidas mayores. Además, los protectores contra descargas eléctricas que se usan entre las antenas y el radio deben ser presupuestados hasta con 1 dB de pérdida, dependiendo del tipo.

### **2.3.2.5 EQUIPOS DE RECEPCIÓN**

La sensibilidad de un receptor es un parámetro que identifica el valor mínimo de potencia que necesita para poder decodificar/extraer "bits lógicos" y alcanzar una cierta tasa de bits. Cuanto mas baja sea la sensibilidad, mejor será la recepción del radio. En nuestro caso se utilizará en cada punto Terminal un Módulo Suscriptor de marca Canopy que trabaja a 5.7GHz, con una configuración Punto multipunto con un reflector pasivo, más detalles se muestran en el Anexo 3.

### 2.3.3 PRESUPUESTO DEL ENLACE

El presupuesto de enlace es la suma de todas las ganancias y pérdidas desde el transmisor (fuente de la señal de radio), a través de cables, conectores y espacio libre hasta el receptor como se muestra en la Figura.II.23.



**Figura.II.23. Potencia en dBm en el enlace en función a la distancia.**

En la figura se ve claramente como varía la potencia según la trayectoria del enlace y se resume en la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} & \text{Potencia del transmisor [dBm]} \\ & - \text{Pérdida en el cable TX [dB]} \\ & + \text{Ganancia de antena TX [dBi]} \\ & - \text{Pérdidas en la trayectoria del espacio abierto [dB]} \\ & + \text{Ganancia de antena RX [dBi]} \\ & - \text{Pérdidas en el cable del RX [dB]} \\ & = \text{Margen} - \text{Sensibilidad del receptor [dBm]} \end{aligned}$$

**Margen del sistema.-** corresponde a la diferencia entre el valor de la señal recibida y la sensibilidad del receptor. No es suficiente que la señal que llega al receptor sea mayor que la sensibilidad del mismo, sino que además se requiere que haya cierto margen para garantizar el funcionamiento adecuado.

En situaciones donde hay muy poco ruido el enlace está limitado primeramente por la sensibilidad del receptor. En áreas urbanas donde hay muchos radioenlaces operando, es común encontrar altos niveles de ruido (tan altos como -92 dBm). En esos escenarios, se requiere un margen mayor.

Para que un enlace sea factible debe cumplir con la relación: La potencia de recepción no debe sobrepasar la potencia de umbral especificada por el fabricante para que el equipo reciba la señal.

**Potencia de Recepción  $\geq$  Potencia de Umbral o Sensibilidad**

# CAPITULO III

## DISEÑO DEL RADIOENLACE I. MUNICIPIO DE RIOBAMBA Y SUS PARROQUIAS RURALES

### 3. DISEÑO DE RADIOENLACES

#### 3.1 ESTUDIO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

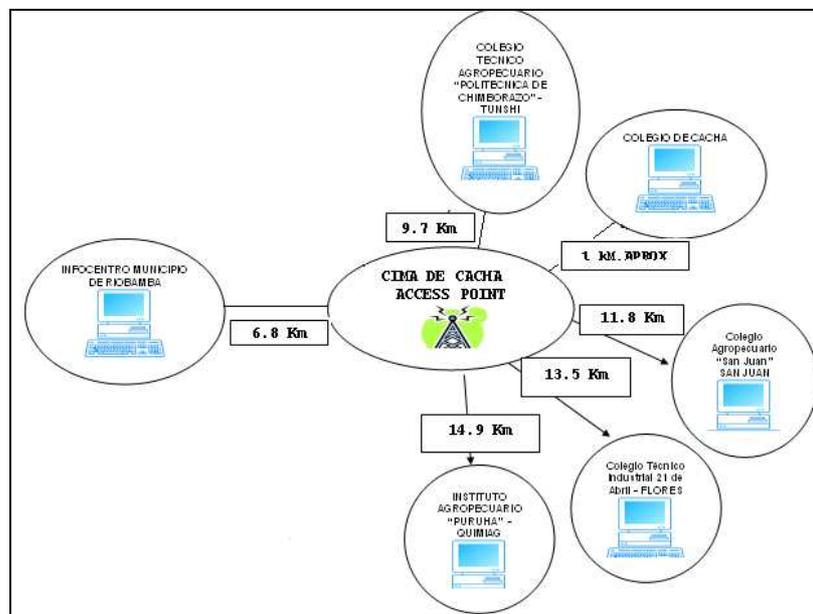


Figura.III.24. Esquema de conexión actual del enlace

La Segunda etapa del INFOCENTRO tuvo como objetivo la interconexión del INFOCENTRO del Ilustre Municipio de Riobamba con cuatro de las parroquias rurales del cantón. Actualmente el I. Municipio de Riobamba cuenta con una infraestructura de conexión de datos como se ilustra en la figura.III.24, por esta red basicamente se transfiere internet.

### **3.1.1 EQUIPOS EXISTENTE**

En la figura.III.24 podemos observar el diseño de red, para el enlace entre el infocentro del I. Municipio de Riobamba se utiliza backhaul, este enlace está definido entre el edificio donde se encuentra la Municipio de Riobamba y el cerro Cacha.

Con la señal ya en el cerro se ocupa un Cluster AP para irradiar la señal hacia las parroquias rurales, cada una de las parroquias cuenta con un Modulo Suscriptor que detecta la señal y esta es conducida a un switch y este es el encargado de distribuir en los laboratorios del colegio en cada localidad. Los equipos instalados utilizan la plataforma Canopy y describen a continuación.

La plataforma inalámbrica utilizada es Motorola Canopy™ es un sistema de comunicación de banda ancha inalámbrica que soporta acceso a alta velocidad. Con Canopy™, Motorola brinda tecnología de radiocomunicaciones para proveer servicios inalámbricos al mercado.

Es simplemente la mejor solución para proveer una alta velocidad inalámbrica a los clientes. Canopy™ esta disponible en variedad de configuraciones.

El sistema de Motorola Canopy™ es una familia de productos inalámbricos de banda ancha que proveen una alta velocidad de comunicación para residencias y

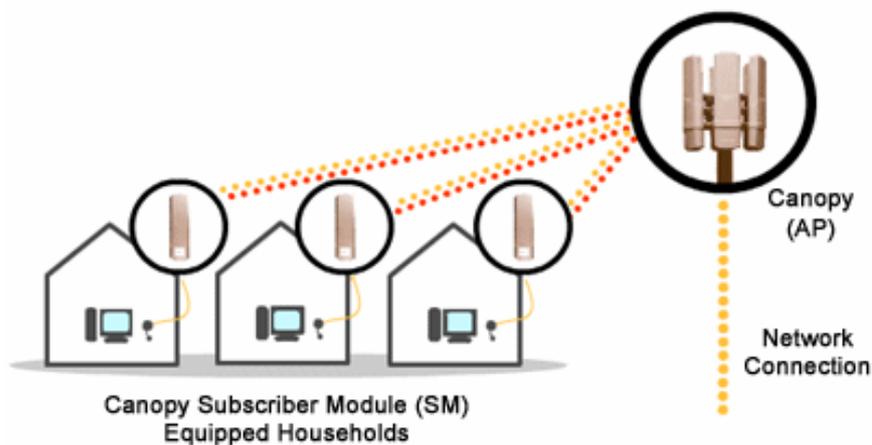
pequeños/medianos negocios. El sistema Canopy™ esta constituido en tres bloques básicos de funciones:

- Access Point (AP)
- Subscriber Module (SM)
- Backhaul Unit (BU)

Todos los elementos básicos son Sin-Licencia (UL). Este sistema usa las bandas Sin-Licencia UNII (5.25 – 5.35GHz y 5.725 – 5.825GHz).

### **Access Point (Ap)**

Un Access Point (AP) es un dispositivo de transmisión y recepción de datos que conecta los usuarios y también actúa como punto de interconexión entre la red Inalámbrica y una red cableada. Los puntos de acceso son importantes para proporcionar una mayor seguridad en la conexión inalámbrica y ampliar el alcance físico de un servicio al que tiene acceso un usuario inalámbrico.



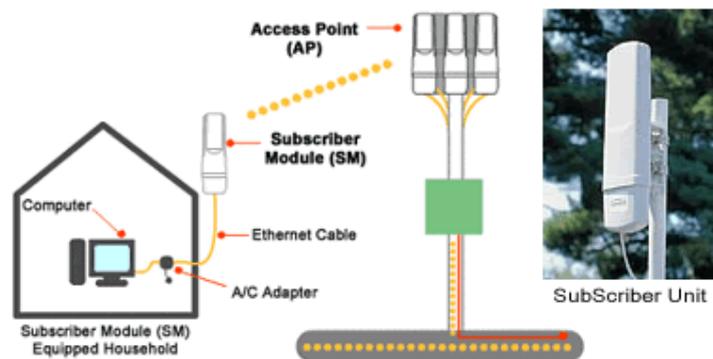
**Figura.III.25. Access Point**

Cada uno de los puntos de acceso puede prestar servicio a varios usuarios de una área de red definida hasta 200 suscriptores, como se ilustra en la figura.III.25.

El Access Point (AP) es la estación base que puede incorporar entre uno y doce transreceptores. Cada transreceptor AP opera con una dirección de 60 grados de la antena para proveer una cobertura de un sector. Cada transreceptor AP envía mas de 6.5 Mbps de datos a traves de su conectividad hasta 200 suscriptores. El AP opera con una taza de radio frecuencia (RF) de 10 Mbps y tiene una cobertura de aproximadamente 3.2 o 16 Km, dependiendo de la configuración. Cada AP transreceptor requiere una fuente de poder de 24-volt (incluida en el kit de instalación de AP) y provee una simple conexión 10BaseT/100BaseTX.

### **Subscriber Module (Sm)**

El Módulo suscriptor (SM) es la unidad suscriptora terminal. Esta consiste de un simple transreceptor que opera con una antena de 60 grados. Un reflector opcional ensamblado junto puede extender el rango de cobertura hasta 16 Km. (solo en modelos de 5.7 GHz en países FCC).



**Figura.III.26. Subscriber module (SM)**

La sincronización SM y control esta dirigida por la señal del receptor AP. Los SMs colocados en exteriores dependiendo de la distancia del AP, como se ilustra en la figura.III.26. Una vez que el SM esta en funcionamiento, este escanea los canales de RF y automáticamente registra y autentifica al apropiado AP. Cada SM requiere un cable de UTP Cat 5 con energía DC administrada a el SM a través del mismo

cable. El Kit de SM requiere una fuente de poder separada de 110V y asociado al conector RJ45 para alimentar al SM.

### **Backhaul Unit (Bu)**

La unidad de Backhaul (BU) es un radio de Punto a Punto que es usado para llevar el tráfico de un punto a otro. En alguna eventualidad que no convenga usar fibra óptica o alguna conexión disponible para un AP, un BU será requerido. Cada BU se comunica a otro BU utilizando una antena altamente direccional.



**Figura.III.27. Backhaul unit (BU)**

En cada backhaul link un dispositivo es configurado como el maestro de tiempo RF. El maestro de tiempo BU genera el tiempo de información enviada al esclavo. El BU opera con una tasa de transferencia en RF de 10 Mbps con un throughput de 7.5 Mbps y tiene un rango máximo de aproximadamente 32 Km. El uplink/downlink del radio BU de banda ancha para un enlace es configurable por el operador (por ejemplo 5Mbps downlink y 2.5Mbps uplink o 3.75 Mbps bi-direccional).

Cuando 2 pares de BU son configurados Back-to-Back todos estos necesitan ser configurados para cargas simétricas con 3.75Mbps en cada dirección. Cada BU

Requiere una fuente separada de 110V y un conector asociado RJ45 para alimentar al BU.

El BU puede ser conectado también al kit de instalación de AP, el cual alimentará a los BUs y la interconexión de APs. Ver figura.III.27.

### **Módulo Administrador de Clústeres (Cmm)**

Este es el módulo encargado de sincronizar las transmisiones y recepciones de Access Point (AP). Solo se requerirá cuando se tienen más de dos AP conectados. Ver figura.III.28.



**Figura.III.28. Módulo Administrador de Clústeres**

## **3.2 RECOPIACIÓN DE DATOS**

### **Ubicación de la zona**

La ciudad de Riobamba cabecera cantonal de Chimborazo tiene 11 parroquias rurales de las cuales sólo 4 tiene acceso a Internet.

El resto de las Parroquias se encuentran disgregadas en la zona, algunas de ellas se encuentran a distancias considerables, la topografía del Cantón Riobamba tiene varias elevaciones del terreno por tal razón varias de las parroquias rurales no

tienen línea de vista directa hacia el cerro Cacha donde se encuentran instalado el Cluster que es el encargado de irradiar la señal.

Estos aspectos son importantes a la hora de efectuar una planificación de red y por tanto, se han debido escoger los puntos de red más adecuados para el proyecto de ampliación.

El cerro Cacha se encuentra ubicado en la parroquia del mismo nombre con una elevación de 3577mts sobre el nivel del mar, el I. Municipio de Riobamba cuenta con un terreno en dicho cerro, donde están instalados los equipos y antenas del enlace, tiene las siguientes coordenadas:

Longitud: 78°42'57,9" W  
Latitud: 01°41'31,3" S

### **3.3 PERFILES TOPOGRÁFICOS**

Para los perfiles topográficos se utiliza las ecuaciones Ec.3.6, Ec.3.7, Ec.3.8, Ec.3.9, Ec.3.10, Ec.3.12, anteriormente descritas, las mismas resumidas en una software del Consejo Nacional de Telecomunicaciones, y para cada uno de los puntos se presenta la tabla de datos, perfil y ángulos, Ver Anexo 4.

#### **3.3.1 PERFIL TOPOGRÁFICO CACHA-LICÁN**

Licán está a 2904m sobre el nivel del mar, y separado 4.6km de Cacha.

**ENLACE CERRO CACHA -LICÁN**



Cacha	Longitud:	78°42'57,9'' W	Licán	Longitud:	78°42'23,9'' W
	Latitud:	01°41'31,3'' S		Latitud:	01°39'5,3'' S
	Altura:	3577 m.		Altura:	2904 m.
	Torre	15 m.		Tubo antena	5 m.
	Distanc total	4632,5 m.			
	Frecuencia	5,7 GHz			
	Factor K	1,33			

Distancia 1 (metros)	Altura sobre nivel del mar(m)	Distancia 2 (m)	Factor de Corrección de altura	Altura Corregida (m)	Altura del rayo (m)	Radio 1era. Zona de Fresnel (m)	Altura superior de Fresnel (m)	Altura inferior de Fresnel (m)
0	3577	4632,5	0	3577,00	3592	0,00	3592,00	3592,00
140,4	3475,1	4492,1	0,0372	3475,14	3572	8,46	3580,07	3563,14
280,8	3423,4	4351,7	0,0722	3423,47	3551	11,78	3562,99	3539,42
421,1	3365	4211,4	0,1	3365,10	3531	14,19	3545,02	3516,63
561,5	3314,3	4071	0,1	3314,43	3510	16,12	3526,54	3494,31
701,9	3298,2	3930,6	0,2	3298,36	3490	17,70	3507,73	3472,32
842,3	3286,5	3790,2	0,2	3286,69	3470	19,04	3488,68	3450,59
982,7	3219,6	3649,8	0,2	3219,81	3449	20,19	3469,42	3429,05
1123	3130,9	3509,5	0,2	3131,13	3429	21,16	3450,01	3407,69
1263,4	3108,3	3369,1	0,3	3108,55	3408	21,99	3430,45	3386,46
1403,8	3147,1	3228,7	0,3	3147,37	3388	22,69	3410,75	3365,37
1544,2	3165,8	3088,3	0,3	3166,08	3368	23,28	3390,94	3344,38
1684,6	3214,3	2947,9	0,3	3214,59	3347	23,75	3371,02	3323,51
1824,9	3224,1	2807,6	0,3	3224,40	3327	24,13	3351,01	3302,76
1965,3	3205,5	2667,2	0,3	3205,81	3306	24,40	3330,89	3282,08
2105,7	3149	2526,8	0,3	3149,31	3286	24,59	3310,67	3261,50
2246,1	3106	2386,4	0,3	3106,32	3266	24,68	3290,37	3241,01
2386,5	3101,6	2246	0,3	3101,92	3245	24,68	3269,97	3220,62
2526,8	3033,4	2105,7	0,3	3033,71	3225	24,59	3249,50	3200,33
2667,2	3038,8	1965,3	0,3	3039,11	3205	24,40	3228,92	3180,11
2807,6	3023,7	1824,9	0,3	3024,00	3184	24,13	3208,24	3159,99
2948	2988,2	1684,5	0,3	2988,49	3164	23,75	3187,47	3139,97
3088,4	2954,6	1544,1	0,3	2954,88	3143	23,28	3166,60	3120,05
3228,7	2933,6	1403,8	0,3	2933,87	3123	22,69	3145,63	3100,25
3369,1	2920,2	1263,4	0,3	2920,45	3103	21,99	3124,54	3080,55
3509,5	2899,1	1123	0,2	2899,33	3082	21,16	3103,31	3060,99
3649,9	2877,4	982,6	0,2	2877,61	3062	20,19	3081,94	3041,56
3790,3	2901,6	842,2	0,2	2901,79	3041	19,04	3060,40	3022,31
3930,6	2922,9	701,9	0,2	2923,06	3021	17,70	3038,68	3003,27
4071	2935,3	561,5	0,1	2935,43	3001	16,12	3016,69	2984,46
4211,4	2937,8	421,1	0,1	2937,90	2980	14,19	2994,37	2965,98
4351,8	2939,4	280,7	0,1	2939,47	2960	11,78	2971,56	2948,00
4492,2	2933,8	140,3	0,0	2933,84	2939	8,46	2947,84	2930,92
4632,5	2904	0	0,0	2904,00	2919	0,00	2919,00	2919,00

**Tabla.III.2. Tabla de Topografía de Cacha-Licán**  
**Fuente.** Software CNT, **Elaborado por:** el autor del proyecto

Con los datos de la tabla.III.2 se puede generar el perfil topográfico que se muestra en la figura.III.29. En el perfil topográfico se puede ver que en el trayecto del enlace no hay obstrucción y que los puntos son factibles para el enlace.



Figura III.29. Perfil Cacha-Licán

Los angulos de elevación y azimut se ven en la figura.III.30.

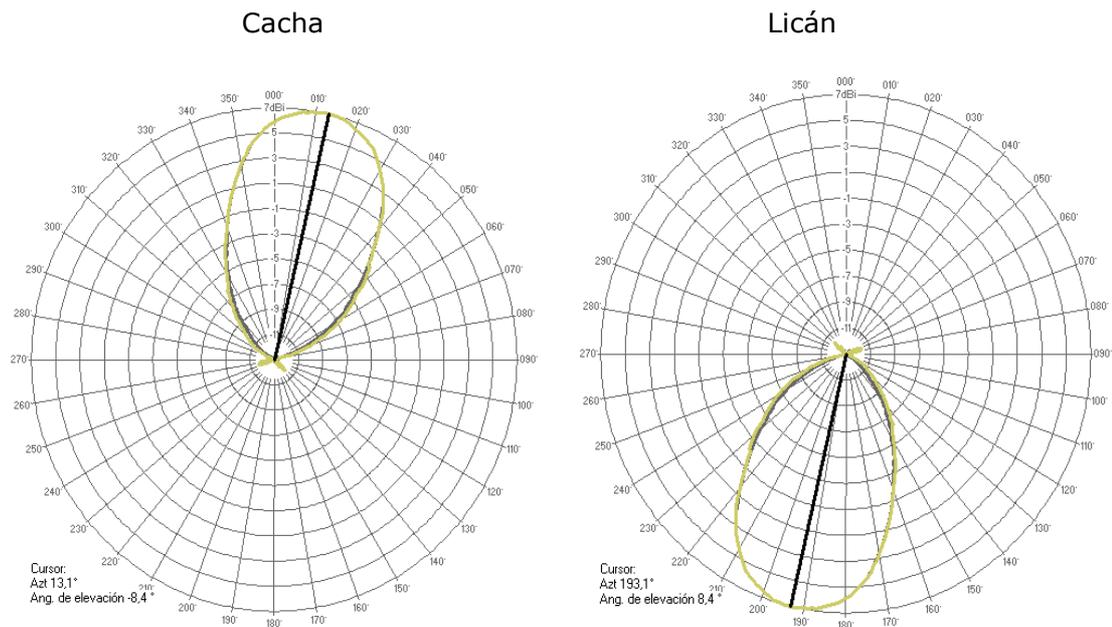


Figura.III.30. Angulos de elevación y azimut a) Cacha b) Licán

### 3.3.2 PERFIL TOPOGRÁFICO CACHA-CALPI

Calpi está a 3072,6m sobre el nivel del mar, y separado 5,7km de Cacha.



#### Perfil topográfico Cerro Cacha-Calpi

Cacha	Longitud:	78°42'57,9'' W	Calpi	Longitud:	78°44'29,7'' W
	Latitud:	01°41'31,26'' S		Latitud:	01°38'50,8'' S
	Altura:	3577 m.		Altura:	3102 m.
	Torre	15 m.		Tubo antena	5 0,,
	Distancia	5716,7 m.			
	Frecuencia	5,725 GHz			
	Factor K	1,33			

Distancia 1 (metros)	Altura sobre nivel del mar(m)	Distancia 2 (m)	Factor de Corrección de altura	Altura Corregida (m)	Altura del rayo (m)	Radio 1era. Zona de Fresnel (m)	Altura superior de Fresnel (m)	Altura inferior de Fresnel (m)
0	3577	5716,7	0	3577,00	3592	0,00	3592,00	3592,00
381,1	3410,2	5335,6	0,12008	3410,32	3560	13,65	3573,32	3546,02
762,2	3361	4954,5	0,22301	3361,22	3527	18,61	3545,94	3508,73
1143,3	3234,3	4573,4	0,3	3234,61	3495	21,89	3516,90	3473,11
1524,5	3307,9	4192,2	0,4	3308,28	3463	24,20	3486,87	3438,46
1905,6	3373,7	3811,1	0,4	3374,13	3430	25,80	3456,13	3404,53
2286,7	3387,9	3430	0,5	3388,36	3398	26,81	3424,81	3371,18
2667,8	3303,8	3048,9	0,5	3304,28	3366	27,31	3392,97	3338,36
3048,9	3239,3	2667,8	0,5	3239,78	3333	27,31	3360,64	3306,03
3430	3139,1	2286,7	0,5	3139,56	3301	26,81	3327,82	3274,19
3811,1	3049,6	1905,6	0,4	3050,03	3269	25,80	3294,47	3242,87
4192,2	3036	1524,5	0,4	3036,38	3236	24,20	3260,54	3212,13
4573,4	2990,1	1143,3	0,3	2990,41	3204	21,89	3225,89	3182,10
4954,5	3035,7	762,2	0,2	3035,92	3172	18,61	3190,27	3153,06
5335,6	3060,4	381,1	0,1	3060,52	3139	13,65	3152,98	3125,68
5716,7	3072,6	0	0,0	3072,60	3107	0,00	3107,00	3107,00

**Tabla.III.3. Tabla de Topografía de Cacha-Calpi**  
**Fuente.** Software CNT, **Elaborado por:** el autor del proyecto

Como podemos ver en el perfil topográfico de la figura.III.31 existe una elevación a 2,3km desde el cerro Cacha que impide el enlace entre Cacha y Licán, por tal razón se decide colocar un repetidor, el mismo que se ubicará en el cerro Canteras y en la tabla.III.3 se realiza el perfil topográfico para verificar la factibilidad del enlace.

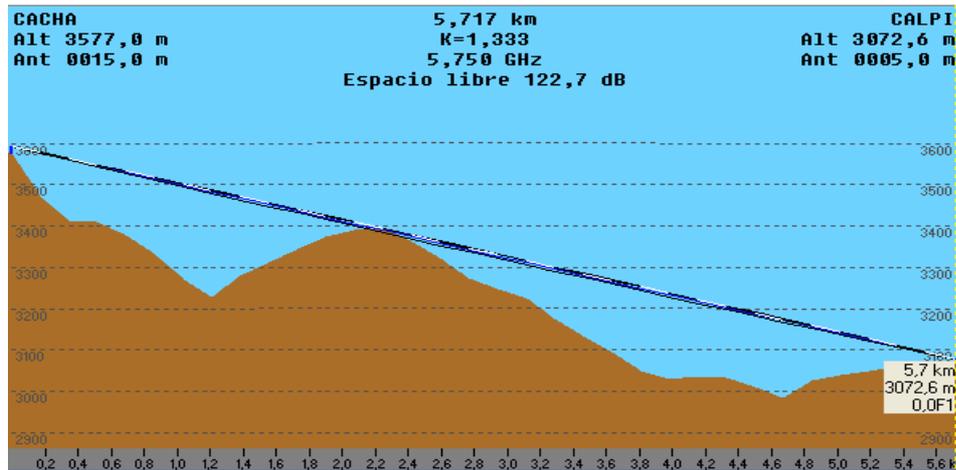


Figura.III.31. Perfil Cacha-Calpi

### 3.3.3 PERFIL TOPOGRÁFICO CACHA-CANTERAS



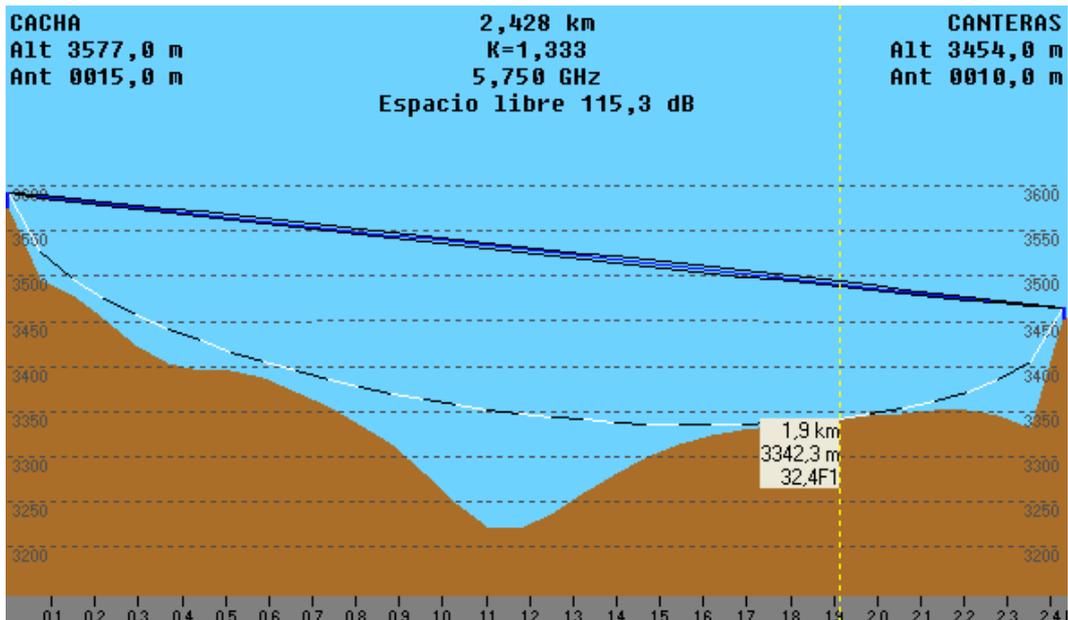
#### Perfil topográfico Cerro Cacha-Canteras

Cacha	Longitud:	78°42'57,9''	W	Canteras	Longitud:	78°43'28,6''	W
	Latitud:	01°41'31,26''	S		Latitud:	01°40'19,0''	S
	Altura:	3577	m.		Altura:	3102	m.
	Torre	15	m.		Tubo antena	10	m
	Distancia de Enlace	2427,6m					
	Frecuencia	5,7 GHz					
	Factor K	1,33					

Distancia 1 (metros)	Altura sobre nivel del mar(m)	Distancia 2 (m)	Factor de Corrección de altura	Altura Corregida (m)	Altura del rayo (m)	Radio 1era. Zona de Fresnel (m)	Altura superior de Fresnel (m)	Altura inferior de Fresnel (m)
0	3577	2427,6	0	3577,00	3592	0,00	3592,00	3592,00
73,6	3497,1	2354	0,01023	3497,11	3577	6,13	3583,58	3571,32
147,1	3478,5	2280,5	0,01981	3478,52	3563	8,53	3571,44	3554,39
220,7	3452,5	2206,9	0,0	3452,53	3548	10,28	3558,64	3538,09
294,3	3424	2133,3	0,0	3424,04	3534	11,67	3545,48	3522,14
367,8	3402,6	2059,8	0,0	3402,64	3519	12,82	3532,09	3506,46
441,4	3395,2	1986,2	0,1	3395,25	3505	13,79	3518,51	3490,94
515	3396,2	1912,6	0,1	3396,26	3490	14,61	3504,78	3475,56

588,5	3387,9	1839,1	0,1	3387,96	3476	15,32	3490,96	3460,32
662,1	3371,1	1765,5	0,1	3371,17	3461	15,92	3477,01	3445,17
735,6	3354,8	1692	0,1	3354,87	3447	16,43	3462,98	3430,13
809,2	3336,3	1618,4	0,1	3336,38	3432	16,85	3448,85	3415,15
882,8	3313,4	1544,8	0,1	3313,48	3417	17,19	3434,64	3400,25
956,3	3282,8	1471,3	0,1	3282,88	3403	17,47	3420,38	3385,45
1029,9	3247,8	1397,7	0,1	3247,89	3388	17,67	3406,03	3370,70
1103,5	3222,9	1324,1	0,1	3222,99	3374	17,80	3391,61	3356,01
1177	3219,5	1250,6	0,1	3219,59	3359	17,86	3377,14	3341,41
1250,6	3235,7	1177	0,1	3235,79	3345	17,86	3362,59	3326,86
1324,2	3259,4	1103,4	0,1	3259,49	3330	17,80	3347,97	3312,37
1397,7	3279,9	1029,9	0,1	3279,99	3316	17,67	3333,30	3297,97
1471,3	3300,4	956,3	0,1	3300,48	3301	17,47	3318,55	3283,62
1544,9	3314,8	882,7	0,1	3314,88	3287	17,19	3303,73	3269,34
1618,4	3323,8	809,2	0,1	3323,88	3272	16,85	3288,85	3255,15
1692	3329,4	735,6	0,1	3329,47	3257	16,43	3273,87	3241,02
1765,6	3333,4	662	0,1	3333,47	3243	15,92	3258,81	3226,98
1839,1	3337,4	588,5	0,1	3337,46	3228	15,32	3243,68	3213,04
1912,7	3342,3	514,9	0,1	3342,36	3214	14,61	3228,42	3199,20
1986,3	3345	441,3	0,1	3345,05	3199	13,79	3213,04	3185,47
2059,8	3347,6	367,8	0,0	3347,64	3185	12,82	3197,54	3171,91
2133,4	3351,1	294,2	0,0	3351,14	3170	11,67	3181,84	3158,51
2206,9	3351,5	220,7	0,0	3351,53	3156	10,28	3165,91	3145,36
2280,5	3344,9	147,1	0,0	3344,92	3141	8,53	3149,61	3132,56
2354,1	3330,9	73,5	0,0	3330,91	3127	6,12	3132,66	3120,41
2427,6	3454	0	0,0	3454,00	3112	0,00	3112,00	3112,00

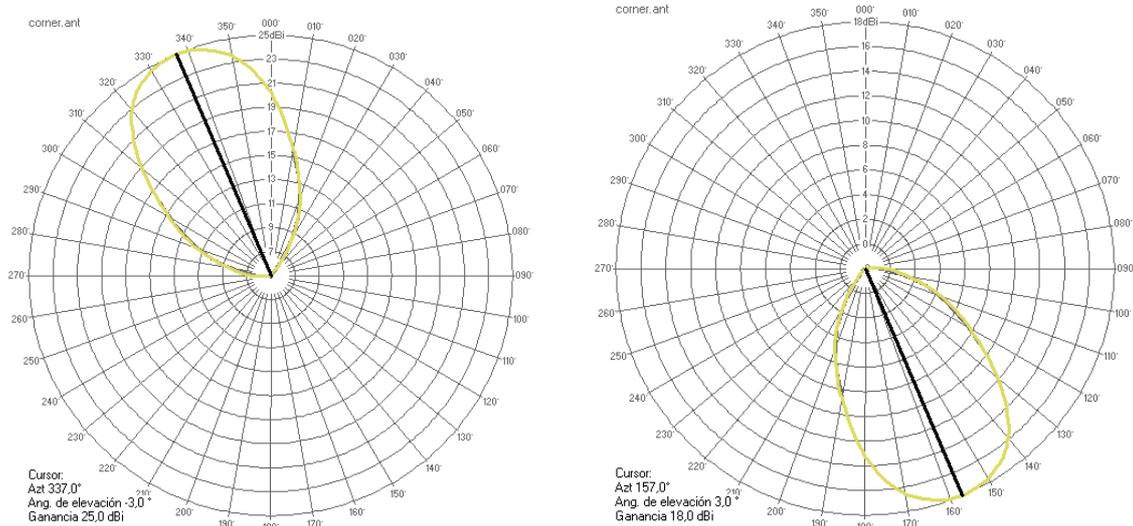
**Tabla4. Tabla de Topografía de Cacha-Canteras**  
**Fuente.** Software CNT, **Elaborado por:** el autor del proyecto



**Figura.III.32. Perfil Cacha-Canteras**

El perfil topográfico se puede ver en la figura.III.32, en el se muestra que hay línea de vista directa.

En la figura.III.33 se muestra los ángulos de elevación y azimut.



**Figura.III.33. Ángulos de elevación y azimut a) Cacha b) Canteras**

### 3.3.4 PERFIL TOPOGRÁFICO CANTERAS-CALPI



Calpi

#### Perfil topográfico Cerro Canteras-Calpi

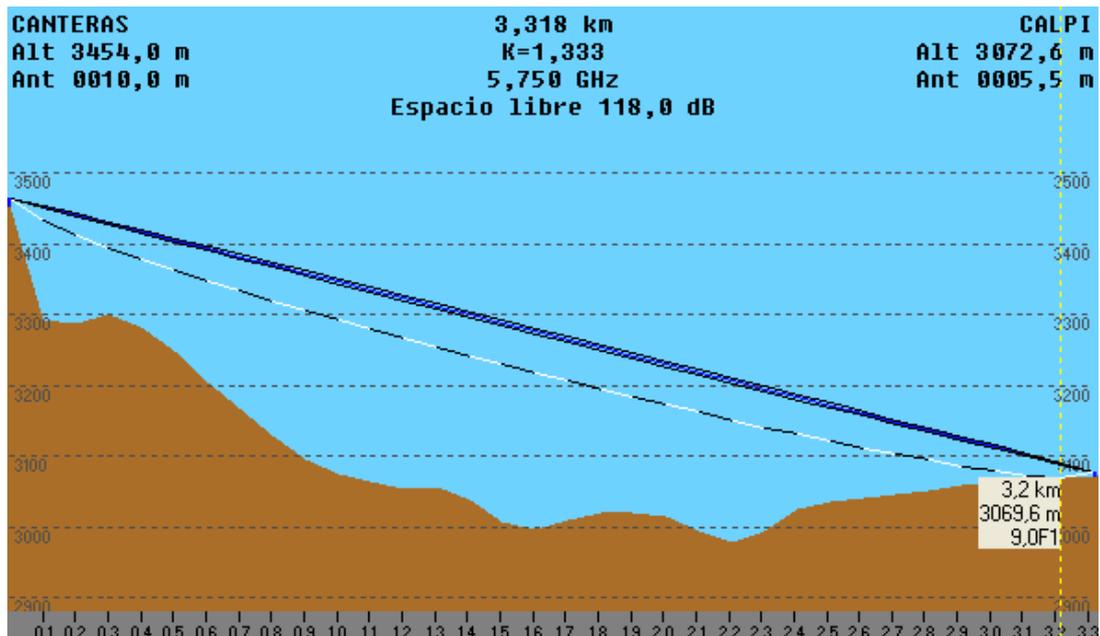
Longitud:	78°44'29,7''	W	Canteras	Longitud:	78°43'28,6''	W
Latitud:	01°38'50,8''	S		Latitud:	01°40'19,0''	S
Altura:	3102	m.		Altura:	3454	m.
Torre	5	m.		Tubo antena	10	m
Distancia de Enlace	3318,1m					
Frecuencia	5,7 GHz					
Factor K	1,33					

Distancia 1 (metros)	Altura sobre nivel del mar(m)	Distancia 2 (m)	Factor de Corrección de altura	Altura Corregida (m)	Altura del rayo (m)	Radio 1era. Zona de Fresnel (m)	Altura superior de Fresnel (m)	Altura inferior de Fresnel (m)
0	3454	3318,1	0	3454,00	3107	0,00	3107,00	3107,00
100,5	3291,9	3217,6	0,0191	3291,92	3118	7,16	3124,97	3110,65
201,1	3288,2	3117	0,03702	3288,24	3129	9,97	3138,61	3118,67
301,6	3299,9	3016,5	0,1	3299,95	3139	12,01	3151,46	3127,44
402,2	3283,7	2915,9	0,1	3283,77	3150	13,64	3163,91	3136,63
502,7	3248,4	2815,4	0,1	3248,48	3161	14,98	3176,07	3146,10
603,3	3204,1	2714,8	0,1	3204,20	3172	16,12	3188,03	3155,79
703,8	3167,6	2614,3	0,1	3167,71	3183	17,08	3199,81	3165,64
804,4	3129,4	2513,7	0,1	3129,52	3194	17,91	3211,46	3175,64

904,9	3095,3	2413,2	0,1	3095,43	3204	18,61	3222,97	3185,75
100,55	3074,9	3217,6	0,0	3074,92	3118	7,16	3124,98	3110,65
1106	3063,2	2212,1	0,1	3063,34	3226	19,70	3245,70	3206,30
1206,6	3054,5	2111,5	0,2	3054,65	3237	20,10	3256,92	3216,72
1307,1	3055,5	2011	0,2	3055,66	3248	20,42	3268,05	3227,21
1407,7	3037,2	1910,4	0,2	3037,36	3258	20,65	3279,11	3237,80
1608,8	2996,8	1709,3	0,2	2996,96	3280	20,89	3300,98	3259,21
1709,3	3010,4	1608,8	0,2	3010,56	3291	20,89	3311,79	3270,02
1809,9	3020,5	1508,2	0,2	3020,66	3302	20,81	3322,54	3280,92
1910,4	3020,7	1407,7	0,2	3020,86	3313	20,65	3333,20	3291,89
2011	3015,6	1307,1	0,2	3015,76	3323	20,42	3343,79	3302,95
2111,5	2995,2	1206,6	0,2	2995,35	3334	20,10	3354,28	3314,08
2212,1	2977,4	1106	0,1	2977,54	3345	19,70	3364,70	3325,30
2312,6	2994,4	1005,5	0,1	2994,54	3356	19,21	3375,02	3336,61
2413,2	3024,6	904,9	0,1	3024,73	3367	18,61	3385,25	3348,03
2513,7	3035,5	804,4	0,1	3035,62	3377	17,91	3395,36	3359,54
2614,3	3040,7	703,8	0,1	3040,81	3388	17,08	3405,36	3371,19
2714,8	3045,3	603,3	0,1	3045,40	3399	16,12	3415,21	3382,97
2815,4	3050,5	502,7	0,1	3050,58	3410	14,98	3424,90	3394,93
2915,9	3059	402,2	0,1	3059,07	3421	13,64	3434,37	3407,09
3016,4	3064,4	301,7	0,1	3064,45	3432	12,01	3443,55	3419,52
3117	3066	201,1	0,0	3066,04	3442	9,97	3452,33	3432,39
3217,5	3069,6	100,6	0,0	3069,62	3453	7,17	3460,34	3446,01
3318,1	3072,6	0	0,0	3072,60	3464	0,00	3464,00	3464,00

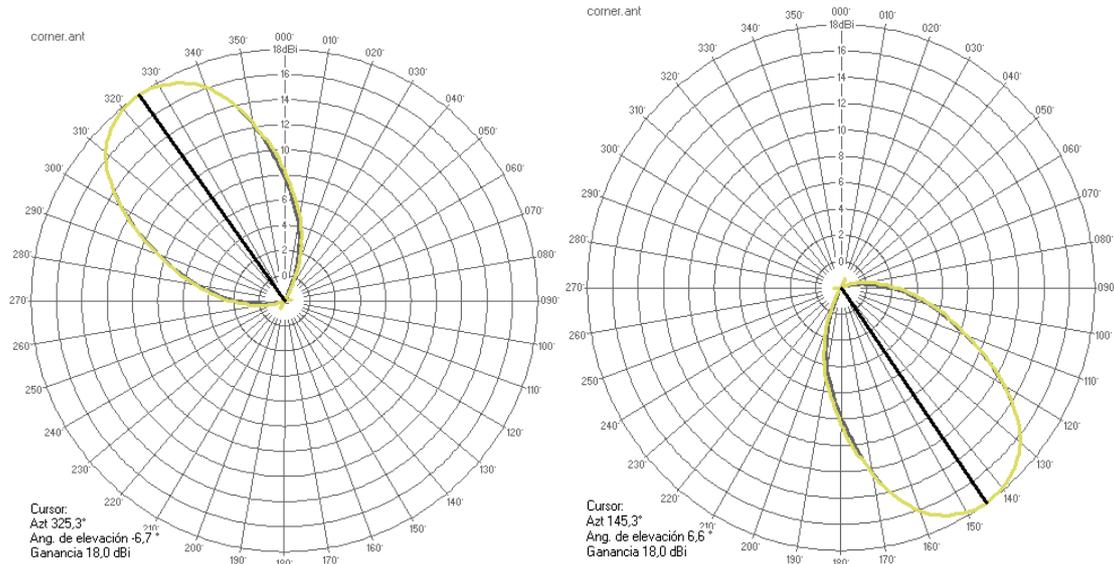
**Tabla.III.5. Tabla de Topografía de Canteras-Calpi**  
**Fuente.** Software CNT, **Elaborado por:** el autor del proyecto

El resultado de los datos de la tabla.III.5, es el perfil de la figura.III.34, donde se ve que la posición de repetidor es correcta.



**Figura.III.34. Perfil Cacha-Canteras**

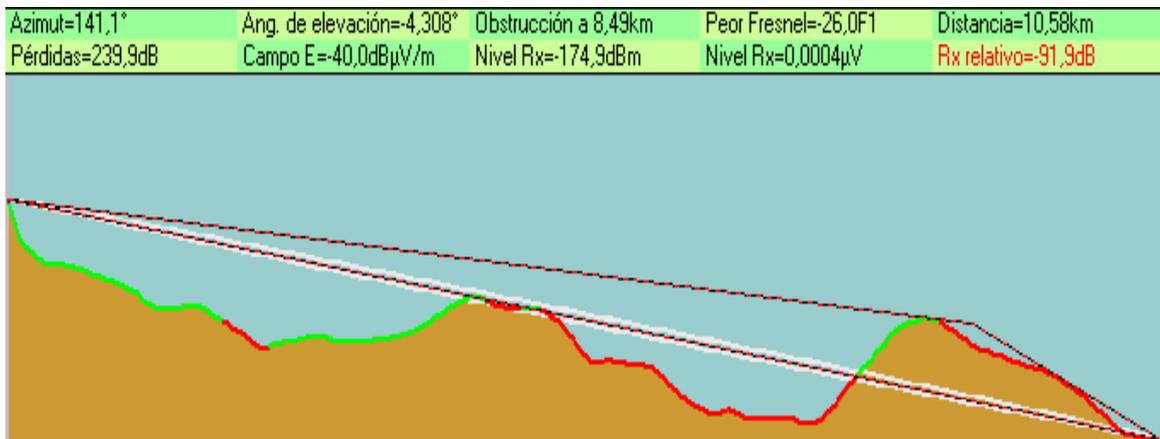
Los ángulos de elevación y azimut se encuentran del enlace canteras, Calpi se ve en la figura.III.35.



**Figura.III.35. Ángulos de elevación y azimut a) Canteras b) Calpi**

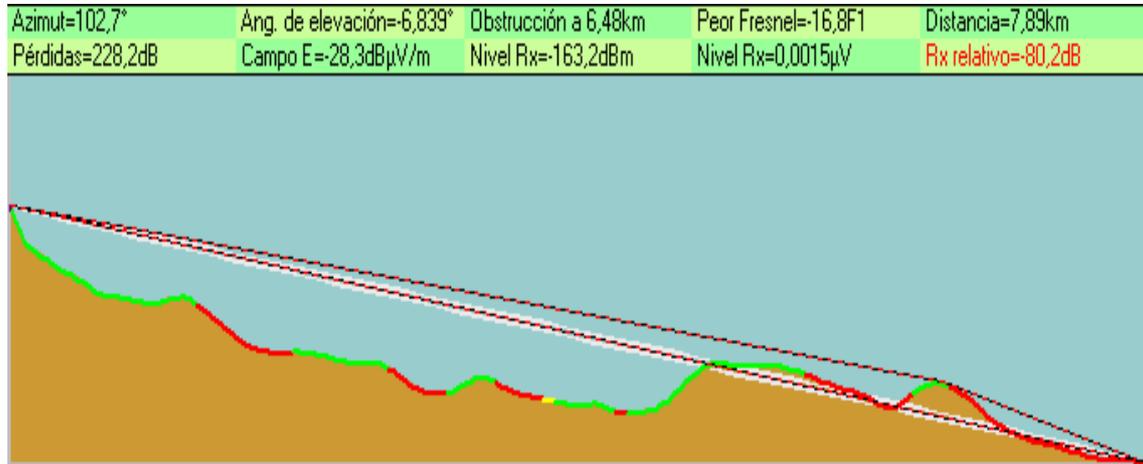
### 3.3.5 PERFIL TOPOGRÁFICO CACHA PUNIN Y CACHA SAN LUIS

Con la ayuda de radio Mobile podemos ver el perfil entre Cacha y Punín. En la figura.III.36, ahí se observa que existe obstrucción a 8,49km por lo tanto no hay línea de vista directa.



**Figura.III.36. Perfil Cacha-Punin**

De la misma manera se realiza el perfil topográfico de Cacha San Luis, ver figura.III.37 y tenemos obstrucción a 6.48km.



**Figura.III.37. Perfil Cacha-San Luis**

Para superar los obstaculos de la parroquia Punin y la parroquia San Luis se ha decidido colocar un repetidor en cerro Miraloma perteneciente a la parroquia Licto desde este se irradiará la señal a los dos puntos. Para revisar si el repetidor es factible en este punto se realizará los respectivos perfiles topográfico.

### 3.3.6 PERFIL TOPOGRÁFICO CACHA-MIRALOMA



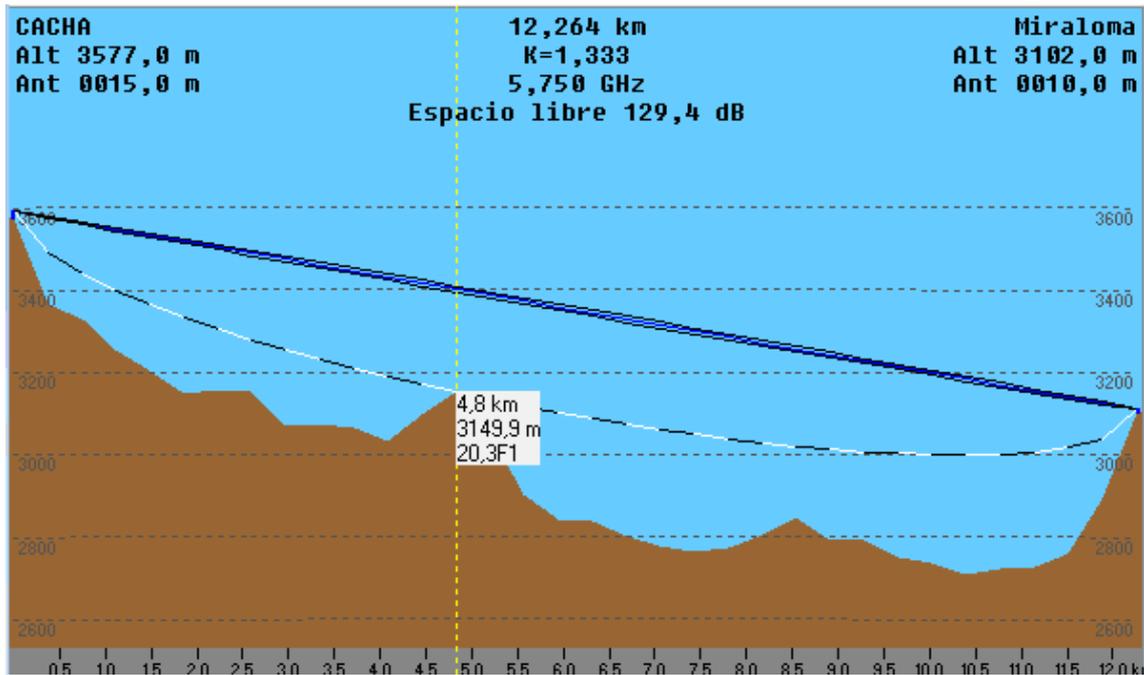
#### Perfil topográfico Cerro Cacha-Miraloma

Cacha	Longitud:	78°42'57,9'' W	Mira Loma	Longitud:	78°37'43,1'' W
	Latitud:	01°41'31,26'' S		Latitud:	01°45'32,7'' S
	Altura:	3577 m.		Altura:	3102 m.
	Torre	15 m.		Tubo antena	15 0,,
Distancia de Enlace	12264	m.		Factor K	1,33
Frecuencia	5,7	GHz			

Distancia 1 (metros)	Altura sobre nivel del mar(m)	Distancia 2 (m)	Factor de Corrección de altura	Altura Corregida (m)	Altura del rayo (m)	Radio 1era. Zona de Fresnel (m)	Altura superior de Fresnel (m)	Altura inferior de Fresnel (m)
0	3577	12264	0	3577,00	3592	0,00	3592,00	3592,00
371,6	3365,3	11892	0,26097	3365,56	3578	13,77	3591,38	3563,84
743,3	3328,1	11521	0,5057	3328,61	3563	19,17	3582,38	3544,04

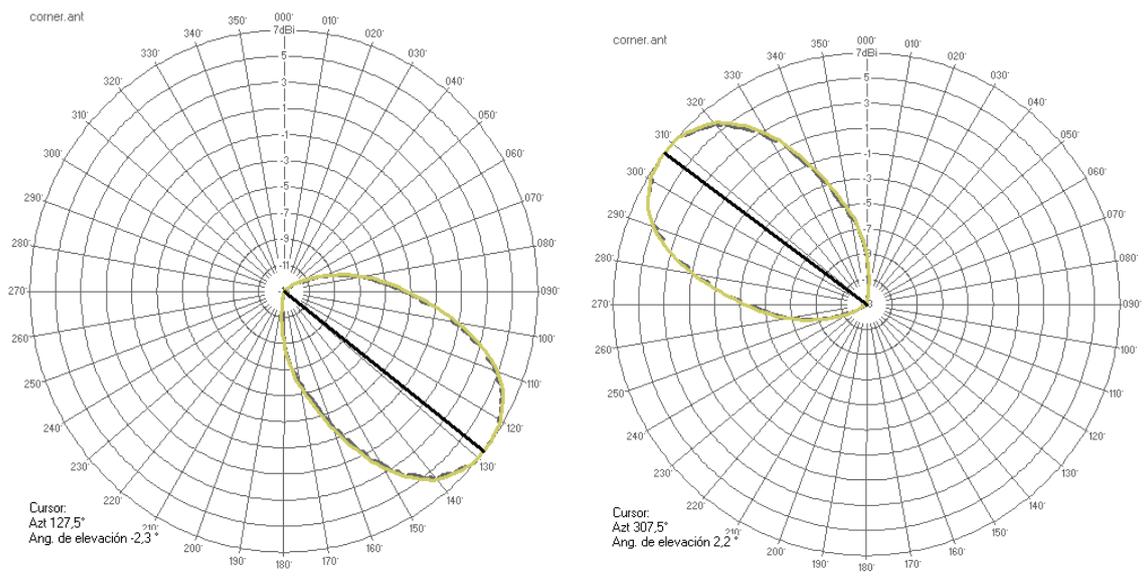
1114,9	3257,3	11149	0,7	3258,03	3549	23,10	3571,91	3525,72
1486,5	3202,2	10778	0,9	3203,15	3534	26,22	3560,65	3508,21
1858,1	3150,5	10406	1,1	3151,64	3520	28,81	3548,84	3491,23
2229,8	3158	10034	1,3	3159,32	3506	30,99	3536,62	3474,65
2601,4	3153,3	9662,6	1,5	3154,78	3491	32,84	3524,09	3458,40
2973	3069,8	9291	1,6	3071,43	3477	34,43	3511,28	3442,42
3344,7	3072	8919,3	1,8	3073,76	3462	35,78	3498,24	3426,67
3716,3	3065,8	8547,7	1,9	3067,68	3448	36,92	3484,99	3411,14
4087,9	3032,2	8176,1	2,0	3034,17	3434	37,87	3471,54	3395,80
4459,5	3097	7804,5	2,1	3099,06	3419	38,65	3457,93	3380,63
4831,2	3149,9	7432,8	2,1	3152,02	3405	39,26	3444,14	3365,63
5202,8	3047,6	7061,2	2,2	3049,77	3390	39,71	3430,20	3350,78
5574,4	2904,1	6689,6	2,2	2906,30	3376	40,00	3416,10	3336,09
5946,1	2842,4	6317,9	2,2	2844,62	3362	40,15	3401,85	3321,55
6317,7	2839,4	5946,3	2,2	2841,62	3347	40,15	3387,46	3307,16
6689,3	2798,6	5574,7	2,2	2800,80	3333	40,00	3372,92	3292,91
7432,6	2762,5	4831,4	2,1	2764,62	3304	39,26	3343,38	3264,87
7804,2	2771,7	4459,8	2,1	2773,76	3290	38,65	3328,38	3251,09
8175,8	2804,4	4088,2	2,0	2806,37	3275	37,87	3313,21	3237,47
8547,5	2846,8	3716,5	1,9	2848,68	3261	36,92	3297,87	3224,02
8919,1	2791,4	3344,9	1,8	2793,16	3247	35,78	3282,33	3210,77
9290,7	2790,3	2973,3	1,6	2791,93	3232	34,43	3266,59	3197,73
9662,3	2752,1	2601,7	1,5	2753,58	3218	32,85	3250,61	3184,92
10034	2737,6	2230	1,3	2738,92	3203	30,99	3234,36	3172,38
10406	2707	1858,4	1,1	2708,14	3189	28,81	3217,79	3160,17
10777	2724,2	1486,8	0,9	2725,15	3175	26,22	3200,81	3148,36
11149	2729,6	1115,1	0,7	2730,33	3160	23,10	3183,29	3137,09
11521	2762,6	743,5	0,5	2763,11	3146	19,17	3164,97	3126,62
11892	2894,8	371,9	0,3	2895,06	3131	13,78	3145,18	3117,63
12264	3102	0,3	0,0	3102,00	3117	0,40	3117,41	3116,61

**Tabla.III.6. Tabla de Topografía de Cacha Miraloma**  
**Fuente.** Software CNT, **Elaborado por:** el autor del proyecto



**Figura.III.38. Perfil Cacha-Miraloma**

En la figura.III.38 se muestra el perfil topográfico en el se nota que el enlace está despejado por lo tanto el repetidor es factible. Los ángulos de elevación y azimut de cada uno de las antenas se ven en la figura.III.39



**Figura.III.39. Angulos de elevación y azimut a) Cacha b) Miraloma**

### 3.3.7 PERFIL TOPOGRÁFICO MIRALOMA SAN LUIS

#### Perfil topográfico Cerro Miraloma-San Luís



Miraloma	Longitud:	78°37'43,1'' W	San Luís	Longitud:	78°38'48,48'' W
	Latitud:	01°45'32,7'' S		Latitud:	01°42'27,48'' S
	Altura:	3102 m.		Altura:	2644 m.
	Torre	15 m.		Tubo antena	15 0,,
	Distancia de Enlace	6073,3m m.		Factor K	1,33
	Frecuencia	5,7 GHz			

Distancia 1 (metros)	Altura sobre nivel del mar(m)	Distancia 2 (m)	Factor de Corrección de altura	Altura Corregida (m)	Altura del rayo (m)	Radio 1era. Zona de Fresnel (m)	Altura superior de Fresnel (m)	Altura inferior de Fresnel (m)
0	3102	6073,3	0	3102,00	3117	0,00	3117,00	3117,00
184	2919	5889,3	0,06399	2919,06	3103	9,69	3112,81	3093,43
368,1	2844,6	5705,2	0,12402	2844,72	3089	13,49	3102,73	3075,75
552,1	2800,9	5521,2	0,2	2801,08	3075	16,25	3091,62	3059,11
736,2	2756,6	5337,1	0,2	2756,83	3061	18,45	3079,93	3043,03
920,2	2734,5	5153,1	0,3	2734,78	3048	20,27	3067,88	3027,33
1104,2	2716,1	4969,1	0,3	2716,42	3034	21,81	3055,54	3011,92
1288,3	2711,3	4785	0,4	2711,66	3020	23,11	3042,96	2996,73
1472,3	2709,2	4601	0,4	2709,60	3006	24,23	3030,20	2981,74
1656,4	2706	4416,9	0,4	2706,43	2992	25,18	3017,27	2966,91
1840,4	2705	4232,9	0,5	2705,46	2978	25,98	3004,19	2952,23
2024,4	2699,9	4048,9	0,5	2700,38	2964	26,65	2990,99	2937,68
2208,5	2673,9	3864,8	0,5	2674,40	2950	27,20	2977,65	2923,26
2392,5	2694,9	3680,8	0,5	2695,42	2937	27,63	2964,20	2908,95
2576,5	2698,8	3496,8	0,5	2699,33	2923	27,94	2950,64	2894,76
2760,6	2698,4	3312,7	0,5	2698,94	2909	28,15	2936,97	2880,67
2944,6	2696,4	3128,7	0,5	2696,94	2895	28,26	2923,20	2866,69
3128,7	2694,9	2944,6	0,5	2695,44	2881	28,26	2909,31	2852,80
3312,7	2692,6	2760,6	0,5	2693,14	2867	28,15	2895,33	2839,03
3496,7	2695,4	2576,6	0,5	2695,93	2853	27,94	2881,25	2825,36
3680,8	2696,6	2392,5	0,5	2697,12	2839	27,63	2867,05	2811,80
3864,8	2694,4	2208,5	0,5	2694,90	2826	27,20	2852,74	2798,35
4048,9	2687,3	2024,4	0,5	2687,78	2812	26,65	2838,32	2785,01
4232,9	2654,3	1840,4	0,5	2654,76	2798	25,98	2823,77	2771,81
4416,9	2680,5	1656,4	0,4	2680,93	2784	25,18	2809,09	2758,73
4601	2692,7	1472,3	0,4	2693,10	2770	24,23	2794,26	2745,80
4785	2692	1288,3	0,4	2692,36	2756	23,11	2779,27	2733,04
4969,1	2692,3	1104,2	0,3	2692,62	2742	21,81	2764,08	2720,46
5153,1	2682,9	920,2	0,3	2683,18	2728	20,27	2748,67	2708,12
5337,1	2675,9	736,2	0,2	2676,13	2715	18,45	2732,97	2696,07
5521,2	2672,7	552,1	0,2	2672,88	2701	16,25	2716,89	2684,38
5705,2	2663,9	368,1	0,1	2664,02	2687	13,49	2700,25	2673,27
5889,2	2658,3	184,1	0,1	2658,36	2673	9,69	2682,58	2663,19
6073,3	2644	0	0,0	2644,00	2659	0,00	2659,00	2659,00

**Tabla.III.7. Tabla de Topografía de Miraloma San Luis**

**Fuente.** Software CNT, **Elaborado por:** el autor del proyecto

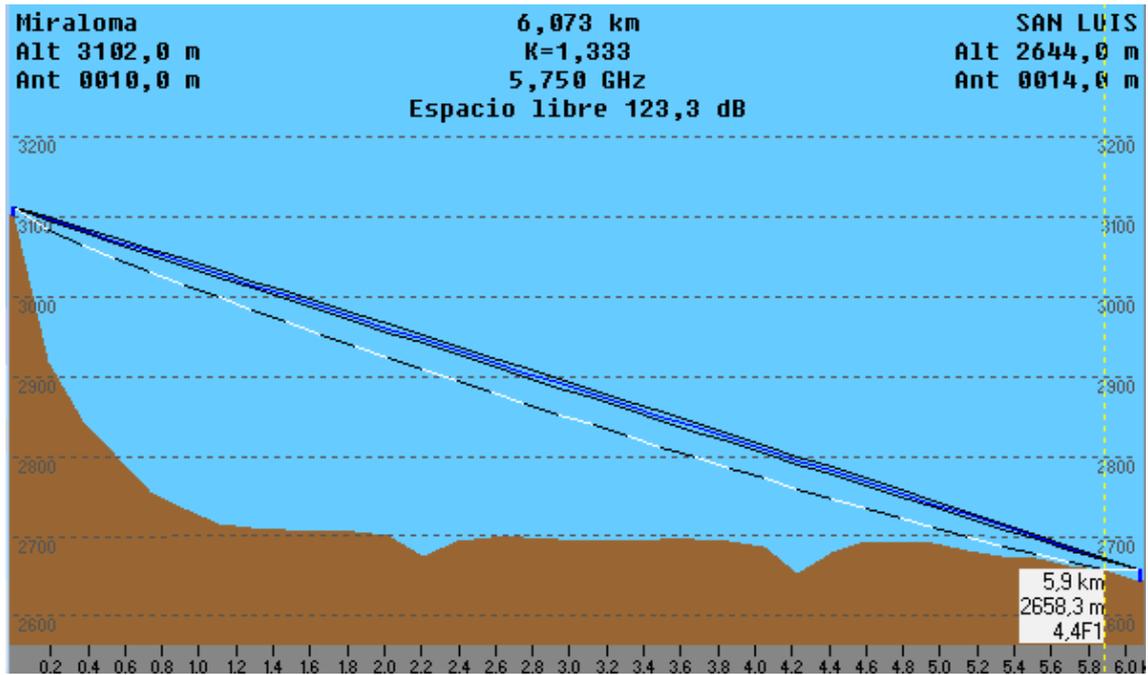


Figura.III.40. Perfil Miraloma San Luis

El perfil topográfico de la figura.III.40 muestra que el enlace está despejado, por lo tanto es factible. Los ángulos de elevación y azimut se muestra en la figura.III.41.

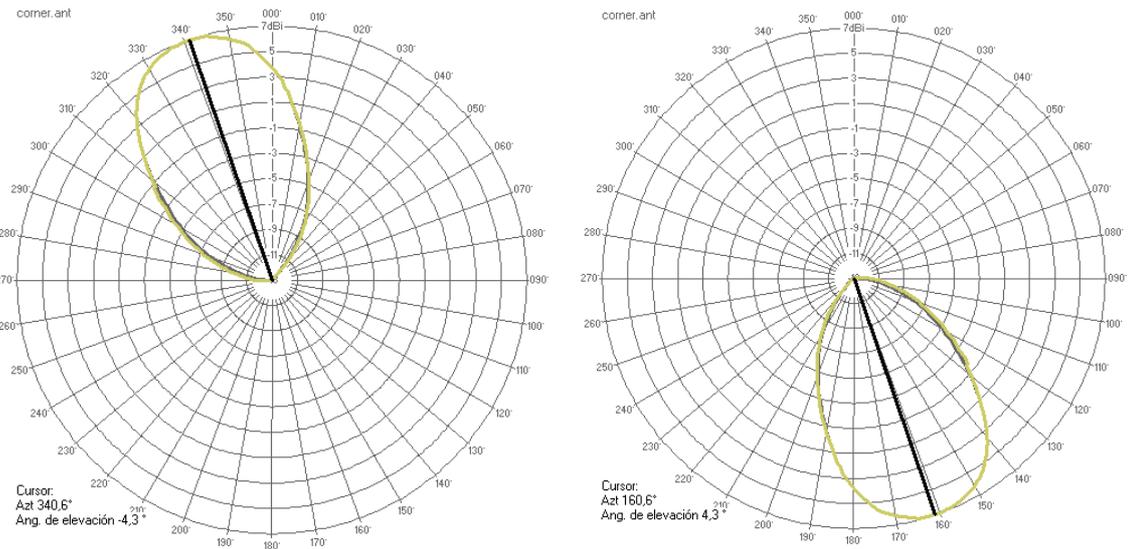


Figura.III.41. Ángulos de elevación y azimut a) Miraloma b) San Luis

### 3.3.8 PERFIL TOPOGRÁFICO MIRALOMA PUNIN



#### Perfil topográfico Cerro Miraloma-Punín

Miraloma	Longitud:	78°37'43,1'' W	Punin	Longitud:	78°38'48,8'' W
	Latitud:	01°45'32,7'' S		Latitud:	01°45'57,78'' S
	Altura:	3102 m.		Altura:	2799 m.
	Torre	15 m.		Tubo antena	15 0,,
	Distancia	3166,9 m.			
	Frecuencia	5,7 GHz			
	Factor K	1,33			

Distancia 1 (metros)	Altura sobre nivel del mar(m)	Distancia 2 (m)	Factor de Corrección de altura	Altura Corregida (m)	Altura del rayo (m)	Radio 1era. Zona de Fresnel (m)	Altura superior de Fresnel (m)	Altura inferior de Fresnel (m)
0	3102	3166,9	0	3102,00	3117	0,00	3117,00	3117,00
96	3008,1	3070,9	0,01741	3008,12	3108	7,00	3114,81	3100,82
191,9	3017,3	2975	0,03371	3017,33	3099	9,74	3108,38	3088,90
287,9	3011,9	2879	0,0	3011,95	3089	11,74	3101,19	3077,72
383,9	2982,3	2783	0,1	2982,36	3080	13,33	3093,59	3066,94
479,8	2946,9	2687,1	0,1	2946,98	3071	14,64	3085,73	3056,46
575,8	2910,7	2591,1	0,1	2910,79	3062	15,75	3077,66	3046,16
671,8	2892,1	2495,1	0,1	2892,20	3053	16,69	3069,41	3036,03
767,7	2903,7	2399,2	0,1	2903,81	3044	17,50	3061,04	3026,05
863,7	2918,1	2303,2	0,1	2918,22	3034	18,18	3052,55	3016,18
959,7	2925,6	2207,2	0,1	2925,73	3025	18,76	3043,94	3006,42
1055,6	2929,9	2111,3	0,1	2930,03	3016	19,25	3035,25	2996,76
1151,6	2922,6	2015,3	0,1	2922,74	3007	19,64	3026,46	2987,18
1247,6	2901,7	1919,3	0,1	2901,84	2998	19,95	3017,58	2977,68
1343,5	2873,6	1823,4	0,1	2873,74	2988	20,18	3008,64	2968,28
1439,5	2843	1727,4	0,1	2843,15	2979	20,33	2999,60	2958,94
1535,5	2809,3	1631,4	0,1	2809,45	2970	20,40	2990,49	2949,68
1631,4	2782,9	1535,5	0,1	2783,05	2961	20,40	2981,32	2940,51
1727,4	2769,1	1439,5	0,1	2769,25	2952	20,33	2972,06	2931,40
1823,4	2763,3	1343,5	0,1	2763,44	2943	20,18	2962,72	2922,36
1919,3	2759,9	1247,6	0,1	2760,04	2933	19,95	2953,32	2913,42
2015,3	2754,2	1151,6	0,1	2754,34	2924	19,64	2943,82	2904,54
2111,3	2750,8	1055,6	0,1	2750,93	2915	19,25	2934,24	2895,75
2207,2	2758,7	959,7	0,1	2758,83	2906	18,76	2924,58	2887,06
2303,2	2758,3	863,7	0,1	2758,42	2897	18,18	2914,82	2878,45
2399,2	2765,2	767,7	0,1	2765,31	2887	17,50	2904,95	2869,96
2495,1	2770,6	671,8	0,1	2770,70	2878	16,69	2894,97	2861,59
2591,1	2775,3	575,8	0,1	2775,39	2869	15,75	2884,84	2853,34
2687	2779,5	479,9	0,1	2779,58	2860	14,64	2874,55	2845,28
2783	2784,1	383,9	0,1	2784,16	2851	13,33	2864,06	2837,41
2879	2788,2	287,9	0,0	2788,25	2842	11,74	2853,28	2829,81
2974,9	2793,5	192	0,0	2793,53	2832	9,74	2842,11	2822,63
3070,9	2799	96	0,0	2799,02	2823	7,00	2830,18	2816,19
3166,9	2799	0	0,0	2799,00	2814	0,00	2814,00	2814,00

**Tabla.III.8.** Tabla de Topografía de Miraloma Punin  
**Fuente.** Software CNT, **Elaborado por:** el autor del proyecto

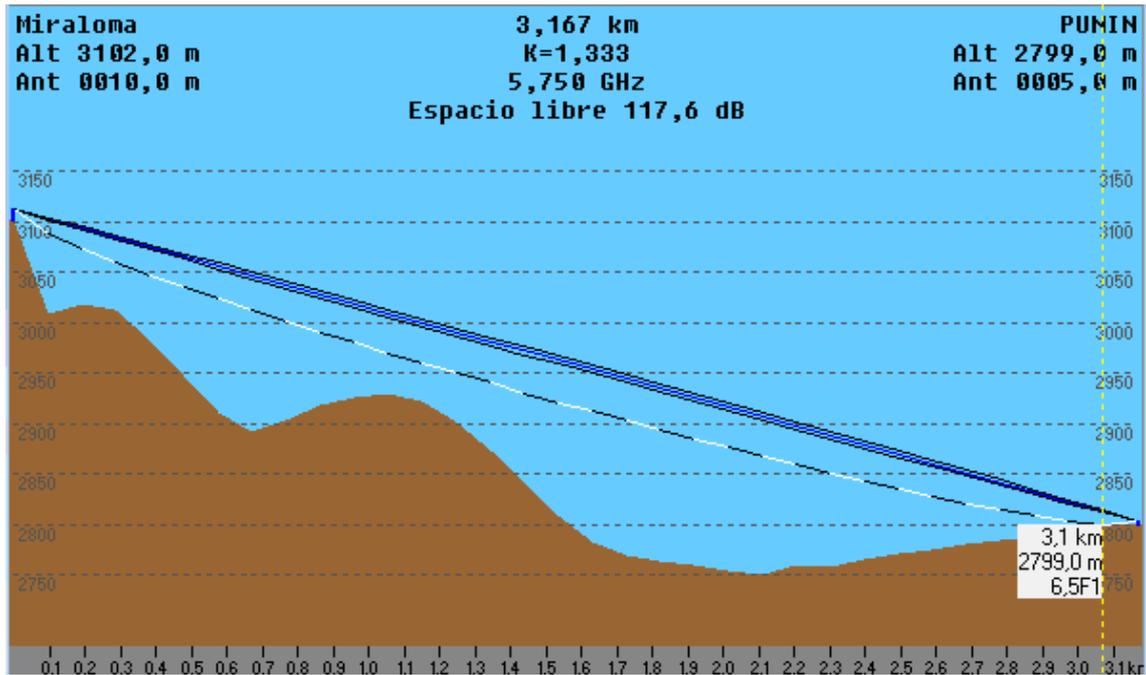


Figura.III.42. Perfil Miraloma Punin

El perfil topográfico nos ayuda a ver si el enlace está despejado, en la figura.III.42. se ve que el enlace Miraloma Punín está completamente despejado, por lo tanto el repetidor es correcto tanto para Punin como para San Luis. Los ángulos de elevación y azimut se muestran en la figura.III.43.

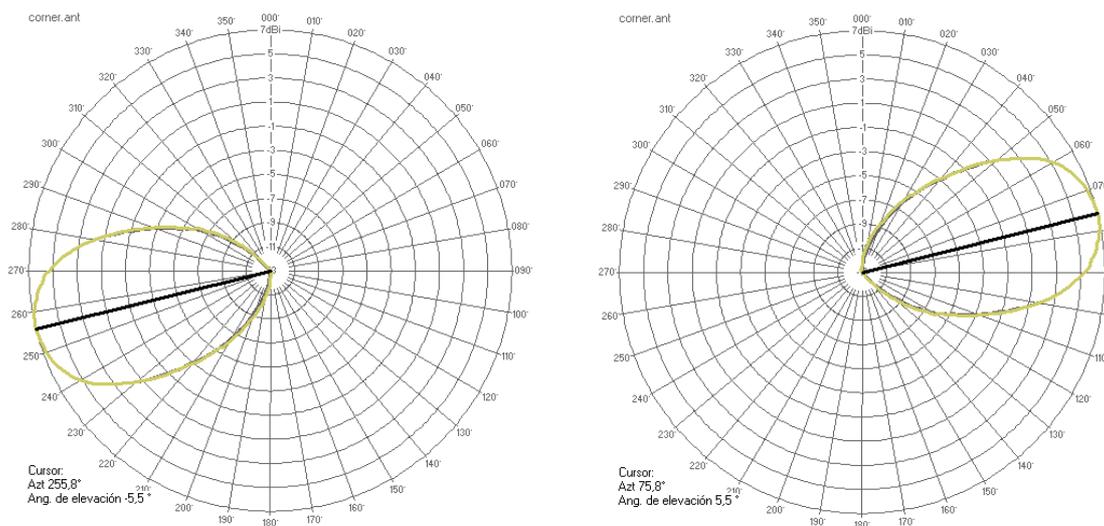
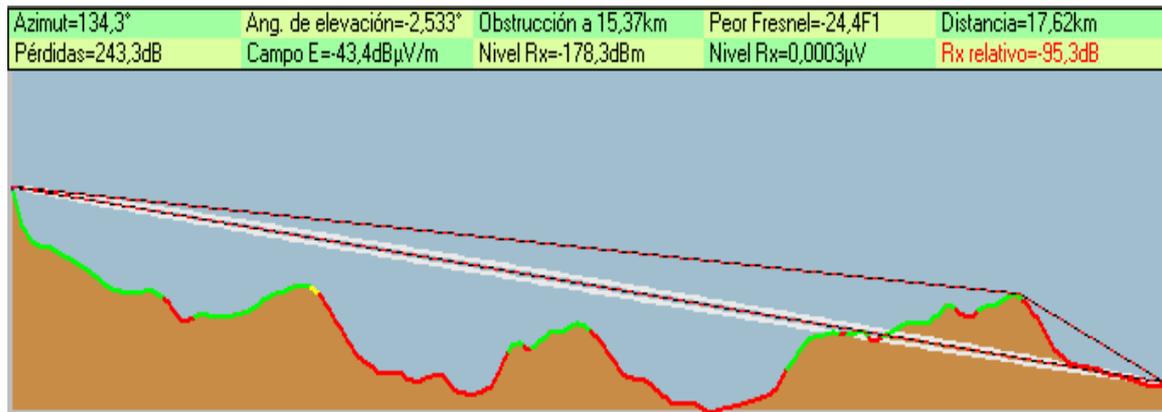


Figura.III.43. Angulos de elevación y azimut a) Miraloma b) Punin

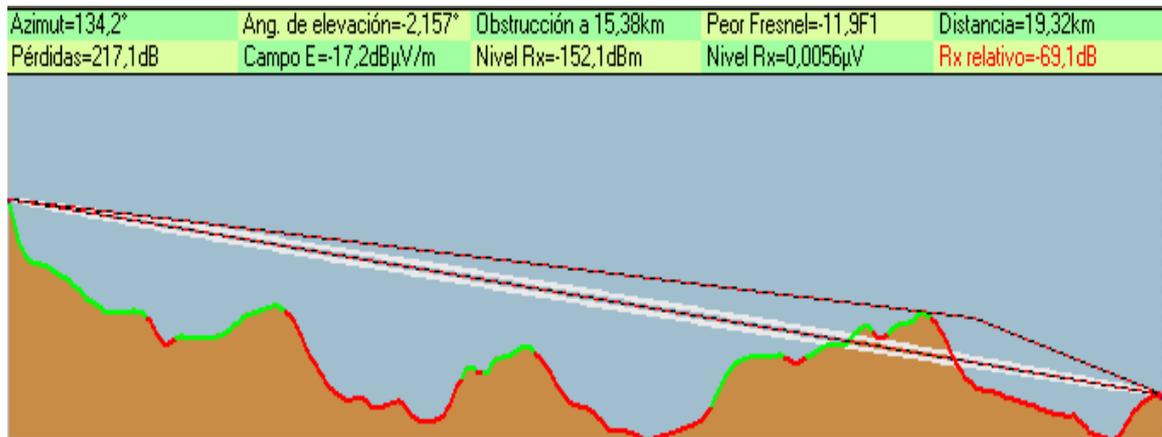
### 3.3.9 PERFIL TOPOGRÁFICO CACHA PUNGALÁ Y CACHA LICTO

Con la ayuda de radio Mobile podemos ver el perfil entre Cacha y Licto. En la figura.III.44, ahí se observa que existe obstrucción a 15,3km por lo tanto no hay línea de vista directa.



**Figura.III.44. Perfil Cacha-Licto**

De la misma manera se realiza el perfil topográfico de Cacha Pungalá, ver figura.III.45 y tenemos obstrucción a 15.3km.



**Figura.III.45. Perfil Cacha-Licto**

El obstáculo para las dos parroquias es el cerro Tulabug, y para superarlo se coloca un repetidor en el cerro Manglul perteneciente a la parroquia Pungalá, desde donde irradiará la señal. Para revisar si el repetidor es factible en este punto se realizará los respectivos perfiles topográfico.

### 3.3.10 PERFIL TOPOGRÁFICO CACHA-MANGLUL



#### Perfil topográfico Cerro Cacha-Manglul

:ha	Longitud: 78°42'57,9'' W	Manglul	Longitud: 78°35'14,4'' W
	Latitud: 01°41'31,26'' S		Latitud: 01°49'7,0'' S
	Altura: 3577 m.		Altura: 3034,9 m.
	Torre 15 m.		Tubo antena 25
	Distancia de Enlace 20095 m.		
	Frecuencia 5,7 GHz		
	Factor K 1,33		

Distancia 1 (metros)	Altura sobre nivel del mar(m)	Distancia 2 (m)	Factor de Corrección de altura	Altura Corregida (m)	Altura del rayo (m)	Radio 1era. Zona de Fresnel (m)	Altura superior de Fresnel (m)	Altura inferior de Fresnel (m)
0	3577	20095	0	3577,00	3592	0,00	3592,00	3592,00
608,9	3360,4	19486	0,70068	3361,10	3576	17,63	3593,51	3558,25
1217,9	3264,4	18877	1,35768	3265,76	3560	24,54	3584,29	3535,21
1826,8	3192,2	18268	2,0	3194,17	3544	29,56	3573,19	3514,06
2435,7	3125,6	17659	2,5	3128,14	3528	33,56	3561,07	3493,94
3044,7	3097,4	17050	3,1	3100,47	3511	36,87	3548,25	3474,50
3653,6	3129,7	16441	3,5	3133,25	3495	39,67	3534,92	3455,59
4262,6	3215,1	15832	4,0	3219,09	3479	42,04	3521,17	3437,09
4871,5	3104,1	15224	4,4	3108,48	3463	44,07	3507,08	3418,93
5480,4	2910,7	14615	4,7	2915,43	3447	45,80	3492,68	3401,08
6089,4	2854,3	14006	5,0	2859,34	3431	47,26	3478,02	3383,49
6698,3	2839	13397	5,3	2844,30	3415	48,48	3463,11	3366,15
7307,2	2833	12788	5,5	2838,52	3399	49,47	3447,98	3349,04
7916,2	2977,1	12179	5,7	2982,79	3382	50,25	3432,64	3332,13
8525,1	3072,5	11570	5,8	3078,32	3366	50,83	3417,09	3315,44
9134,1	2957,4	10961	5,9	2963,31	3350	51,21	3401,34	3298,93
9743	2845,1	10352	6,0	2851,06	3334	51,40	3385,41	3282,62
10352	2765	9743,1	6,0	2770,96	3318	51,40	3369,29	3266,49
10961	2746,1	9134,1	5,9	2752,01	3302	51,21	3352,97	3250,56
11570	2791,5	8525,2	5,8	2797,32	3286	50,83	3336,47	3234,81
12179	2998,3	7916,3	5,7	3003,99	3270	50,25	3319,77	3219,27
12788	3018,5	7307,3	5,5	3024,02	3253	49,47	3302,86	3203,92
13397	3025,2	6698,4	5,3	3050,50	3237	48,48	3285,75	3188,79
14006	3020,1	6089,4	5,0	3075,14	3221	47,26	3268,41	3173,88
14615	3023,3	5480,5	4,7	3090,03	3205	45,80	3250,82	3159,22
15223	3015,4	4871,6	4,4	3147,78	3189	44,07	3232,97	3144,82
15832	3010,9	4262,6	4,0	3014,89	3173	42,04	3214,81	3130,73
16441	2893,2	3653,7	3,5	2896,75	3157	39,67	3196,31	3116,98
17050	2861,5	3044,8	3,1	2864,57	3141	36,87	3177,40	3103,65
17659	2832,8	2435,8	2,5	2835,34	3124	33,56	3157,96	3090,83
18268	2780,4	1826,9	2,0	2782,37	3108	29,57	3137,84	3078,71
18877	2794,4	1217,9	1,4	2795,76	3092	24,54	3116,69	3067,61
19486	2886	609	0,7	2886,70	3076	17,63	3093,66	3058,40
20095	3032,6	0,1	0,0	3032,60	3060	0,23	3060,13	3059,67

**Tabla.III.9. Tabla de Topografía de Cacha Manglul**  
Fuente. Software CNT, Elaborado por: el autor del proyecto

Como podemos ver en el perfil topográfico de la figura.III.46 se muestra el enlace cacha Manglul, en el se ve que el obtáculo se ha podido superar entonces si es factible la colocación del repetidor en el cerro Manglul, desde este punto se irradiará la señal.

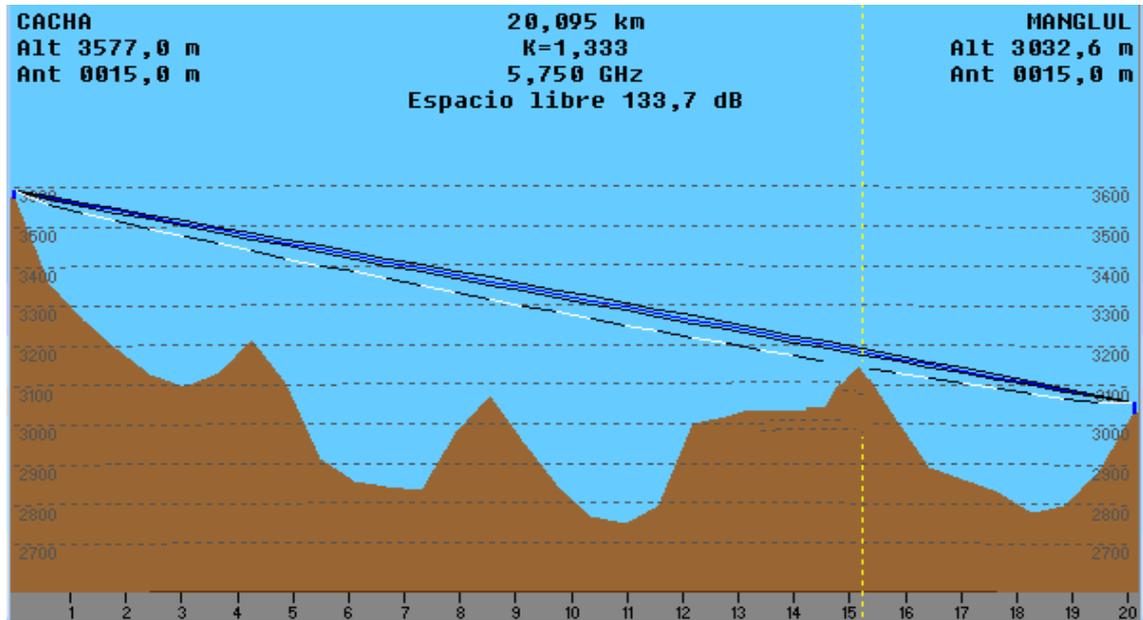


Figura.III.46. Perfil Cacha-Manglul

Los ángulos de elevación y azimut se ven en la figura.III.47.

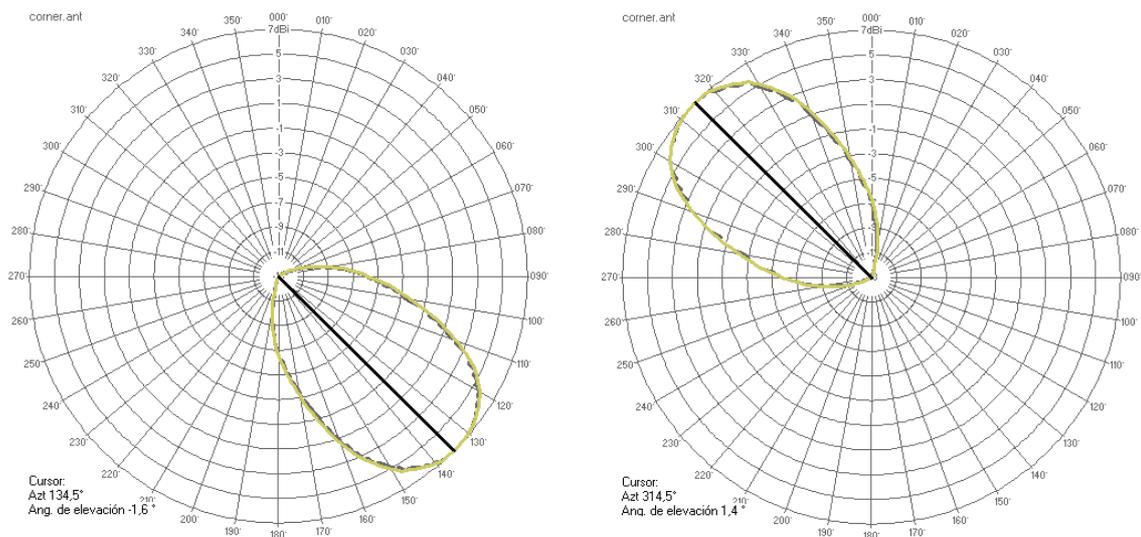


Figura.III.47. Angulos de elevación y azimut a) Cacha b) Manglul

### 3.3.11 PERFIL TOPOGRÁFICO MANGLUL PUNGALÁ

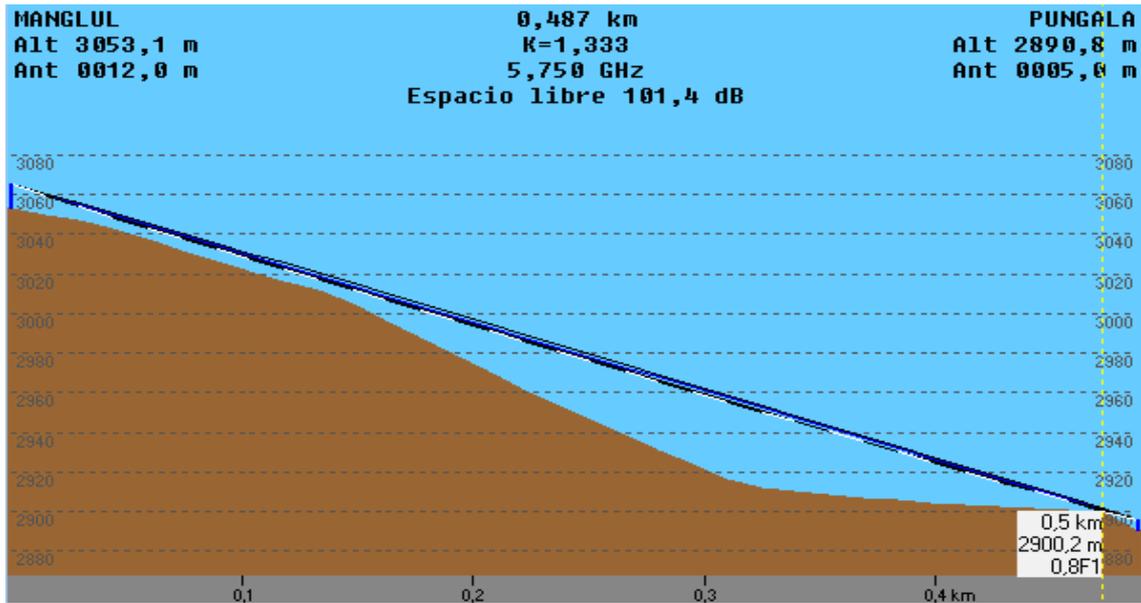


#### Topográfico Cerro Manglul-Pungalá

Manglul	Longitud:	78°35'15,5'' W	Pungalá	Longitud:	78°35'29,2'' W
	Latitud:	01°48'55,7'' S		Latitud:	01°48'47,9'' S
	Altura:	3053,1 m.		Altura:	2890 m.
	Torre	12 m.		Tubo antena	5
Distancia de Enlace	487,4	m.			
Frecuencia	5,7	GHz			
Factor K	1,33				

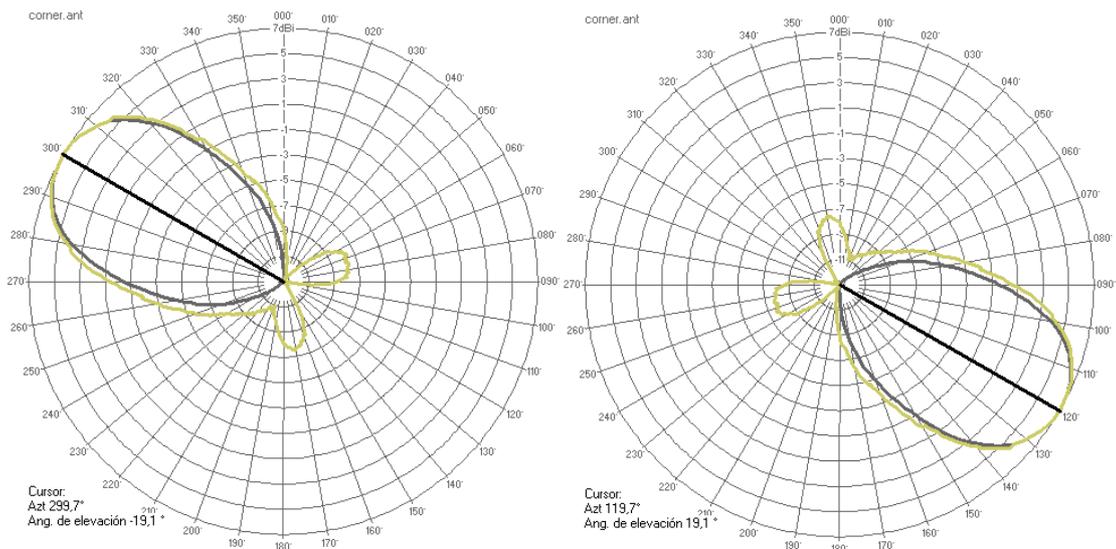
Distancia 1 (metros)	Altura sobre nivel del mar(m)	Distancia 2 (m)	Factor de Corrección de altura	Altura Corregida (m)	Altura del rayo (m)	Radio 1era. Zona de Fresnel (m)	Altura superior de Fresnel (m)	Altura inferior de Fresnel (m)
0	3053,1	487,4	0	3053,10	3065	0,00	3065,10	3065,10
14,8	3050,1	472,6	0,00041	3050,10	3060	2,75	3062,68	3057,19
29,5	3047	457,9	0,0008	3047,00	3055	3,82	3058,62	3050,99
44,3	3043,1	443,1	0,0	3043,10	3050	4,60	3054,24	3045,04
59,1	3037,4	428,3	0,0	3037,40	3044	5,23	3049,70	3039,25
73,9	3031,6	413,5	0,0	3031,60	3039	5,74	3045,05	3033,56
88,6	3026,3	398,8	0,0	3026,30	3034	6,18	3040,36	3028,00
103,4	3021,2	384	0,0	3021,20	3029	6,55	3035,56	3022,47
118,2	3016,3	369,2	0,0	3016,30	3024	6,86	3030,71	3016,98
132,9	3011,6	354,5	0,0	3011,60	3019	7,13	3025,85	3011,59
147,7	3004,9	339,7	0,0	3004,90	3014	7,36	3020,91	3006,19
162,5	2996,5	324,9	0,0	2996,50	3008	7,55	3015,94	3000,84
177,3	2988	310,1	0,0	2988,00	3003	7,71	3010,93	2995,52
206,8	2970,7	280,6	0,0	2970,70	2993	7,92	3000,84	2985,01
221,6	2962,2	265,8	0,0	2962,20	2988	7,98	2995,74	2979,79
236,3	2953,8	251,1	0,0	2953,80	2983	8,00	2990,64	2974,63
251,1	2946,2	236,3	0,0	2946,20	2977	8,00	2985,47	2969,46
265,9	2938,7	221,5	0,0	2938,70	2972	7,97	2980,28	2964,33
280,6	2931,3	206,8	0,0	2931,30	2967	7,92	2975,09	2959,26
295,4	2924	192	0,0	2924,00	2962	7,83	2969,83	2954,18
310,2	2916,5	177,2	0,0	2916,50	2957	7,70	2964,55	2949,14
325	2912,3	162,4	0,0	2912,30	2952	7,55	2959,23	2944,13
354,5	2908,4	132,9	0,0	2908,40	2941	7,13	2948,51	2934,25
369,3	2906,9	118,1	0,0	2906,90	2936	6,86	2943,08	2929,35
384	2905,6	103,4	0,0	2905,60	2931	6,55	2937,63	2924,54
398,8	2904,5	88,6	0,0	2904,50	2926	6,18	2932,10	2919,74
413,6	2903,6	73,8	0,0	2903,60	2921	5,74	2926,50	2915,01
428,4	2902,6	59	0,0	2902,60	2916	5,22	2920,82	2910,37
443,1	2901,8	44,3	0,0	2901,80	2910	4,60	2915,06	2905,86
457,9	2901,1	29,5	0,0	2901,10	2905	3,82	2909,11	2901,48
472,7	2900,2	14,7	0,0	2900,20	2900	2,74	2902,87	2897,39
487,4	2890,8	0	0,0	2890,80	2895	0,00	2895,00	2895,00

**Tabla.III.10. Tabla de Topografía de Manglul-Pungalá**  
**Fuente.** Software CNT, **Elaborado por:** el autor del proyecto



**Figura.III.48. Perfil Manglul Pungalá**

El perfil topográfico de la figura.III.48 se ve despejado por lo tanto el enlace Manglul Pungalá es factible. Los ángulos de elevación y azimut se muestran en la figura.III.49.



**Figura.III.49. Angulos de elevación y azimut a) Manglul b) Pungalá**

### 3.3.12 PERFIL TOPOGRÁFICO MANGLUL LICTO

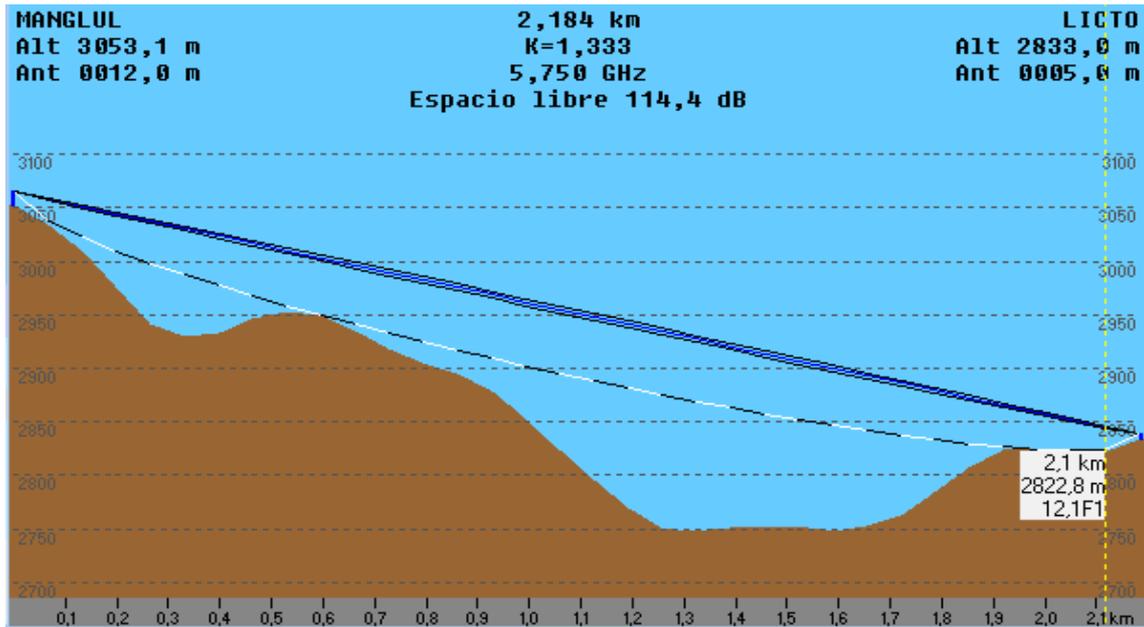


#### Perfil topográfico Cerro Manglul -Licto

Manglul	Longitud: 78°35'15,5'' W	Licto	Longitud: 78°36'9,3'' W
	Latitud: 01°48'55,7'' S		Latitud: 01°48'9,9'' S
	Altura: 3053,1 m.		Altura: 2833 m.
	Torre 12 m.		Tubo antena 5
	Distancia de Enlace 2184,3 m.		
	Frecuencia 5,7 GHz		
	Factor K 1,33		

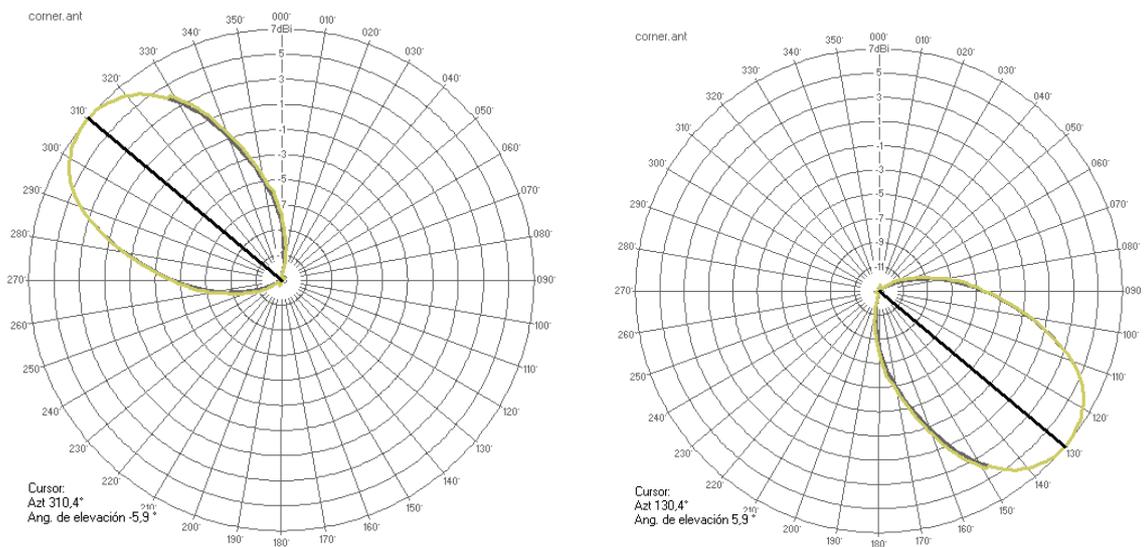
Distancia 1 (metros)	Altura sobre nivel del mar(m)	Distancia 2 (m)	Factor de Corrección de altura	Altura Corregida (m)	Altura del rayo (m)	Radio 1era. Zona de Fresnel (m)	Altura superior de Fresnel (m)	Altura inferior de Fresnel (m)
0	3053,1	2184,3	0	3053,10	3065	0,00	3065,10	3065,10
66,2	3034,8	2118,1	0,00828	3034,81	3058	5,81	3064,03	3052,40
132,4	3009,7	2051,9	0,01604	3009,72	3051	8,09	3059,43	3043,24
198,6	2975,3	1985,7	0,0	2975,32	3044	9,75	3054,20	3034,70
264,8	2942	1919,5	0,0	2942,03	3038	11,07	3048,64	3026,50
331	2929,5	1853,3	0,0	2929,54	3031	12,16	3042,84	3018,53
397,1	2933,6	1787,2	0,0	2933,64	3024	13,08	3036,89	3010,74
463,3	2945,9	1721	0,0	2945,95	3017	13,86	3030,79	3003,07
529,5	2952,3	1654,8	0,1	2952,35	3010	14,53	3024,58	2995,52
595,7	2949,6	1588,6	0,1	2949,66	3003	15,10	3018,27	2988,07
661,9	2935,2	1522,4	0,1	2935,26	2996	15,58	3011,86	2980,70
728,1	2917,8	1456,2	0,1	2917,86	2989	15,98	3005,38	2973,42
794,3	2905,7	1390	0,1	2905,77	2983	16,31	2998,83	2966,21
860,5	2894,5	1323,8	0,1	2894,57	2976	16,57	2992,20	2959,07
926,7	2879	1257,6	0,1	2879,07	2969	16,76	2985,51	2951,99
992,9	2853,6	1191,4	0,1	2853,67	2962	16,88	2978,75	2944,99
1059	2824,5	1125,3	0,1	2824,57	2955	16,95	2971,94	2938,05
1125,2	2795	1059,1	0,1	2795,07	2948	16,95	2965,06	2931,17
1191,4	2768,4	992,9	0,1	2768,47	2941	16,88	2958,11	2924,35
1257,6	2750,5	926,7	0,1	2750,57	2934	16,76	2951,11	2917,59
1323,8	2748,1	860,5	0,1	2748,17	2927	16,57	2944,03	2910,90
1390	2750,3	794,3	0,1	2750,37	2921	16,31	2936,89	2904,27
1456,2	2750,6	728,1	0,1	2750,66	2914	15,98	2929,68	2897,72
1522,4	2752,3	661,9	0,1	2752,36	2907	15,58	2922,40	2891,24
1588,6	2748,3	595,7	0,1	2748,36	2900	15,10	2915,03	2884,83
1654,8	2751,8	529,5	0,1	2751,85	2893	14,53	2907,58	2878,52
1720,9	2762,6	463,4	0,0	2762,65	2886	13,86	2900,04	2872,32
1787,1	2783,8	397,2	0,0	2783,84	2879	13,08	2892,37	2866,22
1853,3	2807,2	331	0,0	2807,24	2872	12,16	2884,57	2860,26
1919,5	2824,2	264,8	0,0	2824,23	2866	11,07	2876,60	2854,46
1985,7	2823,6	198,6	0,0	2823,62	2859	9,75	2868,40	2848,90
2051,9	2822,6	132,4	0,0	2822,62	2852	8,09	2859,86	2843,67
2118,1	2822,8	66,2	0,0	2822,81	2845	5,81	2850,70	2839,07
2184,3	2833	0	0,0	2833,00	2838	0,00	2838,00	2838,00

**Tabla.III.11. Tabla de Topografía de Manglul-Licto**  
**Fuente.** Software CNT, **Elaborado por:** el autor del proyecto



**Figura.III.50. Perfil Manglul Pungalá**

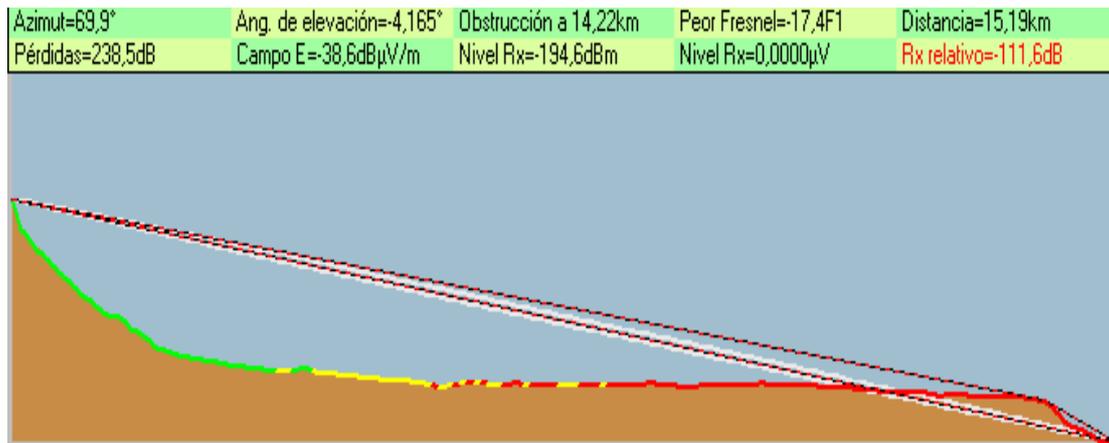
De acuerdo al perfil topográfico entre Manglul y Licto se puede ver que el enlace está despejado por lo tanto es factible, ver figura.III.50. Los ángulos de azimut y elevación se muestran en la figura.III.51. Ver Anexo 4.



**Figura.III.51. Angulos de elevación y azimut a) Manglul b) Licto**

### 3.3.13 PERFIL TOPOGRÁFICO CACHA CUBIJIES

Con la ayuda de radio Mobile podemos ver el perfil entre Cacha y Cubijies. En la figura.III.52, ahí se observa que existe obstrucción a 14,22m por lo tanto no hay línea de vista directa.



**Figura.III.52. Perfil Cacha Cubijies**

Para superar el obstáculo se coloca un repetidor el sector de Chingazo Bajo desde donde se observa que si esta despejado el enlace.

Para comprobar si el enlace es tiene línea de vista directa se realizarán los perfiles topográficos.

### 3.3.14 PERFIL TOPOGRÁFICO CACHA CHINGAZO



:ha

#### Perfil topográfico Cerro Cacha-Chingazo

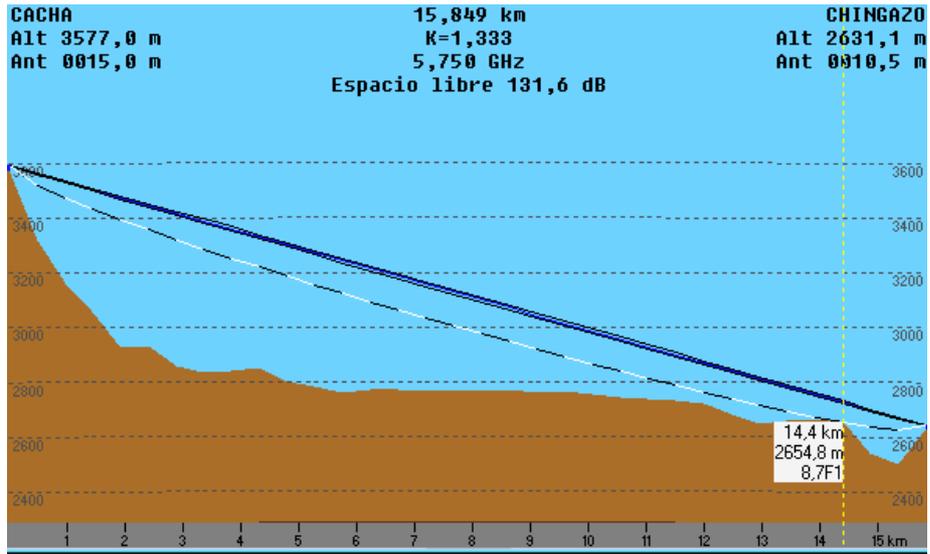
Longitud:	78°42'57,9''	W	Chingazo	Longitud:	78°35'6,3''	W
Latitud:	01°41'31,26''	S		Latitud:	01°38'10,02''	S
Altura:	3577	m.		Altura:	2617	m.
Torre	15	m.		Tubo antena	15	
Distancia de Enlace	15849	m.				
Frecuencia	5,7	GHz				
Factor K	1,33					

Distancia 1 (metros)	Altura sobre nivel del mar(m)	Distancia 2 (m)	Factor de Corrección de altura	Altura Corregida (m)	Altura del rayo (m)	Radio 1era. Zona de Fresnel (m)	Altura superior de Fresnel (m)	Altura inferior de Fresnel (m)
0	3577	15849	0	3577,00	3592	0,00	3592,00	3592,00
480,3	3321,6	15369	0,43591	3322,04	3563	15,66	3578,56	3547,25
960,5	3158,8	14889	0,8445	3159,64	3534	21,79	3555,61	3512,03
1440,8	3056,8	14408	1,2	3058,03	3505	26,26	3530,98	3478,47
2401,4	2934,4	13448	1,9	2936,31	3447	32,75	3479,29	3413,80
2881,6	2859,1	12967	2,2	2861,31	3417	35,23	3452,68	3382,23
3361,9	2836,5	12487	2,5	2838,98	3388	37,34	3425,70	3351,03
3842,2	2840,5	12007	2,7	2843,22	3359	39,14	3398,41	3320,13
4802,7	2798,7	11046	3,1	2801,83	3301	41,97	3343,07	3259,12
5283	2781,1	10566	3,3	2784,40	3272	43,05	3315,05	3228,95
5763,3	2760,3	10086	3,4	2763,73	3243	43,94	3286,84	3198,97
6243,5	2772,3	9605,5	3,5	2775,84	3214	44,63	3258,45	3169,19
6723,8	2773,4	9125,2	3,6	2777,02	3185	45,14	3229,87	3139,59
7204,1	2766,3	8644,9	3,7	2769,98	3156	45,48	3201,11	3110,16
8164,6	2765,4	7684,4	3,7	2769,11	3097	45,65	3143,10	3051,81
8644,9	2769,3	7204,1	3,7	2772,98	3068	45,48	3113,84	3022,89
9125,2	2760,4	6723,8	3,6	2764,02	3039	45,14	3084,41	2994,13
9605,5	2767,1	6243,5	3,5	2770,64	3010	44,63	3054,81	2965,55
10086	2753,5	5763,3	3,4	2756,93	2981	43,94	3025,03	2937,16
10566	2745,1	5283	3,3	2748,40	2952	43,05	2995,05	2908,95
11046	2735,4	4802,7	3,1	2738,53	2923	41,97	2964,88	2880,93
11527	2731	4322,5	2,9	2733,94	2894	40,68	2934,50	2853,14
12007	2721,6	3842,2	2,7	2724,32	2865	39,14	2903,87	2825,59
12487	2683,5	3361,9	2,5	2685,98	2836	37,34	2872,97	2798,30
12967	2645,3	2881,6	2,2	2647,51	2807	35,23	2841,77	2771,32
13448	2656,8	2401,4	1,9	2658,71	2777	32,75	2810,20	2744,71
13928	2666,5	1921,1	1,6	2668,08	2748	29,81	2778,17	2718,56
14408	2654,8	1440,8	1,2	2656,03	2719	26,26	2745,53	2693,02
14889	2541,9	960,5	0,8	2542,74	2690	21,79	2711,97	2668,39
15369	2503,3	480,3	0,4	2503,74	2661	15,66	2676,75	2645,44
15849	2631,1	0	0,0	2631,10	2632	0,00	2632,00	2632,00

**Tabla.III.12. Tabla de Topografía de Cacha Chingazo**

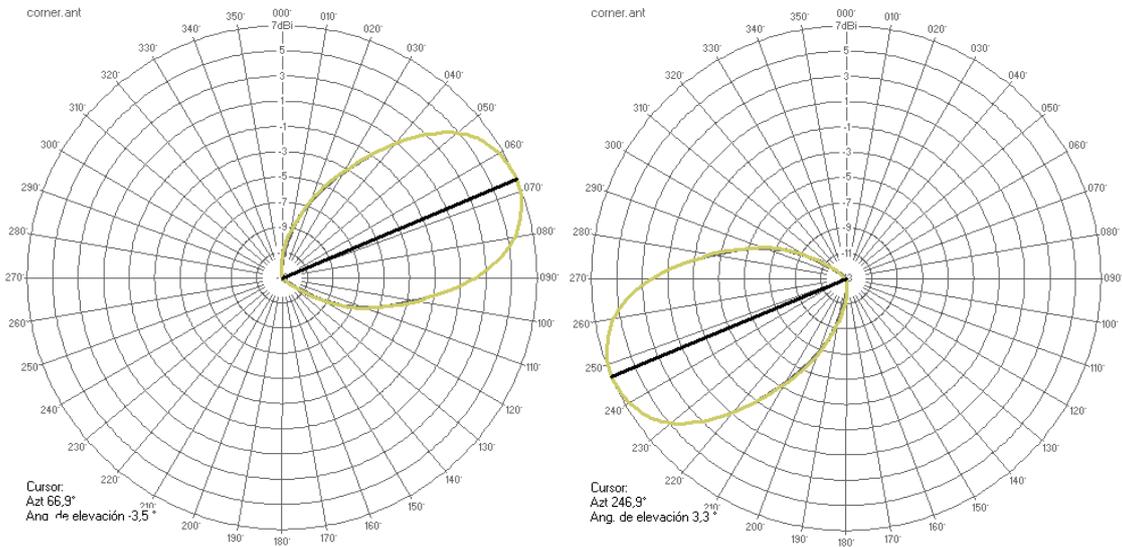
**Fuente.** Software CNT, **Elaborado por:** el autor del proyecto

Con la ayuda de la tabla se dibuja el perfil topográfico que se muestra en la figura.III.53. En él se observa que el enlace está despejado, entonces la colocación del repetidor es correcta. Ver Anexo 4.



**Figura.III.53. Perfil Cacha Chingazo**

Los ángulos de elevación y azimut se muestran en la figura.III.54.



**Figura.III.54. Angulos de elevación y azimut a)Cacha b) CHingazo**

### 3.3.15 PERFIL TOPOGRÁFICO CHINGAZO CUBIJÍES



#### Perfil topográfico Cerro Chingazo- Cibijíes

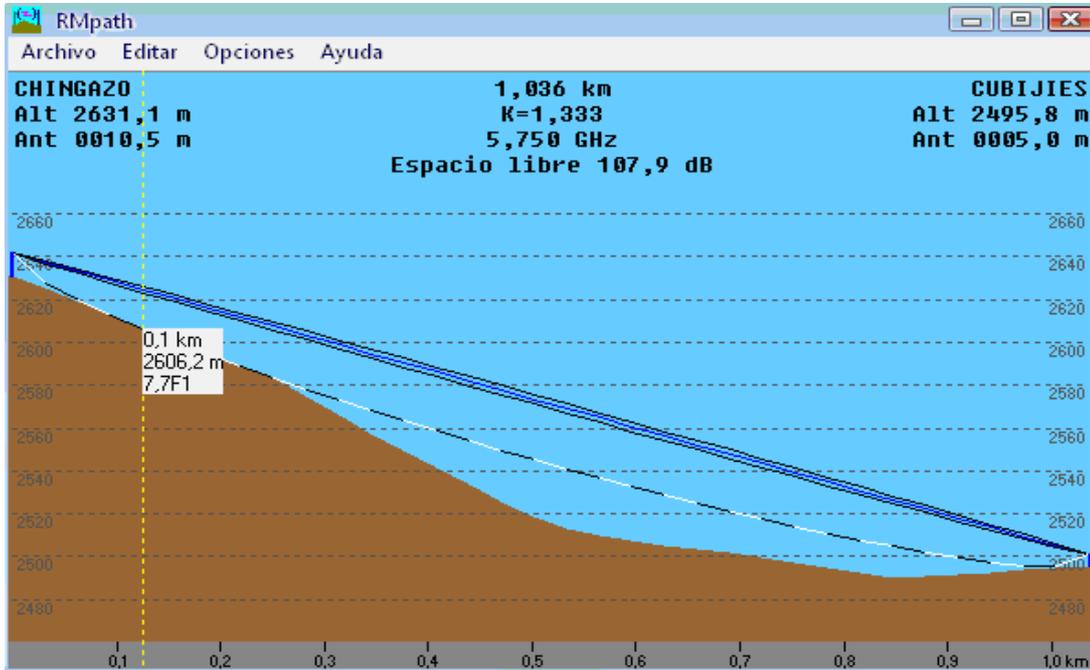
Chingazo	Longitud:	78°35'6,3'' W	Cubijíes	Longitud:	78°35'15,66'' W
	Latitud:	01°38'10,02'' S		Latitud:	01°38'42,18'' S
	Altura:	2617 m.		Altura:	2617 m.
	Torre	15 m.		Tubo	15
	Distancia de Enlace	1035,7 m.		antena	
	Frecuencia	5,7 GHz			
	Factor K	1,33			

Distancia 1 (metros)	Altura sobre nivel del mar(m)	Distancia 2 (m)	Factor de Corrección de altura	Altura Corregida (m)	Altura del rayo (m)	Radio 1era. Zona de Fresnel (m)	Altura superior de Fresnel (m)	Altura inferior de Fresnel (m)
0	2631,1	1035,7	0	2631,10	2632	0,00	2632,00	2632,00
314	2625,5	721,7	0,01338	2625,51	2632	10,73	2642,73	2621,27
628	2619	407,7	0,01512	2619,02	2632	11,41	2643,41	2620,59
942	2612,5	93,7	0,0	2612,51	2632	6,70	2638,70	2625,30
125,5	2606,2	910,2	0,0	2606,21	2632	7,62	2639,62	2624,38
156,9	2599,2	878,8	0,0	2599,21	2632	8,37	2640,37	2623,63
188,3	2593,6	847,4	0,0	2593,61	2632	9,00	2641,00	2623,00
219,7	2588,6	816	0,0	2588,61	2632	9,54	2641,54	2622,46
251,1	2583,1	784,6	0,0	2583,11	2632	10,01	2642,01	2621,99
282,5	2574,3	753,2	0,0	2574,31	2632	10,40	2642,40	2621,60
313,9	2565,6	721,8	0,0	2565,61	2632	10,73	2642,73	2621,27
345,2	2556,9	690,5	0,0	2556,91	2632	11,01	2643,01	2620,99
376,6	2549,1	659,1	0,0	2549,11	2632	11,23	2643,23	2620,77
408	2541,3	627,7	0,0	2541,32	2632	11,41	2643,41	2620,59
439,4	2533,3	596,3	0,0	2533,32	2632	11,54	2643,54	2620,46
470,8	2525,9	564,9	0,0	2525,92	2632	11,63	2643,63	2620,37
502,2	2518,7	533,5	0,0	2518,72	2632	11,67	2643,67	2620,33
533,6	2512,7	502,1	0,0	2512,72	2632	11,67	2643,67	2620,33
564,9	2509,8	470,8	0,0	2509,82	2632	11,63	2643,63	2620,37
596,3	2507,4	439,4	0,0	2507,42	2632	11,54	2643,54	2620,46
627,7	2505,4	408	0,0	2505,42	2632	11,41	2643,41	2620,59
659,1	2503,6	376,6	0,0	2503,61	2632	11,23	2643,23	2620,77
690,5	2501,7	345,2	0,0	2501,71	2632	11,01	2643,01	2620,99
721,9	2499,5	313,8	0,0	2499,51	2632	10,73	2642,73	2621,27
753,3	2497,3	282,4	0,0	2497,31	2632	10,40	2642,40	2621,60
784,7	2494,9	251	0,0	2494,91	2632	10,00	2642,00	2622,00
816	2492,3	219,7	0,0	2492,31	2632	9,54	2641,54	2622,46
847,4	2490,3	188,3	0,0	2490,31	2632	9,00	2641,00	2623,00
878,8	2491,1	156,9	0,0	2491,11	2632	8,37	2640,37	2623,63
910,2	2492	125,5	0,0	2492,01	2632	7,62	2639,62	2624,38
941,6	2492,7	94,1	0,0	2492,71	2632	6,71	2638,71	2625,29
973	2493,8	62,7	0,0	2493,80	2632	5,57	2637,57	2626,43
1004,4	2494,9	31,3	0,0	2494,90	2632	4,00	2636,00	2628,00
1035,7	2495,8	0	0,0	2495,80	2632	0,00	2632,00	2632,00

**Tabla.III.13. Tabla de Topografía de Chingazo Cubijies**

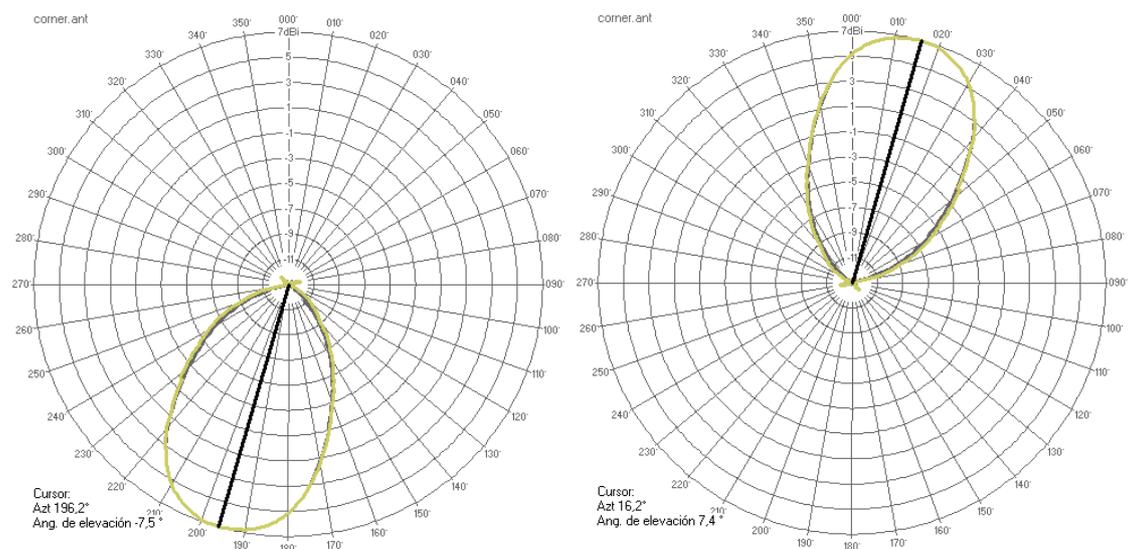
**Fuente.** Software CNT, **Elaborado por:** el autor del proyecto

El perfil topográfico del enlace chingazo Cubijies se muestra en la figura.III.55. donde se observa que el enlace está despejado, por lo tanto este repetidor servirá para superar los obstáculos del enlace Cacha cubijies.



**Figura.III.55. Perfil Chingazo Cubijies**

Los ángulos de elevación y azimut se muestran en la figura.III.56.



**Figura.III.56. Angulos de elevación y azimut a)Cacha b) CHingazo**

### **3.4 BALANCE DE POTENCIAS**

De acuerdo con las necesidades de los enlaces se presentan las siguientes características utilizadas en el cálculo del balance de potencias, detalles que los equipos deberán cumplir para que los enlaces funcionen. Las siguientes características se detallan en los anexos: anexo1, anexo2, anexo3.

- **AP**

Potencia de transmisión	23dBm
Umbral de recepción	-83dBm
Ganancia de la antena	25dBi

- **Repetidores**

Potencia de transmisión	23dBm
Umbral de recepción	-78dBm
Ganancia de la antena	18dBi

- **Módulos Suscriptores**

Potencia de transmisión	23dBm
Umbral de recepción	-83dBm
Ganancia de la antena	7dBi

Para el cálculo de la pérdidas en la trayectoria del espacio abierto se utiliza la formula de la atenuación, descrita en el capítulo anterior y las distancias entre los puntos se toman de las tablas de datos de los perfiles para cada caso.

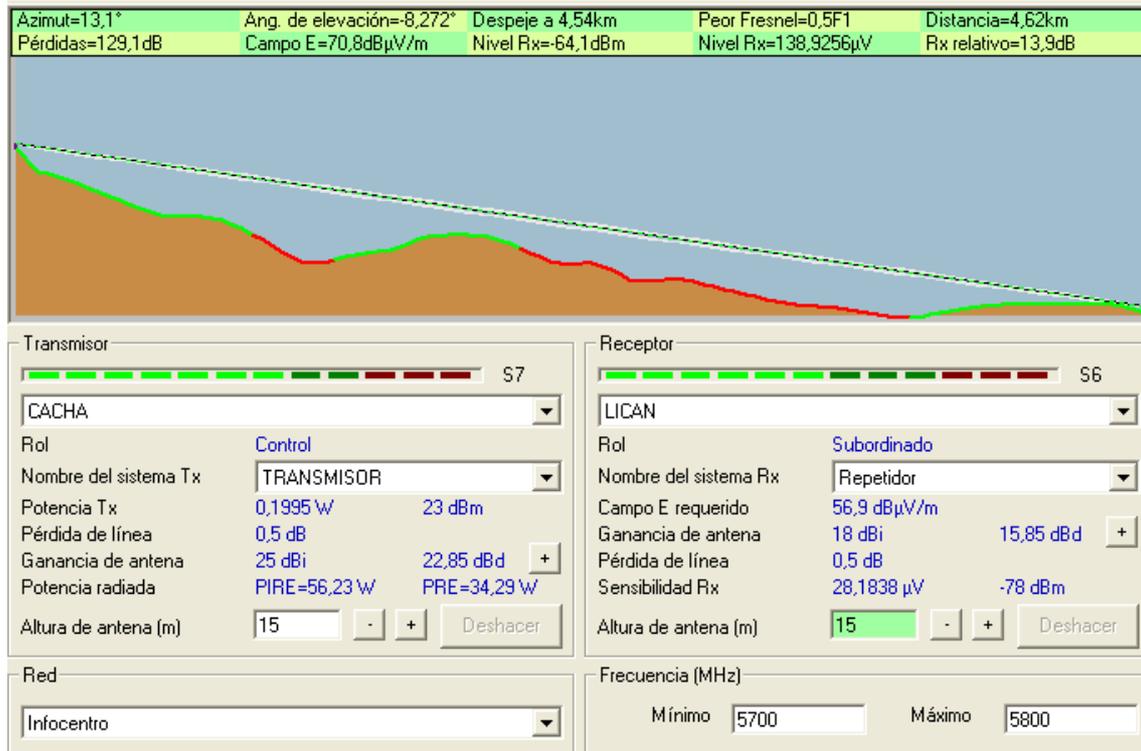
### 3.4.1 POTENCIA CACHA – LICÁN

#### Cálculo de Potencias para Suscriptor

Potencia del transmisor [dBm]	23 dbm
- Pérdida en el cable TX [dB]	-0.5 dB
+ Ganancia de antena TX [dBi]	25 dBi
-Pérdidas en la trayectoria del espacio abierto [dB]	-120.81 db
+ Ganancia de antena RX [dBi]	7 dB
- Pérdidas en el cable del RX [dB]	-0.5 dB
-Sensibilidad del receptor [dBm]	-83 dBm
Margen	16.19 dbm

**Tabla.III.14. Tabla de Calculo de Potencia Cacha-Licán**  
Elaborado por: el autor del proyecto

La simulación del enlace se realiza en radiomobile y se muestra en la figura.III.57.



**Figura.III.57. Simulación del enlace Cacha-Licán en Radiomobile**

El enlace cumple con la condición Potencia de Recepción  $\geq$  Potencia de Umbral o Sensibilidad

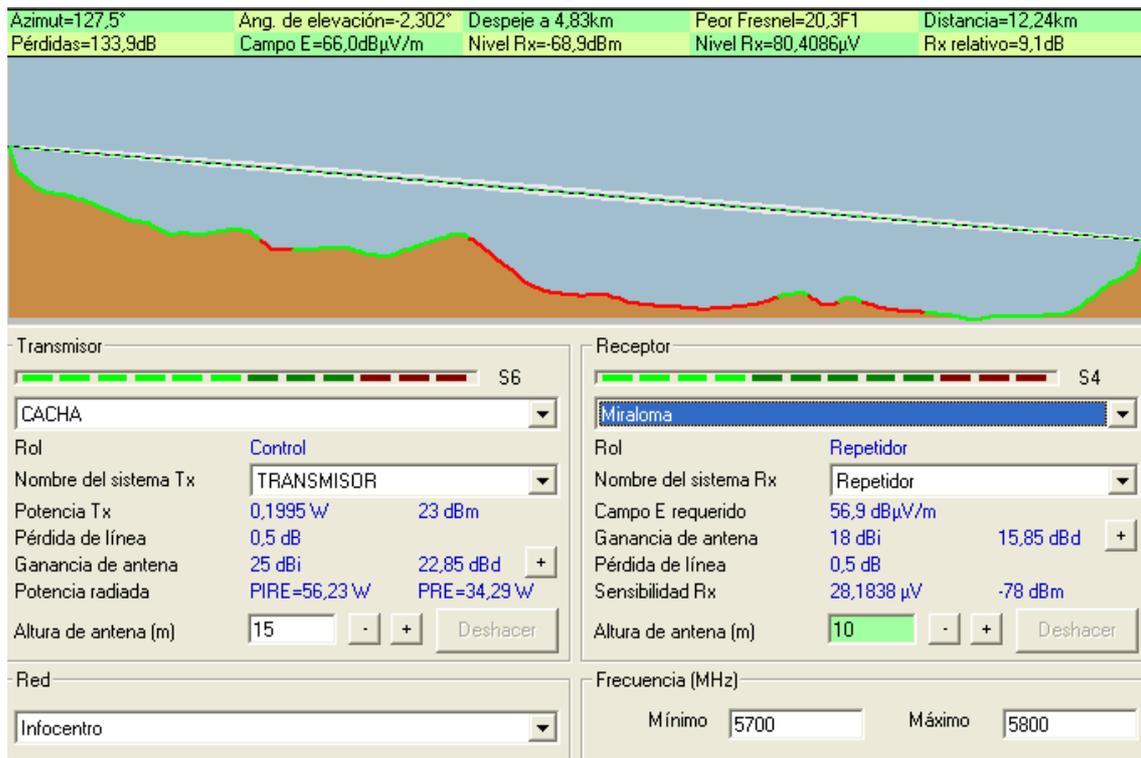
### 3.4.2 POTENCIA CACHA – MIRALOMA

#### Calculo de Potencias para Repetidor

Potencia del transmisor [dBm]	23 dbm
- Pérdida en el cable TX [dB]	-0.5 dB
+ Ganancia de antena TX [dBi]	25 dBi
-Pérdidas en la trayectoria del espacio abierto [dB]	-129.28 db
+ Ganancia de antena RX [dBi]	18 dB
- Pérdidas en el cable del RX [dB]	-0.5 dB
-Sensibilidad del receptor [dBm]	-78 dBm
Margen	13.72 dbm

**Tabla.III.15. Tabla de Calculo de Potencia Cacha-Miraloma**  
Elaborado por: el autor del proyecto

La simulación del enlace se realiza en radiomobile y se muestra en la figura.III.58.



**Figura.III.58. Simulación del enlace Cacha-Miraloma en Radiomobile**

El enlace cumple con la condición Potencia de Recepción  $\geq$  Potencia de Umbral o Sensibilidad

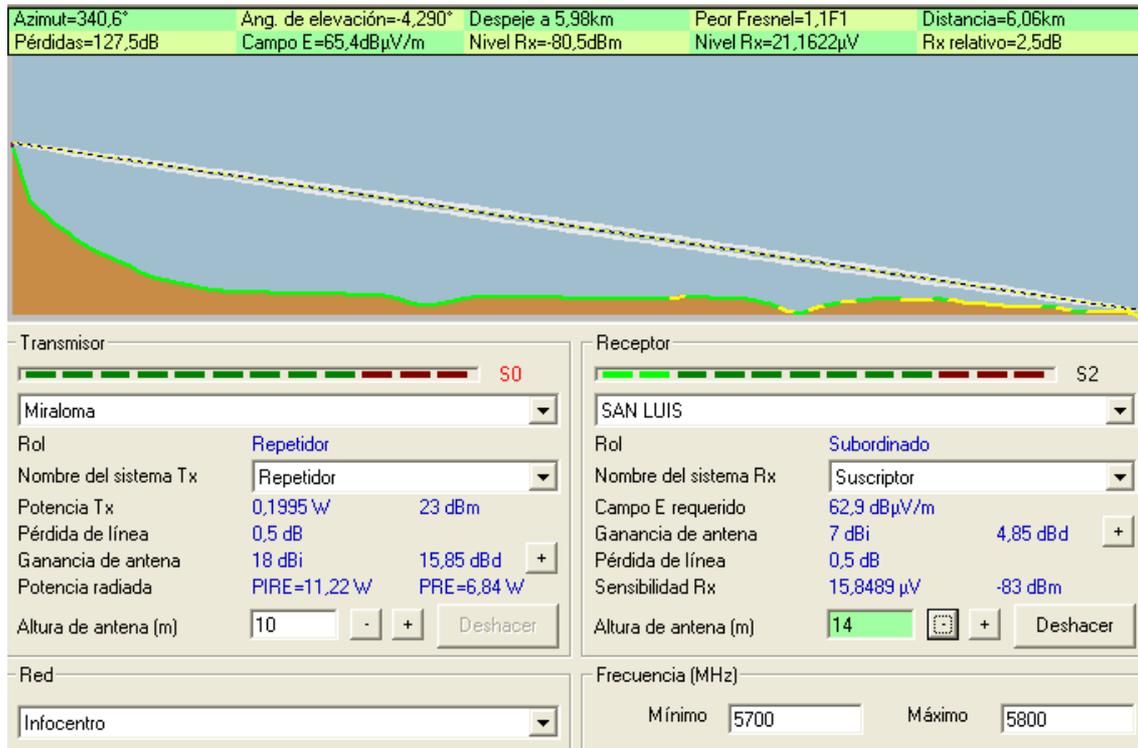
### 3.4.3 POTENCIA MIRALOMA – SAN LUIS

#### Calculo de Potencias para Suscriptor

Potencia del transmisor [dBm]	23 dbm
- Pérdida en el cable TX [dB]	-0.5 dB
+ Ganancia de antena TX [dBi]	18 dBi
-Pérdidas en la trayectoria del espacio abierto [dB]	-123.21 db
+ Ganancia de antena RX [dBi]	7 dB
- Pérdidas en el cable del RX [dB]	-0.5 dB
-Sensibilidad del receptor [dBm]	-83 dBm
Margen	6.79 dbm

**Tabla.III.16. Tabla de Calculo de Potencia Miraloma-San Luis**  
**Elaborado por:** el autor del proyecto

La simulación del enlace se realiza en radiomobile y se muestra en la figura.III.59.



**Figura.III.59. Simulación del enlace Miraloma – San Luis en Radiomobile**

El enlace cumple con la condición Potencia de Recepción  $\geq$  Potencia de Umbral o Sensibilidad

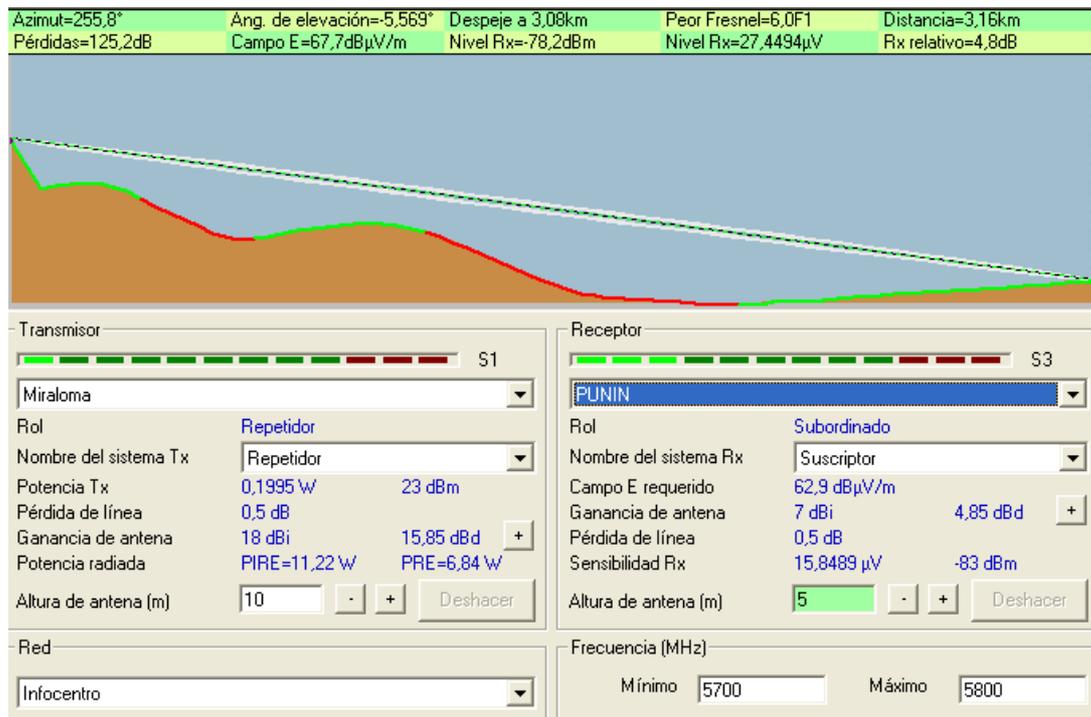
### 3.4.4 POTENCIA MIRALOMA – PUNIN

#### Calculo de Potencias para Suscriptor

Potencia del transmisor [dBm]	23 dbm
- Pérdida en el cable TX [dB]	-0.5 dB
+ Ganancia de antena TX [dBi]	18 dBi
-Pérdidas en la trayectoria del espacio abierto [dB]	-117.55 db
+ Ganancia de antena RX [dBi]	7 dB
- Pérdidas en el cable del RX [dB]	-0.5 dB
-Sensibilidad del receptor [dBm]	-83 dBm
Margen	12.45 dbm

**Tabla.III.17. Tabla de Calculo de Potencia Miraloma-Punin**  
Elaborado por: el autor del proyecto

La simulación del enlace se realiza en radiomobile y se muestra en la figura.III.60



**Figura.III.60. Simulación del enlace Miraloma – Punín en Radiomobile**

El enlace cumple con la condición Potencia de Recepción  $\geq$  Potencia de Umbral o Sensibilidad

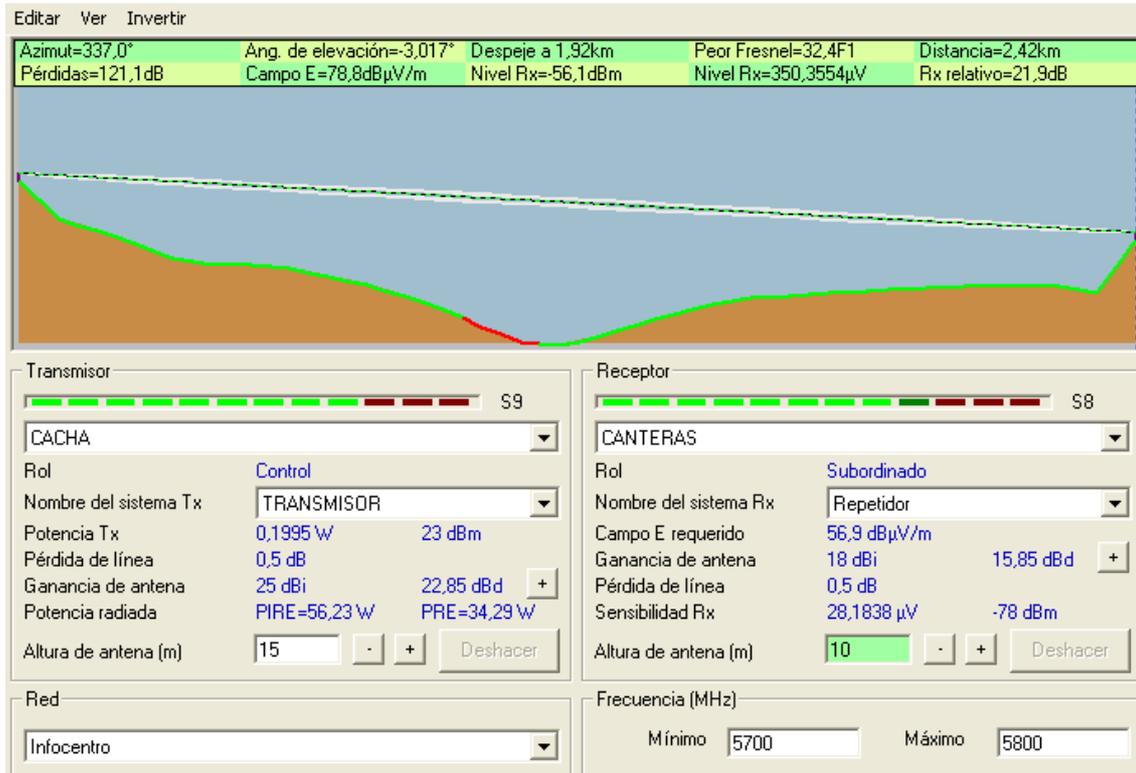
### 3.4.5 POTENCIA CACHA-CANTERAS

#### Calculo de Potencias para Repetidor

Potencia del transmisor [dBm]	23 dbm
- Pérdida en el cable TX [dB]	-0.5 dB
+ Ganancia de antena TX [dBi]	25 dBi
-Pérdidas en la trayectoria del espacio abierto [dB]	-115.23 db
+ Ganancia de antena RX [dBi]	18 dB
- Pérdidas en el cable del RX [dB]	-0.5 dB
-Sensibilidad del receptor [dBm]	-78 dBm
Margen	27.77 dbm

**Tabla.III.18** Tabla de Calculo de Potencia Cacha-Canteras  
**Elaborado por:** el autor del proyecto

La simulación del enlace se realiza en radiomobile y se muestra en la figura.III.61



**Figura.III.61. Simulación del enlace Cacha-Canteras en Radiomobile**

El enlace cumple con la condición Potencia de Recepción  $\geq$  Potencia de Umbral o Sensibilidad

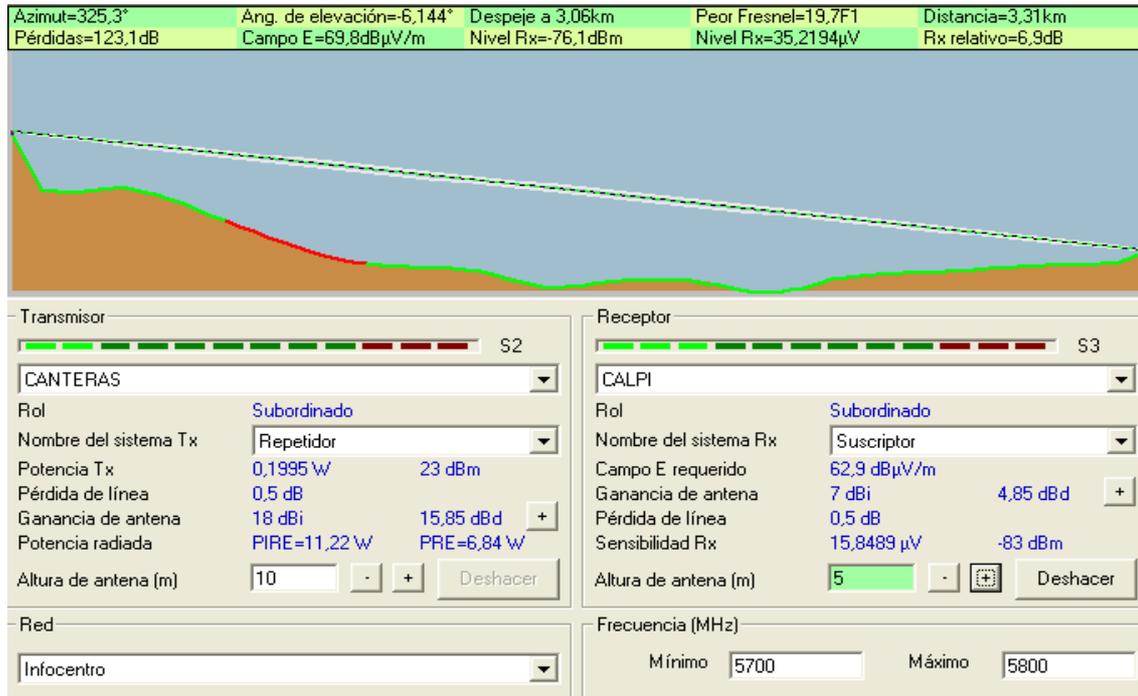
### 3.4.6 POTENCIA CANTERAS-CALPI

#### Calculo de Potencias para Suscriptor

Potencia del transmisor [dBm]	23 dbm
- Pérdida en el cable TX [dB]	-0.5 dB
+ Ganancia de antena TX [dBi]	18 dBi
-Pérdidas en la trayectoria del espacio abierto [dB]	-117.95 db
+ Ganancia de antena RX [dBi]	7 dB
- Pérdidas en el cable del RX [dB]	-0.5 dB
-Sensibilidad del receptor [dBm]	-83 dBm
Margen	12.05 dbm

**Tabla.III.19 Tabla de Calculo de Potencia Canteras-Calpi**  
Elaborado por: el autor del proyecto

La simulación del enlace se realiza en radiomobile y se muestra en la figura.III.62



**Figura.III.62 Simulación del enlace Canteras-Calpi en Radiomobile**

El enlace cumple con la condición Potencia de Recepción  $\geq$  Potencia de Umbral o Sensibilidad

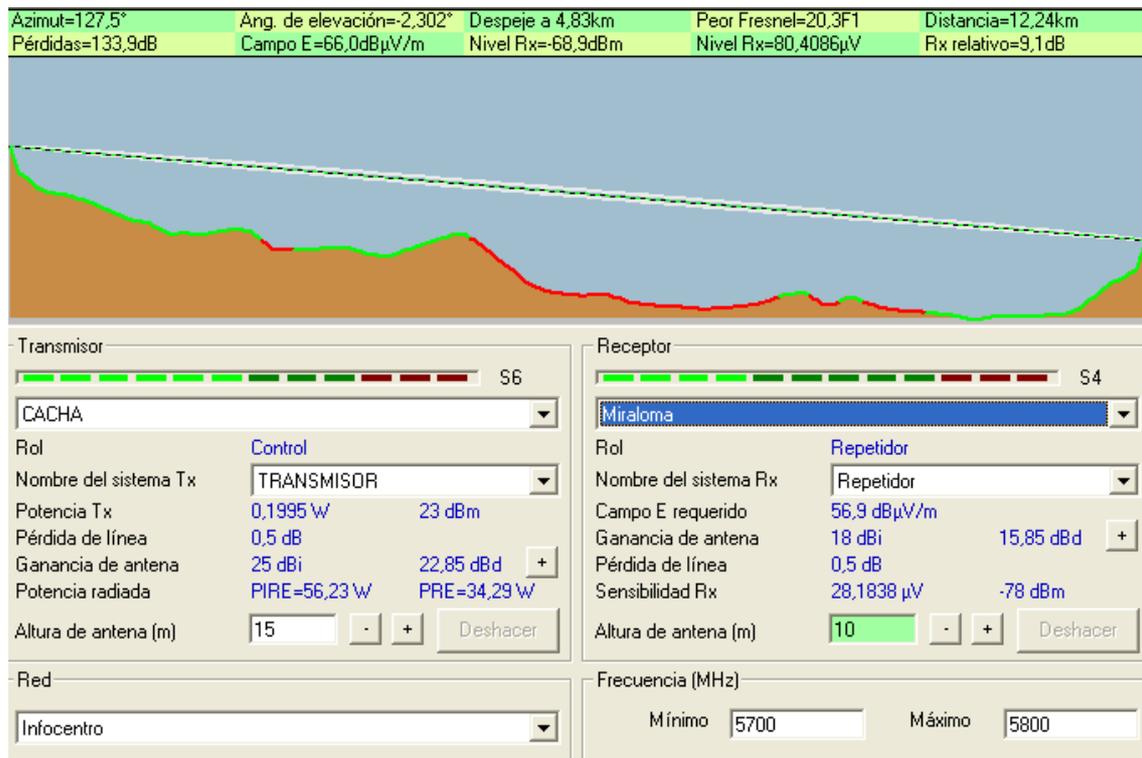
### 3.4.7 POTENCIA CACHA-MANGLUL

#### Calculo de Potencias para Repetidor

Potencia del transmisor [dBm]	23 dbm
- Pérdida en el cable TX [dB]	-0.5 dB
+ Ganancia de antena TX [dBi]	25 dBi
-Pérdidas en la trayectoria del espacio abierto [dB]	-129.28 db
+ Ganancia de antena RX [dBi]	18 dB
- Pérdidas en el cable del RX [dB]	-0.5 dB
-Sensibilidad del receptor [dBm]	-78 dBm
Margen	13.72 dbm

**Tabla.III.20. Tabla de Calculo de Potencia Cacha-Manglul**  
Elaborado por: el autor del proyecto

La simulación del enlace se realiza en radiomobile y se muestra en la figura.III.63



**Figura.III.63 Simulación del enlace Cacha-Miraloma en Radiomobile**

El enlace cumple con la condición Potencia de Recepción  $\geq$  Potencia de Umbral o Sensibilidad

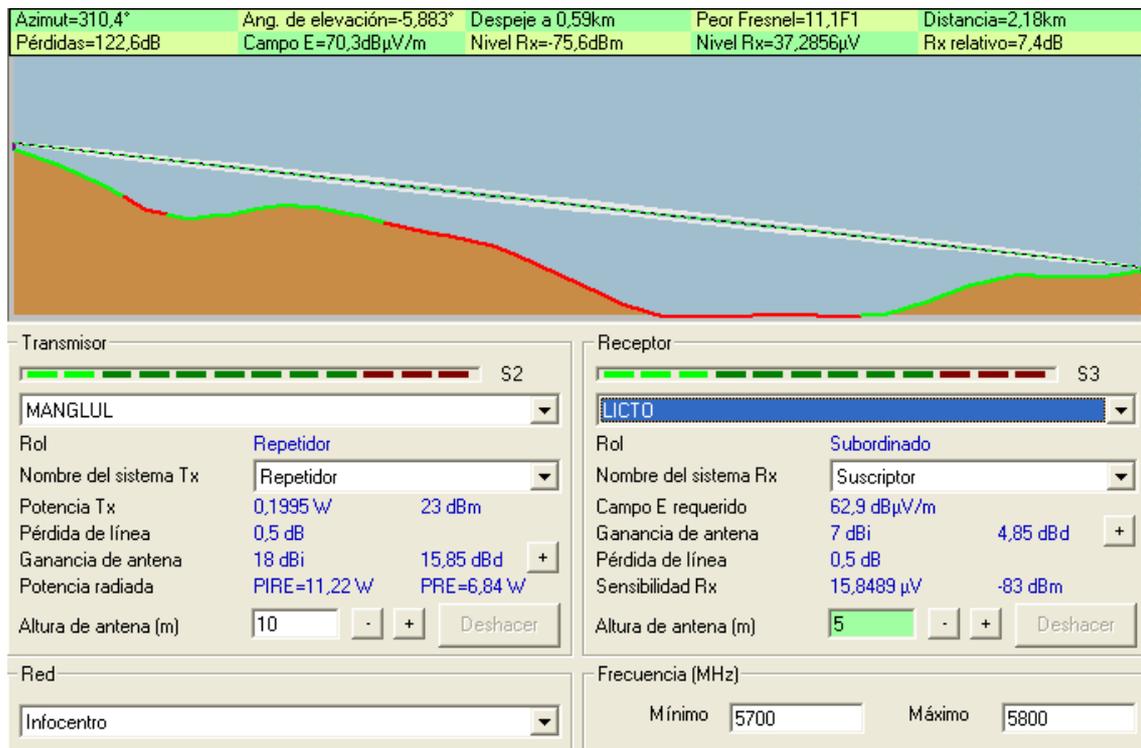
### 3.4.8 POTENCIA MANGLUL-LICTO

#### Calculo de Potencias para Suscriptor

Potencia del transmisor [dBm]	23 dbm
- Pérdida en el cable TX [dB]	-0.5 dB
+ Ganancia de antena TX [dBi]	18 dBi
-Pérdidas en la trayectoria del espacio abierto [dB]	-114.32 db
+ Ganancia de antena RX [dBi]	7 dB
- Pérdidas en el cable del RX [dB]	-0.5 dB
-Sensibilidad del receptor [dBm]	-83 dBm
Margen	15.68 dbm

**Tabla.III.21. Tabla de Calculo de Potencia Manglul-Licto**  
Elaborado por: el autor del proyecto

La simulación del enlace se realiza en radiomobile y se muestra en la figura.III.64



**Figura.III.64 Simulación del enlace Manglul-Licto en Radiomobile**

El enlace cumple con la condición Potencia de Recepción  $\geq$  Potencia de Umbral o Sensibilidad.

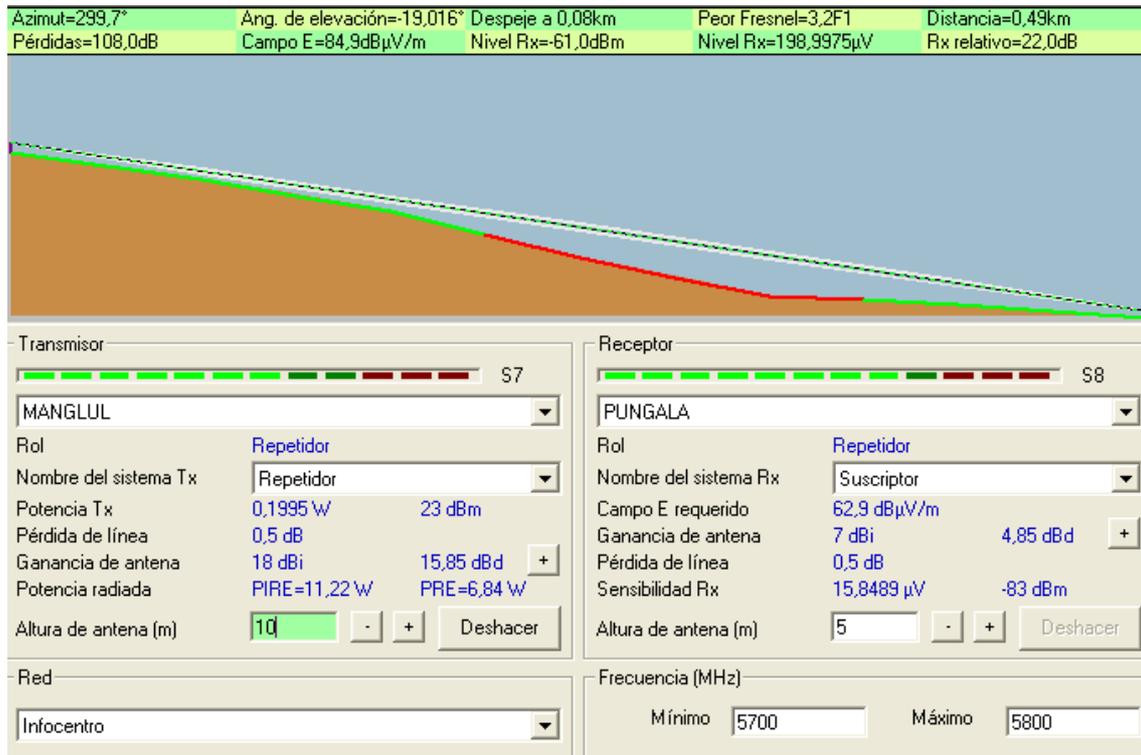
### 3.4.9 POTENCIA MANGLUL-PUNGALA

#### Calculo de Potencias para Suscriptor

Potencia del transmisor [dBm]	23 dbm
- Pérdida en el cable TX [dB]	-0.5 dB
+ Ganancia de antena TX [dBi]	18 dBi
-Pérdidas en la trayectoria del espacio abierto [dB]	- 99.59 db
+ Ganancia de antena RX [dBi]	7 dB
- Pérdidas en el cable del RX [dB]	-0.5 dB
-Sensibilidad del receptor [dBm]	-83 dBm
Margen	30.41 dbm

**Tabla.III.22. Tabla de Calculo de Potencia Manglul-Pungalá**  
Elaborado por: el autor del proyecto

La simulación del enlace se realiza en radiomobile y se muestra en la figura.III.65



**Figura.III.65 Simulación del enlace Manglul-Pungalá en Radiomobile**

El enlace cumple con la condición Potencia de Recepción  $\geq$  Potencia de Umbral o Sensibilidad

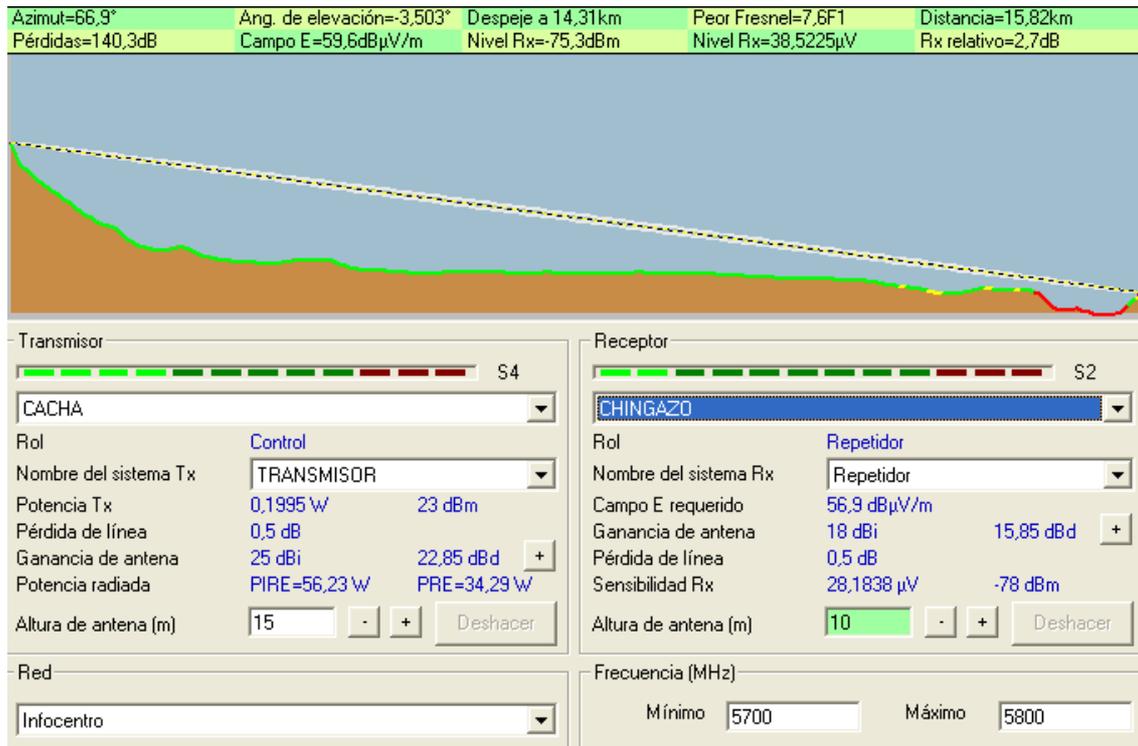
### 3.4.10 POTENCIA CACHA-CHINGAZO

#### Calculo de Potencias para Repetidor

Potencia del transmisor [dBm]	23 dbm
- Pérdida en el cable TX [dB]	-0.5 dB
+ Ganancia de antena TX [dBi]	25 dBi
-Pérdidas en la trayectoria del espacio abierto [dB]	- 131.5 db
+ Ganancia de antena RX [dBi]	18 dB
- Pérdidas en el cable del RX [dB]	-0.5 dB
-Sensibilidad del receptor [dBm]	-78 dBm
Margen	11.5 dbm

**Tabla.III.23. Tabla de Calculo de Potencia Cacha-Chingazo**  
Elaborado por: el autor del proyecto

La simulación del enlace se realiza en radiomobile y se muestra en la figura.III.66



**Figura.III.66 Simulación del enlace Cacha-Chingazo en Radiomobile**

El enlace cumple con la condición Potencia de Recepción  $\geq$  Potencia de Umbral o Sensibilidad

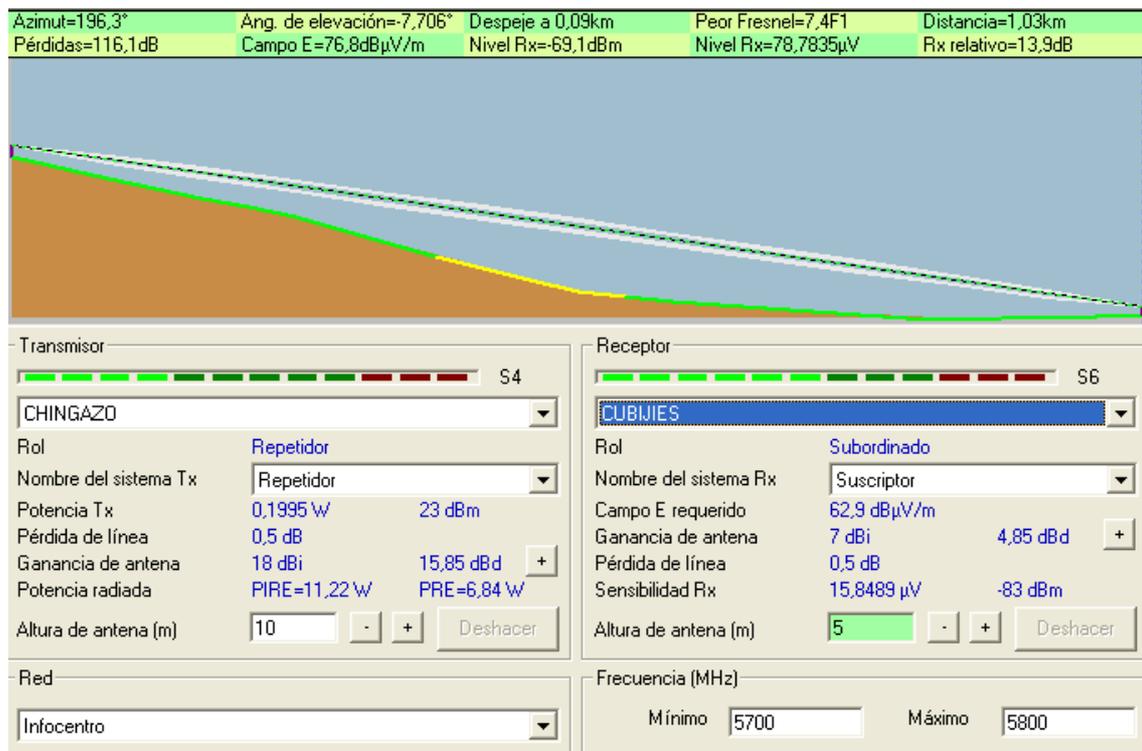
### 3.4.11 POTENCIA CHINGAZO-CUBIJIES

#### Calculo de Potencias para Suscriptor

Potencia del transmisor [dBm]	23 dbm
- Pérdida en el cable TX [dB]	-0.5 dB
+ Ganancia de antena TX [dBi]	18 dBi
-Pérdidas en la trayectoria del espacio abierto [dB]	-107.81 db
+ Ganancia de antena RX [dBi]	7 dB
- Pérdidas en el cable del RX [dB]	-0.5 dB
-Sensibilidad del receptor [dBm]	-83 dBm
Margen	22.19 dbm

**Tabla.III.24. Tabla de Calculo de Potencia Chingazo-Cubijies**  
Elaborado por: el autor del proyecto

La simulación del enlace se realiza en radiomobile y se muestra en la figura.III.67



**Figura.III.67 Simulación del enlace Chingazo-Cubijies en Radiomobile**

El enlace cumple con la condición Potencia de Recepción  $\geq$  Potencia de Umbral o Sensibilidad



# **CAPITULO IV**

## **DETERMINACIÓN DE LAS ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS**

### **4.1 CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO, FRECUENCIAS DE OPERACIÓN Y CAPACIDADES**

Luego que se ha realizado los perfiles topográficos y los balances de potencias se determinará las especificaciones de los equipos, partiendo de la la primera etapa en la cual se instaló el sistema de transmisión de marca Canopy, por lo tanto necesitaremos equipos repetidores y suscriptores compatibles con la plataforma existente.

#### **4.1.1 SISTEMAS TRANSMISORES**

**Tabla.IV.25 Especificaciones del Access Point**

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>REQUERIMIENTOS MINIMOS</b>
Número de Access Point	5
Frecuencia de Operación	Banda Libre 5.2 GHz & 5.7 GHz
Potencia	Hasta 23 dBm

Ganancia	De 7 a 18 dBi
Marca	Especificar
Configuración	Punto a Multipunto
Cobertura	240 Grados expandible a 360 Grados
Conexiones de módulos suscriptores	800 expandible a 1200
Capacidad para incorporación de Access Point	Pattern 60 Grados por Access Point
Capacidad para incorporar redes locales	Ethernet 10/100base T
Velocidad de Transmisión de Datos	10 Mbps
Caudal de Transferencia Agregado	6.2 (enlace descendente de 3-4 Mbps)
Lactencia	20 mseg.
GPS con Antena	Compatibilidad y Sincronismo con el Cluster de Access Point al 100 %
Altura de instalación	3.600 metros sobre el nivel del mar

**Elaborado por:** el autor del proyecto

#### 4.1.2 SISTEMAS REPETIDORES

**Tabla.IV.26 Especificaciones Backaul**

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>REQUERIMIENTOS MINIMOS</b>
Número Enlaces Bachaul	4
Modelo	Especificar
Marca	Especificar
Tipo de modulación	BFSK
Frecuencia de Operación	Banda Libre 5.725 GHz
Configuración	Maestro-Esclavo
Modo de Operación	Punto a punto Compatibilidad y Comunicación con el Cluster del Access Point Canopy al 100 %
Tipo de conexión	Puerto RJ-45 para Red Ethernet

**Elaborado por:** el autor del proyecto

#### 4.1.3 SISTEMAS DE RECEPCION

**Tabla.IV.27. Especificaciones técnicas Subscriber Module**

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>REQUERIMIENTOS MINIMOS</b>
Número de Equipos	7
Modelo	Especificar
Frecuencia de Operación	Banda Libre 5.725 GHz
Marca	Especificar
Configuración	Punto a Multipunto
Modo de Operación	Compatibilidad y capacidad de Comunicación con el Cluster de Access Point Canopy al al 100 %
Capacidad para incrementar la ganancia y el alcance con reflectores pasivos	Pattern de 6 grados

**Elaborado por:** el autor del proyecto

#### 4.1.4 EQUIPOS DE COMPUTACIÓN

**Tabla.IV.28. Especificaciones técnicas equipos de computación**

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>REQUERIMIENTOS MINIMOS</b>
Número de Equipos	7
Marca	Especificar por cada componente
Microprocesador	Intel Core 2 Duo 2.66 GHZ.
Disco Duro	250 GB.
Memoria RAM	1 GB.
Teclado	Multimedia
Mouse	Óptico
Parlantes, Micrófono, Pad Mouse	
Tarjeta de red	Ethernet 10/100baseT
Monitor	17"
Unidad de DVD writer	20 X
Puertos USB	Por lo menos cuatro
Licencias	Windows – Microsoft Office

**Elaborado por:** el autor del proyecto

**SWITCH:**

**Tabla.IV.29. Especificaciones técnicas Switch**

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>REQUERIMIENTOS MINIMOS</b>
Número de Equipos	7
Velocidad	Ethernet 10/100baseT
Marca	Especificar

**Elaborado por:** el autor del proyecto

## **4.2 DETERMINACIÓN DE LA MARCA DE LOS EQUIPOS**

De acuerdo con necesidades del enlace en el desarrollo de la propuesta se ha considerado los equipos Canopy de Motorola como la opción a estudiarse.

### **4.2.1 TECNOLOGÍA CANOPY DE MOTOROLA**

La plataforma inalámbrica de Motorola Canopy™ es un sistema de comunicación de banda ancha inalámbrica que soporta acceso a alta velocidad. Con Canopy™, Motorola brinda tecnología de radiocomunicaciones para proveer servicios inalámbricos al mercado, es simplemente la mejor solución no solo proporciona servicio de banda ancha inalámbrica, sino que además minimiza los costos normalmente asociados con las redes de telecomunicaciones con cables.

#### **4.2.1.1 VENTAJAS**

- **Una Solución Económica**

La solución Inalámbrica Canopy de Internet funciona en el espectro de Infraestructura de Información Nacional Sin Licencia (U-NII) de 5.25-5.35GHz y 5.725-5.825Ghz, por lo que no hay necesidad de adquirir espectro o licencia para sitios. Como la solución Canopy es Inalámbrica, los costos iniciales son mucho menores que con cualquier otra opción de conectividad. El sistema Canopy también

elimina la necesidad de utilizar la red telefónica o de cable existente.

- **Instalación Sencilla y Configuraciones de Red**

El sencillo diseño de la red facilita la instalación del producto. No es necesario tender ni enterrar cables, ni tampoco instalar enlaces de microondas o software; el equipamiento se ha agilizado al máximo, con instalación incluida y asistencia en el despliegue, para poder ponerlo todo en marcha en tiempo record.

Un sistema Canopy en un solo sitio puede comenzar a prestar servicios rápidamente a una comunidad que se encuentre dentro de 3 kilómetros (2 millas) en la banda de 5.2Ghz y hasta 16 kilómetros (10 millas) si se utiliza reflector pasivo en la banda de 5.7Ghz. Más aún, los Módulos de Punto de Acceso Canopy incluyen todas las capacidades de administración y diagnóstico de la red que usted necesita para controlar y supervisar a distancia su red.

- **Flexibilidad y Extensibilidad Inherentes**

La solución Canopy se puede adaptar para satisfacer las necesidades de una amplia gama de comunidades de usuarios.

La aplicación de Punto a Multipunto sirve tanto para domicilios particulares como para pequeñas empresas. O se puede usar la aplicación Bakhaul como enlace de datos dedicado para pequeñas empresas.

Los protocolos inteligentes permiten desplegar y operar grandes redes inalámbricas en forma sencilla y económica.

Cuando sea necesario aumentar la capacidad, la solución Canopy se puede extender para adecuarse a las necesidades cambiantes, mayores áreas geográficas, aumento de la población y mayores volúmenes de tráfico. Gracias a su alta tolerancia a la

interferencia y antenas direccionales, la incorporación de nuevos transmisores crea mayor capacidad, pero no más interferencia.

- **Servicio de banda ancha rápido y confiable**

A diferencia de las innumerables soluciones disponibles actualmente, Canopy de Motorola logra resultados sin complicaciones. Gracias a que sus velocidades de transferencia y descarga son iguales o mayores que las de cualquier otro servicio disponible hoy en día, el sistema Canopy puede ofrecer actualmente más de 6Mbps (velocidades globales de datos) a sus clientes. Evidentemente, las velocidades de transferencia y descarga se ven afectadas por diversos factores, de modo que las velocidades reales pueden variar pero el potencial de ofrecer un servicio extraordinario de Internet es factible con la solución Canopy de Motorola.

El Módulo Suscriptor (SM) Canopy de Motorola es pequeño y fácil de instalar en el sitio del cliente, sin tener que usar grandes equipos que estorben.

El módulo de Punto de Acceso (AP) Canopy interactúa fácilmente con el equipo actual de su Red de Área Local (LAN) mediante Ethernet estándar. Los Módulos de Punto de Acceso y Suscriptor son compactos y se pueden montar en exteriores, por lo que no es necesario tender ni enterrar cables, ni tampoco instalar enlaces microondas. Y no hace falta que el cliente instale software adicional, limitando aún más la posibilidad de que el usuario cometa errores.

La solución Canopy también ofrece un rendimiento superior, utilizando un esquema de modulación que mejora la calidad de la transmisión de datos y reduce la interferencia provocada por otros sistemas.

#### 4.2.1.2 MODELO DE LOS EQUIPOS

Canopy es la más conveniente en el diseño de la propuesta ya que presentan características y funcionalidades muy interesantes, precios que son muy convenientes y además es la plataforma que se uso desde la primera etapa de la interconexión.

A continuación se presenta las especificaciones de cada unos de los equipos que se va a utilizar en la estructura de la red, ver Anexo 1,2,3.

**Tabla.IV.30. Equipos Requeridos**

<b>CARACTERISTICAS</b>	<b>REQUERIMIENTOS MINIMOS</b>	<b>MODELO CANOPY</b>
ACCESS POINT	5	5750AP
MODULOS SUSCRIPTORES	7	5750SMDD
ENLACES REPETIDORES BACKHAUL	4	5700BHRFDD
SERVIDOR DE INTERNET (FIREWALL)	Configuración	
SERVIDOR DE BASE DE DATOS (EXISTENTE)	Configuración	

**Elaborado por:** el autor del proyecto

#### 4.3 ANALISIS PARA QUE LA SENATEL APRUEBE EL USO DEL ESPECTRO RADIOELECTRICO

En la Norma para la Implementación y Operación de los Sistemas de Espectro Ensanchado promulgada en la Ley Reformativa a la Ley Especial de Telecomunicaciones, de acuerdo a la resolución 538-20-CONATEL-2000, se destaca la importancia de una buena administración del espectro radioeléctrico. Se indica que la tecnología Espectro Ensanchado utiliza baja densidad de potencia, minimizando el riesgo de interferencias desde o hacia sistemas convencionales o de la misma tecnología; de tal forma que se puede compartir la misma banda de frecuencias con sistemas de banda angosta, aumentando la eficiencia en la utilización del espectro.

En Ecuador existen tres organismos encargados de la regulación, administración y control de las Telecomunicaciones, cada uno tiene funciones específicas pero están orientados a trabajar conjuntamente:

**Consejo Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL).**- Se encarga de las políticas de estado: normas de homologación, pliegos tarifarios, regulación y control de equipos y servicios.

**Secretaría Nacional de Telecomunicaciones (SNT).**- Ejecuta las normas que dicta el CONATEL, asigna las de bandas de frecuencias, administra el espectro radioeléctrico, otorga permisos de operación y concesiones.

**Superintendencia de Telecomunicaciones (SUPTEL).**- vigila que los sistemas cumplan con las disposiciones y resoluciones del CONATEL.

Cabe mencionar que la banda en la que se ha diseñado los enlaces es 5.725GHz, la misma no necesita de licencias para su funcionamiento, pero si cumplir con la homologación de equipos. El formulario de homologación y especificaciones técnicas para la operación de los equipos se detallan en los Anexos 5,6.

#### 4.4 ESTUDIO ECONOMICO

El presupuesto se realizó en base a los siguientes Anexos 7,8,9:

##### 4.4.1 ACCESS POINT

**Tabla.IV.31. Costo de los Access Point**

<b>CANTIDAD</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>PRECIO UNITARIO(\$)</b>	<b>PRECIO TOTAL(\$)</b>
5	Motorola Canopy 5750AP	2084.50	10422.50
<b>TOTAL</b>			<b>10422.1</b>

**Elaborado por:** el autor del proyecto

#### 4.4.2 UNIDADES SUSCRIPTORAS

**Tabla.IV.32. Costo de los Módulos Suscriptores**

<b>CANTIDAD</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>PRECIO UNITARIO(\$)</b>	<b>PRECIO TOTAL(\$)</b>
7	Motorola Canopy 5750SMDD	984.50	6891.50
<b>TOTAL</b>			<b>6891.5</b>

**Elaborado por:** el autor del proyecto

#### 4.4.3 BACKHAUL

**Tabla.IV.33. Costo de Backhaul**

<b>CANTIDAD</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>PRECIO UNITARIO (\$)</b>	<b>SUBTOTAL</b>
4	Motorota Canopy 5210BHRFDD	1259.50	1076
<b>TOTAL</b>			<b>1076</b>

**Elaborado por:** el autor del proyecto

#### 4.4.4 EQUIPOS DE COMPUTACIÓN

**Tabla.IV.34. Precios de los equipos de computación**

<b>CANTIDAD</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>PRECIO UNITARIO (\$)</b>	<b>SUBTOTAL</b>
7	PC INTEL; CORE 2DUO 2.66 GHz	600	4200
<b>TOTAL</b>			<b>4200</b>

**Elaborado por:** el autor del proyecto

#### 4.4.5 SWITCH

**Tabla.IV.35. Costo del switch**

<b>CANTIDAD</b>	<b>EQUIPO</b>	<b>PRECIO UNITARIO (\$)</b>	<b>SUBTOTAL</b>
7	3 com 8p Rj 45 10/100	70	490
<b>TOTAL</b>			<b>490</b>

**Elaborado por:** el autor del proyecto

#### 4.4.6 INSTALACION – CONFIGURACION – PUESTA A PUNTO

**Tabla.IV.36. Costo de la instalación**

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>PRECIO UNITARIO (\$)</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO TOTAL(\$)</b>
Técnico	400	3	1200
Ingeniero	600	1	600
Pedestales	50	7	350
Torres para instalación	500	4	2000
<b>TOTAL</b>			<b>4150</b>

**Elaborado por:** el autor del proyecto

El total para instalación de equipos y mano de obra requerida para la implementación del radioenlace se lo puede observar en la tabla IV.35.

**Tabla.IV.37. Gastos de implementación total**

<b>CANTIDAD</b>	<b>DETALLE</b>	<b>PRECIO (\$)</b>
5	Access Point	10422.5
7	Unidades suscriptoras	10422.5
4	Enlaces Backhaul	10076
7	Equipos de Computación	4200
7	Switch	490
	Instalación- Configuración- Puesta a Punto	4150
<b>TOTAL</b>		<b>37230</b>

**Elaborado por:** el autor del proyecto

## **CAPITULO V:**

### **IMPLEMENTACIÓN DEL ENLACE CACHA – TUNSHI**

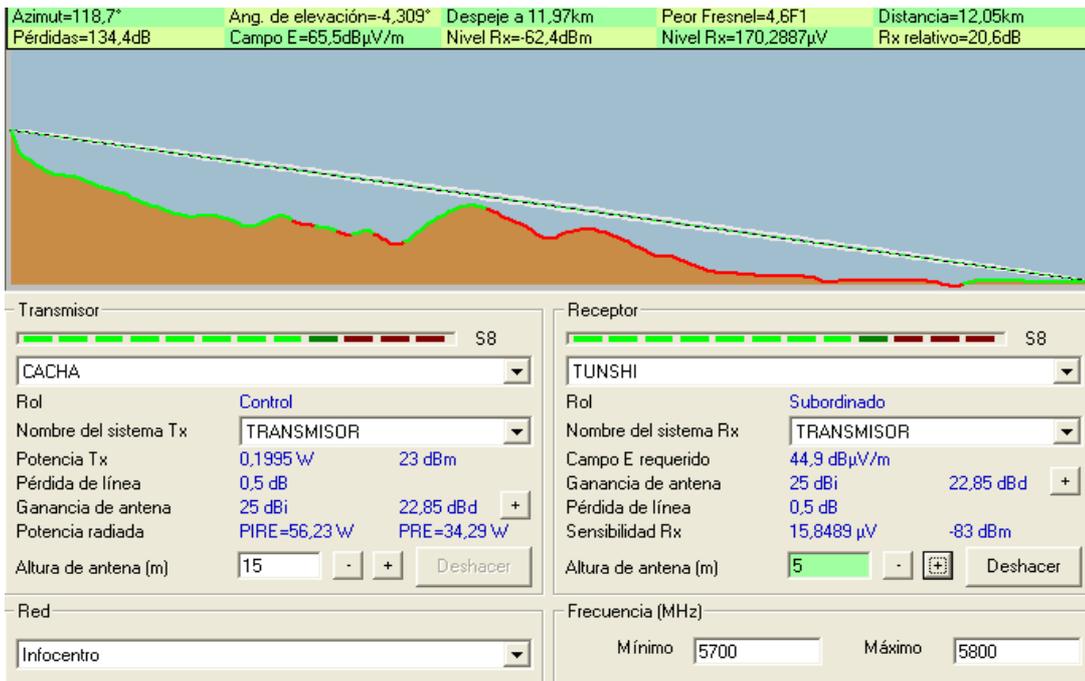
#### **5. INTRODUCCIÓN**

Dentro de la segunda fase del Infocentro estaba incluido el Colegio Agropecuario de Tunshi, el cual fue instalado, el enlace funcionaba correctamente, pero el colegio construyó un nuevo bloque de aulas por lo que nos hemos visto en la necesidad de trasladar los equipos del suscriptor a la nueva ubicación asignada, ver figura.V.68.

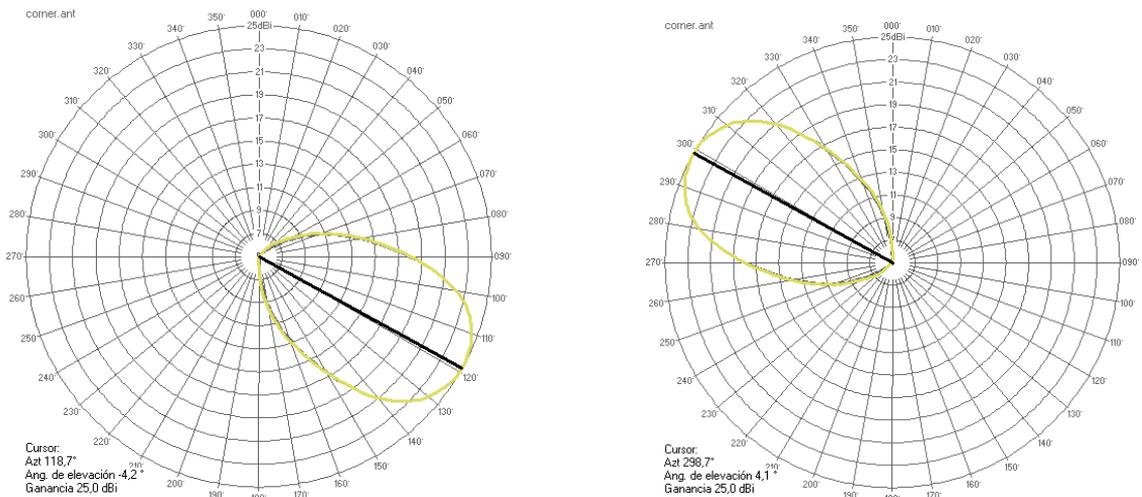


**Figura.V.68 SM Instalado en Tunshi**

Los equipos son los que estaban instalados anteriormente con iguales características (Ver Anexo 1). De acuerdo con el perfil topográfico de la figura.V.69. tenemos un enlace despejado, y el margen del enlace es aceptable. Por lo tanto pasaremos a la configuración de los equipos. Ver figura.V.70.



**Figura.V.69 Simulación enlace TUNSHI**



**Figura.V.70 Angulo de elevación y azimut a) Cacha b) Tunshi**

## **5.1 INSTALACIÓN DE EQUIPOS**

Contamos con los siguientes equipos:

- SM (Módulo suscriptor)
- Adaptador cargador
- Cable de Red.
- Computador

### **5.1.1 INSTALACIÓN DE SM (MÓDULO SUSCRIPTOR) MOTOROLA CANOPY**

- Conectar el cable de red en el puerto RJ45 de la parte izquierda del SM.
- El otro extremo del cable conectar al adaptador cargador.
- El adaptador cargador debe estar conectado con corriente DC

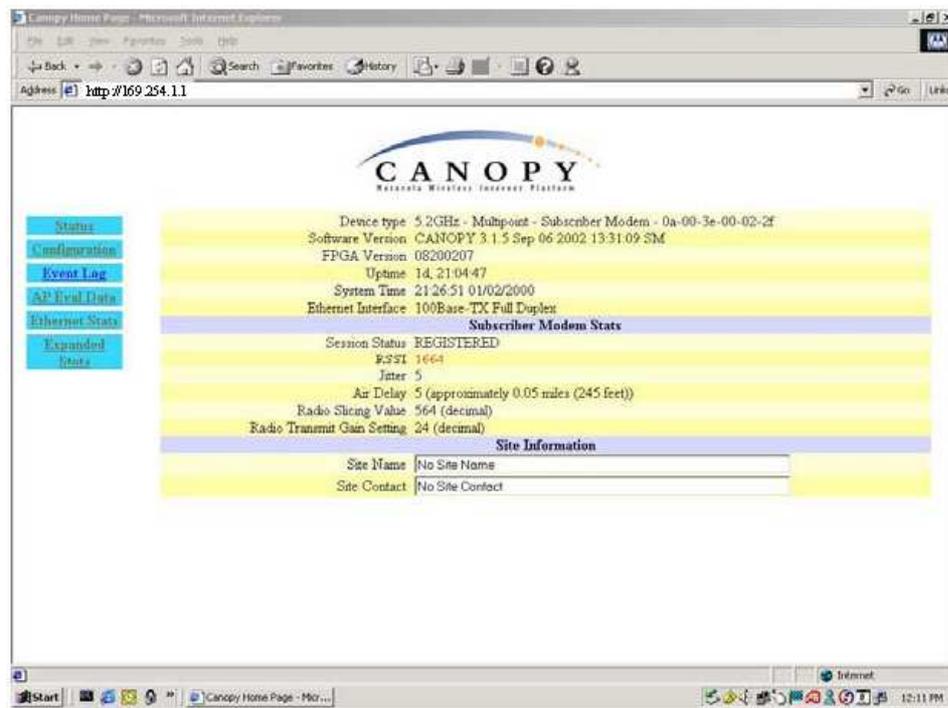
## **5.2 PROGRAMACIÓN SM (MODULO SUSCRIPTOR CANOPY)**

### **5.2.1 CAMBIAR LA DIRECCIÓN IP DE LA COMPUTADORA**

- Ingresar a mis sitios de Red.
- Escoger Ver conexiones de red
- Señalar Conexiones de Administrador local.
- Dar un clic derecho y escoger propiedades, nos desplegará la pantalla de Propiedades de Conexiones de Administrador local.
- Dentro de esta pantalla pulsar sobre el menú General
- Dentro de este señalar Protocolo Internet(TCP/IP).
- Pulsar sobre el botón propiedades y nos desplegará la pantalla Propiedades de Protocolo Internet(TCP/IP).
- Ingresamos la dirección ip 169.254.1.20, y Mascara de subred 255.255.0.0
- Luego pulsar el botón aceptar y ya esta configurado el PC.

## 5.2.2 CONFIGURACIÓN DEL SM CAMBIAR LA DIRECCIÓN IP DEL SM LIBRE

- Clic sobre el icono de internet
- Ingresar a la dirección por `http://169.254.1.1` que es la dirección de fábrica de SM.



**Figura.V.71 Configuración SM**

- Escoger del menu la segunda opción "configuration", y entrar.
- Escoger del menú la opción IP
- Ingresar ip address: `169.254.2.15` , dirección ip libre con el sistema de radioenlace.
- Guardar los cambios "save changes"
- Reboot (resolver, se recomienda cerrar la pantalla de icono de internet)
- Volver a ejecutar el icono de internet con la nueva dirección ip `http://169.254.2.15`.

### 5.2.3 CONFIGURACIÓN DE CÓDIGO DE COLORES

El código de colores es un número del 0 a 254 que identifica al AP al que se quiere dirigir o apuntar, es decir al más óptimo según la posición del SM.

Ejemplo

Código 59 = AP de San Juan

Código 57 = AP de Quimiag

Seguimos los siguientes pasos:

- Abrir icono de internet dirección de SM 169.254.2.15.
- Menú configuración.
- Menú radio
- En color code ingresamos 57 0-254.
- Guardar cambios pulsando Save Changes
- Por último pulsar Reboot

### 5.2.4 CONFIGURACIÓN NOMBRE DEL SITIO, SITIO DE CONTACTO Y LOCALIZACIÓN DE SITIO

- Abrir el icono de Internet con la dirección de Sm 169.254.2.15
- Menú **configuración**
- Menú SNMP
- Ingresar SITE NAME: mascara producciones
- Ingrear site contact: AP TUNSHI-CACHA
- Ingrese site location: Riobamba
- Guardar los cambios Save changes
- Reboot

## CONCLUSIONES

1. Para la implementación de la red inalámbrica, no se requerirá de alguna aprobación por parte de la SENATEL, ya que se trabajara en la banda libre de frecuencias de 5.725 GHz por lo que no se requieren costos adicionales por concesión, y además los equipos a utilizarse cumplen con los parámetros indicados por el reglamento para la implementación y creación de sistemas de espectro ensanchado. Lo que si se necesitara será el certificado de homologación de los puntos de acceso emitido por la SENATEL, el mismo que justificará que el equipo cumple con requisitos expuestos en el reglamento.
2. La banda ancha constituye un referente en el campo de las telecomunicaciones, acceder a los usuarios con un servicio de banda ancha seguro, económico y confiable se ha vuelto un desafío. El proceso de diseño, instalación, integración y mantenimiento de redes de banda ancha ha tomado mucho tiempo y ha resultado costoso, debido a la infraestructura alámbrica que se debería implementar.
3. La plataforma CANOPY como una propuesta de solución inalámbrica para la ampliación de la cobertura de banda ancha, constituye una alternativa interesante para ser implementada en primera instancia en zonas de difícil acceso o que no posean infraestructura; ya que proporciona confiabilidad con un alto rendimiento, seguridad y bajos costos.
4. Las señales inalámbricas de la plataforma son muy efectivas atravesando obstáculos y eliminando obstrucciones, haciendo que ésta sea igual de eficaz tanto en entornos urbanos densos como en zonas suburbanas o rurales. Esta tecnología permite trabajar con y sin línea de vista, razón por la cual tiene mayor potencialidad; en el presente proyecto de titulación, se ha considerado trabajar

con equipos canopy que requieren línea de vista debido a la distancia de cobertura y a condiciones de RF.

5. Como solución para todas las necesidades presentes en los sistemas de comunicación, se elige como mejor opción a la plataforma de banda ancha inalámbrica Canopy de Motorola, por ser una tecnología que ofrece nuevas alternativas y ventajas no sólo en relación a costos e infraestructura sino también por servicios y aplicaciones presentes y futuras.
6. En lo que respecta a equipos, Canopy trabaja con una amplia gama de equipos según los requerimientos de la red, adaptándose muy bien a la infraestructura que posee; evitando la necesidad de adquirir equipos compatibles con los de esta plataforma.
7. La solución planteada podría permitir la integración de todas las bases que se encuentran en lugares remotos y proporcionarles servicios de banda ancha a través de su propia red.

## **RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda la implementación de la red de telecomunicaciones en el Cantón Riobamba. Ya que es un proyecto técnicamente viable. Además a través de la conexión a la base de datos del INFOCENTRO del Ilustre Municipio de Riobamba desde cada una de las parroquias rurales permitirá el acceso a la información publicada por cada una de ellas y el Ilustre Municipio de Riobamba permitiendo así, optimizar el tiempo y evitando que la población tengan que salir de su parroquia para conseguir dicha información.
2. Para el despliegue o desarrollo de cualquier red, es importante conocer y analizar las normas y reglamentos expuestos por el CONATEL, ya que en función de estos se podrá definir que requisitos deberá cumplir la red inalámbrica para que pueda entrar en operación.
3. Se recomienda al municipio crear un departamento que se encargue de el seguimiento del sistema implementado, su mantenimiento preventivo, correctivo y futuras ampliaciones
4. Es importante tomar en cuenta que se deben seguir las consideraciones y parámetros que intervienen en el diseño de un radio enlace para un óptimo desempeño y confiabilidad del sistema, verificando frecuencias de operación en cada módulo Canopy para evitar interferencias dentro del sistema y solapamiento de cobertura.
5. Si se desea incrementar la cobertura de la red se pueden adquirir más módulos suscriptores, esto dependerá de los requerimientos de ampliación de la red, para

lo cual se debe tomar en cuenta la configuración que debe emplearse con su respectivo punto de acceso, tomando en cuenta la infraestructura de .

6. Los equipos que se recomienda implementar deberán estar homologados por la superintendencia de telecomunicaciones. Una adecuada configuración, instalación y mantenimiento de los mismos garantizarán el correcto funcionamiento de la red durante su tiempo de vida útil.

## **RESUMEN**

El objetivo de la investigación es realizar el diseño de una red de telecomunicaciones para interconectar el INFOCENTRO del Ilustre Municipio del Cantón Riobamba provincia de Chimborazo con las parroquias rurales: Licto, Pungalá, San Luis, Punín, Cubijés, Licán, Calpi.

Para el diseño de la red se realizó el levantamiento de los perfiles topográficos partiendo de las coordenadas de los puntos a enlazar utilizando el GPS (Sistema de Posicionamiento Global), las parroquias rurales se encuentran disgregadas en la zona con distancias considerables, según el levantamiento topográfico, el cantón tiene varias elevaciones de terreno por tal razón las parroquias rurales no tienen líneas de vista directa hacia el cerro Cacha donde se encuentra instalado los equipos principales, se buscó puntos estratégicos para ubicar repetidores y llegar a cada parroquia rural. Se utilizó el software Radio Mobile para verificar línea de vista y alcance global de cada uno de los enlaces, se realizó el cálculo del enlace; utilizando parámetros y especificaciones técnicas de los equipos a utilizar verificando que cumplan con los reglamentos otorgados por la SENATEL; los equipos utilizados son marca Canopy de Motorola, que cumplen con los requisitos analizados como frecuencia y potencia de radiación, y son compatibles con los equipos encargados de irradiar la señal de la segunda etapa del INFOCENTRO.

De la investigación realizada se consiguió diseñar el radioenlace que trabajará en la frecuencia 5.725 GHz, siendo esta frecuencia no licenciada.

Se recomienda al Ilustre Municipio de Riobamba se implemente el proyecto, para dar acceso a Internet a todas las parroquias rurales como mecanismo de comunicación e información de la población.

## **SUMARY**

The objective of the research is to design a telecommunications network to interconnect of INFOCENTRO of Illustrious Municipality of Riobamba canton province Chimborazo with rural parishes: Licto, Pungalá, San Luis, Punin, Cubijíes, Licán, Calpi. For the design of the survey was conducted network was performed lifting topographical profiles based on the coordinates of the points to bind using the GPS (Global Positioning System), the rural parishes are dispersed in the area with considerable distances, according to survey The county has several elevations of land for this reason the rural parishes do not have direct sight lines to the hill where it is installed Cacha leading teams, sought to locate strategic points repeaters and reach every rural parish. Software was used to verify Mobile Radio Line of Sight and global reach of each of the links, we performed the calculation of the radio link using parameters and technical specifications of the equipment used to verify that comply with the regulations issued by the SENATEL; the Canopy equipment used are trademarks of Motorola, which meet the requirements analyzed as frequency and power of radiation, and are compatible with teams radiate the signal of the second stage of INFOCENTRO.

In the research design was achieved that will work in the radio-frequency 5.725 GHz, this frequency being unlicensed.

We recommend the Illustrious Municipality of Riobamba is implemented the project to provide Internet access to all rural parishes as a means of communication and public information.

## **BIBLIOGRAFIA**

### ***BIBLIOGRAFÍA GENERAL***

REEMAN. Roger L. "Ingeniería de Sistemas de Telecomunicaciones". Mexico. Limusa. 1992. Páginas 118-220

HUIDOBRO. José Manuel "Redes de Comunicaciones" . España. Paraninfo S.A. 1992. Paginas 53-105

Wayne Tomasi. "Sistemas de Comunicaciones Electrónicas". México, Prentice Hall. Páginas. 377 a 410

### ***INTERNET***

#### 1. ANTENAS

<http://www.frm.utn.edu.ar/comunicaciones/default.html>

<http://www.zero13wireless.net/foro/showthread.php?1659-Guia-Teoria-de-antenas>

(2009-11-15)

#### 2. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPOS

<http://www.viterbimexico.com/pdf/Canopy%20BU%20Manual.pdf>

<http://www.viterbimexico.com/productos/canopy.htm>

(2010-01-12)

#### 3. RADIOENLACES

<http://www.radiocomunicaciones.net/radio-enlaces.html>

[http://www.netkrom.com/es/fresnel\\_zone\\_calculator.html](http://www.netkrom.com/es/fresnel_zone_calculator.html)

<http://www.uvg.edu.gt/ieee/pdfs/radioenlaces%20digitales.pdf>

(2009-10-18)

#### 4. REGLAMENTOS PARA RADIOENLACES CONATEL, SENATEL

[http://www.conatel.gov.ec/site\\_conatel/index.php](http://www.conatel.gov.ec/site_conatel/index.php)

<http://www.senatel.org.ec>

(2009-11-25)

#### 5. SOFTWARE RADIO MOBILE

<http://www.supertel.gov.ec/homologaciones/equipos/pdf/326.pdf>[http://ocw.upm.es/teoria-](http://ocw.upm.es/teoria-de-laseñal-y-comunicaciones-)

[de-laseñal-y-comunicaciones-](http://www.supertel.gov.ec/homologaciones/equipos/pdf/326.pdf)

[1/adiocomunicaciones/contenidos/utilidades/RadioMobile/leeme](http://www.cplus.org/rmw/english1.html)

<http://www.cplus.org/rmw/english1.html>

(2009-11-25)

#### 6. TECNOLOGÍA INALÁMBRICA DE BANDA ANCHA

<http://www.intel.com/cd/network/communications/emea/spa/179913.htm>

(2009-11-14)

# **Anexos**

**ANEXO 1**  
**ESPECIFICACIONES TECNICAS DE MOTOROLA CANOPY**  
**5.7 GHZ ADVANTAGE AP**

Specifications Sheet



Motorola Canopy  
5.7 GHz Advantage AP



Canopy Part Number	5750AP
Description	5.7 GHz Advantage AP
Market Availability	North America, Europe, South America, Asia
Signaling Rate	20 Mbps Maximum
Typical LOS Range	2 mi (3.2 km)
Typical Aggregate Useful Throughput	14 Mbps Maximum
Frequency range of band	ISM 5725-5850 MHz
Non-overlapping Channels	6
Channel Width	20 MHz
Modulation Type	High Index 2-level and 4-level Frequency Shift Keying (FSK) optimized for interference rejection
Channel Spacing	every 5 MHz
Encryption	DES capable
Latency	5 - 7 msec
Carrier to Interference ratio (C/I)	-3dB @ 10 Mbps, -10dB @ 20 Mbps at -65dBm
Nominal Receiver Sensitivity (dbm typical)	-96 dBm @ 10 Mbps, -79dBm @ 20 Mbps
Antenna Gain (dBi)	25 dBi
EIRP (dBm)	30 dBm
Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP)	1 W
DC Power (typical)	0.3 A @ 24 VDC = 7.2 W
Antenna Beam Width	3 dB antenna beam width 60 degrees, Azimuth and Elevation
Mean Time Between Failure (MTBF)	40 yr
Temperature	-40° C to +55° C (-40° F to +131° F)
Wind Survival	190 km/hr (118 miles/hr)
Dimensions	11.75 in H x 3.4 in W x 3.4 in D (29.9 cm H x 8.6 cm W x 8.6 cm D)
Weight	45 kg (1 lb)
Access Method	Time Division Duplexing/Time Division Multiple Access (TDD/TDMA)
Interface	10/100 Base T, half/full duplex. Rate auto negotiated (802.3 compliant)
Protocols Used	IPv4, UDP, TCP, ICMP, Telnet, HTTP, FTP, SNMP
Network Management	HTTP, TELNET, FTP, SNMP Version 2c
FCC ID	A8294CS804
Industry Canada Certification Number	1069W-5700
NYCE	0202CE08129

## **ANEXO 2**

**ESPECIFICACIONES TECNICAS DE MOTOROLA CANOPY  
5210BHRFDD**

Specifications Sheet



Motorola Canopy  
PTP 58100 Lite - Reflector



Canopy Part Number	5700B-RFDD
Description	PTP 58100 Lite - Reflector
Market Availability	North America, South America, Asia
Signaling Rate	10 Mbps
Typical LOS Range	35 mi (56 km)
Typical Aggregate Useful Throughput	7.5 Mbps
Frequency range of band	ISM 5725-5850 MHz
Non-overlapping Channels	6
Channel Width	20 MHz
Modulation Type	High Index 2-Level Frequency Shift Keying (FSK) optimized for interference rejection
Channel Spacing	every 5 MHz
Encryption	DES capable
Latency	2.5 msec
Carrier to Interference ratio (C/I)	-30dB @ 10 Mbps, -100B @ 20 Mbps at -65dBm
Nominal Receiver Sensitivity (dbm typical)	-86 dB
Antenna Gain (dBi)	18 dB
Reflector Gain	18 dB
EIRP (dBm)	48 dB
Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP)	63 W
DC Power (typical)	0.34 A @ 24 VDC = 8.2 W
Antenna Beam Width	3-dB antenna beam width 6 degrees, Azimuth and Elevation
Mean Time Between Failure (MTBF)	40 yr
Temperature	-40° C to +55° C (-40° F to +131° F)
Wind Survival	100 km/hr (118 miles/hr)
Dimensions	Module: 11.75 in H x 3.4 in W x 3.4 in D (29.9 cm H x 8.6 cm W x 8.6 cm D); Passive Reflector: 18 inch H x 24 in W (45 cm H x 60 cm W)
Weight	.45 kg (1 lb), 3.0 kg (6.5 lbs) with passive reflector
Access Method	Time Division Duplex (TDD)
Interface	10/100 Base T, half/full duplex, Rate auto negotiated (802.3 compliant)
Protocols Used	IPv4, UDP, TCP, ICMP, Telnet, HTTP, FTP, SNMP
Network Management	HTTP, TELNET, FTP, SNMP Version 2c
FCC ID	AB29FCS804
Industry Canada Certification Number	105W-5700
NYCE	0100208128

## **ANEXO 3**

**ESPECIFICACIONES TECNICAS MOTOROLA CANOPY A CSM**

**57100: 5.7 GHZ SM**

*Specifications Sheet*



**Motorola Canopy**  
CSM 57100: 5.7 GHz SM



Canopy Part Number	5700SM
Description	CSM 57100: 5.7 GHz SM
Market Availability	North America, Europe, South America, Asia
Signaling Rate	10 Mbps, 20 Mbps with Advantage AP
Typical LOS Range	2 mi (3.2 km), 10 mi (16 km) with reflector
Typical Aggregate Useful Throughput	7 Mbps
Frequency range of band	ISM 5725-5850 MHz
Non-overlapping Channels	6
Channel Width	20 MHz
Modulation Type	High Index 2-level and 4-level Frequency Shift Keying (FSK) optimized for interference rejection
Channel Spacing	configurable on 5 MHz increments
Encryption	DES capable
Latency	6 msec with Advantage AP, 15 msec with Canopy AP
Carrier to Interference ratio (C/I)	-30dB @ 10 Mbps, -10dB @ 20 Mbps at -65dBm
Nominal Receiver Sensitivity (dBm typical)	-86 dBm
Antenna Gain (dBi)	7 dBi
Reflector Gain	optional
EIRP (dBm)	30 dBm (49 dBm with reflector optional where approved)
Equivalent Isotropic Radiated Power (EIRP)	1 W (63 W with reflector optional where approved)
DC Power (typical)	0.3 A @ 24 VDC = 7.2 W
Antenna Beam Width	3 dB antenna beam width 90 degrees, Azimuth and Elevation
Mean Time Between Failure (MTBF)	40 yr
Temperature	-40° C to +55° C (-40° F to +131° F)
Wind Survival	100 km/hr (118 miles/hr)
Dimensions	11.75 (x H x 3.4 (x W x 3.4 (x D) (29.9 cm H x 8.6 cm W x 8.6 cm D)
Weight	.45 kg (1 lb)
Access Method	Time Division Duplexing/Time Division Multiple Access (TDD/TDMA)
Interface	10/100 Base T, half/full duplex, Rate auto negotiated (802.3 compliant)
Protocols Used	IPV4, UDP, TCP, ICMP, Telnet, HTTP, FTP, SNMP
Network Management	HTTP, TELNET, FTP, SNMP Version 2c
FCC ID	AB299FCS804
Industry Canada Certification Number	109W-5700
NYCE	0202CE08129

**ANEXO 4**  
**FOTOGRAFIAS DEL ENLACE**

Existe línea de vista desde el cerro Chingazo hacia el punto de acceso a internet en Cacha para dar cobertura a Cubijies. En esta foto se muestra la vista desde el cerro Chingazo a Cubijies.



Existe línea de vista desde el cerro Manglul hacia el punto de acceso a internet en Cacha para dar cobertura a Licto y Pungala. En esta foto se muestra la vista desde el cerro Manglul a Licto y Pungalá.



**ANEXO 5**  
**EQUIPOS HOMOLOGADOS**

MOTOROLA (ACCESS POINT)	9000 AP	
MOTOROLA (PUNTO DE ACCESO)	<a href="#">CANOPY 2.4 GHz HK1074A AES</a>	
	<a href="#">CANOPY 5.2 GHz HK1060A AES</a>	
	<a href="#">CANOPY 5.7 GHz HK1064A AES</a>	
	<a href="#">CANOPY 2.4 GHz HK1068A DES</a>	
	<a href="#">CANOPY 5.7 GHz HK1025A DES</a>	
5440 AP		
MOTOROLA (UNIDAD DE BACKHAUL)	<a href="#">CANOPY 2.4 GHz HK1071A DES</a>	
	<a href="#">CANOPY 5.2 GHz HK1035A DES</a>	
	<a href="#">CANOPY 5.7 GHz HK1036A DES</a>	
	<a href="#">CANOPY 5.2 GHz HK1061A AES</a>	
	<a href="#">CANOPY 5.7 GHz HK1065A AES</a>	
	<a href="#">CANOPY 2.4 GHz HK1070A DES</a>	
	<a href="#">CANOPY 5.7 GHz HK1026A DES</a>	
	<a href="#">CANOPY 5.2 GHz HK1087A DES</a>	
	<a href="#">CANOPY 2.4 GHz HK1069A DES</a>	
	<a href="#">CANOPY 5830BH15 (5725 - 5850 MHz)</a>	
	<a href="#">CANOPY 5830BHC15 (5725 - 5850 MHz)</a>	
	<a href="#">CANOPY 5830BH (5725 - 5850 MHz)</a>	
	<a href="#">CANOPY 5830BHC (5725 - 5850 MHz)</a>	
	<a href="#">CANOPY 2400BH (Sin Reflector) (2400-2483.5 MHz)</a>	
	<a href="#">CANOPY 2400BH20 (Sin Reflector) (2400 - 2483.5 MHz)</a>	
	<a href="#">CANOPY 2400BHRF (Con Reflector) (2400 - 2483.5 MHz)</a>	
	<a href="#">CANOPY 2400BHRF20 (Con Reflector) (2400 - 2483.5 MHz)</a>	
	<a href="#">CANOPY 2401BH20BC (Sin Reflector) (2400 - 2483.5 MHz)</a>	
	<a href="#">CANOPY 2401BHBC (Sin Reflector) (2400 - 2483.5 MHz)</a>	
	<a href="#">CANOPY 2401BHRF20BC (Con Reflector) (2400 - 2483.5 MHz)</a>	
	<a href="#">CANOPY 2401BHRFBC (Con Reflector) (2400 - 2483.5 MHz)</a>	
	<a href="#">CANOPY 5730BHC (5725 - 5850 MHz)</a>	
	<a href="#">CANOPY 5730BH20 (5725 - 5850 MHz)</a>	
	<a href="#">CANOPY 5700BH20 (5725 - 5850 MHz)</a>	
	<a href="#">CANOPY 5700BHC (5725 - 5850 MHz)</a>	
	<a href="#">CANOPY 5700BHC20 (5725 - 5850 MHz)</a>	
	<a href="#">CANOPY 5700bh (5725-5850 MHz)</a>	
	MOTOROLA (PUNTO DE ACCESO INALÁMBRICO)	<a href="#">Canopy 5.7 GHz Advantage - 5751 AP</a>
		<a href="#">Canopy 5.2 GHz Advantage - 5251 AP</a>
		<a href="#">Canopy 2450AP (2400-2483.5 MHz)</a>
<a href="#">Canopy 2451AP (2400-2483.5 MHz)</a>		
<a href="#">Canopy 2400AP (2400-2483.5 MHz)</a>		
<a href="#">Canopy 2401AP (2400-2483.5 MHz)</a>		
<a href="#">Canopy 5701AP (5725 - 5850 MHz)</a>		
<a href="#">Canopy 5701APC (5725 - 5850 MHz)</a>		
<a href="#">Canopy 5700AP (5725 - 5850 MHz)</a>		
<a href="#">Canopy 5700APC (5725 - 5850 MHz)</a>		
<a href="#">IAP 4300 (2400-2483.5 MHz/5725-5850 MHz)</a>		
MOTOROLA (TRANSCÉPTOR GSM 850/1900 MHz)	G20 (MÓDULO INTERFAZ PARA ENRUTAR LLAMADAS)	
MOTOROLA (UNIDAD DE SUSCRIPCIÓN PARA ACCESO INALÁMBRICO)	<a href="#">Canopy 5.7 GHz Advantage - 5701SM</a> <a href="#">Canopy 5.2 GHz Advantage - 5201SM</a>	
MOTOROLA (UNIDAD DE SUSCRIPCIÓN)	<a href="#">Canopy 2.4 GHz HK1067A DES</a>	
	<a href="#">Canopy 5.2 GHz HK1022A DES</a>	
	<a href="#">Canopy 5.2 GHz HK1059A AES</a>	
	<a href="#">Canopy 2.4 GHz HK1073A DES</a>	
	<a href="#">Canopy 5.7 GHz HK1024A DES</a>	
	<a href="#">Canopy 5.7 GHz HK1063 AES</a>	
MOTOROLA	<a href="#">Canopy 5700BHRF (UNIDAD BACKHAUL)</a>	
	<a href="#">Canopy 5200BHRF (UNIDAD BACKHAUL)</a>	
MOTOROLA (MÓDULO DE SUSCRIPCIÓN)	<a href="#">LUGSM G-20 (INTERFAZ CELULAR GSM)</a>	
	<a href="#">Canopy 2400SM (2400-2483.5 MHz)</a>	
	<a href="#">Canopy 2401SM (2400-2483.5 MHz)</a>	
	<a href="#">Canopy 2450SM (2400-2483.5 MHz)</a>	
	<a href="#">Canopy 2451SM (2400-2483.5 MHz)</a>	
MOTOROLA (PC PORTÁTIL WIRELESS WLAN)	<a href="#">CANOPY 5760SM (5725 - 5850 MHz)</a>	
MOTOROLA (BRIDGE INALÁMBRICO)	<a href="#">MWR4300 (2400-2483.5 MHz/5725-5850 MHz)</a>	

**ANEXO 6**  
**FORMULARIOS DE LA SENATEL**

Señor:

Secretario Nacional de Telecomunicaciones

Presente:

La..... (Institución educativa fiscal, centro de salud rural o urbano marginal, organismo de desarrollo social). En conocimiento de que la SENATEL se encuentra implementando proyectos de desarrollo de las telecomunicaciones, en pro del desarrollo rural y urbano marginal, solicita a usted muy comedidamente considere a nuestra organización para que sea beneficiada con el servicio de acceso a internet, cuyos beneficiarios directos son:

Alumnos -.....(x)

Profesores -.....(x)

Otros -.....(x)

Los datos de ubicación geográfica de la (institución educativa fiscal, centro de salud rural o urbano marginal, organismo de desarrollo social) son:

Provincia:

Cantón:

Parroquia:

Localidad:

Dirección:

Teléfono:

Contacto:

La descripción de los servicios que la institución presta son:

ÁREAS DE ACCIÓN	DESCRIPCIÓN	LOGROS ALCANZADOS
EDUCACIÓN		
SALUD		
DESARROLLO COMUNITARIO		
PRODUCCIÓN		
TURISMO		
COMUNICACIÓN		
OTROS		

Por la atención que se digna dar al presente, le anticipo mis agradecimientos

Atentamente

.....

Representante Legal

(Nombre)

(Adjuntar Copias de documentos Legales de la Institución)

PROYECTO	CENTRO	MANEJO	TECNOLOGIA	FORMAS DEL CENTRO EDUCATIVO	OBJETIVOS	RECURSOS	FORMAS DEL DIRECTOR	FORMAS DE COMUNICACION	ESPECIALIDADES DE COMUNICACION	FORMAS DE COMUNICACION	FORMAS DE ALUMNOS

Con copia a:  
Director General de Gestión del FODETEL

PROGRAMA DE ACCESO A INTERNET EN LA REPUBLICA DEL ECUADOR  
LISADO DE CENTROS EDUCATIVOS FISCALES

**ANEXO 7**  
**COSTO DEL 5750SMDD**

Multipoint Systems > Subscriber			
	Part Number	Description	Price List (USD)
	2400SMDD	HK1067A 2.4 Ghz Subscriber Module	\$ 654.50
	5200SMDD	HK1022A 5.2 GHz Subscriber Module	\$ 566.50
	5250SMDD	HK1137A 5.2 GHz Subscriber Module Advantage	\$ 984.50
	5700SMDD	HK1024A 5.7 GHz Subscriber Module	\$ 654.50
	5750SMDD	HK1136A 5.7 GHz Subscriber Module Advantage	\$ 984.50
	9000SMDD	HK1101A 900 MHz Subscriber Module with integrated antenna	\$ 797.50
	BP5760SM-25BC	HK1329A Bundle Pack 25: 5.7 GHz Canopy Lite Subscriber Module	\$ 5,500.00

**ANEXO 8**  
**COSTO DEL 5700BHDD**

Point to Point Systems > Backhaul 10 & 20 Mbps

	Part Number	Description	Price List (USD)
	2400BHRFDD HK1070A	2.4 GHz 10 Mbps Backhaul Unit with Reflector	\$ 1,369.50
	2400BHRF20BC HK1072A	2.4 GHz 20 Mbps Backhaul Unit with Reflector	\$ 1,974.50
	5200BHDD HK1035A	5.2 GHz 10 Mbps Backhaul Unit	\$ 1,094.50
	5210BHRFDD HK1085A	5.2 GHz 10 Mbps Backhaul Unit Extended Range with Reflector	\$ 1,259.50
	5210BHRF20DD HK1087A	5.2 GHz 20 Mbps Backhaul Unit with Reflector	\$ 1,809.50
	5700BHDD	5.7 GHz 10 Mbps Backhaul Unit	\$ 1,259.50
	5700BH20DD HK1162A	5.7 GHz 20 Mbps Backhaul Unit	\$ 1,864.50